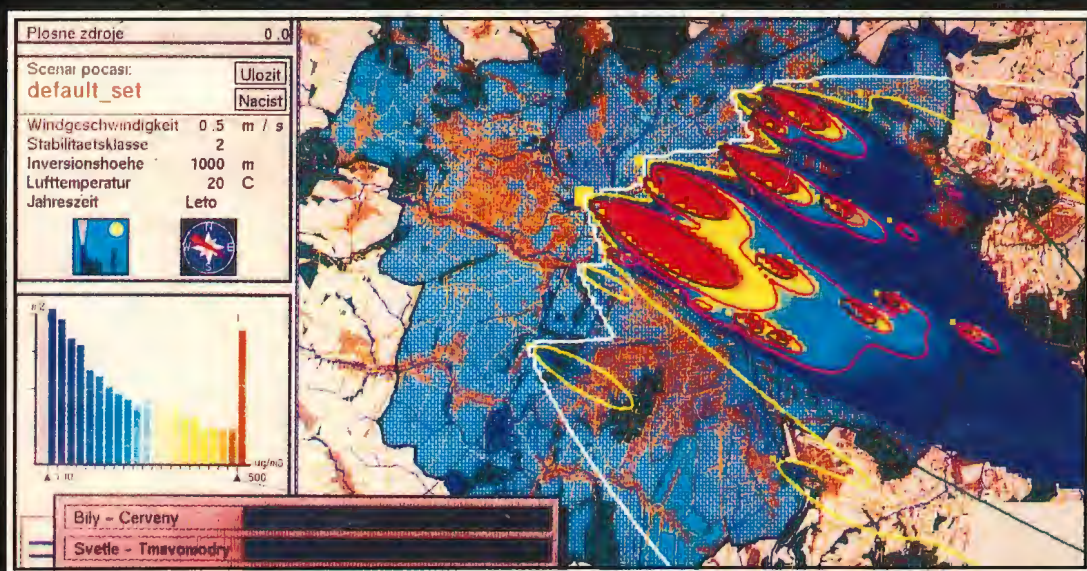


* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSC * DEMOGRAFIA * PRZEKSZTALCENIA
GOSPODARCZE * SRODOWISKO * LASY * ENERGETYKA *
ZASOBY WODNE * METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*

Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA *
* Instytut Badań Systemowych PAN *

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu
Stosowanej Analizy Systemowej"*
Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993

Redaktor
JAN W. OWSIŃSKI

Warszawa, grudzień 1993

**Niniejsza publikacja została wydana dzięki dofinansowaniu
przyznanemu przez Komitet Badań Naukowych**

© Polska Akademia Nauk

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1

*Na okładce wykorzystano fragment postaci ekranu z jednego
z systemów oprogramowania przeznaczonych do celów
przestrzennej analizy środowiskowej, opracowanego w ramach projektu
IIASA - ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAN KOMPUTEROWYCH
we współpracy z zespołem z IBS PAN w składzie:
P.Holnicki, A.Katuszko i A.Żochowski.*

42859

**Skład i opracowanie tekstu:
Dział Wydawniczy Instytutu Badań Systemowych PAN**

**Druk i oprawa: ZWP SYNPRESS, Łomianki, ul. Łąkowa 17
tel./fax 511-745**

NOWE STRATEGIE ROZWOJU ENERGETYKI I ICH SKUTKI DLA ŚRODOWISKA NATURALNEGO

Jacek Marecki

Politechnika Gdańska

Komitet Problemów Energetyki PAN

Polska ma bogate zasoby nośników energii, zwłaszcza węgla kamiennego i brunatnego. Zasoby gazu ziemnego są jednak niewielkie, a ropy naftowej - prawie że bez znaczenia. Potencjał hydroenergetyczny jest także niski. Nie ma krajowych źródeł uranu, a program rozwoju energetyki jądrowej został zahamowany. Polska pozostaje przeto jednym z krajów zależnych od węgla, a jednocześnie jej gospodarka zużywa dużo energii.

Po roku 2000 nowe technologie energetyczne zaczną mieć istotny wpływ na relacje pomiędzy energetyką a środowiskiem naturalnym. Pierwsza z możliwych strategii rozwoju polegałaby więc na zastosowaniu "czystych" technologii węglowych przez użytkowanie węgla kamiennego w sposób mniej zanieczyszczający środowisko, poprawianie jego własności przed transportem i wprowadzanie nowych układów spalania.

Druga z możliwych strategii rozwoju polegałaby na wprowadzaniu elektrowni jądrowych z nowymi reaktorami atomowymi wysokiej jakości oraz na ułatwianiu wejścia na rynek nowych, alternatywnych źródeł energii, takich jak małe elektrownie wodne, słoneczne, wiatrowe, biomasowe czy też geotermiczne. W referacie przedyskutowano rolę tych strategii w pokrywaniu przyszłego popytu na energię w Polsce oraz relacje

między rozwojem energetyki a środowiskiem naturalnym i zmianami klimatycznymi.

