

Kluczowe elementy rozwoju światowego i polskiego sektora energii

Na wstępie rozważań dotyczących rozwoju światowego i polskiego sektora energii warto zaakcentować, że wytwarzanie i użytkowanie energii leży u podstaw wszelkich procesów życia i działalności człowieka. Obok żywności i powietrza energia stanowi jedną z najważniejszych materialnych potrzeb człowieka, a jej wykorzystanie umożliwiło osiągnięcie dzisiejszego poziomu kultury i cywilizacji oraz rozwoju gospodarczego świata [1].

Przegląd rozwoju zastosowań energii wskazuje, że człowiek od czasu wynalezienia ognia w zamierzonych czasach do wykorzystania energii elektrycznej i energii atomowej przebył długą drogę, wykorzystując dla swoich potrzeb ogromne ilości tej energii. Kamieniami milowymi postępu energetycznego ludzkości w ostatnich tysiącach były:

- zapoczątkowanie ok. 3 tys. lat p.n.e. wykorzystywania siły wiatru (łódzie żaglowe) i pod koniec starożytności wykorzystanie energii wodnej (koło wodne),
- w XVIII i XIX w. wykorzystanie węgla do napędu maszyn (silnik parowy), co zrewolucjonizowało świat poprzez gwałtowny rozwój przemysłu i transportu, stąd wiek XIX często nazywany jest wiekiem węgla,
- wykorzystanie w końcu XIX, a zwłaszcza w XX wieku na wielką skalę ropy naftowej, która z wielu dziedzin wyparła węgiel, a następnie szybki wzrost wykorzystywania gazu ziemnego,
- zastosowanie na wielką skalę energii elektrycznej, która stała się najbardziej uniwersalną postacią energii o wszechstronnym zastosowaniu.

Po II wojnie światowej wystąpił gwałtowny wzrost światowego zużycia energii. W latach 1950–1970 średnie roczne tempo wzrostu zużycia energii pierwotnej wynosiło 4,9%, przy czym wzrost zużycia poszczególnych źródeł tej energii był mocno zróżnicowany. Szybko wzrastało zużycie taniej ropy naftowej i gazu ziemnego, przy równoczesnym zmniejszeniu znaczenia węgla kamiennego. W gospodarce światowej ukształtował się model zużycia energii uzależniony od ropy naftowej [2].

Niestety, szybko wzrastające zużycie energii powodowało również negatywne zjawiska w środowisku naturalnym. Emisje gazów powstające przy spalaniu paliw kopalnych spowodowały m.in. kwaśne deszcze i znaczną degradację środowiska, przyczyniły się również do powstania tzw. efektu szklarniowego wpływającego na ocieplenie i zmiany klimatyczne naszej planety.

Znaczenie energii dla gospodarki światowej ujawniło się z całą ostrością w latach siedemdziesiątych XX w. W 1973 r. świat przeżył szok wywołany kryzysem naftowym – nazwanym I kryzysem energetycznym. Kryzys ten został spowodowany embargiem krajów arabskich na dostawy ropy naftowej do krajów zachodnich, przy równoczesnej gwałtownej wyższości jej cen, która pociągnęła za sobą wyższość cen innych paliw. Światowa cena ropy naftowej wzrosła z ok. 2,7 USD za baryłkę (ok. 20 USD/t) do ok. 11 USD za baryłkę (ok. 83 USD/t).

Na przełomie lat 1980/1981 doszło do ponownego szokowego wzrostu cen ropy naftowej i jej produktów, nazwanego II kryzysem energetycznym. W rezultacie w 1980 r. cena 1 baryłki ropy naftowej wzrosła do ok. 36 USD (ok. 265 USD/t). Był to ponad 12-krotny wzrost w stosunku do cen z 1972 r. [3].

Gwałtowne wyższości cen ropy naftowej i ograniczenie jej dostaw spowodowały nasilenie się różnych negatywnych zjawisk w gospodarce światowej, wśród których wymienić można ograniczenia produkcji przemysłowej, spiralę inflacyjną, wzrost bezrobocia i ogólny regres ekonomiczny. Powstały trudności w pokryciu potrzeb energetycznych wielu krajów, stając się czynnikiem ograniczającym społeczno-ekonomiczny rozwój świata. Bariera ekonomiczna wzrostu ujawniła się w całej ostrości.

Kryzys energetyczny i ujawnienie się bariery energetycznej wzrostu gospodarczego spowodowały istotne przeobrażenia poglądów odnośnie do gospodarki paliwami i energią. Świat zrozumiał, że możliwości zaopatrzenia w ropę naftową są ograniczone i że era taniej ropy należy do przeszłości. Uznano więc, że oszczędne gospodarowanie paliwami i energią, zwłaszcza ropą naftową, jest koniecznością. W wielu krajach podjęto długofalowe działania i realizację programów zmierzających do zahamowania wzrostu zużycia ropy naftowej i jej substytucji innymi źródłami energii – głównie gazem, węglem i energią jądrową. Równocześnie rozpoczęto wdrażanie szeroko pojętej racjonalizacji gospodarki energetycznej oraz działania dla ograniczenia negatywnego wpływu energetyki na środowisko naturalne. Efektem tych działań było zmniejszenie w krajach uprzemysłowionych zużycia ropy naftowej o ok. 20% w 1982 r. w stosunku do zużycia z 1970 r., ogólny wzrost efektywności użytkowania paliw i energii i w rezultacie zmniejszenie światowych cen ropy naftowej, które w 1986 r. kształtowały się na poziomie sprzed II kryzysu energetycznego.

Kryzys energetyczny nie ominął i Polski, ale jego ujemne skutki gospodarka odczuła w mniejszym stopniu niż kraje zachodnie, ponieważ miała węglowy charakter gospodarki energetycznej z małym udziałem ropy naftowej. Jednak wzrost cen ropy naftowej, którą Polska musiała importować spowodował, że od 1980 r. przychody z eksportu węgla przestały równoważyć wydatki na import ropy naftowej i gazu ziemnego.

Polska w ujęciu finansowym z eksportera energii pierwotnej stała się jej importerem.

Podsumowując można stwierdzić, że kryzys energetyczny lat 70. uświadomił światu, że zasoby energetyczne globu są ograniczone, że występuje bezwzględna konieczność bardziej efektywnego użytkowania paliw i energii, a także, że równocześnie niezbędne jest zdecydowane ograniczenie negatywnego oddziaływania energetyki na środowisko naturalne. Tym samym kryzys energetyczny zapoczątkował nową erę rozwoju światowego sektora energii i rozwoju gospodarczego świata¹⁾.

Rozwój światowego i polskiego sektora energii w latach 1971–2000

Czynniki wzrostu światowego zapotrzebowania na energię

Podstawowymi czynnikami wywołującymi wzrost zapotrzebowania na energię są rosnąca liczba ludności i wzrost produktu światowego brutto (PŚB), a w poszczególnych krajach produktu krajowego brutto (PKB).

Ludność. W przeszłości wzrost liczby ludności świata był bardzo powolny. W 1650 r. liczba mieszkańców świata wynosiła ok. 0,5 mld, w 1830 r. – 1 mld, w 1930 r. – ok. 2,1 mld, w 1960 r. – ok. 3 mld, w 1971 r. – 3,7 mld, osiągając w 2000 r. – 6023 mld osób. Zatem wzrost ludności z 1 mld osób w 1830 r. do ok. 2 mld w 1930 r. został osiągnięty w ciągu ok. 100 lat, a wzrost o następny miliard miał miejsce już w ciągu 30 lat. Gwałtowny wzrost liczby mieszkańców naszego globu – nazywany „eksplozją demograficzną” – wystąpił w ostatnich dekadach XX w., kiedy to zaledwie w ciągu czterdziestu lat doszło do podwojenia liczby ludności, a przyrost o każdy następny miliard następował średnio w ciągu 13 lat.

Wzrost liczby ludności w ostatnich dekadach XX w. był w poszczególnych regionach świata bardzo zróżnicowany – bardzo wysoki w krajach rozwijających się, zwłaszcza w Afryce, Azji i Ameryce Łacińskiej oraz bardzo umiarkowany w rozwiniętych krajach OECD, zwłaszcza w krajach Europy Zachodniej i Środkowej.

W Polsce w latach 1971–2000 liczba ludność wzrosła o 5,9 mln osiągając w 2000 r. 38,7 mln. W latach 1971–1980 wzrost ten wynosił 2,8 mln, w latach 1981–1990 2,5 mln, ale w latach 1991–2000 już tylko 0,6 mln mieszkańców.

¹⁾ Bardziej szczegółowy przegląd rozwoju światowego i polskiego sektora energii pt. „Sektor energii – świat i Polska, rozwój 1971-2000, perspektywy do 2030 r.” opublikował Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej w kwietniu 2004 r.

Produkt krajowy i światowy brutto. W statystykach międzynarodowych wielkości światowego i krajowego produktu są najczęściej podawane w dolarach amerykańskich:

- liczonych wg kursów wymiany bankowej,
- z uwzględnieniem parytetu siły nabywczej dolara – ang. Purchasing Power Parities (PPP).

Parytet siły nabywczej jest wskaźnikiem umożliwiającym porównanie siły nabywczej dolara w różnych krajach i jest określany na podstawie umownego „koszyka dóbr i usług” dla każdego kraju.

Wartość PŚB i PKB podawana w USD z uwzględnieniem parytetu siły nabywczej pozwala na wyeliminowanie różnic spowodowanych poziomem cen występujących w różnych krajach. Zatem wartość ta pozwala na porównanie poziomu i wzrostu ekonomicznego różnych krajów oraz stanowi ważny miernik przy określaniu energochłonności gospodarki tych krajów. Jest również użyteczna jako syntetyczny miernik w prognozowaniu zapotrzebowania energii.

W rozpatrywanym okresie PŚB, liczony wg PPP, wzrósł z 16,3 biliona USD w 1971 r. do 41,8 biliona USD w 2000 r. W poszczególnych krajach wzrost ten był bardzo zróżnicowany. W krajach OECD był do wzrost 2,5-krotny, natomiast w krajach nie należących do OECD – 2,9-krotny, przy czym występują ogromne różnice wielkości PKB poszczególnych krajów. W wielu krajach nie należących do OECD, wskaźnik PKB na mieszkańca był kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt razy niższy od tego wskaźnika w krajach OECD.

