

Rys historyczny, rozwój i stan obecny światowego i polskiego sektora energii²⁾

Historical outline, development and the present condition of the world and Polish energy sector

Światowy sektor energii

Etapy rozwoju energetycznego świata [20, 21, 24, 38]

Wykorzystanie energii przez człowieka sięga zamierzalnych czasów i leży u podstaw wszelkich procesów życia na Ziemi. Energia – obok żywności i powietrza - stanowi jedną z najważniejszych materialnych potrzeb człowieka. Bez użytkowania energii człowiek byłby całkowicie zależny od środowiska i nie osiągnąłby nawet części swojego obecnego rozwoju. Rozwój ludzkości i gospodarki świata był i jest nadal związany z wykorzystaniem energii.

Człowiek – od czasów wykorzystania ognia pochodzenia naturalnego w zamierzalnych czasach do obecnego wykorzystania energii – przebył bardzo długą drogę. W starożytności główne etapy tego wykorzystania energii to:

- uzyskiwanie ciepła ze spalania drewna, roślin czy suchego nawozu dla przygotowania posiłków i ogrzania się,
- uzyskiwanie energii świetlnej z wykorzystaniem tuczycza, kaganka i pochodni,
- wykorzystanie zwierząt do prac zastępujących siłę ludzkich mięśni,
- zapoczątkowanie około 3 tys. lat p.n.e. wykorzystywania siły wiatru i pod koniec starożytności – energii wodnej (napęd statków, koła wodne).

¹⁾ Polski Komitet Światowej Rady Energetycznej jest narodowym Komitetem Światowej Rady Energetycznej (ŚRE) – ang. World Energy Council, która jest ogólnosiwiatową pozarządową i niekomercyjną organizacją, działającą od 1924 r. w Londynie, a wśród 40 założycieli inauguracyjnych jej powstanie była Polska. Obecnie ŚRE zrzesza ponad 90 Komitetów Narodowych, które reprezentują główne liczące się w gospodarce światowej kraje zużywające ponad 90% światowej produkcji energii. Celem działalności ŚRE jest promowanie rozwoju i pokojowego wykorzystania energii z najwyższym pożytkiem zarówno w aspekcie globalnym jak i narodowym.

²⁾ Niniejszy artykuł stanowi syntezę obszernego raportu nt. rozwoju i aktualnego stanu światowego i polskiego sektora energii. Raport ten zostanie opublikowany w kwietniu 2012 r.

W czasach nowożytnych nastąpiło przyspieszenie wykorzystania energii na dużą skalę, głównie dzięki:

- wynalezieniu maszyny parowej i wykorzystaniu węgla do jej napędu, co w XVIII, a zwłaszcza w XIX w. doprowadziło do szybkiego rozwoju przemysłu i transportu,
- wynalezieniu silnika spalinowego w końcu XIX w. oraz wykorzystaniu ropy naftowej, a następnie wykorzystaniu gazu ziemnego,
- zapoczątkowaniu w końcu XIX w. i następnie wykorzystaniu na ogromną skalę w XX w. energii elektrycznej, której wytwarzanie wsparła energetyka jądrowa.

Czynniki wzrostu zapotrzebowania na energię [9, 10, 21, 39]

Głównymi siłami sprawczymi zapotrzebowania na energię są: rosnąca liczba ludności i wzrost ekonomiczny świata.

W przeszłości liczba ludności świata była niewielka. W połowie XVII w. liczba mieszkańców kuli ziemskiej wynosiła około 500 mln. Zwiększenie do 1 mld nastąpiło po blisko 200 latach, a wzrost do 2 mld ludności osiągnięto w 1930 r. Zatem wzrost o 1 mld osiągnięto już zaledwie w ciągu 100 lat. Następnie bardzo szybki wzrost liczby ludności świata miał miejsce w II połowie XX w. i na początku XXI w. W 2000 r. liczba ludności świata wynosiła 6073 mln osób, a w 2006 roku 6536 mln osób, przy czym w ostatnich dekadach dynamiczny wzrost liczby ludności wystąpił głównie w krajach Nie-OECD, zwłaszcza w krajach słabo rozwiniętych Afryki, Azji i Ameryki Łacińskiej.

W latach 1971–2006 światowa liczba ludności wzrosła następująco:

	(mln osób)		
	1971	2006	Przyrost
Kraje OECD	882	1 178	296
Kraje Nie-OECD	2 878	5 358	2 480
Świat	3 760	6 536	2 776

W latach 1971–2006 miał miejsce szybki wzrost ekonomiczny świata – wysoki w krajach OECD i znacznie mniejszy w krajach Nie–OECD. Różnice tego wzrostu są bardzo niekorzystne dla krajów Nie–OECD, zwłaszcza po uwzględnieniu liczby ludności.

Zatem PKB per capita w krajach Nie–OECD był kilka razy niższy od PKB krajów OECD. Ponadto wiele krajów słabo rozwiniętych uzyskało PKB per capita kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt razy niższy od PKB krajów wysoko rozwiniętych OECD.

W latach 1971–2006 PKB krajów OECD i Nie–OECD wyrażony w USD, z uwzględnieniem parytetu siły nabywczej (PPP) był następujący:

	PKB ogółem (mld USD)		PKB per capita (USD)	
	1971	2006	1971	2006
Kraje OECD	11 467	31 158	13 001	26 450
Kraje Nie–OECD	5 934	26 407	2 062	4 930
Świat	17 401	57 565	4 628	8 807

Zasoby surowców energetycznych świata [15, 35]

Podstawowym źródłem informacji o zasobach surowców energetycznych są okresowe przeglądy (Survey of Energy Resources) dokonywane przez Światową Radę Energetyczną. W przeglądach tych stosowane są dwa podstawowe pojęcia, mianowicie:

- zasoby geologiczne (Resources – proved amount in place) to całkowita ilość udokumentowanych złóż surowców energetycznych,
- zasoby operatywne (Proved recoverable reserves) to część zasobów, która jest możliwa do wydobycia w obecnych warunkach technicznych i ekonomicznych.

Z przeprowadzonego w 2010 roku przeglądu zasobów surowców energetycznych wynika, że pomimo wzrastającego wydobycia wielkość zasobów operatywnych surowców kopalnych rośnie, co wynika z porównania danych przedstawionych w przeglądach z roku 1974 i 2010, mianowicie:

	Ocena z 1974 r.	Ocena z 2010 r. ¹⁾	Wzrost %
Węgiel kamienny, mld ton	476,0	665,6	140
Węgiel brunatny, mld ton	219,0	195,4	90
Ropa naftowa, mld ton	89,7	163,0	181
Gaz ziemny, bln m ³	64,8	185,5	286

¹⁾ Ocena w 2010 r. dotyczy wielkości zasobów wg stanu na koniec 2008 r.