Skutki nowych technologii energetycznych dla środowiska naturalnego i przyszłych zmian klimatycznych mogą być scharakteryzowane za pomocą oceny zanieczyszczenia powietrza przez emisje CO_2 , SO_2 i NO_x . W referacie podano prognozowane wartości tych emisji, przy czym uwzględniono dwa scenariusze: scenariusz odniesienia ("business-as-usual", bez zasadniczych zmian) oraz "niski", odpowiadający założonemu wzrostowi zużycia gazu w polskim sektorze energetycznym i szerokiemu zastosowaniu technologii czystego węgla.

Wartości emisji CO_2 na głowę ludności są w Polsce raczej umiarkowane w porównaniu do niektórych krajów Europy Zachodniej i do Stanów Zjednoczonych. Z drugiej strony odpowiednie wartości emisji SO_2 są w Polsce bardzo wysokie, ale mogą być znacznie zmniejszone, jeśli będą spełnione warunki zastosowania nowych, czystych technologii węglowych oraz zastąpienia znacznej części udziału węgla kamiennego i brunatnego przez paliwa węglowodorowe lub energię jądrową.

1. Wstęp

Polska posiada znaczne zasoby energii pierwotnej; są to jednak głównie paliwa stałe - węgiel kamienny i brunatny. Zasoby gazu ziemnego są stosunkowo niewielkie, a ropy naftowej - znikome. Potencjał hydroenergetyczny jest nieduży. Nie ma również złóż uranu. Węgiel ma więc istotne znaczenie dla gospodarki narodowej. W 1990 r. udział węgla kamiennego i brunatnego w całkowitym zapotrzebowaniu na energię pierwotną wynosił ok. 75%, a łączny udział tych paliw w produkcji energii elektrycznej - ok. 96%.

Polska znajduje się w okresie przejściowym od gospodarki planowej do gospodarki rynkowej. W związku z recesją gospodarczą zapotrzebowanie na energię pierwotną w 1990 r. w porównaniu z 1988 r. zmniejszyło się o 22% do poziomu 4,2 EJ (142 mln tpu), a zapotrzebowanie na energię elektryczną obniżyło się w tym samym okresie o 9% i wynosiło 135 TWh. Na jednego mieszkańca przypadało więc w 1990 r. odpowiednio 109 GJ, czyli 3,7 tpu energii pierwotnej, względnie 3,5 MWh energii elektrycznej. W latach 1991-1992 nastąpił jeszcze dalszy, niewielki spadek zapotrzebowania i produkcji energii.

Obecną sytuację energetyczną Polski charakteryzują następujące czynniki:

- 1) nadmierna zależność od węgla i niekorzystna struktura zapotrzebowania na energię pierwotną (węgiel 75%, paliwa węglowodorowe 24%);
- 2) uzależnienie importu ropy i gazu od krajów byłego ZSRR, z których otrzymuje się ok. 60% tych paliw;
- 3) duża energochłonność gospodarki, określona jako stosunek całkowitego zużycia energii pierwotnej do produktu krajowego brutto (co najmniej dwukrotnie większa niż w krajach OECD);
- 4) znaczne zanieczyszczenie środowiska przez SO_2 , NO_x i pyły oraz duże ilości CO_2 wydzielanego do atmosfery;
- 5) względnie niskie ceny energii, zwłaszcza energii elektrycznej, gazu i ciepła, nie odpowiadające jeszcze rzeczywistym kosztom dostawy tych nośników do odbiorców.

Polityka energetyczna, prowadzona obecnie przez rząd polski, zmierza do:

- zmiany struktury krajowego bilansu energetycznego przez zwiększenie udziału ropy naftowej i gazu ziemnego,
- zróżnicowania źródeł pozyskania importowanych paliw węglowodorowych,
- zwiększenia sprawności użytkowania energii,
- zmniejszenia zanieczyszczenia otoczenia.

Przewiduje się, że do 2010r. wzrost zapotrzebowania na energię będzie wolniejszy w porównaniu ze wzrostem produktu krajowego brutto. W zależności od scenariusza rozwoju energetyki poziom zużycia energii pierwotnej w 2010r. może osiągnąć 5,2-6,1 EJ (177-210 mln tpu), czyli 130 - 150 GJ na mieszkańca, a energii elektrycznej odpowiednio 204 - 247 TWh, czyli 5,1 - 6,0 MWh na mieszkańca.