W Polsce w latach 1994–2000 wzrost PKB na mieszkańca był znaczny, jednak nadal 3–4-krotnie niższy od tego wskaźnika osiąganego przez główne kraje OECD.

Porównanie wskaźników PKB na mieszkańca wybranych krajów OECD i Nie-OECD przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1
Wskaźniki PKB wg PPP na mieszkańca w latach 1971–2000 – wybrane kraje

Kraje	PKB per capita (USD 95)		1971 = 100
	1971	2000	
A. <u>OECD</u>	11910	21946	184
w tym:			
USA	17338	32632	188
Niemcy	13062	23244	177
Norwegia	11359	26280	231
Szwajcaria	21467	27469	128
Japonia	11553	24775	241
Polska	5589	8992	161
B. <u>Nie-OECD</u>	2038	3495	171
w tym:			
Jemen	281	748	267
Tanzania	496	499	101
Rep. Konga	2674	628	23
Etiopia	633	627	99
Sudan	1067	1634	153
Mozambik	1010	814	81
Nigeria	945	815	86
Kenia	798	989	123
Bangladesz	918	1496	163
Indie	1012	2212	219
Chiny	559	3739	669
Afryka Płd.	3071	8754	285

Źródło: [5–7].

Źródła i zasoby energetyczne

Światowa Rada Energetyczna dzieli zasoby energetyczne na:

- źródła nieodnawialne (węgiel kamienny i brunatny, ropa naftowa, łupki i piaski bitumiczne, gaz ziemny i paliwa uranowe),
- źródła odnawialne (energia wód, drewno, biomasa z wyłączeniem drewna, torf, energia słońca, energia geotermalna).

Źródła nieodnawialne są klasyfikowane jako zasoby (ang. resources) i rezerwy udokumentowane nadające się do eksploatacji (ang. reserves).

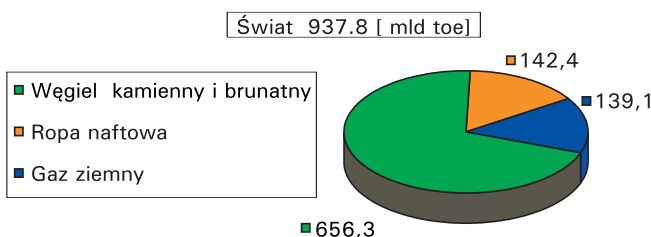
W uproszczeniu przez zasoby rozumie się całkowitą ilość danych surowców energetycznych w skorupie ziemskiej, jaka jest możliwa do pozyskania. Rezerwy, to źródła udokumentowane nadające się do eksploatacji w obecnych warunkach technicznych i ekonomicznych.

Obecnie główną rolę w zaopatrzeniu świata w energię odgrywają źródła nieodnawialne, zwłaszcza węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, a ze źródeł odnawialnych energia wodna.

Światowe rezerwy tych surowców wg stanu na koniec 1999 r. były szacowane następująco:

- węgiel kamienny 795,4 mld ton
- węgiel brunatny 189,1 mld ton
- ropa naftowa 142,5 mld ton
- gaz ziemny 151,5 bilionów m³

Rezerwy te, wyrażone w toe, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Światowe rezerwy paliw kopalnych, mld toe

Przy obecnym poziomie wydobycia światowe rezerwy surowców energetycznych wystarczą: węgla kamiennego i brunatnego na ok. 200 lat, ropy naftowej na ok. 40 lat i gazu ziemnego na ok. 60 lat.

Należy jednak mieć na uwadze, że rozpoznanie geologiczne zasobów i rezerw surowców energetycznych jest wciąż niepełne, co pozwala przypuszczać, że po zwiększeniu głębokości poszukiwań oraz dotarciu do złóż znajdujących się w trudno dostępnych częściach naszego globu ich wielkość ulegnie zwiększeniu. Jednocześnie należy uwzględnić fakt, że złoża znanych rezerw są już w znacznym stopniu wyczerpane i ich dalsza eksploatacja będzie coraz trudniejsza i droższa.

Pośród odnawialnych źródeł energii największy udział w pokryciu potrzeb energetycznych ma energia wodna, której światowy potencjał teoretyczny ocenia się na 40 700 TWh/rok, a rezerwy technicznie możliwe do eksploatacji na 14 400 TWh/rok, wykorzystywane dotychczas w 18%. Duży zasób energii ma drewno i biomasa wykorzystywana głównie w krajach słabo rozwiniętych.

Polska nie należy do krajów zasobnych w rezerwy surowców energetycznych. Posiada stosunkowo duże rezerwy węgla kamiennego (ok. 2% rezerw światowych) i węgla brunatnego (ok. 1% rezerw światowych). Natomiast rezerwy ropy naftowej są znikome, a gazu ziemnego nieznaczne (ok. 0,1% rezerw światowych). Również w zakresie odnawialnych źródeł energii nasze rezerwy tych źródeł są niewielkie [4].

Produkcja i wymiana międzynarodowa surowców energetycznych

W ostatnim 30-leciu światowa produkcja energii pierwotnej wzrosła o blisko 80%, z 5671 Mtoe w 1971 r. do 10 078 Mtoe w 2000 r. Najszybciej wzrastała produkcja energii jądrowej oraz wydobycie gazu ziemnego, przy równoczesnym ograniczeniu wzrostu wydobycia ropy naftowej. Umiarkowany był wzrost wydobycia węgla oraz pozyskania odnawialnych źródeł energii. Doszło do istotnej zmiany struktury produkcji energii pierwotnej. Zmiany te przedstawiono tabela 2.

Tabela 2
Światowa produkcja energii pierwotnej i jej struktura w latach 1971–2000

Wyszczególnienie	Produkcja, Mtoe		1971 = 100	Struktura, %	
	1971	2000		1971	2000
Węgiel	1437	2282	159	25.4	22.6
Ropa naftowa	2543	3657	144	44.8	36.3
Gaz ziemny	905	2092	231	16.0	20.8
Energia jądrowa	29	676	2331	0.5	6.7
Energia wodna	104	226	217	1.8	2.2
Inne źródła energii (odnawialne i pozostałe)	651	1145	176	11.5	11.4
Razem Świat	5671	10078	178	100.0	100.0

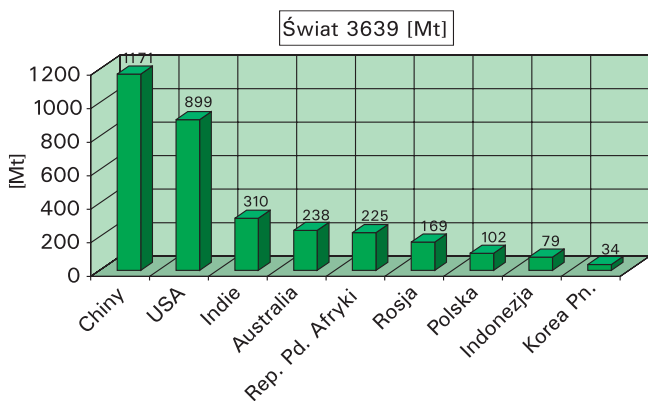
Źródło: [5].

Ze względu na uwarunkowania lokalizacyjne pozyskanie poszczególnych surowców energetycznych jest na kuli ziemskiej rozłożone bardzo nierównomiernie.

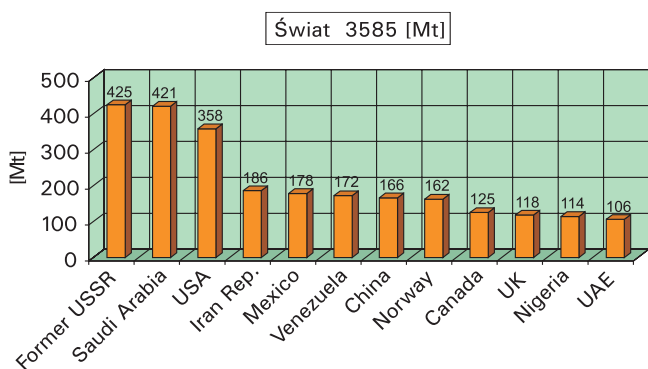
Główni producenci węgla kamiennego to: Chiny, USA, Indie, Australia, Południowa Afryka, Federacja Rosyjska i Polska, a węgla brunatnego Niemcy i Federacja Rosyjska.

Główni producenci ropy naftowej to Federacja Rosyjska i kraje Bliskiego Wschodu, a gazu ziemnego Federacja Rosyjska, USA, Kanada, W. Brytania i kraje Bliskiego Wschodu [5].

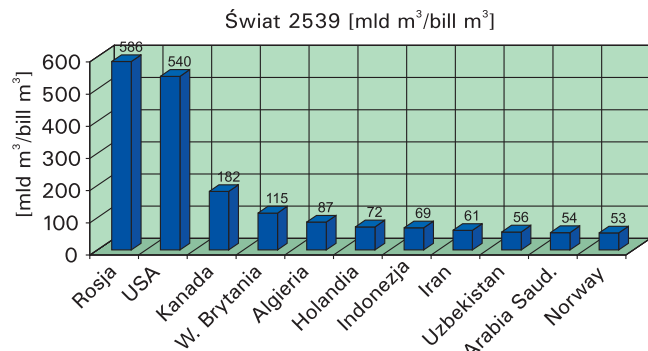
Światowe wydobycie kopalnych surowców energetycznych przedstawiono na rysunkach: węgla kamiennego – na rysunku 2, ropy naftowej – na rysunku 3 i gazu ziemnego – na rysunku 4.



Rys. 2. Węgiel kamienny – główni producenci w 2000 r.



Rys. 3. Ropa naftowa – główni producenci w 2000 r.



Rys. 4. Gaz ziemny – główni producenci w 2000 r.

Główni importerzy węgla to Japonia, Korea, Tajwan i kraje Europy Zachodniej, a importerzy ropy naftowej i gazu ziemnego to USA, Japonia, Korea i kraje Europy, zwłaszcza Zachodniej.