Znaczący wzrost zasobów, zwłaszcza paliw węglowodorowych, jest wynikiem nowych odkryć, postępu technicznego w poszukiwaniu nowych źródeł, eksploatacji tych zasobów z głębin morskich itp. Niestety wiąże się to ze znacznym wzrostem kosztów wydobycia tych paliw.

Rozmieszczenie zasobów paliw kopalnych jest na globie ziemskim bardzo nierównomierne. Największe zasoby węgla kamiennego posiadają: USA, Federacja Rosyjska, Chiny i Indie, a węgla brunatnego: Niemcy, USA, Australia i Chiny.

Bogate zasoby ropy naftowej posiadają kraje arabskie, zwłaszcza: Arabia Saudyjska, Iran, Irak, Kuwejt, Zjednoczone Emiraty Arabskie, Libia oraz Federacja Rosyjska i USA.

Największe zasoby gazu ziemnego znajdują się: w Federacji Rosyjskiej, Iranie, Katarze, Arabii Saudyjskiej, Zjednoczonych Emiratach Arabskich, Turkmenistanie, Nigerii i Algierii.

Ostatni przegląd zasobów surowców energetycznych zawiera również informacje dotyczące bogatych zasobów bituminów, tj. łupków i piasków ropoosnych oraz ciężkiej ropy. Natomiast w przeglądzie tym brak jest danych o wielkości zasobów operatywnych tych bituminów. Ocenia się, że zasoby bituminów zawierają około 1,5 biliona ton syntetycznej ropy naftowej. Szczególnie ważne są zasoby piasków ropoosnych znajdujące się w Kanadzie oraz zasoby ciężkiej ropy w Wenezueli. Zarówno piaski ropoosne Kanady oraz ciężka ropa w Wenezueli są już eksploatowane na skalę przemysłową, a koszty pozyskania ropy syntetycznej z tych bituminów są podobnego rzędu jak koszty ropy naftowej w handlu międzynarodowym.

Biorąc powyższe oceny pod uwagę uważa się, że w bieżącym stuleciu światu nie grozi wyczerpanie zasobów kopalnych surowców energetycznych. Ponadto można przypuszczać, że postęp techniczny doprowadzi do przekwalifikowania zasobów tych surowców do zasobów operatywnych.

Oprócz zasobów węgla i paliw węglowodorowych świat posiada znaczne – kilkunastomilionowe - zasoby rudy uranu oraz znaczne zasoby toru, jako bogatego źródła paliwa do produkcji energii elektrycznej.

Niezależnie od kopalnych surowców energetycznych świat posiada ogromne zasoby odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza energii wodnej, energii wiatru i biomasy. Stanowią one już obecnie ważne źródło zaopatrzenia świata w energię. Ocenia się, że względy klimatyczne, jak również postęp techniczny w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, spowodują dalszy szybki wzrost wykorzystania tych źródeł energii, łącznie z bezpośrednim wykorzystaniem radiacji słońca.

Energia pierwotna: produkcja, wymiana międzynarodowa, zużycie [5, 10, 19, 22, 24, 28]

W przeszłości, aż do połowy XIX w., głównym źródłem energii zaspokajającym bezpośrednie potrzeby człowieka, tj. zapewnienie ciepła i przygotowanie pożywienia, było drewno. Szybki wzrost zapotrzebowania na energię pojawił się w II połowie XIX w. i na początku XX w. i związany był z rozwojem przemysłu i transportu, zwłaszcza w Ameryce Płn. i w Europie.

Przyspieszony wzrost zapotrzebowania na energię i jej wytwarzanie miał miejsce w okresie pomiędzy I i II wojną światową, a dynamiczny wzrost tego zapotrzebowania i produkcji energii rozpoczął się po II wojnie światowej, zwłaszcza w II połowie XX w. Wzrost ten trwa nadal w I dekadzie XXI w.

W 1860 r. światowa produkcja energii pierwotnej wynosiła około 0,3 mld toe, w 1913 r. około 0,9 mld toe, 1937 r. 1,4 mld toe, w 1950 r. 1,9 mld toe, w 1971 r. 5,5 mld toe, w 2000 r. 10,0 mld toe, a w 2008 r. 12,3 mld toe.

W II połowie XIX w. i w pierwszych dekadach XX w. głównym źródłem energii pierwotnej był węgiel, a po II wojnie światowej dominującym źródłem energii stały się paliwa węglowodorowe – początkowo ropa naftowa, a następnie gaz ziemny. Pojawiła się również energetyka jądrowa.

W 1971 r. i 2008 r. światowe zużycie energii pierwotnej i jego struktura były następujące:

	Zużycie energii (Mtoe)		Struktura (%)	
	1971	2008	1971	2008
Węgiel	1 442	3 314	26,0	27,0
Ropa naftowa	2 437	4 059	44,0	33,1
Gaz ziemny	895	2 591	16,2	21,2
Pozostałe źródła	730	2 303	13,8	18,7
Ogółem zużycie	5 533	12 267	100,0	100,0

W skali globalnej zużycie energii pierwotnej jest zbliżone do wielkości produkcji tej energii, a różnice wynikają jedynie z wielkości zapasów. Natomiast w poszczególnych regionach i krajach różnice wynikają z wielkości importu i eksportu poszczególnych nośników energii pierwotnej.

W ostatnich latach głównymi producentami węgla kamiennego były: Chiny, USA, Indie, Australia, Indonezja, Afryka Płd. i Federacja Rosyjska. Natomiast największymi eksporterami węgla były: Australia, Indonezja, Federacja Rosyjska i Afryka Płd., przy czym głównymi importerami węgla były: Japonia, Chiny, Korea Płd., Indie, Tajwan, Niemcy i Wielka Brytania.

Największymi producentami ropy naftowej były: Federacja Rosyjska, Arabia Saudyjska, USA, Iran, Chiny, Kanada, Meksyk, Wenezuela, Kuwejt, Zjednoczone Emiraty Arabskie oraz Nigeria. Równocześnie głównymi importerami ropy naftowej były: USA, Japonia, Chiny, Indie, Korea Płd. i Niemcy.