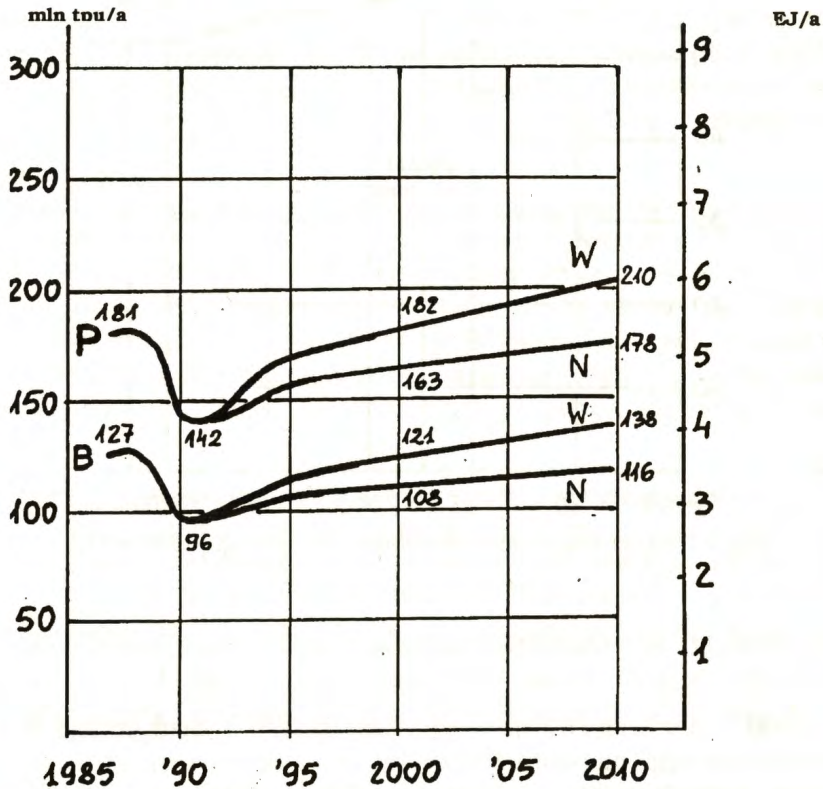
**Tablica 1. Krajowe zużycie energii pierwotnej do roku 2020
prognozowane przez różne zespoły w latach 1988-1992**

Lp.	Autorzy prognozy	Rok	Średnio- roczne tempo wzrostu PKB %	1990	2000	2010	2020
				mln ton paliwa um.			
1.	Wspólnota Energetyki i Węgla Brunatnego	1988	3,8-2,5 4,2-2,5	198	240	280	325
				201	250	300	350
2.	Z.Maciejewski i zespół, IEn	1988	2,5 4,0-3,5	199	221	250	293
				207	249	298	377
3.	J.Soliński i zespół, IEn	1988	3,5-3,0 4,0-3-5	199	233	260	283
				200	235	265	290
4.	J.Cofała i zespół, IPPT	1988	2,0-2,5 3,0-3,5	195	209	234	-
				196	221	252	-
5.	Ministerstwo Przemysłu (MP)	1989	-1,5-+0,5 2,4-3,0	187	176	180	186
				189	217	234	253
6.	F.Krawczyński i zespół, CUP	1990	2,0-3,0 2,5-3,5	164	187	212	229
				165	196	227	265
7.	J.Cofała i zespół, MP	1990	3,0 5,0 8,0-5,0	156	178	204	-
				156	191	239	-
				156	207	260	-
8.	W.Bojarski i zespół, IPPT	1992	2,3 4,2	144	163	177	-
				144	182	210	-

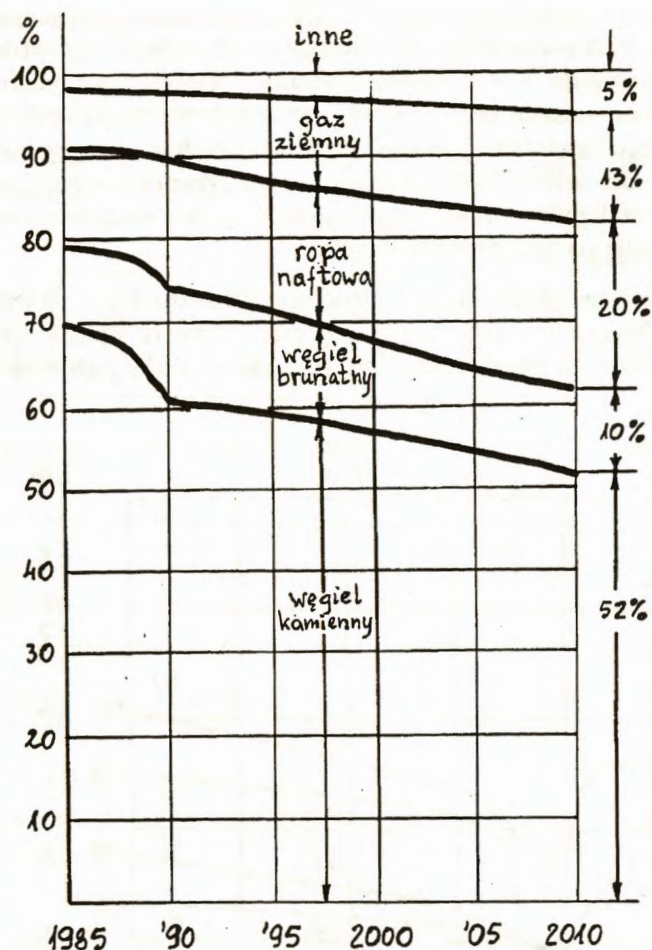
2. Rozwój zapotrzebowania na energię pierwotną