Polska w przeciwieństwie do krajów Europy Zachodniej miała i ma nadal węglową strukturę pozyskiwania energii pierwotnej. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX w. produkcja energii pierwotnej – głównie węgla kamiennego i brunatnego – wzrastała w szybkim tempie z 99,3 Mtoe w 1971 r. do 130,3 Mtoe w 1987 r. [7–8]. Następnie w rezultacie podjętych reform, m.in. ograniczenia produkcji przemysłu ciężkiego, produkcja ta była stopniowo zmniejszana do ok. 80 Mtoe w 2000 r. Zmiany te przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3
Produkcja energii pierwotnej i jej struktura w Polsce w latach 1971–2000

Wyszczególnienie	Produkcja, Mtoe		1971 = 100	Struktura, %	
	1971	2000		1971	2000
Węgiel	92.9	71.3	76.7	93.7	89.7
Ropa naftowa	0.4	0.7	175.0	0.4	0.9
Gaz ziemny	4.5	3.3	73.3	4.5	4.2
Energia jądrowa	–	–	–	–	–
Energia wodna	0.13	0.2	154.0	0.1	0.2
Inne źródła	1.3	4.0	308.0	1.3	5.0
Razem	99.2	79.5	80.1	100.0	100.0

Źródło: [6–8].

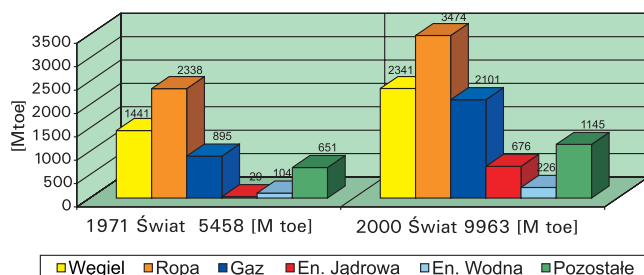
Zużycie energii pierwotnej

W ostatnim 30-leciu XX w. wystąpił szybki wzrost światowego zużycia energii pierwotnej, przy czym wzrost poszczególnych źródeł energii był znacznie zróżnicowany. Najszybciej wzrastała energia jądrowa, chociaż jej udział w światowym zużyciu energii był niewielki i w 2000 r. wyniósł 1,8%. Z paliw kopalnych najszybciej wzrastało zużycie gazu ziemnego przy równoczesnym spowolnieniu wzrostu zużycia ropy naftowej i węgla. Jednak nadal w strukturze światowego zużycia energii ropa naftowa stanowiła 34,9%, a węgiel 23,5% [5]. Zmiany w zużyciu poszczególnych źródeł energii przedstawiono w tabeli 4 i na rysunku 5.

Tabela 4
Zmiany w światowym zużyciu energii pierwotnej w latach 1971–2000

Wyszczególnienie	Zużycie energii, Mtoe		1971 = 100	Struktura, %	
	1971	2000		1971	2000
Węgiel	1441	2341	162	26.4	23.5
Ropa naftowa	2338	3474	149	43.0	34.9
Gaz ziemny	895	2101	295	16.4	21.1
Energia jądrowa	29	676	2331	0.5	6.8
Energia wodna	104	226	217	1.9	2.2
Inne źródła	651	1145	176	11.9	11.5
Razem Świat	5458	9963	182	100.0	100.0

źródło: [5–6].



Rys. 5. Światowe zużycie energii pierwotnej w latach 1971–2000

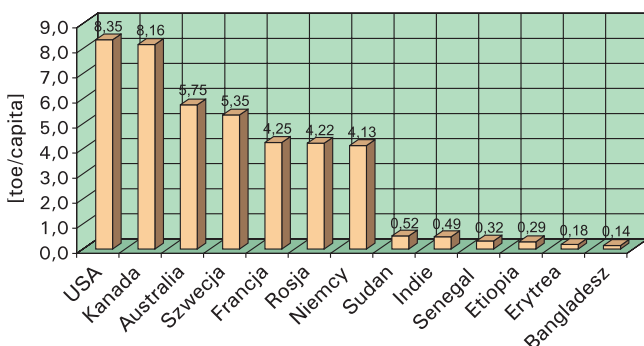
Pomimo znacznie wyższego tempa wzrostu zużycia energii w krajach Nie-OECD, wskaźnik zużycia tej energii na mieszkańca był ponad sześciokrotnie niższy od wskaźnika w krajach OECD, co przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5
Zużycie energii pierwotnej w krajach OECD i Nie-OECD

Wyszczególnienie	Zużycie energii		1971 = 100	Struktura, %	
	1971	2000		1971	2000
Globalne zużycie energii pierwotnej (Mtoe)					
OECD	3386	5317	157	62.0	53.4
Nie-OECD	2072	4646	224	38.0	46.6
Świat	5458	9963	182	100.0	100.0
Wskaźnik zużycia energii per capita (toe)					
OECD	3.84	4.74	123	–	–
Nie-OECD	0.73	0.74	130	–	–
Świat	1.46	1.65	113	–	–

Źródło: [5–6].

Nadal występowało bardzo duże zróżnicowanie wskaźnika zużycia energii na mieszkańca pomiędzy krajami rozwiniętymi i krajami Trzeciego Świata. W krańcowych przypadkach wskaźniki te w najbiedniejszych krajach są nawet kilkadziesiąt razy niższe od zużycia krajów wysoko rozwiniętych, co przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Kraje o najwyższym i najniższym zużyciu energii pierwotnej per capita w 2000 r.

W Polsce w minionym 30-leciu wzrost zużycia energii pierwotnej był bardzo nierównomierny – szybki w latach 70. i 80. Następnie w rezultacie reformy gospodarki polskiej i szerokich działań racjonalizujących gospodarkę energetyczną w latach 1990–2000 zużycie energii zmalało do poziomu 89,7 Mtoe, tj. do poziomu z 1971 r., kiedy wynosiło 87,5 Mtoe [8],[10].

Należy jednak podkreślić, że struktura zużycia energii pierwotnej w Polsce znacznie różni się od struktury krajów wysoko uprzemysłowionych OECD. W Polsce węgiel nadal pokrywa prawie 2/3 krajowego zużycia tej energii, chociaż jego udział z roku na rok maleje przy wzrastającej roli ropy naftowej i gazu ziemnego.

Produkcja i zużycie energii elektrycznej

W minionym 30-leciu wystąpił bardzo wysoki 3-krotny wzrost światowej produkcji energii elektrycznej – z 5248 TWh w 1971 r. do 15 379 TWh w 2000 r., z czego nadal blisko 2/3 produkują kraje OECD, chociaż proporcje liczby ludności są odwrotne. W 2000 r. ludność krajów Nie-OECD stanowiła 81% ludności świata [5],[7].

Zmiany w wielkości produkcji energii elektrycznej w poszczególnych regionach świata w latach 1971–2000 przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6
Światowa produkcja energii elektrycznej wg regionów w latach 1971–2000

Regiony	Produkcja energii Elektrycznej, TWh		1971 = 100
	1971	2000	
A. OECD			
Ameryka Północna	1956	4813	246
Europa	1403	3194	228
w tym: Polska	70	145	207
Kraje Pacyfiku	462	1622	350
Razem OECD	3821	9629	252
B. Nie-OECD			
Afryka	90	438	487
Ameryka Łacińska	135	779	577
Azja	138	1235	894
Chiny	144	1387	963
Europa	92	177	192
Dawny ZSRR	801	1271	157
Bliski Wschód	27	463	1715
Razem Nie-OECD	1427	5750	403
C. Ogółem Świat	5248	15379	293

Źródło: [5], [7], [8].

Głównym paliwem dla światowej produkcji energii elektrycznej był i jest węgiel, jego udział utrzymuje się na poziomie ok. 40%. Natomiast zmiany wystąpiły w udziale innych paliw.

Po kryzysie lat 70. poważnie ograniczono zużycie paliw ciekłych do produkcji energii elektrycznej, równocześnie zwiększając znacznie produkcję tej energii z elektrowni atomowych. Udział poszczególnych paliw w światowej produkcji energii elektrycznej przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7
Udział poszczególnych paliw w światowej produkcji energii elektrycznej w latach 1971–2000

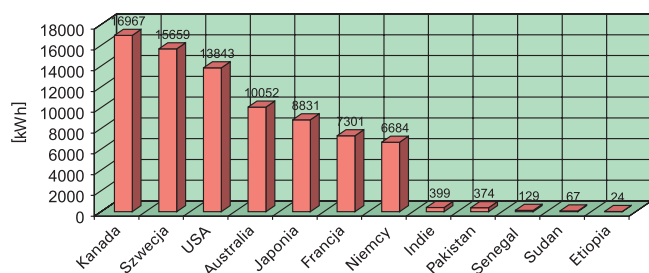
Wyszczególnienie	Udział, %	
	1971	2000
Węgiel	40.0	39.1
Paliwa ciekłe	20.9	7.9
Gaz ziemny	19.3	17.4
Paliwo jądrowe	2.1	16.9
Woda	23.0	17.1
Źródła odnawialne i pozostałe	0.7	1.6
Razem	100.0	100.0

źródło: [5], [8].

W Polsce głównym paliwem do produkcji energii elektrycznej jest węgiel (kamienny i brunatny), z którego wytwarza się ok. 95% energii elektrycznej.

Pomimo znacznego wzrostu światowej produkcji i zużycia energii elektrycznej, wskaźniki zużycia tej energii na mieszkańca, z uwagi na wysoki przyrost liczby ludności, wzrosły w znacznie mniejszym stopniu – w krajach OECD z 4011 kWh w 1971 r. do 8089 kWh w 2000 r., a w krajach nienależących do OECD z 454 kWh w 1971 r. do 1028 kWh w 2000 r., zatem wskaźniki zużycia energii elektrycznej liczone per capita²⁾ dla całej grupy krajów nienależących do OECD były ośmiokrotnie niższe od wskaźników w krajach OECD.

W wielu krajach Trzeciego Świata wskaźniki te są kilkadziesiąt, a nawet kilkaset razy niższe od wskaźników krajów wysoko rozwiniętych. Porównanie takie przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Kraje o najwyższym i najniższym zużyciu energii elektrycznej per capita w 2000 r.