W ostatnich dekadach wydobycie gazu ziemnego charakteryzowało się najszybszym wzrostem w porównaniu z węglem i ropą naftową. Największymi producentami tego gazu były: Federacja Rosyjska, USA, Kanada, Iran i Norwegia. Natomiast największymi eksporterami gazu były: Federacja Rosyjska, Norwegia, Kanada, Katar i Algieria, a najwięksi importerzy gazu ziemnego to: Japonia, Niemcy, USA, Włochy, Francja i Ukraina.

Znaczna część produkcji kopalnych surowców energetycznych jest przedmiotem wymiany międzynarodowej. W ostatnich latach przedmiotem eksportu było: około 15% węgla, 60% ropy naftowej i jej produktów oraz około 25% gazu ziemnego.

W latach 1971–2008 wzrost zużycia energii pierwotnej w poszczególnych regionach świata był bardzo nierównomierny – umiarkowany w krajach OECD i wysoki w krajach Nie-OECD, mianowicie:

	1971	2008	1971=100
	(Mtoe)	(Mtoe)	(%)
Świat ogółem	5 533	12 267	222
Kraje OECD	3 379	5 329	161
Kraje Nie-OECD	2 046	6 510	318
Bunkier	108 ^{*)}	-	-

^{*)} w 1971 r. bunkier był wykazany w odrębnej pozycji, natomiast w 2008 r. został wliczony do zużycia poszczególnych regionów.

Szczególnie wysoki wzrost zużycia energii pierwotnej w ostatnich dekadach wystąpił: w Chinach, Indiach i krajach Bliskiego Wschodu. Jednak nadal – pomimo szybkiego wzrostu zużycia energii – w krajach Nie-OECD wskaźniki tego zużycia per capita w skali całego regionu były czterokrotnie niższe od wskaźników krajów całego OECD.

W krańcowych przypadkach wskaźniki zużycia energii pierwotnej per capita najbiedniejszych krajów, zwłaszcza afrykańskich (Senegal, Etiopia) i krajów azjatyckich (Jemen, Bangladesz) są nawet kilkanaście razy niższe od wskaźników krajów

wysokorozwiniętych (Kanada, USA, Australia, Norwegia). Ponadto, w ciągu ostatnich czterech dekad wskaźniki te nie zostały zwiększone (Senegal, Haiti, Albania).

Energia elektryczna – produkcja i zużycie [9, 10, 19, 22, 39, 40]

Zjawiska elektryczne w postaci wyładowań elektrycznych były znane ludzkości od zarania dziejów, lecz energią elektryczną zaczęto wytwarzać i użytkować dopiero w końcu XIX w., a szybki rozwój elektroenergetyki wystąpił w XX w., zwłaszcza po II wojnie światowej. Światowa produkcja energii elektrycznej przed I wojną światową w 1937 r. wyniosła tylko około 500 TWh, a w 1970 r. już 4908 TWh. Dynamiczny wzrost produkcji energii elektrycznej miał nadal miejsce w ostatnich dekadach. W 2006 r. światowa produkcja wynosiła 18 930 TWh, a w 2008 r. już 20 181 TWh. Zatem w ciągu zaledwie ostatnich 38 lat produkcja energii elektrycznej wzrosła ponad 4-krotnie. Należy podkreślić, że w krajach Nie-OECD miał miejsce szybszy 6-krotny wzrost produkcji energii elektrycznej niż w krajach OECD, w których w latach 1971–2006 produkcja ta wzrosła 2,8-krotnie. Szczególnie wysoki – ponad 20-krotny wzrost produkcji energii elektrycznej – osiągnęły Chiny, które obecnie znajdują się na drugim miejscu w świecie po względem wielkości tej produkcji. Pierwsze miejsce należy do USA, trzecie do Japonii, czwarte do Federacji Rosyjskiej, a piąte do Indii.

Pomimo szybszego wzrostu produkcji i zużycia energii elektrycznej w krajach Nie-OECD występują ogromne różnice w zużyciu tej energii per capita pomiędzy krajami rozwiniętymi i większością krajów słabo rozwiniętych Nie-OECD. W latach 1971–2006 wskaźniki zużycia energii elektrycznej per capita wzrosły:

- krajów OECD z 4012 kWh w 1971 r. do 8381 kWh w 2006 r.
- krajów Nie-OECD z 450 kWh w 1971 r. do 1401 kWh w 2006 r.

Szczególnie niskie wskaźniki zużycia energii elektrycznej ma wiele krajów Afryki i Azji Płd. W szeregu krajów, zwłaszcza afrykańskich, zużycie energii elektrycznej per capita wynosi tylko kilkanaście kWh rocznie (Etiopia, Erytrea, Benin, Sudan, Tanzania, Kongo-Zair). Stan ten świadczy o ogromnym ubóstwie energetycznym tych krajów. Ponadto ponad 1,5 mld ludności krajów słabo rozwiniętych nie ma w ogóle dostępu do energii elektrycznej.

Największe zużycie energii elektrycznej per capita w 2006 r. osiągnęły kraje: Norwegia 24,3 MWh, Islandia 31,3 MWh, Finlandia 17,2 MWh, Kanada 16,8 MWh, Luxemburg 16,4 MWh, Szwecja 15,2 MWh, USA 13,5 MWh.

Zarówno w przeszłości jak i obecnie głównym źródłem energii pierwotnej do produkcji energii elektrycznej był i jest węgiel. W 2006 r. udział węgla w produkcji energii elektrycznej wynosił 41%. Natomiast elektrownie spalające gaz ziemny wytwarzały 20,1% energii elektrycznej, elektrownie jądrowe – 14,8%, a elektrownie wodne – 16% tej energii. Paliwa ciekłe stanowiły tylko 5,8% oraz pozostałe źródła 2,3% udziału w światowej produkcji energii elektrycznej.

Ceny paliw w handlu międzynarodowym [11]

W okresie przed kryzysem energetycznym do 1973 r. ceny surowców energetycznych w handlu międzynarodowym były niskie – były zależne od bardzo niskich cen ropy naftowej, która stała się głównym źródłem energii w gospodarce światowej.