Polska była przez wiele lat eksporterem energii, głównie w postaci węgla kamiennego i częściowo w formie energii elektrycznej. Sytuacja uległa jednak zasadniczej zmianie w latach siedemdziesiątych. Wskutek rosnącego zapotrzebowania na paliwa ciekłe do przetwórstwa chemicznego i do celów transportowych przy równoczesnych gwałtownych zmianach cen paliw na świecie wartość paliw eksportowanych spadła poniżej kosztu paliw importowanych.

W latach osiemdziesiątych ilość energii zawartej w paliwach eksportowanych, wyrażona w jednostkach naturalnych, spadła poniżej ilości energii w paliwach importowanych, do których należą głównie ropa nafto-



Rys.1 Zapotrzebowanie na energię pierwotną i bezpośrednią



Rys.2 Struktura zapotrzebowania na energię pierwotną

wa i gaz ziemny. Równocześnie osiągnięto taki poziom wydobycia węgla kamiennego, że jego dalsze zwiększanie okazało się bardzo trudne.

Udział paliw stałych, tj. węgla kamiennego i brunatnego, w łącznym zużyciu energii pierwotnej w Polsce w 1985 r. wynosił ok. 80%, co stanowiło wyjątek w skali światowej, ponieważ w innych krajach udział ten nie przekracza na ogół 30%. "Węglowa" struktura zużycia energii powoduje pozornie wysoką energochłonność polskiej gospodarki, ponie-

waż przetwarzanie węgla na inne nośniki energii, a głównie na energię elektryczną, ciepło scentralizowane i koks, odbywa się z niezbyt wysoką sprawnością.

W latach 1988-1992 wykonano kilka poważnych studiów prognostycznych rozwoju gospodarki energetycznej kraju. W Tablicy 1 przedstawiono krajowe zużycie energii pierwotnej do 2020r., prognozowane przez różne zespoły autorskie, przy czym w każdym z cytowanych opracowań podano co najmniej dwa warianty - minimalny i maksymalny. Cechą charakterystyczną tych prognoz jest systematyczne zmniejszanie się zużycia energii pierwotnej przewidywanego w etapie docelowym.

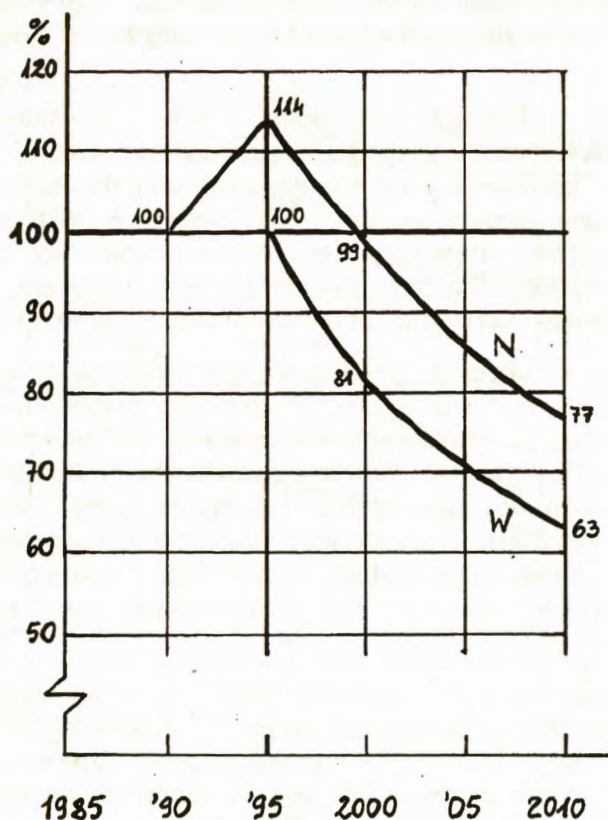
Prowadzone obecnie przekształcenia strukturalne gospodarki, względy ochrony środowiska oraz konieczność zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego kraju wymagają lepszego dostosowania struktury podaży energii do jej zapotrzebowania, a zwłaszcza istotnego zwiększenia dostaw uszlachetnionych ("czystych") nośników energii. Należą do nich paliwa węglowodorowe, a przede wszystkim gaz ziemny jako względnie "czysty" nośnik energii pierwotnej oraz energia elektryczna jako najwyższej uszlachetniony, najbardziej elastyczny i "najczystszy" nośnik energii wtórnej.