Energochłonność i elektrochłonność gospodarki

Syntetycznym miernikiem określającym energochłonność gospodarki jest ilość energii pierwotnej zużyta na wytworzenie jednostki Produktu Światowego lub Krajowego Brutto (PŚB i PKB) wg PPP. Analogicznie elektrochłonność gospodarki to ilość energii elektrycznej zużyta na jednostkę tego produktu.

W minionym 30-leciu w gospodarce światowej wystąpiło korzystne zjawisko blisko 30-procentowego zmniejszenia energochłonności PŚB – z 0,33 toe/1000 USD w 1971 r. do 0,24 toe/1000 USD w 2000 r. [7–8].

Korzystna zmiana energochłonności gospodarki światowej została osiągnięta dzięki wdrażaniu nowych energooszczędnych technologii w przemyśle, w transporcie i innych działach gospodarki, strukturalnym zmianom w gospodarce wielu krajów, ograniczeniu strat energii itp.

W przeciwieństwie do zmniejszenia energochłonności PSB wystąpiło ponad 10-procentowe zwiększenie wskaźnika elektrochłonności – z 0,30 kWh/USD w 1971 r. do 0,34 kWh/USD w 2000 r., co było rezultatem szerokiego wdrażania zastosowań energii elektrycznej w gospodarce światowej.

²⁾ Per capita – zwrot łaciński oznaczający na każdą głowę, poglównie (Red.)

Odnosnie do Polski, to w całym okresie powojennym, aż do lat osiemdziesiątych, gospodarkę polską cechowała wysoka energochłonność spowodowana węglową strukturą gospodarki, niskim udziałem paliw węglowodorowych w strukturze zużywanej energii, niekorzystną strukturą produkcji przemysłowej oraz niskimi cenami energii sprzyjającymi rozwijaniu produkcji wyrobów energochłonnych, jak również marnotrawstwo paliw i energii.

Wskaźniki energii i elektrochłonności w gospodarce światowej i w Polsce przedstawiono w tabeli 8.

Wskaźniki energo- i elektrochłonności gospodarki światowej i Polski

Tabela 8

Wyszczególnienie	Świat		Polska	
	1971	2000	1971	2000
1. Produkt Światowy i Krajowy Brutto				
• mld USD wg kursu bank.	14366	34037	86.1	163.4
• mld USD wg PPP	16328	41753	183.6	348.4
2. Energochłonność PSB i PKB (toe/1000 USD)				
• wg kursu bankowego	0.38	0.29	1.00	0.55
• wg PPP	0.33	0.24	0.47	0.26
3. Elektrochłonność PSB i PKB (kWh/USD)				
• wg kursu bankowego	0.34	0.41	0.74	0.76
• wg PPP	0.30	0.34	0.35	0.36

Źródło: [7],[8].

Ceny finalne paliw i energii

W krajach OECD stosowane są dość przejrzyste systemy kreowania cen paliw i energii, a informacje o poziomie tych cen są dostępne w publikowanych statystykach.

Podstawowymi czynnikami decydującymi o poziomie cen finalnych (detaicznych) paliw i energii są:

- ceny surowców energetycznych na światowym rynku energii,
- koszty wytwarzania, przetwarzania, transportu i dystrybucji,
- polityka wewnętrzna każdego kraju w zakresie podatków, ochrony socjalnej określonych grup odbiorców, stosowanych subsydiów itp.

W wielu krajach nie będących członkami OECD, zwłaszcza w krajach Trzeciego Świata, często ceny paliw i energii nie pokrywają ponoszonych kosztów, są tam stosowane różne systemy subsydiowania itp.

Ceny paliw i energii w krajach OECD są znacznie zróżnicowane w zależności od polityki tych krajów w odniesieniu do poszczególnych grup odbiorców. Na ogół ceny paliw i energii dla odbiorców przemysłowych są obciążone niskimi lub zerowymi stawkami podatkowymi. Wysoko są opodatkowane paliwa ciekłe.

Na przykład opodatkowanie benzyny dochodzi do 70% ceny płaconej przez odbiorców. Opodatkowanie gazu i energii elektrycznej dla odbiorców komunalno-bytowych kształtuje się w granicach 10-30% cen finalnych [9].

Najniższe ceny paliw i energii dla gospodarstw domowych liczone w USD wg PPP mają kraje:

- benzyna – USA, Kanada, Meksyk,
- gaz – W. Brytania, Kanada, USA, Niemcy, Francja, Holandia,
- energia elektryczna – USA, Norwegia, W. Brytania, Meksyk, Francja.

Wysokie ceny paliw i energii stosują kraje:

- benzyna: Węgry, Słowacja, Turcja, Polska,
- gaz – Japonia, Hiszpania, Dania, Turcja, Polska,
- energia elektryczna – Dania, Turcja, Portugalia, Węgry, Hiszpania.

W Polsce aż do końca lat osiemdziesiątych była prowadzona polityka niskich cen paliw i energii. Miały one charakter cen urzędowych, były instrumentem gospodarki nakazowo-rozdzielczej i nie odzwierciedlały realnej wartości paliw i energii. Taka polityka cenowa doprowadziła do powstania w gospodarce polskiej wielu niekorzystnych zjawisk, zwłaszcza:

- rozwijania energochłonnych technologii w przemyśle i budownictwie,
- powszechnego braku zainteresowania odbiorców zarówno przemysłowych jak i bytowo-komunalnych racjonalnym użytkowaniem paliw i energii,
- zniekształcenia mechanizmów ekonomicznych w gospodarce energetycznej.

Radykalną reformę cen paliw i energii rozpoczęto w 1990 r. wraz z reformą całej gospodarki. Obecnie ceny węgla i paliw ciekłych ustalane są przez rynek, natomiast ceny sieciowych nośników energii są cenami regulowanymi zatwierdzanymi przez Urząd Regulacji Energetyki.

Obecnie w Polsce ceny paliw i energii dla gospodarstw domowych, w przeliczeniu na USD wg parytetu siły nabywczej (PPP), kształtują się na poziomie nieco wyższym od cen krajów UE, a w zakresie paliw ciekłych znacznie przekraczają te ceny, co przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9
Ceny paliw i energii dla gospodarstw domowych w Polsce w 2000 r.

Wyszczególnienie	OECD Europa		Polska	
	USD wg kursu bankowego	USD wg PPP	USD wg kursu bankowego	USD wg PPP
Benzyna bezołow. 98 (USD/l)	1.050	1.224	0.771	1811
Gaz ziemny (USD/10 ⁷ kcal)	329.0	405.9	247.5	581.4
Energia elektryczna (USD/kWh)	0.107	0.137	0.065	0.154

Źródło: [9]

Intensywny rozwój przemysłu, powstanie wielkich aglomeracji miejskich, wzrost wydobycia surowców energetycznych, a zwłaszcza wzrost produkcji i zużycia energii jako wystąpił po II wojnie światowej, spowodowały ogromną degradację środowiska naturalnego, zarówno w skali globalnej, jak i lokalnej.

Główne szkodliwe substancje emitowane przez energetykę ze spalania paliw kopalnych to tlenki siarki, tlenki azotu, dwutlenek węgla, pyły i odpady paleniskowe. W miastach główne źródło zanieczyszczeń środowiska to piece węglowe ogrzewające pomieszczenia oraz pojazdy napędzane silnikami spalinowymi.

W latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX w. degradacja środowiska, zwłaszcza w wielkich aglomeracjach przemysłowych i miejskich, nabrała zatrważających rozmiarów. Negatywne oddziaływanie różnych emisji przejawiało się głównie w postaci:

- emisji SO₂ i NO_x powodujących degradację lasów i gleb, obumieranie życia w rzekach i jeziorach, spadek zdrowotności ludzi i wszelkich żywych organizmów,
- niszczenia warstwy ozonowej chroniącej ziemię przed promieniowaniem ultrafioletowym,
- efektu cieplarnianego powodującego zmiany klimatyczne i ocieplenie globu ziemskiego.

Istotnym sygnałem wskazującym na zagrożenia związane z degradacją środowiska naturalnego był raport Sekretarza Generalnego ONZ U Thanta w 1969 r. Następnie w rezultacie różnych konferencji międzynarodowych oraz Deklaracji Sztokholmskiej w 1972 r., kraje przemysłowe podjęły szereg intensywnych działań, których celem było ograniczenie negatywnego oddziaływania, zwłaszcza energetyki na środowisko.

Efekt tych działań to radykalna poprawa sytuacji w ochronie środowiska, zwłaszcza znaczne ograniczenie emisji tlenków siarki i tlenków azotu, emisji pyłów, poprawa czystości wód itp. [14].

Obecnie najważniejszym i najtrudniejszym problemem w skali globalnej jest ograniczenie emisji CO₂, która w ostatnim 30-leciu wzrosła z 15,7 mld ton w 1971 r. do 22,6 mld ton w 2000 r. [12]. W tej sytuacji w grudniu 1997 r. przedstawiciele rządów na konferencji w Kioto podjęli szereg decyzji zmierzających do ograniczenia emisji CO₂, które zawarto w dokumencie „Protokół z Kioto”. Niestety dotychczas nie wszystkie kraje ten dokument ratyfikowały, m.in. USA i Federacja Rosyjska [13].

W Polsce w latach 1950–1990 doszło do ogromnej degradacji środowiska przyrodniczego, do której w znacznej mierze przyczynił się sektor paliw i energii.

Negatywne skutki tej degradacji wystąpiły głównie na terenach południowo-zachodnich Polski oraz w dużych aglomeracjach przemysłowych i miejskich na terenie całego kraju. Na niektórych obszarach, zwłaszcza Górnym Śląsku i w rejonie tzw. czarnego trójkąta na Dolnym Śląsku sytuacja była wręcz katastrofalna. Obszary te były zaliczane do najbardziej zanieczyszczonych regionów Europy.

Wraz z rozpoczęciem reformy polskiej gospodarki oraz reform w sektorze energii, realizowanych w latach 1990–2000, wprowadzono stosowne regulacje, podjęto wielokierunkowe działania dla ograniczenia negatywnego oddziaływania energetyki na środowisko oraz zminimalizowania szkód w tym środowisku. Polska została sygnatariuszem szeregu umów i konwencji międzynarodowych, m.in. Konwencji Genewskiej i jej protokołów siarkowego i azotowego, Konwencji Klimatycznej ONZ oraz Protokołu z Kioto. Wdrożono również Dyrektywę Rady Wspólnoty Europejskiej w sprawie ograniczenia emisji z dużych elektrowni.