Embargo na dostawy ropy naftowej do krajów zachodnich, wprowadzone przez kraje arabskie, wywołało w 1973 r. pierwszy kryzys naftowy, a w 1980 r. drugi kryzys naftowy (nazywane kryzysem energetycznym). Kryzys ten spowodował gwałtowny wzrost światowych cen ropy naftowej z 2,9 USD/baryłkę do ok. 36 USD/baryłkę. Wzrost cen ropy naftowej wywołał wzrost cen innych paliw powodując inflację, wzrost bezrobocia i ograniczenie rozwoju gospodarki światowej.

Przeciwdziałając negatywnym skutkom kryzysu energetycznego kraje uprzemysłowione podjęły wielokierunkowe działania m.in. racjonalizujące gospodarkę i zużycie energii. Efektem tych działań było znaczne obniżenie cen ropy naftowej, co spowodowało również obniżenie cen gazu ziemnego i węgla.

Następnie w rezultacie zmniejszenia lub zwiększenia wydobycia ropy naftowej przez kraje OPEC jej ceny znacznie się wahały. Ich znaczący wzrost wystąpił w końcu lat dziewięćdziesiątych, a zwłaszcza od 2000 r. W latach 2002–2008 ceny ropy znacznie wzrosły osiągając w połowie 2008 r. bardzo wysoką cenę blisko 150 USD/baryłkę, która w II półroczu 2008 r. gwałtownie się zmniejszyła. Jednak od połowy 2009 r. cena ropy stopniowo wzrastała do 100–120 USD/baryłkę w końcu 2010 r.

W ślad za cenami ropy naftowej z pewnym poślizgiem zmieniały się ceny węgla i gazu ziemnego. Szczególnie znaczący wzrost od 2006 r. dotyczy cen węgla koksowego, którego ceny w latach 2008–2009 były blisko dwukrotnie wyższe od cen węgla energetycznego.

Od 2000 r. cena gazu ziemnego dostarczanego do krajów UE znacząco wzrastała z 1,9 USD/MBtu w 2000 r. do około 10,5 USD/MBtu w 2008 r. Jednak w 2009 r. średnia cena gazu zmalała do 6,70 USD/MBtu. Zmalała również cena gazu skroplonego.

Ceny finalne paliw i energii w krajach OECD [11]

W krajach OECD stosowane są dość przejrzyste systemy kreowania cen paliw i energii zapewniające rentowność poszczególnych podsektorów energii. Natomiast w krajach Nie-OECD ceny finalne paliw i energii często nie pokrywają ponoszonych kosztów, są tam stosowane różne sposoby subsydiowania, zwłaszcza cen dla ludności. W statystykach międzynarodowych brak jest informacji o cenach w tych krajach.

Ceny finalne (detaliczne) paliw i energii w krajach OECD są znacznie zróżnicowane. Ceny te zależą od kosztów pozyskania paliw i energii, polityki energetycznej poszczególnych krajów oraz polityki podatkowej.

W stosunku do cen paliw i energii dla odbiorców przemysłowych przeważnie stosowana jest polityka niskich stawek podatkowych lub całkowite zwolnienie od podatków. Najwyżej są opodatkowane paliwa ciekłe. W szeregu krajach opodatkowanie benzyny sięga 70% ceny płaconej przez odbiorców. Opodatkowanie gazu w energii elektrycznej dla odbiorców domowych kształtuje się w granicach 10–30%.

W 2008 r. najniższe ceny stosowały kraje:

- benzyna premium 95: USA, Kanada,
- gaz dla gospodarstw domowych: Kanada, USA, Norwegia, Turcja, W. Brytania, Czechy i Francja,
- energia elektryczna dla gospodarstw domowych: Kanada, USA, Norwegia, Francja, Polska i Czechy.

Najwyższe ceny stosowały kraje:

- benzyna premium 95: Dania, Włochy, Niemcy, Holandia, Norwegia i Turcja,
- gaz dla gospodarstw domowych: Japonia, Włochy, Holandia i Hiszpania,
- energia elektryczna dla gospodarstw domowych: Dania, Włochy, Niemcy, Holandia, Hiszpania, W. Brytania.

Z porównania cen paliw i energii uwzględniających parytet siły nabywczej wynika, że ceny w wysoko rozwiniętych krajach Europy Zachodniej w 2008 r. były niższe o kilkanaście procent od cen w dolarach wg kursów wymiany bankowej. Natomiast w krajach znajdujących się jeszcze w procesie transformacji gospodarczej ceny paliw i energii za 2008 r. uwzględniające parytet siły nabywczej były o kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt procent wyższe od cen liczonych w USD wg kursów wymiany bankowej.

Zjawiskiem niekorzystnym jest znaczny wzrost cen paliw i energii dla ludności w ostatnich latach. Ceny te, liczone w USD wg kursów wymiany bankowej, były w 2008 r. w europejskich krajach OECD około dwukrotnie wyższe od cen z 2000 r.

Energia i środowisko [19, 30, 39]

Rozwój przemysłu, powstanie wielu aglomeracji miejskich, jak również wzrost wydobycia i zużycia paliw kopalnych spowodował, zwłaszcza w II połowie XX w., ogromną degradację środowiska naturalnego, zarówno w skali lokalnej, jak i globalnej. Degradacje te spowodowane były zwłaszcza przez:

- kwaśne deszcze wywołane emisją SO_2 i NO_x ze spalania paliw kopalnych, powodujące degradację lasów i gleby, obumieranie życia w rzekach i jeziorach oraz spadek zdrowotności ludzi i zwierząt;
- niszczenie warstwy ozonowej chroniącej Ziemię przed promieniowaniem ultrafioletowym;
- zanieczyszczenie rzek i jezior ściekami przemysłowymi i komunalnymi;
- emisje gazów cieplarnianych, zwłaszcza emisje CO_2 , powodujące wzrost temperatury ziemskiej i zmiany klimatyczne naszego globu.

Podjęte wielokierunkowe działania doprowadziły do ograniczenia emisji SO_2 , do zdecydowanej poprawy czystości rzek i zbiorników wodnych, jak również do zmniejszenia stopnia niszczenia warstwy ozonu otaczającego Ziemię. Niestety nie zahamowano wzrostu antropogenicznej emisji CO_2 , uważanej za głównego sprawcę wzrostu temperatury atmosfery ziemskiej i zmian klimatycznych. Emisja ta w ostatnich dekadach szybko wzrastała z 13,96 mld ton w 1971 r. do 29,38 mld ton w 2008 r.