Na rys. 1 przedstawiono rozwój zapotrzebowania na energię pierwotną i bezpośrednią (końcową) według prognozy wykonanej w IPPT PAN w 1992r. W wariantcie niskim (N) tej prognozy przewiduje się, że zapotrzebowanie na energię pierwotną w 2010r. zbliży się do maksymalnego zapotrzebowania, które wystąpiło w 1988r. Natomiast w wariantcie wysokim (W) przewiduje się, że poziom zapotrzebowania z 1988r. zostanie uzyskany już ok. 2000r., po czym nastąpi dalszy, niewielki wzrost do 2010r.

Na rys. 2 pokazano strukturę tego zapotrzebowania, która powinna ulec istotnym zmianom w okresie do 2010r. Udział węgla kamiennego w łącznym zapotrzebowaniu na energię pierwotną powinien się zmniejszyć z ok. 60% w 1990r. do ok. 52% w 2010r. Równocześnie przewiduje się wzrost udziału ropy naftowej do ok. 20% i gazu ziemnego do ok. 13%.

3. Wskaźniki energochłonności gospodarki narodowej

Na rys. 3 przedstawiono wskaźniki energochłonności produktu krajowego brutto, tj. zużycia energii pierwotnej przypadającego na jednostkę PKB według opracowania IPPT PAN z 1992r. W okresie do 2010r.



Rys.3 Energochłonność produktu krajowego brutto

przewiduje się dość znaczny spadek wskaźnika energochłonności przyjętego jako 100% w 1990r. Spadek ten miałby wynosić od 23% w wariancie niskim do 37% w wariancie wysokim.

Założenie bardzo szybkiego spadku energochłonności może budzić wątpliwości co do realności prognozy, zwłaszcza że ta pozornie wysoka energochłonność polskiej gospodarki wynika ze szczególnie niekorzystnej struktury zużycia energii pierwotnej, w którym dominują paliwa stałe, przetwarzane na energię końcową z niską sprawnością przemian. Bardziej miarodajne byłoby więc określenie energochłonności jako stosunku bezpośredniego zużycia energii do PKB.

Przy porównaniu wskaźnika energochłonności PKB z analogicznymi wskaźnikami z innych krajów należy wziąć pod uwagę wyraźną zależność

energochłonności od poziomu dochodu narodowego. Z analizy wykonanej w opracowaniu ZBE PAN wynika, że w krajach o wyższym dochodzie narodowym występuje na ogół niższa energochłonność. Wobec tego realizacja postulatu obniżenia energochłonności w Polsce powinna raczej następować drogą przejścia do grupy krajów o wyższym PKB niż drogą obniżania krajowego zużycia energii, zwłaszcza że zużycie jednostkowe na mieszkańca nie jest wysokie.

Obiegowe twierdzenie o 2-3-krotnie wyższej energochłonności polskiej gospodarki w porównaniu do krajów wysoko uprzemysłowionych nie powstało na podstawie analiz energochłonności w tych krajach, lecz zostało uogólnione na podstawie porównań z wybranymi krajami (RFN, Francją lub Japonią), które charakteryzują się wyjątkowo niską energochłonnością, spowodowaną przez wysoki poziom PKB. Twierdzenie to nie może więc stanowić podstawy do przewidywań zasadniczego zmniejszenia zużycia energii pierwotnej na jednostkę PKB, zwłaszcza wobec względnie niskiego poziomu zużycia energii na mieszkańca przy przeszło dwukrotnej rozpiętości wskaźników energochłonności w krajach uprzemysłowionych o podobnie efektywnej gospodarce oraz znacznym marginesie niepewności przy tego rodzaju porównaniach.

Racjonalizacja użytkowania energii przez odbiorców, zwłaszcza w przemyśle krajowym, powinna jednak doprowadzić do pewnego zmniejszenia energochłonności polskiej gospodarki, ale przy równoczesnym utrzymaniu lub niewielkim spadku elektrochłonności PKB w całym rozpatrywanym okresie do 2010r. Spowoduje to, że współczynnik elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem PKB będzie bliski jedności.

Z porównań międzynarodowych wynika, że we wszystkich krajach uprzemysłowionych zapotrzebowanie na energię elektryczną rośnie szybciej niż na energię pierwotną, co oznacza, że udział energii elektrycznej w bezpośrednim zużyciu energii stale rośnie w związku z wprowadzaniem nowoczesnych technologii obróbki i przetwórstwa, napędów i grzejnictwa, automatyzacją produkcji itp. Niskie zużycie energii elektrycznej, charakteryzujące naszą gospodarkę komunalną, wymaga również zmiany, która spowoduje, że wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną do celów komunalno-bytowych może być szybszy niż do celów przemysłowych.