Podjęmowane działania w zakresie środowiska, zmniejszenie ogólnego zużycia emisji pierwotnej – w tym głównie węgla, zwiększenie w strukturze zużycia energii paliw węglowodorowych spowodowały znaczne ograniczenie emisji zanieczyszczających środowisko. Szczególnie duże ograniczenie tych emisji osiągnęła elektroenergetyka. Dzięki temu obecnie emisje podstawowych zanieczyszczeń atmosfery w odniesieniu do mieszkańca nie odbiegają w Polsce od średnich w krajach UE. Jedynie wyższy jest wskaźnik emisji SO₂ [15].

Zmiany wielkości emisji zanieczyszczeń w Polsce w latach 1988–2000 przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10
Emisje zanieczyszczeń powietrza w Polsce w latach 1988–2000

Wyszczególnienie	1988	2000	1988 = 100
SO₂ (tys.t)			
• Kraj ogółem	4180	1511	36.1
• Sektor energii	2745	1379	50.2
• Elektroenergetyka zawodowa	1990	805	40.5
NO_x (tys.t)			
• Kraj ogółem	1550	838	54.1
• Sektor energii	640	415	64.8
• Elektroenergetyka zawodowa	420	237	56.4
CO₂ (Mt)			
• Kraj ogółem	447	315	70.5
• Sektor energii	261	•	•
• Elektroenergetyka zawodowa	160	•	•
Pyły (tys.t)			
• Kraj ogółem	3400	464	13.6
• Elektroenergetyka zawodowa	770	64	8.3

Źródło: [15].

Zaopatrzenie energetyczne świata do 2030 r.

Prognoza światowego zapotrzebowania energii pierwotnej

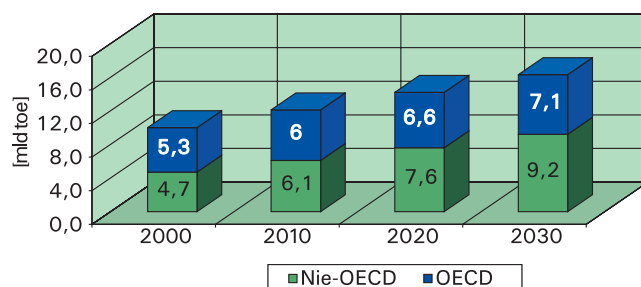
Główną siłą sprawczą rozwoju światowego sektora energii jest, jak już wspomniano, przewidywany wzrost ekonomiczny wyrażony wielkością Produktu Światowego Brutto (PŚB) oraz wzrost liczby ludności.

Międzynarodowa Agencja Energii (OECD-IEA) w prognozie z 2002 r. przewiduje, że światowy średni roczny wzrost PŚB wyniesie 3,2% w latach 2000–2010 oraz 2,8% w latach 2010–2030. Wzrost ten jest zróżnicowany dla różnych

regionów – niższy dla krajów wysoko rozwiniętych i wyższy dla krajów Trzeciego Świata. Przewiduje się również, że ludność świata do 2030 r. wzrośnie do 8,2 mld osób, a średnie roczne tempo wzrostu liczby ludności będzie miało tendencję malejącą – 1,2% w latach 2001–2010, 1% w latach 2011–2020 oraz 0,9% w latach 2021–2030 [12]. Prognozy Światowej Rady Energetycznej są zbieżne z prognozą OECD-IEA³⁾.

Według najbardziej prawdopodobnego scenariusza prognozy ocenia się, że światowe zapotrzebowanie energii pierwotnej wzrośnie z 10 mld toe w 2000 r. do 16,3 mld toe w 2030 r. W krajach OECD zapotrzebowanie to wzrośnie o 34% – z 5,3 mld toe w 2000 r. do 7,2 mld toe w 2030 r., a w krajach Nie-OECD o 92% – z 4,8 mld toe w 2000 r. do 9,2 mld toe w 2030 r.

Zapotrzebowanie energii pierwotnej na mieszkańca wzrośnie w skali globalnej z ok. 1,7 toe do ok. 2,0 toe w 2030 r., z czego w krajach OECD z ok. 4,7 toe w 2000r. do ok. 5,7 toe w 2030 r., a w krajach Nie-OECD z 0,95 toe w 2000 r. do ok. 1,3 toe w 2030 r. (rys. 8).



Rys. 8. Prognoza światowego zapotrzebowania energii pierwotnej w latach 2000–2030

W badanym okresie zmieni się udział poszczególnych paliw w globalnym zapotrzebowaniu energii pierwotnej – znacznie wzrośnie udział gazu ziemnego, natomiast zmaleje udział węgla i energii jądrowej⁴⁾, co przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11
Prognoza światowego zapotrzebowania energii i jego struktura, w latach 2000–2030

Wyszczególnienie	Energia pierwotna, Mtoe		2000 = 100	Struktura, %	
	2000	2030		2000	2030
Węgiel	2355	3606	153	23,4	22,1
Ropa naftowa ¹⁾	3604	5769	160	35,7	35,4
Gaz ziemny	2085	4203	201	20,7	25,8
Energia jądrowa	674	703	104	6,7	4,3
Energia wodna	228	366	162	2,2	2,2
Źródła odnawialne	1142	1653	145	11,3	10,2
Ogółem Świat ¹⁾	10089	16302	163	100,0	100,0

Źródło: [12]

¹⁾ Łącznie z paliwem dla statków.

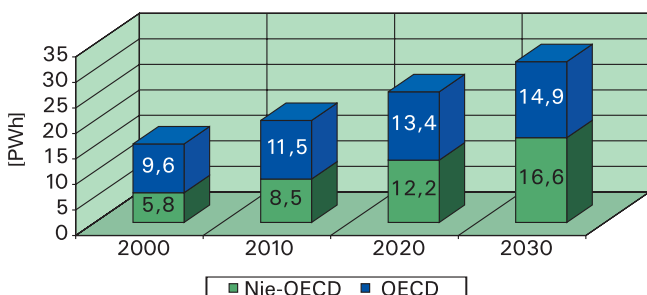
Uwaga: Niewielkie różnice danych za 2000 r. w tabelach wynikają z korekty wykonania po opracowaniu prognozy.

³⁾ W niniejszym przeglądzie wykorzystano głównie dane prognozy OECD-IEA jako najbardziej aktualne.

⁴⁾ Światowa Rada Energetyczna uważa, że w najbliższych latach wystąpi nawrót do energetyki jądrowej.

Prognoza światowej produkcji energii elektrycznej

Według prognozy światowa produkcja energii elektrycznej zostanie podwojona – z 15,4 PWh w 2000 r. do 31,4 PWh w 2030 r., a średni roczny wzrost wyniesie ok. 2,4%. W krajach OECD produkcja ta wzrośnie o ok. 55% z 9,6 PWh w 2000 r. do 14,9 PWh w 2030 r., a w krajach nienależących do OECD wzrośnie 3-krotnie, z 5,8 PWh w 2000 r. do 16,6 PWh w 2030 r., co przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Prognoza światowego zapotrzebowania energii elektrycznej w latach 2000–2030

Pomimo szybkiego wzrostu produkcji energii elektrycznej w krajach nienależących do OECD w 2030 r. wskaźnik tej produkcji na mieszkańca będzie nadal trzykrotnie niższy od wskaźnika krajów OECD. W OECD wskaźnik ten wyniesie 11,8 MWh, a w krajach nienależących do OECD ok. 3,8 MWh, przy czym w tych ostatnich będą nadal występować duże różnice pomiędzy poszczególnymi krajami.

W badanym okresie wystąpią istotne zmiany w produkcji energii elektrycznej z różnych paliw. Węgiel będzie nadal głównym paliwem do produkcji tej energii z udziałem ok. 37%, tj. zbliżonym do obecnego. Najszybciej wzrośnie produkcja z gazu ziemnego. Wzrośnie również produkcja z odnawialnych źródeł energii. Natomiast wystąpi stagnacja produkcji z paliw ciekłych i z energii jądrowej. Ostatnio pojawiają się głosy ekspertów Światowej Rady Energetycznej przewidujących nawrót do energetyki jądrowej. Prognozę produkcji energii elektrycznej według rodzajów paliw przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12
Prognoza światowej produkcji energii elektrycznej według rodzajów paliw, w latach 2000–2030

Wyszczególnienie	Produkcja energii elektrycznej, TWh		2000 = 100	Struktura, %	
	2000	2030		2000	2030
Węgiel	5989	11591	194	38.9	36.8
Paliwa ciekłe	1241	1326	107	8.1	4.2
Gaz ziemny	2676	9923	345	17.4	31.4
Wodór – ogniwa pal.	0	349	–	–	1.1
Energia jądrowa	2586	2697	104	16.8	8.6
Energia wodna	2650	4259	161	17.2	13.5
Źródła odnawialne	249	1381	555	1.6	4.4
Ogółem Świat	15391	31524	205	100.0	100.0

Źródło: [12]

Perspektywy ochrony środowiska

Podjęte w minionym 30-leciu wielokierunkowe działania w dziedzinie ochrony środowiska doprowadziły do radykalnego ograniczenia degradacji środowiska powodowanego przez energetykę, zwłaszcza w zakresie emisji SO_2 , NO_x , pyłów i zanieczyszczenia wód.

W 30-leciu 2000–2030 najważniejszym problemem jest ograniczenie wzrostu emisji gazów szklarniowych, a zwłaszcza minimalizacja emisji CO_2 , jej przechwytywanie i składowanie. Przewiduje się, że emisja CO_2 wzrośnie z 22,6 mld t w 2000 r. do 38,2 mld t w 2030 r., z czego 16,5 mld t wyemitują elektrownie, w których spalanie węgla będzie źródłem 10,7 mld t emisji CO_2 [12].