Problemem ograniczenia antropogenicznej emisji CO_2 zajmowało się 16 Konferencji ONZ, Międzyrządowy Panel ONZ ds. Klimatu, Światowa Rada Energetyczna oraz Unia Europejska. Niestety podejmowane działania okazały się niewystarczające i nadal antropogeniczna emisja gazów cieplarnianych, zwłaszcza CO_2 szybko wzrastała. Wystąpiło pewne zahamowanie tempa wzrostu emisji CO_2 w krajach OECD, natomiast przyspieszenie wzrostu tej emisji miało miejsce w krajach Nie-OECD, zwłaszcza w Chinach i Indiach.

W 2008 r. największymi emiterami CO_2 w grupie krajów OECD były: USA – 5,6 mld ton i Japonia – 1,15 mld ton. Natomiast w grupie krajów Nie-OECD największymi emiterami były: Chiny – 6,5 mld ton, Federacja Rosyjska – 1,59 mld ton, Indie – 1,43 mld ton.

W przeliczeniu na mieszkańca największą emisję per capita miały w OECD: Australia – 18,5 ton, USA – 18,4 ton, Kanada – 16,5 ton, Korea Płd. – 10,3 ton, a w krajach Nie-OECD: Arabia Saudyjska – 15,8 ton, Federacja Rosyjska – 11,2 ton, Iran – 7,0 ton, Afryka Płd. – 6,9 ton, Ukraina – 6,7 ton i Chiny – 4,9 ton.

Gwałtowny wzrost światowej emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza emisji CO₂ jest ogromnym zagrożeniem dla świata, bowiem powoduje ocieplenie atmosfery ziemskiej i różne groźne anomalie klimatyczne. Przeciwdziałania tym zagrożeniom są bezwzględnie koniecznością, co wymaga uzgodnień międzynarodowych.

Działania w celu obniżenia światowej emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza emisji CO₂, prowadzi ONZ m.in. organizując międzynarodowe Konferencje Klimatyczne. Celem tych Konferencji jest wynegocjowanie międzynarodowego porozumienia dla obniżenia dotychczasowego poziomu globalnej emisji CO₂ co najmniej o 50% do 2050 r. i ustabilizowania tej emisji na poziomie około 450 ppm ekwiwalentu CO₂ w atmosferze ziemskiej. Osiągnięcie tego celu wymaga zgody wszystkich krajów dla propono-

wanych działań, wydatkowania ogromnych środków finansowych, zarówno na inwestycje w sektorze energii jak i środków dla krajów rozwijających się, dla wdrażania technologii ograniczających emisje CO₂ i zapewnienia rozwoju gospodarczego tych krajów. Ponadto wszystkie te działania spowodują wzrost kosztów energii.

Obecnie powstało dodatkowe ograniczenie w zakresie redukcji światowej emisji CO₂ związane z rezygnacją szeregu krajów z realizacji programów jądrowych po poważnej awarii elektrowni *Fukushima* w Japonii spowodowanej trzęsieniem ziemi i falami tsunami. W tej sytuacji osiągnięcie zakładanego przez ONZ celu radykalnego obniżenia emisji CO₂ to wielkie wyzwanie dla gospodarki światowej.

Na zakończenie należy podkreślić, że nie wszyscy eksperci są zgodni co do wpływu emisji CO₂ na ocieplenie atmosfery ziemskiej. Niektórzy uważają, że działalność człowieka ma znikomy wpływ na zmiany klimatyczne, które zależą nie od działalności człowieka, lecz od Słońca i jego aktywności. Świadczą o tym występujące w historii globu ziemskiego okresy ociepleń oraz oziębień i epok lodowcowych.

Tabela 1

Podstawowe wielkości i wskaźniki charakteryzujące rozwój światowego sektora energii 1971-2006 [10, 35]

Wyszczególnienie	Jedn. miary	1971	1980	1990	2000	2006	1971=100 (%)
1. Liczba ludności	mln	3 760	4 439	5 263	6 073	6 536	174
– kraje OECD	mln	882	965	1 044	1 130	1 178	134
– kraje Nie-OECD	mln	2 878	3 474	5 218	4 943	5 258	183
2. PKB wg PPP	mld USD	17 401	24 890	33 070	45 240	57 565	331
– kraje OECD	mld USD	11 467	15 509	20 917	27 246	31 157	272
– kraje Nie-OECD	mld USD	5 934	9 281	12 153	17 994	26 408	445
3. Światowe zasoby kopalnych surowców energetycznych							
– węgiel kamienny	mld t	476 ^{x)}	-	-	-	665,6 ^{xx)}	140
– węgiel brunatny	mld t	219 ^{x)}	-	-	-	195,4 ^{xx)}	90
– ropa naftowa	mld t	89,7 ^{x)}	-	-	-	163 ^{xx)}	181
– gaz ziemny	bln m ³	64,8 ^{x)}	-	-	-	185,5 ^{xx)}	286
4. Światowe zużycie energii pierwotnej	Mtoe	5 532	7 224	8 759	10 035	11 740	212
– węgiel kam. i brun.	Mtoe	1 442	1 788	2 219	2 295	3 054	211
– ropa naftowa	Mtoe	2 436	3 107	3 218	3 650	4 029	165
– gaz ziemny	Mtoe	895	1 234	1 673	2 088	2 408	269
– energia jądrowa	Mtoe	29	186	525	576	728	2 510
– energia wodna	Mtoe	104	148	184	225	261	250
– źródła pozostałe	Mtoe	629	761	935	1 201	1 260	201
5. Produkcja energii elektrycznej, w tym:	GWh	5 246	8 269	11 811	15 380	18 930	361
– z węgla	%	40,1	38,0	37,5	39,0	41,0	-
– z ropy naftowej	%	20,9	19,9	11,3	7,7	5,8	-
– z gazu ziemnego	%	13,3	12,1	14,6	17,8	20,1	-
– z el. jądrowych	%	2,1	8,6	17	16,8	14,8	-
– z el. wodnych	%	23,0	20,8	18,2	17,0	16,0	-
– z pozostałych źródeł	%	0,6	0,6	1,4	1,7	2,3	-
6. Zużycie energii elektrycznej	GWh	4 831	7 610	10 855	14 088	17 377	360
– kraje OECD	GWh	3 537	5 238	7 054	9 072	9 872	279
– kraje Nie-OECD	GWh	1 294	2 372	3 801	5 016	7 505	580
7. Zużycie energii pierwotnej per capita	toe	1,47	1,63	1,66	1,65	1,8	122
– kraje OECD	toe	3,83	4,22	4,33	4,71	4,7	123
– kraje Nie-OECD	toe	0,71	0,88	0,98	0,92	1,12	158
8. Zużycie energii elektrycznej per capita	kWh	1 285	1 715	2 063	2 320	2 659	207
– kraje OECD	kWh	4 012	5 430	6 760	8 029	8 381	208
– kraje Nie-OECD	kWh	450	683	901	1 015	1 401	311
9. Zużycie energii elektrycznej/GDP wg PPP	kWh/USD	0,38	0,42	0,45	0,44	0,46	121
– kraje OECD	kWh/USD	0,33	0,36	0,35	0,35	0,34	103
– kraje Nie-OECD	kWh/USD	0,63	0,71	0,91	0,82	0,87	138

^{x)} Dane z 1974 r., ^{xx)} Dane z 2008 r.