W Tabelicy 2 podano syntetyczne zestawienia wskaźników rozwoju energetyki w Polsce w latach 1970 - 1990 wg statystyki Centrum Informa-

**Tablica 2. Wskaźniki rozwoju energetyki w Polsce w latach 1970-2010
wg statystyki CIE i prognozy IPPT z 1992r.**

		1970	1980	1990	2000		2010	
					min	max	min	max
Ludność	mln	32,7	35,7	38,2	39,1	39,5	40,0	41,0
Energia bezpośrednia - na mieszkańca	EJ/a GJ/(M.a)	2,50	3,67	2,82	3,17	3,55	3,40	4,04
		76	103	74	81	90	85	99
Energia pierwotna - na mieszkańca	EJ/a GJ/(M.a)	3,51	5,15	4,15	4,78	5,33	5,19	6,15
		107	144	109	122	135	130	150
Energia elektryczna - na mieszkańca	TWh/a MWh	65	122	135	161	187	204	247
		1,99	3,41	3,53	4,12	4,73	5,10	6,02
Produkt kraj. brutto - na mieszkańca	%	62	105	100	113	153	158	228
		73	112	100	110	148	151	212
Energochłonność PKB	%	136	118	100	102	84	79	65

tyki Energetyki (CIE) oraz w latach 1990 - 2010 wg prognozy IPPT PAN. Wskaźniki jednostkowego zapotrzebowania na energię pierwotną, bezpośrednią (końcową) i elektryczną na jednego mieszkańca w latach 2000-2010 określono na podstawie najnowszych prognoz rozwoju demograficznego kraju do 2010r., a wskaźniki energochłonności PKB - na podstawie odpowiednich prognoz wzrostu PKB w wariantach niskim i wysokim.

4. Zapotrzebowanie na energię elektryczną i jego struktura

Na rys. 4 przedstawiono rozwój zapotrzebowania na energię elektryczną w okresie do 2010r. w obu wariantach rozpatrywanych w opracowaniu IPPT PAN z 1992r. - niskim (N) i wysokim (W).

Oprócz zużycia globalnego w TWh podano również zużycie jednostkowe w MWh na mieszkańca, obliczone przy przyjętych w obu wariantach odpowiednich założeniach odnośnie do wzrostu ludności.

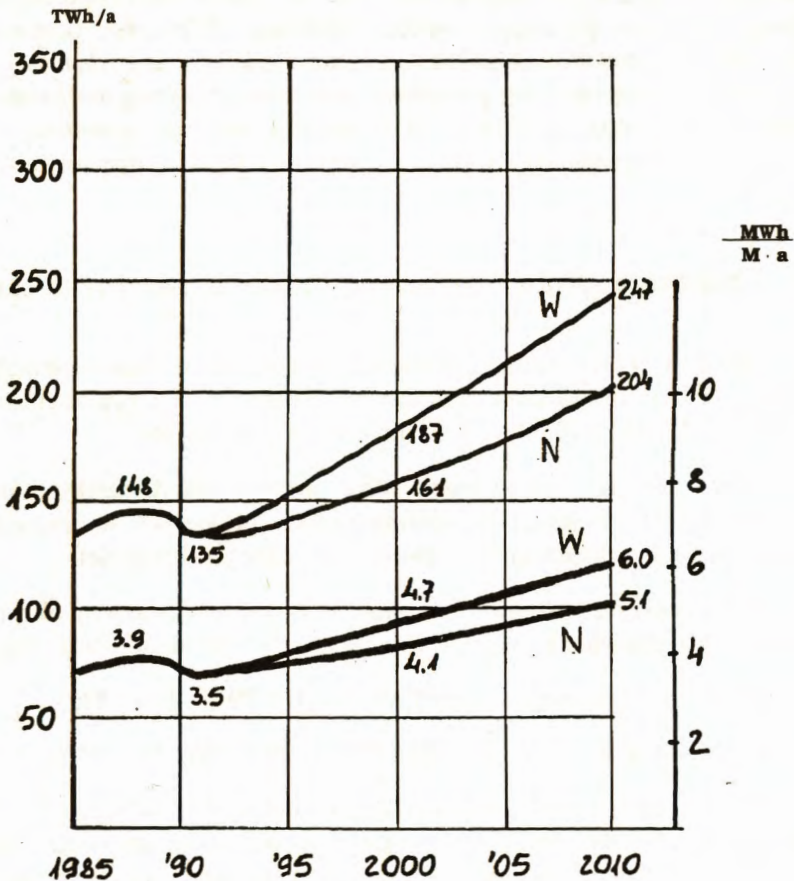
Z powyższych prognoz wynika, że w rozpatrywanym okresie 20 lat 1990-2010 globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrośnie:

- w wariantcie niskim ze 135 TWh do 204 TWh, tj. o 51%,
- w wariantcie wysokim ze 135 TWh do 247 TWh, tj. o 83%.

Oznacza to, że w obu wariantach względny przyrost zapotrzebowania na energię elektryczną będzie w przyszłości nadal wyraźnie większy od przyrostu zapotrzebowania na energię pierwotną, który wyniesie odpowiednio:

- w wariantcie niskim 25% przy wzroście PKB o 58%,
- w wariantcie wysokim 48% przy wzroście PKB o 128%.