Wysoki przyrost emisji CO_2 wystąpi w krajach nienależących do OECD, chociaż emisja ta przypadająca na jednego mieszkańca tych krajów będzie prawie 5-krotnie niższa od emisji krajów OECD, co obrazują poniższe dane, w t/capita:

	2000	2030	2000 = 100
OECD	9,8	13,0	133
Nienależące do OECD	2,1	3,1	148

Ograniczenie przyrostu emisji CO_2 i realizacja Protokołu z Kioto jest celem strategicznym. Ponadto w celu ograniczenia oddziaływania CO_2 na ocieplenie atmosfery ziemskiej rozważa się przechwytywanie tych emisji i składowanie w wyrobiskach soli, w wodach oceanicznych itp. Jednak dotychczas brak jest pewności, jak zachowają się systemy składowania CO_2 na dużą skalę. Ważnym czynnikiem ograniczającym takie rozwiązania są wysokie koszty przechwytywania, transportu i składowania CO_2 , szacowane na 30–50 zł/t. Dlatego wielu ekspertów uważa, że ważnym sposobem ograniczenia emisji CO_2 jest rozwój energetyki jądrowej i znaczny wzrost produkcji energii elektrycznej z tej energetyki.

Perspektywy zaopatrzenia w paliwa i energię gospodarki polskiej do 2030 r.

Ogólna charakterystyka „Założeń polityki energetycznej Polski do 2020 r.”

Podstawowym dokumentem rządowym określającym kierunki rozwoju polskiego sektora energii w obecnym dwudziestolecu są „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 r.”, zatwierdzone przez Radę Ministrów 22 lutego 2000 r. [16]. Dokument ten zawiera: główne cele krajowej polityki energetycznej, prognozę krajowego zapotrzebowania na energię i źródła jego pokrycia, kierunki działań dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju i działań dla minimalizacji negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko oraz strategiczne kierunki działań państwa dla realizacji nakreślonych celów polityki energetycznej.

W „Założeniach” przedstawiono trzy makroekonomiczne scenariusze rozwoju kraju i prognozy energetycznej, tj.:

- scenariusz „przetrwania”, w którym średnia roczna stopa wzrostu PKB wynosi tylko 2,3%,
- scenariusz „odniesienia”, w którym założono średnią roczną stopę wzrostu w wysokości ok. 4%,
- scenariusz „postępu plus”, zakładający szybki rozwój gospodarczy ze średnią roczną stopą wzrostu ok. 5,5%, wysoką społeczną wydajnością pracy oraz wysoką produktywnością energii.

Scenariusz „przetrwania” uznano jako nie gwarantujący odrobienia luki rozwojowej w stosunku do krajów wysoko rozwiniętych. Jako pożądany uznano scenariusz „postępu plus”. Podstawowe wielkości tej prognozy dla scenariusza „odniesienia” i „postępu plus” przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13
Prognoza zapotrzebowania energii pierwotnej i elektrycznej dla Polski do 2020 r. (scen. „odniesienia” i scen. „postępu plus” wg dokumentu rządowego)

Wyszczególnienie	2005	2010	2015	2020
Ludność, mln	38.6	38.8	39.0	39.0
Scen. „odniesienia”				
• stopa wzrostu PKB, %	4.8	3.7	3.4	3.2
• energia pierwotna, Mtoe	106.4	109.1	112.4	116.2
• energia elektryczna, TWh	167.6	186.9	204.4	233.2
Scen. „postępu plus”				
• stopa wzrostu PKB, %	5.7	6.3	5.5	5.1
• energia pierwotna, Mtoe	103.7	109.7	114.7	121.3
• energia elektryczna, TWh	161.5	184.4	204.8	236.4

Źródło: [16].

W tabeli pominięto scenariusz przetrwania, który ma jedynie charakter ostrzegawczy.

Przyjęte w „Założeniach” kluczowe kierunki polityki energetycznej są nadal aktualne, jednak w świetle obecnego rozpoznania występuje potrzeba ich aktualizacji, zwłaszcza aktualizacji prognozy zapotrzebowania energii pierwotnej i elektrycznej, które zdaniem autora niniejszego artykułu wymagają korekty. Stąd poniżej przedstawiono wariantową ocenę zapotrzebowania energii pierwotnej i elektrycznej opracowaną w sposób uproszczony na podstawie porównań międzynarodowych, z uwzględnieniem prawdopodobnych dwóch scenariuszy wzrostu PKB do 2030 r. Przedstawiona prognoza nie może zastąpić prognozy kompleksowej, która powinna być opracowana w najbliższym czasie.

Stan wyjściowy prognozy zapotrzebowania energii do 2030 r.

W latach 1990–2000 dzięki reformie gospodarczej i wielokierunkowym działaniom racjonalizującym polską gospodarkę energetyczną osiągnięto:

- wzrost PKB przy znacznym obniżeniu zużycia energii,
- radykalne zmniejszenie energochłonności PKB,
- zmianę struktury zużycia energii pierwotnej przez ograniczenie udziału węgla na rzecz paliw węglowodorowych,
- istotną poprawę w zakresie negatywnego oddziaływania energetyki na środowisko przyrodnicze.

W latach 1990–2000 zostały wykorzystane tzw. rezerwy proste użytkowania energii. Stąd w obecnym 30-leciu dalsze obniżenie energochłonności PKB będzie wolniejsze, zatem wzrost PKB będzie powodował wzrost zużycia energii. Wzrost ten wystąpił już w 2002 i w 2003 r. Oczekuje się również, że przystąpienie do UE stworzy warunki do szybszego wzrostu gospodarki polskiej i wzrostu zapotrzebowania energii. Zjawisko to wystąpiło w Hiszpanii, Portugalii i Grecji, które wcześniej uzyskały członkostwo w UE.

Dobrym przykładem uzyskania szybkiego wzrostu PKB i wzrostu zużycia energii jest Hiszpania, która przed wejściem do UE miała zbliżoną do Polski liczbę ludności i znacznie niższe zużycie energii. Natomiast w ostatnich latach osiągnęła wysoki wzrost PKB i wzrost zużycia energii. Wynika to z poniższego porównania.

	POLSKA			HISZPANIA		
	1970	2000	Wzrost (%)	1970	2000	Wzrost (%)
• Ludność, mln	32,5	38,6	119	33,9	39,9	118
• Zużycie energii						
– pierwotnej, Mtoe	83,5	90,0	108	34,8	124,9	259
– elektrycznej, TWh	59,0	124,5	211	47,9	209,6	438

Źródło: [6],[17].

Badanie zależności pomiędzy wzrostem zużycia energii i wzrostem PKB w krajach OECD w latach 1980–2000 wskazuje, że wzrost PKB o 1% powodował średnio wzrost zużycia energii pierwotnej o 0,5–0,6% oraz zużycia energii elektrycznej o 0,9–1,0%. Celowe jest wykorzystanie tych zależności dla określenia przyszłego zapotrzebowania energii w Polsce.

Prognoza zapotrzebowania energii pierwotnej i energii elektrycznej (szacowana przez autora artykułu)

Wzrost zapotrzebowania energii w Polsce będzie głównie zależał od wzrostu gospodarczego wyrażonego wzrostem PKB. Minimalny wzrost liczby ludności z 38,6 mln mieszkańców w 2000 r. do 39,0–39,3 mln nie będzie istotną siłą sprawczą zapotrzebowania energetycznego kraju.

W prognozie do 2030 r. założono dwa scenariusze wzrostu PKB, mianowicie:

- scenariusz 1 – umiarkowanego wzrostu PKB, ze średnią roczną stopą wzrostu 3,5%,
- scenariusz 2 – pożądanego wzrostu PKB przy średniej rocznej stopie wzrostu 4,5%.

Biorąc za podstawę założone scenariusze wzrostu PKB oraz współczynnik elastyczności zużycia energii pierwotnej do PKB w wysokości 0,5 i współczynnik elastyczności energii elektrycznej do PKB w wysokości 0,9, oszacowano zapotrzebowanie energii w perspektywie do 2030 r. Wynik przedstawiono w tabeli 14.

Tabela 14

**Prognoza zapotrzebowania energii pierwotnej
i energii elektrycznej do 2030 r.**

Wyszczególnienie	2000	2010	2020	2030	2000 = 100
Scenariusz 1					
• Ludność, mln	38.6	38.8	39.0	39.3	102
• Stopa wzrostu PKB, %	3,8	3,7	3,0		–
• PKB (2000 = 100)	100	145	210	270	–
• Zapotrzebowanie energii pierwotnej					
– ogółem, Mtoe	90,0	108,0	130,0	150,0	167
– per capita, toe	2,33	2,78	3,33	3,82	164
• Zapotrzebowanie energii elektryczna					
– ogółem, TWh	124,6	170,0	225,0	280,0	225
– per capita, kWh	3224	4380	5900	7120	220
Scenariusz 2					
• Ludność, mln	38.6	38.8	39.0	39.3	102
• Stopa wzrostu PKB, %	4,0	5,0	4,5		–
• PKB (2000 = 100)	100	148	240	375	–
• Zapotrzebowanie energii pierwotnej					
– ogółem, Mtoe	90,0	110,0	140,0	174,0	193
– per capita, toe	2,33	2,84	3,59	4,43	190
• Zapotrzebowanie energii elektryczna					
– ogółem, TWh	124,6	175,0	250,0	340	272
– per capita, kWh	3224	451,0	6410	8650	268

Źródło: kalkulacje autora.

Realizacja scenariusza 1 prognozy pozwoliłaby na osiągnięcie przez Polskę:

- ok. 2030 r. obecnego poziomu zużycia energii pierwotnej per capita w W. Brytanii,
- ok. 2032 r. obecnego poziomu zużycia energii elektrycznej per capita we Francji.

Realizacja scenariusza 2 prognozy pozwoliłaby na osiągnięcie:

- ok. 2027 r. obecnego wskaźnika zużycia energii pierwotnej we Francji i w Niemczech,
- ok. 2026 r. obecnego wskaźnika zużycia energii elektrycznej we Francji.

Realizacja scenariusza 2 prognozy, z uwagi na potrzeby rozwojowe kraju, byłaby pożądana. Umożliwiłaby szybsze zbliżenie Polski do poziomu gospodarczego krajów Zachodniej Europy. Jednak zarówno przy realizacji scenariusza 1, jak i 2 prognozy szybko będzie wzrastać zależność Polski od importu surowców energetycznych. Szacuje się, że z uwagi na brak możliwości istotnego wzrostu pozyskania surowców energetycznych ze źródeł krajowych, zależność ta wzrośnie z ok. 12% w 2000 r. do 45–55% w 2030 r.