Polski sektor energii

Początki i etapy rozwoju polskiego sektora energii [3, 14, 17, 22, 24]

W dawnych wiekach na ziemiach polskich, podobnie jak i w innych krajach Europy, podstawowym źródłem było drewno, które z biegiem czasu było również surowcem dla pozyskiwania węgla drzewnego. Stopniowo zaczęto wykorzystywać do celów energetycznych energię wodną oraz energię wiatru.

W połowie XVIII w. zaczęto wykorzystywać węgiel kamienny jako źródło energii, którego znaczenie wraz z rozwojem przemysłu w XIX w. zaczęło szybko wzrastać. Następnie w II połowie XIX w., po opanowaniu przez Ignacego Łukasiewicza procesu rafinacji ropy naftowej i wynalezieniu lampy naftowej, znaczenie ropy jako źródła energii zaczęło szybko wzrastać. Ponadto w II połowie XIX w. zaczęto również wytwarzać gaz węglowy, głównie do oświetlenia miast.

Dalszym milowym krokiem w wykorzystaniu energii na przełomie XIX i XX w. było wytworzenie energii elektrycznej i jej zastosowanie do oświetlenia oraz napędu silników elektrycznych.

Po I wojnie światowej – w Polsce, podobnie jak i w innych krajach – znaczenie paliw kopalnych zaczęło szybko wzrastać, zwłaszcza ropy naftowej stanowiącej podstawowe źródło energii dla szybko rozwijającego się transportu samochodowego.

Polski sektor energii w warunkach gospodarki planowej 1950–1990 [1, 3, 7, 14, 24, 32]

Po II wojnie światowej produkcja i zużycie energii w Polsce zaczęło szybko wzrastać. Szczególnie szybko wzrastało zużycie węgla kamiennego, którego wydobycie w 1979 r. wynosiło 201 mln ton i który stał się ważnym towarem eksportowym. Wzrastało również szybko wydobycie węgla brunatnego, które w 1990 r. osiągnęło 67 mln ton. Szybko wzrastała produkcja i zużycie energii elektrycznej, gazu ziemnego oraz paliw ciekłych. Jednak w porównaniu z krajami rozwiniętymi Zachodniej Europy zużycie zarówno energii pierwotnej jak i energii elektrycznej w Polsce per capita było około 2-krotnie niższe.

W polskim sektorze energii w tym okresie, zwłaszcza w latach 1970–1990, wystąpiło szereg negatywnych zjawisk, zwłaszcza:

- wysoka energochłonność gospodarki, znacznie wyższa niż w krajach Europy Zachodniej,
- nadmierna zależność od węgla, przy niskim zużyciu paliw węglowodorowych,
- wysoka degradacja środowiska naturalnego powodowana w znacznym stopniu przez sektor energii,
- nieprawidłowy system cen paliw i energii; ceny te odbiegały od ekonomicznie uzasadnionych kosztów pozyskania paliw i energii, co prowadziło m.in. do ich marnotrawstwa.

Polski sektor energii w warunkach gospodarki rynkowej [11, 23, 31, 32, 34, 37]

Zmiany społeczno-polityczne w latach 1989–1990 umożliwiły wdrożenie reformy gospodarki również w sektorze energii. Podstawowe efekty tej reformy w sektorze paliw i energii to:

- urealnienie cen paliw i energii,
- wdrożenie wielokierunkowych działań racjonalizujących gospodarkę energetyczną,
- wzrost efektywności użytkowania energii i znaczne zmniejszenie zużycia energii pierwotnej,
- istotna poprawa stanu środowiska naturalnego dzięki ograniczeniu emisji SO₂, NO_x, CO₂ i pyłów.

Po okresie pierwszych trudnych lat reformy 1990–1993 nastąpił powolny wzrost produkcji energii elektrycznej i wzrost zużycia paliw węglowodorowych, przy równoczesnym zmniejszeniu zużycia węgla. Doszło zatem do istotnej zmiany struktury bilansu energetycznego kraju.

W 1995 r. polski system elektroenergetyczny został włączony do systemu energetycznego Europy Zachodniej. W 1996 r. Polska została członkiem OECD. W 1997 r. Polski Parlament uchwalił Ustawę *Prawo energetyczne* regulując rozwiązania prawne i ekonomiczne polskiego sektora energii. Od 1 maja 2004 r. Polska została członkiem Unii Europejskiej.

Zasoby energetyczne Polski [6, 4, 13, 16, 18, 24-26, 32]

Polska posiada stosunkowo duże zasoby paliw stałych, tj. węgla kamiennego i brunatnego, niewielkie zasoby gazu ziemnego, znikome zasoby ropy naftowej, mały potencjał cieków wodnych, znaczne zasoby biomasy i energii wód geotermalnych. Natomiast nie posiada rud uranu o znacznej koncentracji tego pierwiastka.

(W ostatnim okresie pojawiły się bardzo wstępne informacje dotyczące znaczących złóż niekonwencjonalnego gazu ziemnego zawartego w łupkach skalnych. Amerykańska Agencja ds. Energii szacuje zasoby gazu łupkowego w Polsce na kilka bilionów m³. Gdyby te oceny się potwierdziły oznaczałoby to, że Polska posiada znaczne zasoby tego źródła energii).