Równocześnie zmieniać się będzie w pewnym stopniu struktura produkcji energii elektrycznej w systemie (rys. 5). Udział paliw stałych, tj. węgla kamiennego i brunatnego, pozostanie jednak dominujący i wyniesie ok. 90% w 2010r. Udział paliw ciekłych i gazu ziemnego wzrośnie do ok. 8%, a energii wodnej pozostanie na poziomie ok. 2%. Wariantowo można przewidywać budowę pierwszych elektrowni jądrowych nowej generacji w latach 2005 - 2010. Udział tych elektrowni w produkcji energii elektrycznej w 2010r. mógłby wynosić 5-8% przy odpowiednim zmniejszeniu udziału elektrowni węglowych do 82-85%.

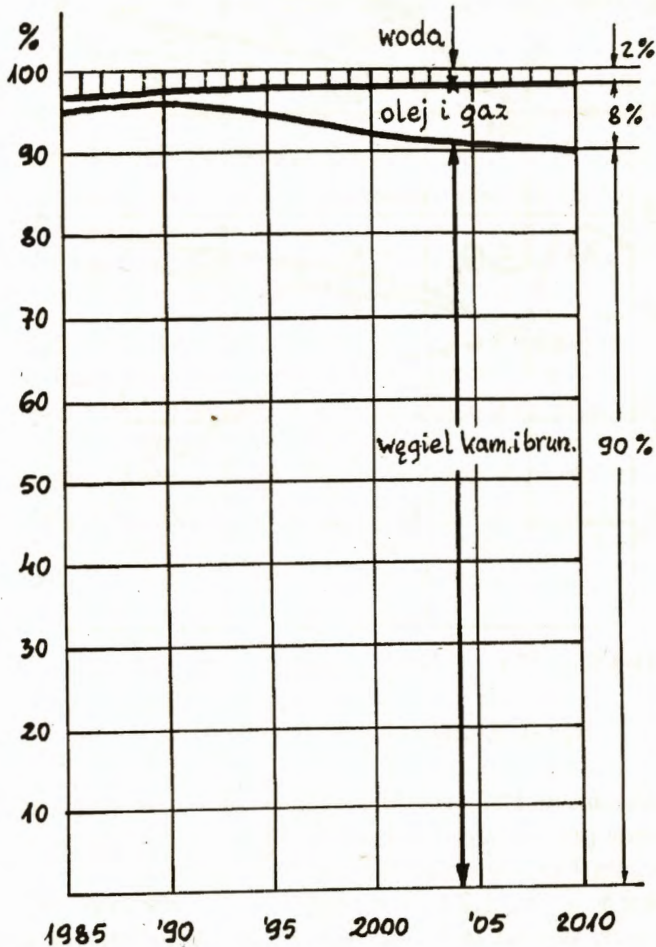


Rys.4 Zapotrzebowanie globalne i jednostkowe na energię elektryczną

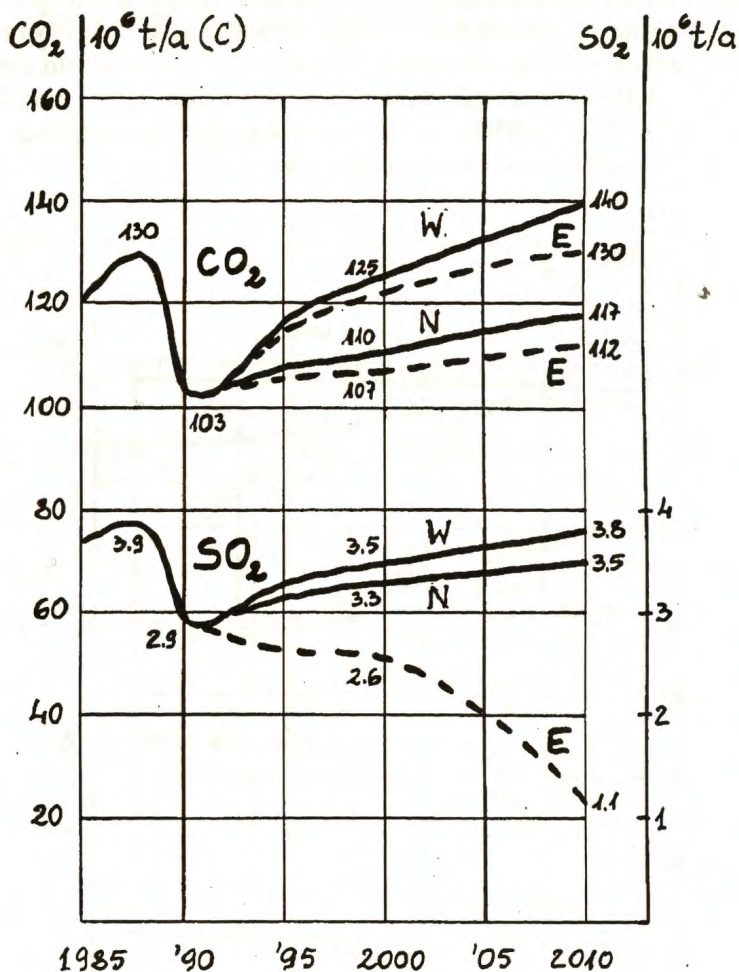
5. Skutki rozwoju energetyki dla środowiska naturalnego