Kierunki rozwoju sektora energii

Nadrzędnym celem polskiej polityki energetycznej jest zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego i ekologicznego kraju. Realizacja tego celu wymaga:

- zdolności sektora energii do pełnego i niezawodnego zaspokojenia potrzeb gospodarki i ludności w energię odpowiedniego rodzaju i jakości, po uzasadnionych społecznie i ekonomicznie cenach energii,
- minimalizacji negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko przyrodnicze,

- zapewnienia możliwie wysokiego stopnia niezależności energetycznej kraju przez pokrywanie zapotrzebowania głównie krajową produkcją nośników energii, przy możliwie wysokim i uzasadnionym ekonomicznie wykorzystaniu krajowych zasobów energetycznych oraz dywersyfikacji i korzystania z importu paliw i energii w stopniu niezbędnym dla uzupełnienia produkcji krajowej.

Realizacja tego nadrzędnego celu wymaga odpowiedniego rozwoju poszczególnych podsektorów energii.

Górnictwo węgla kamiennego

W rezultacie wdrażania reformy górnictwa węgla kamiennego zlikwidowano 33 nierentowne kopalnie, ograniczono wydobycie węgla o ok. 50% w stosunku do maksymalnego wydobycia sprzed reformy (z 201 mln t w 1979 r. do 102 mln t w 2000 r.), zwiększono jakość wydobywanego węgla, ograniczono jego eksport z 43 mln t w 1984 r. do 23 mln t w 2000 r. oraz ograniczono zatrudnienie z 416 tys. osób w 1989 r. do 155 tys. w 2000 r. Ponadto zgodnie z programem rządowym zamierza się dalej ograniczyć wydobycie węgla do ok. 90 mln t w 2010 r. i ok. 80 mln t w 2020 r. Ograniczenie wydobycia węgla ma na celu zapewnienie rentowności kopalń bez dotowania z budżetu państwa.

Z uwagi na wymagania środowiska zmniejszenie wydobycia i zużycia węgla było korzystne – wpłynęło na znaczne ograniczenie szkodliwych emisji gazów, zwłaszcza CO₂, SO₂ i NO_x oraz pyłów i żużla. Jednak w świetle zwiększającego się zapotrzebowania na energię nasuwa się pytanie, czy dalsze ograniczenie wydobycia węgla jest uzasadnione, zwłaszcza że jego ceny na światowym rynku energii ostatnio znacznie wzrosły. Wydaje się, że z uwagi na bezpieczeństwo energetyczne kraju, bardziej celowe byłoby nieograniczanie wydobycia węgla, lecz w przyszłości jego zwiększenie przy wzmoczeniu działań ukierunkowanych na czyste technologie spalania węgla.

Prognozowany wzrost zapotrzebowania energii, zwłaszcza energii elektrycznej, spowoduje w nadchodzących dekadach wzrost zapotrzebowania elektroenergetyki na węgiel, który nadal będzie podstawowym paliwem do produkcji energii elektrycznej, zwłaszcza że Polska nie posiada elektrowni jądrowych. Ograniczone wydobycie węgla do ok. 80 mln t nie zapewni pokrycia potrzeb krajowych. Konieczny będzie jego import, a przy tym należy się liczyć ze wzrostem cen węgla na światowym rynku energii.

W tej sytuacji obecna zdolność produkcyjna górnictwa węgla kamiennego powinna być utrzymana, co nie wyklucza koncentracji jego wydobycia, działań dla poprawy wskaźników wydajności i wyników ekonomicznych.

Górnictwo węgla brunatnego

Obecne wydobycie węgla brunatnego wynosi ok. 60 mln t i prawie w całości jest przeznaczone do produkcji energii elektrycznej. Przewiduje się, że do 2020 r. jego wydobycie utrzymane zostanie na zbliżonym do obecnego poziomie.

Jednak obecnie eksploatowane złoża węgla brunatnego maleją i po 2020 r. zostaną w znacznym stopniu wyczerpane, zwłaszcza w zagłębiu konińskim i turowskim. W tej sytuacji niezbędne będą inwestycje i eksploatacja nowych złóż, głównie złóż położonych koło Legnicy, co z uwagi na uwarunkowania lokalizacyjne będzie bardziej skomplikowane i kapitałochłonne niż złóż dotychczas eksploatowanych.

Ropa naftowa

Krajowe wydobycie ropy naftowej jest bardzo małe, w 2000 r. zaspokajało tylko ok. 4% jej zużycia wynoszącego 18 mln t. Przewiduje się, że w okresie do 2030 r. wystąpi znaczny wzrost zapotrzebowania ropy naftowej i jej produktów. Zatem z uwagi na znikome zasoby tego surowca prawie całe zapotrzebowanie będzie musiało pochodzić z importu. Konieczna więc będzie rozbudowa zdolności przetwórczych polskich rafinerii, wynoszących obecnie ok. 24 mln t, rozbudowa rurociągów przesyłowych, jak również budowa zbiorników dla utworzenia wymaganej przez UE rezerwy paliw ciekłych. Utworzenie takiej rezerwy będzie stanowił ważny element bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Gazownictwo

W 2000 r. zużycie gazu ziemnego w przeliczeniu na gaz wysokometanowy (34,3 MJ/m³) wynosiło 12,2 mld m³, tj. 10 Mtoe, co stanowiło 11% krajowego zużycia energii pierwotnej, 1/3 zużywanego gazu pochodziło z własnych zasobów, a 2/3 z importu, głównie z Federacji Rosyjskiej.

Przewiduje się, że w okresie do 2030 r. gazownictwo będzie najszybciej rozwijającym się podsektorem energii i zapotrzebowanie na gaz ziemny wzrośnie ponad dwukrotnie. Pokrycie takiego zapotrzebowania zapewniłoby zmianę struktury krajowego bilansu energii pierwotnej, pokrycie wzrastających potrzeb gospodarki i ludności oraz byłoby korzystne dla środowiska naturalnego.

Z uwagi na stosunkowo małe krajowe zasoby gazu ziemnego szybko wzrastające jego zapotrzebowanie będzie pokrywane głównie gazem z importu, przy czym konieczna jest dywersyfikacja kierunków jego importu.

W tej sytuacji wystąpi konieczność rozbudowy sieci przesyłowej, dynamicznego rozwoju sieci dystrybucyjnej oraz budowy podziemnych zbiorników dla magazynowania rezerwy operacyjnej i strategicznej gazu ziemnego.

Odnawialne źródła energii

W Polsce z odnawialnych źródeł energii liczą się głównie energia wodna, drewno i inne rodzaje biomasy. Jest również szansa na większe wykorzystanie energii wiatru i geotermalnej oraz biopaliw dodawanych do paliw napędowych.

Zasoby energii wodnej są niewielkie, a energię możliwą do praktycznego wykorzystania ocenia się na 12–15 TWh/a, z czego obecnie wykorzystuje się ok. 4 TWh/a.

Uzysk drewna wykorzystywany dla celów energetycznych wynosi 3-4 mln toe/a. Możliwe do wykorzystania zasoby słomy i odpadów rolniczych szacuje się na ok. 10 mln t. Zasoby energii geotermalnej są znaczne, lecz jest to głównie ciepło niskotemperaturowe. Ostatnio dość szybko wzrasta ilość i moc instalacji wiatrowych, a ponadto Parlament uchwalił ustawę w sprawie produkcji biopaliw.

Obecnie udział odnawialnych źródeł energii, łącznie z energią z odpadów, w bilansie energii pierwotnej jest nieznaczny – nie przekracza 5%. Ocenia się, że w przyszłości mimo zaleceń i dyrektyw UE dotyczących znacznego wzrostu tych źródeł – udział ten nie przekroczy 6–7%, ponieważ Polska nie posiada znaczących zasobów wodnych.

Wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii będzie istotny dla środowiska, chociaż ich bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo energetyczne w skali kraju będzie stosunkowo mały. Natomiast źródła te mogą odgrywać znaczną rolę w lokalnych bilansach energii.

Kierunki rozwoju elektroenergetyki

Reforma gospodarki polskiej, ograniczenie produkcji przemysłowych energochłonnych i wzrost efektywności użytkowania energii przyczyniły się do ok. 15-procentowego zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w latach 1990–1993, a następnie do stopniowego wzrostu tego zużycia do poziomu z końca lat osiemdziesiątych. Pozwoliło to łącznie ze wzrostem eksportu energii elektrycznej osiągnąć w 2000 r. produkcję tej energii w wysokości 145 TWh, tj. poziom sprzed 1989 r.

Aktualnie polski system elektroenergetyczny dysponuje znaczną rezerwą mocy. W 2000 r. moc zainstalowana elektrowni wynosiła 34,6 GW, moc osiągalna 33,4 GW, a szczytowe zapotrzebowanie 22,3 GW. Zatem w 2000 r. różnica pomiędzy mocą osiągalną i szczytowym zapotrzebowaniem wynosiła 11,1 GW, co świadczy o znacznej rezerwie mocy w systemie. Jednak rezerwa ta jest złudna, gdyż ok. 8,0 GW to moc jednostek, które przekroczyły wiek projektowy i powinny być wyłączone z eksploatacji lub poddane rekonstrukcji, w tym:

- ok. 3,0 GW to stare 45-, a nawet 50-letnie jednostki kolektorowe,
- ok. 5,0 GW to elektrownie z blokami 120 MW i poniżej, które średnio osiągnęły 40 lat.

W nadchodzących latach dla pokrycia narastającego zapotrzebowania mocy niezbędny będzie wysoki przyrost mocy zainstalowanej elektrowni, która w 2030 r. dla 1 scenariusza prognozy powinna wynosić ok. 60 GW. Zatem niezbędna będzie:

- realizacja dużego programu rekonstrukcji ok. 10–13 GW, tj. bloków 120 MW, jak również bloków 200 MW, które również są wysłużone i ich średni wiek już przekracza 30 lat,
- budowa całkowicie nowych elektrowni o mocy ok. 30 GW.