Według ostatnich ocen Państwowego Instytutu Geologicznego zasoby bilansowe kopalnych surowców energetycznych (bez gazu łupkowego) wynoszą:

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| • węgiel kamienny | 44,2 mld ton, |
| • węgiel brunatny | 14,5 mld ton, |
| • ropa naftowa | 25,9 mln ton, |
| • gaz ziemny | 146,8 mld m ³ . |

Odnosnie do odnawialnych zasobów energetycznych to zasoby te są oceniane w wysokości:

- zasoby hydroenergetyczne, potencjał techniczny możliwy do pozyskania 12-15 TWh/rok,
- zasoby biomasy około 750 PJ/rok,
- zasoby wiatru to potencjał znaczący, który przy optymistycznym rozwoju pozwoliłby na osiągnięcie kilkunastu procent krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Produkcja i zużycie energii pierwotnej [2, 3, 14]

W latach powojennych aż do 1980 r., dzięki wysokiemu wydobyciu węgla, Polska była samowystarczalna w zakresie energii pierwotnej, przy czym znaczna część wydobycia węgla była przeznaczona na eksport.

W latach 80. w rezultacie obniżenia wydobycia węgla – przy równoczesnym wzroście zużycia paliw węglowodorowych – Polska per saldo stała się importerem energii pierwotnej. W ostatnich latach uzależnienie od importu tej energii szybko wzrastało i w 2010 r. wskaźnik zależności od importu wzrósł do 30%. Równocześnie doszło do istotnej zmiany struktury zużycia energii pierwotnej. W latach 60. węgiel kamienny pokrywał 93% krajowego zapotrzebowania na energię, a w 2010 r. w zużyciu energii węgiel stanowił 57%. Jednak nadal polska gospodarka ma charakter węglowy.

W ostatnich dekadach zjawiskiem korzystnym w bilansie energetycznym Polski jest znaczny wzrost zużycia paliw węglowodorowych z 22% w 1980 r. do około 38% w 2010 r. Niestety paliwa te w znacznym stopniu pochodzą z importu. Import ropy naftowej stanowił 97% jej zużycia, a import gazu ziemnego około 70% jego zużycia.

W strukturze zużycia energii pierwotnej odnawialne źródła energii nadal mają niewielki udział, który w 1990 r. wynosił 1,3%, a w 2010 r. około 6%.

Produkcja i zużycie energii elektrycznej [7, 22, 27, 29, 32, 33]

Przed II wojną światową produkcja energii elektrycznej w Polsce – podobnie jak i w innych krajach – była bardzo mała i w 1938 r. wynosiła 3977 GWh.

Szybki wzrost produkcji energii elektrycznej wystąpił w latach powojennych. Produkcja ta wzrosła z 10,7 TWh w 1950 r. do 157,4 TWh w roku 2010.

Elektrownie w Polsce to głównie elektrownie ciepłe opalane węglem kamiennym i brunatnym, zasoby hydroenergetyczne Polski są bowiem bardzo małe i Polska nie posiada elektrowni jądrowych.

Moc zainstalowana w wszystkich elektrowni w latach 1950–2010 wzrosła z 2,7 GW w 1950 r. do 36 GW w 2010 r. Jednak znaczna część mocy polskich elektrowni to moc zdekapitalizowana, gdyż szereg elektrowni jest eksploatowanych ponad 40 lat i więcej. Są to elektrownie o niskiej sprawności i wysokoemisyjne. Powinny być w najbliższych latach wycofane z eksploatacji.

Krajowe zużycie energii elektrycznej w latach 1950–2010 wzrosło z 10,4 TWh w 1950 r. do 121,9 TWh w 2010 r. Zużycie to w okresie przed zmianą systemu gospodarczego kraju charakteryzowało się wysokim udziałem zużycia przez przemysł, zwłaszcza przemysł ciężki, oraz niskim udziałem tego zużycia przez gospodarstwa domowe i rolnictwo.

W ostatnich dekadach, dzięki reformie gospodarki i ograniczeniu produkcji przemysłu ciężkiego, znacznie ograniczono zużycie energii elektrycznej w przemyśle. Natomiast wystąpił stopniowy wzrost tego zużycia w gospodarstwach domowych i rolnych oraz w usługach. Jednak w Polsce nadal średnie zużycie energii elektrycznej przez jedno gospodarstwo domowe jest znacznie niższe od zużycia w krajach Europy Zachodniej.

Wymiana energii elektrycznej z sąsiednimi krajami w całym okresie po II wojnie światowej była niewielka, kształtowała się poniżej 10% zużycia krajowego. Największy eksport i import miał miejsce w 1990 r. – eksport 11,4 TWh, a import 10,4 TWh. W 2010 r. eksport tej energii wynosił 7,7 TWh, a import 6,3 TWh.

Energia a środowisko przyrodnicze [23, 31, 32]

Intensywny rozwój przemysłu, powstanie wielkich aglomeracji miejsko – przemysłowych, wysokie wydobycie węgla kamiennego i brunatnego, wzrost produkcji energii elektrycznej, zwłaszcza w latach 1950–1980, spowodowały znaczną degradację środowiska przyrodniczego w Polsce. Jednocześnie działania w zakresie ochrony tego środowiska nie miały charakteru priorytetowego.

Skutki niedostatecznej ochrony środowiska wystąpiły przede wszystkim na terenach północno–zachodniej Polski oraz w dużych aglomeracjach, zwłaszcza na Górnym Śląsku, jak i w rejonie tzw. czarnego trójkąta w okolicach Turowa na Dolnym Śląsku.

Przemiany ustrojowe w 1989 r., podjęta reforma gospodarki oraz wielokierunkowe działania, zwłaszcza w sektorze paliw i energii, doprowadziły do korzystnej zmiany sytuacji w środowisku przyrodniczym Polski. Efekt tych wielokierunkowych działań to: znaczne ograniczenie gazów cieplarnianych, pyłów i odpadów przemysłowych, poprawa czystości powietrza atmosferycznego oraz poprawa czystości rzek i jezior.

Ograniczenie emisji gazów szklarniowych i pyłów w latach 1988–2009 było następujące:

	1988	2009	1988=100%
SO ₂ , tys. ton			
– kraj	4 180	861	19
– energetyka	1 990	337	17
NO _x , tys. ton			
– kraj	1 550	820	52
– energetyka	420	232	55
CO ₂ , mln ton			
– kraj	477	310	62
– energetyka	160	144	90
Pyły, tys. ton			
– kraj	3 400	394	12
– energetyka	770	121	19

Obecnie i w najbliższych latach najtrudniejszym problemem będzie ograniczenie emisji CO₂ zgodnie z wymogami Unii Europejskiej. Ograniczenie emisji CO₂ spowoduje znaczną podwyżkę cen energii elektrycznej i związane z tym niekorzystne konsekwencje dla całej gospodarki.