Skutki nowych technologii energetycznych dla środowiska naturalnego i przyszłych zmian klimatycznych mogą być scharakteryzowane za pomocą wskaźników emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Na rys. 6 przedstawiono prognozowane wartości emisji CO_2 i SO_2 w rozpatrywanych wariantach rozwoju energetyki. Oprócz wariantów niskiego (N) i wysokiego (W) zbadano możliwośći znacznego obniżenia poziomu emisji w wariantcie tzw. ekologicznym (E), w którym przewidziano poważne nakłady na odsiarczanie spalin i wzbogacanie węgla spalanego w elektrowniach.

Emisja SO_2 , która jeszcze w 1988 r. wynosiła ok. 3,9 mln t, tj. ponad 100 kg na mieszkańca, zmniejszyła się w 1990 r. do ok. 2,9 mln t głównie na skutek spalania mniejszej ilości węgla. W wariantach N i W przewiduje się jednak ponowny wzrost emisji SO_2 do wartości 3,5 - 3,8 mln t w 2010r. W wariantcie ekologicznym (E) przewiduje się natomiast spadek emisji SO_2 do ok. 1,1 mln t w 2010r. pod warunkiem przeznaczenia znacznych środków na budowę instalacji odsiarczających.



Rys.5 Struktura produkcji energii elektrycznej

Rys.6 Emisja CO₂ i SO₂ do atmosfery

Wskaźniki emisji CO₂ na jednego mieszkańca w Polsce są raczej umiarkowane w porównaniu do niektórych krajów zachodnich. W 1990r. całkowita emisja CO₂ wynosiła u nas ok. 100 mln t w przeliczeniu na czysty węgiel (C), tj. ok. 2,7 t na mieszkańca. Przewiduje się ponowny jej wzrost do 2010r. Wzrost ten może być jednak łagodniejszy w przypadku zastępowania większych ilości węgla gazem ziemnym i olejem opałowym,

szybszego wprowadzania elektrowni jądrowych z reaktorami nowej generacji oraz rozwoju nowych, alternatywnych źródeł energii, tj. małych elektrowni wodnych, słonecznych i wiatrowych.

6. Współpraca z IIASA w dziedzinie energetyki

Prace badawcze z zakresu energetyki kompleksowej, prowadzone obecnie w IIASA, obejmują głównie badania nowych strategii rozwoju energetyki w powiązaniu z ochroną środowiska naturalnego. W ramach tych prac odbywają się regularnie spotkania o charakterze seminariów naukowych, organizowanych w IIASA w formie:

- międzynarodowych seminariów energetycznych (International Energy Workshops), organizowanych regularnie co 2 lata z udziałem naukowców z krajów członkowskich, w tym również z Polski;
- międzynarodowego programu badawczego CHALLENGE, którego celem jest określenie możliwości ograniczenia emisji CO₂ do atmosfery i związanych z tym kosztów przypadających na jednostkę CO₂ emitowanego ze źródeł energetycznych i pozaenergetycznych.

Energetycy polscy biorą aktywny udział w powyższych badaniach i spotkaniach naukowych i korzystają z materiałów, programów obliczeniowych, banków danych i wyników analiz udostępnianych przez IIASA. Dzięki temu prace dotyczące rozwoju energetyki kompleksowej w Polsce do 2010r., a zwłaszcza nowych strategii tego rozwoju w warunkach gospodarki rynkowej oraz ich skutków dla środowiska naturalnego, mogły być wykonywane w kraju w nawiązaniu do analogicznych badań i studiów dotyczących energetyki europejskiej i światowej.

IBS

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIE 42859 A

WPROWADZENIE

Leszek Kuźnicki
Peter E. de Jánosi
Miroslaw Mossakowski
Jan Owskiński

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ

Nathan Keyfitz

DEMOGRAFIA

Christopher Prinz
Jerzy Z. Holzer

TRANSFORMACJA GOSPODARCZA

János Gács
Józef St. Zegar

ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE

Nebojša Nakićenović
Jacek Marecki
Janusz Cofała
Maciej Nowicki
Sten Nilsson
Andrzej Szujecki
Wojciech Galiński i Manfred Küppers
Laszlo Somlyódy
Zdzisław Kaczmarek

METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

Andrzej Ruszczyński
Marek Makowski
Andrzej P. Wierzbicki
Zdzisław Pawlak
Kurt Fedra i Elisabeth Weigkricht

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1