Problemem otwartym jest, jakie będą to elektrownie i o jakiej strukturze paliwowej? Z wstępnych rozważań wynika, że powinny to być:

- elektrownie na węgiel kamienny wykorzystujące jako paliwo węgiel z dodatkiem biomasy,
- elektrownie opalane gazem, tj. elektrownie z blokami gazowo-parowymi oraz blokami gazowymi dla pokrycia obciążeń szczytowych,
- elektrownie jądrowe budowane w latach 2020–2030.

Za budową nowych mocy rzędu 7 GW w elektrowniach węglowych przemawia możliwość pozyskania stosunkowo taniego węgla krajowego oraz węgla z importu, chociaż elektrownie takie emitują duże ilości CO₂ i będą problemy z ich akceptacją przez UE.

Budowa jednostek gazowych dla pokrycia obciążeń szczytowych jest podyktowana potrzebami systemu. Natomiast budowa elektrowni gazowo-parowych byłaby uzasadniona ich stosunkowo niskimi kosztami budowy oraz wysoką sprawnością. Jednak w polskich warunkach, z uwagi na konieczność importu gazu i jego rosnące ceny światowe, szeroki rozwój tego typu elektrowni jest mało realny. W tej sytuacji przyrost mocy w elektrowniach opalanych gazem będzie znacznie niższy od zakładanego na początku ubiegłej dekady.

Budowa elektrowni jądrowych, zwłaszcza w dekadzie 2020–2030 jest koniecznością. Bez elektrowni jądrowych nie będziemy w stanie pokryć rosnącego zapotrzebowania na energię, jak również sprostać wymaganiom ochrony środowiska. W tej dziedzinie już w najbliższym czasie niezbędne jest podejmowanie wielu działań umożliwiających realizację programu budowy takich elektrowni.

Budowa wymienionych typów elektrowni nie wyklucza budowy małych elektrowni wodnych oraz elektrowni wiatrowych, jednak ich rola w pokryciu zapotrzebowania mocy będzie stosunkowo niewielka.

Według wstępnych szacunków nakłady inwestycyjne na rekonstrukcję i budowę nowych elektrowni w latach 2001–2030 szacuje się na 35–40 mld euro.

W zakresie przesyłu energii elektrycznej niezbędna jest dalsza rozbudowa sieci 400 kV, przy stopniowym ograniczaniu zasięgu sieci 220 kV oraz rozbudowa połączeń transzytowych z krajami ościennymi.

W zakresie dystrybucji konieczna jest rozbudowa i modernizacja sieci dystrybucyjnej, ze szczególnym uwzględnieniem modernizacji sieci wiejskich.

W tabeli 15 przedstawiono szacunkowe wielkości charakteryzujące rozwój elektroenergetyki do 2030 r., dla zapewnienia wzrostu PKB zakładanego w scenariuszu 1.

Realizacja prognozy elektroenergetyki dla zapewnienia wzrostu PKB określonego w scenariuszu 2 wymagać będzie przyrostu mocy z nowych inwestycji rzędu 35 GW.

Rozwój ciepłownictwa

Zaopatrzenie gospodarki i ludności w ciepło to jeden z ważnych podsektorów polskiej gospodarki energetycznej. Szacuje się, że z uwagi na warunki klimatyczne i ponad półroczny sezon grzewczy, na ogrzewanie pomieszczeń, przygotowanie posiłków i ciepłej wody użytkowej zużywa się ok. 1/4 zużycia krajowego zużycia energii pierwotnej.

Tabela 15

Prognoza podstawowych wielkości rozwoju elektroenergetyki polskiej do 2030 r. (dla realizacji scenariusza 1 PKB)

Wyszczególnienie	2000	2010	2020	2030	2000 = 100
1. Moc zainstalowana elektrowni, GW	34.6	40.0	52.0	62.0	179
w tym:					
a) El. i Ec ciepłe zawodowe	29.8	33.0	42.0	50.0	168
• na węgiel kamienny	20.2	21.5	27.0	27.0	134
• na węgiel brunatny	9.2	10.0	10.0	10.0	109
• na gaz ziemny	0.4	1.5	5.0	5.0	1250
• na paliwo jądrowe	–	–	–	8.0	–
b) El. źródła odnawialne	2.1	4.0	6.0	8.0	380
c) El. przemysłowe	2.7	3.0	4.0	4.0	148
2. Szczytowe zapotrzebowanie mocy, GW	22.3	29.0	40.0	49.0	220
3. Czas wykorzystania mocy zainstalowanej, h	4200	4870	4870	4980	108
4. Produkcja energii elektrycznej, TWh	145.2	195.0	253.0	309.0	213
w tym:					
a) El. i Ec ciepłe zawodowe	133.8	178.0	229.0	277.0	207
• na węglu kamiennym	84.1	115.0	146.0	144.5	172
• na węglu brunatnym	49.7	55.0	56.0	57.0	115
• na gazie ziemnym	1.6	8.0	27.0	27.5	1720
• na paliwie jądrowym	–	–	–	48.0	–
b) Źródła odnawialne	4.0	8.0	12.0	20.0	500
c) El. przemysłowe	7.2	9.0	12.0	12.0	167
5. Eksport en. elektr., TWh ¹⁾	6.3	8.0	9.0	9.5	150
6. Straty sieciowe, TWh	14.3	17.0	19.0	19.5	136
Straty sieciowe, %	11.5	10.0	8.5	7.0	60
7. Krajowe zapotrzebowanie energii elektrycznej, TWh ²⁾	124.6	170.0	225.0	280.0	225

Źródło: ocena autora.

¹⁾ Saldo eksportu i importu.

²⁾ Zapotrzebowanie brutto mniej straty sieciowe.

Do produkcji ciepła korzysta się z różnych źródeł ciepła. Są to elektrociepłownie i ciepłownie energetyki zawodowej i przemysłowej, lokalne ciepłownie komunalne oraz indywidualne instalacje grzewcze – gazowe, olejowe, elektryczne, węglowe itp.

Elektrociepłownie przemysłowe wytwarzają ciepło głównie na potrzeby przemysłu. Natomiast ważną rolę w zaopatrzeniu miast w ciepło i ciepłą wodę odgrywają elektrociepłownie zawodowe. W 2000 r. elektrociepłownie i ciepłownie zawodowe dostarczyły ca. 170 PJ energii cieplnej, co stanowiło ponad 50% ciepła dostarczonego przez scentralizowane systemy ciepłownicze.

W lokalnych i indywidualnych urządzeniach grzewczych coraz większą rolę odgrywa gaz ziemny. Ogrzewanie gazowe staje się konkurencyjne w stosunku do ciepła wytwarzanego w sposób scentralizowany (wysoka sprawność odbiorników, łatwość regulacji, niskie emisje zanieczyszczeń).

W zasadzie nie przewiduje się wzrostu zapotrzebowania na ciepło. Działania będą polegały głównie na poprawie efektywności wykorzystywania ciepła, termoizolacji budynków istniejących oraz ochrony cieplnej budynków nowych, zwiększaniu sprawności odbiorników itp. W regionach wiejskich nadal znaczącą rolę będzie odgrywać drewno i jego odpady.

Uwagi końcowe dotyczące prognozy energetycznej Polski do 2030 r.

Przedstawiona szacunkowa prognoza zapotrzebowania Polski na paliwa i energię daje ogólną orientację odnośnie do kierunków rozwoju sektora energii. Jednak prognoza ta w żadnym przypadku nie może zastąpić kompleksowej prognozy rozwoju polskiego sektora energii i określenia kierunków polityki energetycznej, której opracowanie wymaga zespołu specjalistów z różnych dziedzin energetyki oraz wykorzystania różnych metod badawczych.

Konieczność aktualizacji „Założeń polityki energetycznej Polski do 2020 r.”, opracowanych w 2000 r., jest również niezbędna z uwagi na członkostwo Polski w UE. Nowe założenia polityki energetycznej powinny obejmować horyzont czasowy do 2030 r. oraz zmieniające się uwarunkowania ekonomiczne, ekologiczne, dostaw surowców energetycznych z importu, tranzytu energii przez terytorium Polski itp.

Strategiczna rola energii w gospodarce i w życiu ludności oraz złożoność problematyki energetycznej wymaga, aby polskie czynniki decyzyjne miały właściwy obraz przyszłych potrzeb energetycznych kraju.

- [1] Kopecki K.: Człowiek w świecie energii. KiW 1976
- [2] World Energy Supplies 1954-1974. UN, New York 1976
- [3] National Energy Data Reports. 12 th Energy Congress, New Delhi 1976
- [4] Surrey of Energy Resources – 19 th Edition, WEC 2001
- [5] Energy Balances of Non. OECD Countries 1999-2000, OECD-IEA
- [6] Energy Balances of OECD Countries 1999-2000, OECD-IEA
- [7] Key World Energy Statistics, 2002 Edition, OECD-IEA
- [8] Bilans energii pierwotnej 1990-200. Agencja Rynku Energii, 2003
- [9] Energy Prices and Taxes, Edition 1989 Second Quarter and 2002 Third Quarter, OECD-IEA
- [10] Kumanowski M., Gilecki R.: Primary Energy Balance of Poland. CIE
- [11] Statystyka Elektroenergetyki Polskiej 2000, ARE 2001
- [12] World Energy Outlook 2002, OECD-IEA
- [13] CO₂ emission from fuel combustion, 2002 Edition, OECD-IEA
- [14] Main thesis of the report of United Nations Organization and World Energy Council on „World Energy Assessment”, New York 2000
- [15] Mały Rocznik Statystyczny Polski 2002
- [16] Założenia polityki energetycznej Polski do 2020 r., Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2000
- [17] Janiczek R.: Zintegrowany program rozwoju (ZPR)-2: założenia i dane wejściowe. *Biuletyn Miesięczny PSE* nr 7/1996
- [18] Frydrychowski R.: Plan rozwoju PSE S.A. w zakresie przyszłego zapotrzebowania na energię elektryczną. Materiały PSE SA. 2002
- [19] Ney R. Energia odnawialna – moda czy konieczność. *PSE SA, Elektroenergetyka* nr 1/2003
- [20] *Electricity Information* 2002, OECD-IEA
- [21] Chmielniak T., Rakowski J. i Świrski J.: Polskie elektrownie i elektrociepłownie zawodowe (2). *Przegląd Energetyczny* nr 2/2003 r. Izba Gospodarcza Energetyki i Ochrony Środowiska