Miejsce polskiego sektora energii w Unii Europejskiej (UE-27) [1, 8, 12, 19, 23, 36]

Polska należy w UE-27 do grupy największych krajów, obejmujących Francję, Niemcy, Hiszpanię oraz W. Brytanię i Włochy. Ludność tej grupy krajów to 71% ludności całej UE-27, a ich terytorium to 52% powierzchni całej Unii.

Polski sektor energii wyróżnia się wśród krajów UE-27 tym, że Polska jest największym producentem i konsumentem węgla kamiennego, posiada największy scentralizowany system ciepłowniczy, jest krajem tranzytowym ropy naftowej i gazu ziemnego pomiędzy Federacją Rosyjską i Niemcami. Jednak Polska nie posiada energetyki jądrowej ani znaczących zasobów hydroenergetycznych.

Powierzchnia Polski to 312,7 tys. km², z ludnością 38,1 mln mieszkańców, co stanowi 7,2% powierzchni oraz 7,7% liczby ludności całej UE-27.

Zużycie energii pierwotnej Polski w 2007 r. stanowiło 5,4% zużycia tej energii całej UE-27, a zużycie energii elektrycznej brutto Polski stanowiło 4,3% zużycia całej UE-27. Natomiast wskaźniki zużycia energii per capita w 2007 r. wynosiły:

- energia pierwotna średnia UE-27 – 3,63 toe, Polska – 2,55 toe,
- energia elektryczna średnia UE-27 – 6 320 kWh, Polska – 3 662 kWh.

Odnosnie emisji CO₂ – z uwagi na węglowy charakter polskiej gospodarki – wskaźnik tej emisji per capita Polski był stosunkowo wysoki i wynosił 7,99 t/capita. Natomiast w największych krajach UE-27 wynosił: Niemcy – 9,71 t/capita, Hiszpania – 7,68 t/capita, Francja – 5,81 t/capita, Włochy – 7,38 t/capita, Wielka Brytania – 8,60 t/capita.

Na tle UE-27 Polska osiąga dotychczas znacznie mniej korzystny wskaźnik PKB/capita. W 2007 r. wskaźnik ten uwzględniający parytet siły nabywczej wynosił 56% średniego wskaźnika UE-27.

LITERATURA

[1] Balances of Non-OECD Countries, Edition 2008, IEA
[2] Balances of OECD Countries, Edition 2008, IEA
[3] Bilans energii pierwotnej Polski. Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa, lata 1950–1992, 1993, Agencja Rynku Energii, Warszawa, lata 1995–2010
[4] Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce, stan na 31.12.2009. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2010
[5] Coal Information 2003, IEA
[6] Dominik A., Królikowski K.: Surowce energetyczne Polski. PZWS, Warszawa 1973
[7] Elektroenergetyka polska 1946–1993. Centrum Informatyki Energetyki, Warszawa 1994
[8] Energy and Transport in Figures. Statistical Pocket Book 2010, Eurostat
[9] Energy Balances of Non-OECD Countries, 2008 Edition, IEA
[10] Energy Balances of OECD Countries, 2008 Edition, IEA
[11] Energy Prices and Taxes. Third Quarter 2009. IEA
[12] Energy, Transport and Environmental Indicators. Pocket Book 2009, Eurostat
[13] Gawlik L., Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A.: Zasoby pierwotnych nośników energii w Polsce [w:] Czynniki Energia w polityce gospodarczej. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań 2010
[14] Górnictwo i Energetyka w 40-lecie PRL. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, Warszawa 1985
[15] Important Facts on Canada's Natural Resources 2009
[16] Informacja Głównego Geologa Polski dla PAP w dniu 20.06.2011 w sprawie gazu łupkowego w Polsce

[17] Karbownik A., Turek M.: Zadania Górnictwa Węgla Kamiennego. Referat na Forum Energetycznym Polskiego Komitetu ŚRE, Zakopane, 26-27.09.2000
[18] Kasztelewicz Z.: Węgiel brunatny, optymalna oferta energetyczna dla Polski. Redakcja Górnictwa Odkrywkowego, Bogatynia 2007
[19] Key World Energy Statistics 2010. IEA
[20] Kopecki K.: Człowiek w świecie energii. Książka i Wiedza, Warszawa 1979
[21] Living in One World. WEC, London 2001
[22] Mały Rocznik Statystyczny. GUS, Warszawa 1938 (Reprint)
[23] Mały Rocznik Statystyczny. GUS, Warszawa, lata 2000, 2008, 2010
[24] Mejro C.: Podstawy gospodarki energetycznej. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980.
[25] Ney R., Sokołowski J.: Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. *Nauka Polska* 1987, nr 6
[26] Nowak W., Stachel A.: Ciepłownie geotermalne w Polsce. *Czysta Energia* 2004
[27] Obrąpalski J.: Gospodarka energetyczna. PWN, Warszawa 1953
[28] Report about natural gas in Libya. Institute of Gas Technology 1968. Library of the Libyan Ministry of Planning, Tripoli
[29] Rocznik Statystyczny. GUS, Warszawa 1997
[30] Relacje i wnioski z COP-15 w Kopenhadze. Źródła internetowe 20.12.2009
[31] Scenariusz ekologiczny rozwoju krajowego sektora energii. Agencja Rynku Energii. Warszawa 2001
[32] Soliński J.: Energetyka świata i Polski – ewolucja, stan obecny, prognoza. PKŚRE, Warszawa 2007
[33] Statystyka elektroenergetyki polskiej. Agencja Rynku Energii. Warszawa 1995, 1997, 2007
[34] Strategia działalności górnictwa węgla kamiennego w latach 2007-2015. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2007
[35] Survey of Energy Resources. WEC, London 1974, 1986, 1995, 2007, 2010
[36] Wańkowicz J., Soliński J.: Najważniejsze aspekty bezpieczeństwa energetycznego KSE w świetle doświadczeń Instytutu Energetyki. *Energetyka*, Zeszyt tematyczny nr XIII, 2006
[37] Wnuk R.: Energochłonność polskiej gospodarki – szanse i zagrożenia. Krajowa Agencja Poszanowania Energii, 2010
[38] World Energy 1923-1998 and Beyond – Accommemoration of WEC on the 75 Anniversary
[39] World Energy Outlook IEA. Paris 2000, 2004, 2008
[40] World Energy Supplies 1950–1970. Statistical Papers. United Nations, New York 1978

