

Jan J. HYCENAR

ECOCOAL Consulting Center, Katowice

Perspektywy węgla w okresie ekspansji rozwoju energii odnawialnej

Słowa kluczowe

energia odnawialna, perspektywy węgla, niskoemisyjne spalanie węgla

Streszczenie

Konieczność obniżenia emisji CO₂ do atmosfery wpływa na rozwój źródeł energii pierwotnej. Węgiel kamienny i brunatny należą do paliw emitujących największe ilości zanieczyszczeń do atmosfery. Do najbardziej ekologicznych rozwiązań należą źródła odnawialne i energia jądrowa. Jednak ich upowszechnienie zależeć będzie nie tylko od rozwoju technologii i techniki oraz ekonomicznej ich konkurencyjności i dostępności, ale w coraz większym stopniu od prowadzonej polityki energetycznej danego kraju.

Dotychczas udział paliw węglowych w bilansach paliwowych prognozowany był na niezmiennym poziomie, z tendencją wzrostu udziału węgla po 2030 roku. Udział węgla w 2006 roku wynosił w bilansie energii pierwotnej 25%, a w produkcji energii elektrycznej 40%.

Dalsze stosowanie węgla wymaga szeregu przedsięwzięć, między innymi modernizacji istniejących obiektów energetycznych i budowy nowych bloków energetycznych opartych o technikę fluidalnego spalania paliw, o spalanie paliw w atmosferze tlenu oraz o zgazowanie węgla zintegrowanego z układami gazowo-parowymi.

W warunkach Polski, gdzie przeszło 90% energii elektrycznej wytwarzane jest na bazie węgla kamiennego i brunatnego oraz podejmowane zadania inwestycyjne związane są z budową nowoczesnych węglowych bloków energetycznych o zmniejszonej emisji CO₂, zapotrzebowanie na węgiel energetyczny w najbliższych 20 latach nie ulegnie zasadniczym zmianom. Przyszłość polskiego węgla kamiennego natomiast zależeć będzie głównie od konkurencyjności na rynku krajowym i w eksporcie.

1. Wstęp

W ostatnich dekadach obserwujemy przeogromne dyskusje i coraz efektywniejsze działania na rzecz ograniczenia stosowania organicznych paliw kopalnych oraz wzrostu udziału odnawialnych paliw i źródeł energii w bilansach paliwowo-energetycznych. Wszystkie te działania podporządkowane są ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

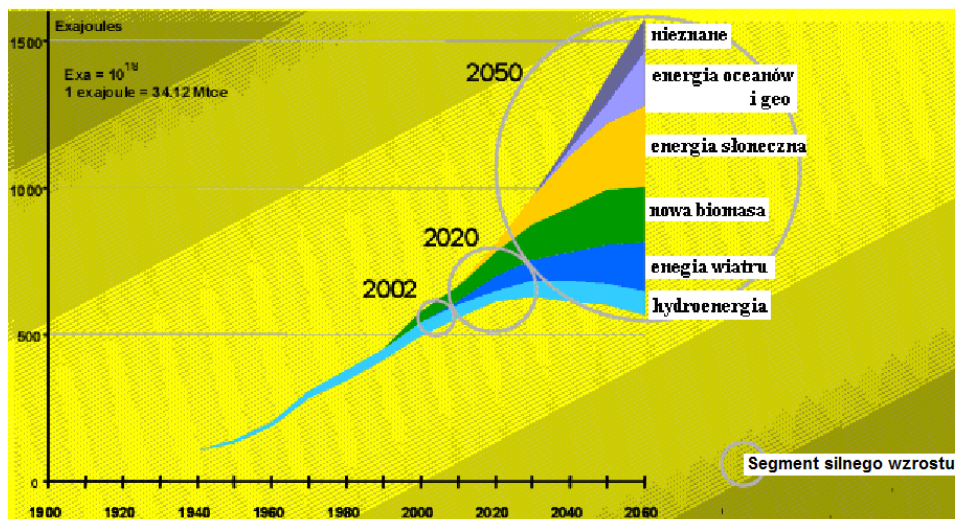
W tym okresie następują równocześnie przeciwstawne procesy dywersyfikacji i koncentracji poszczególnych źródeł energii. Przykładami tych działań mogą być przedsięwzięcia znane pod symbolami Nord Stream, „petrostate”, Oxfam itp. oraz podejmowane przedsięwzięcia na rzecz rozwoju nowych źródeł. Przykładem może tu być utworzenie międzynarodowego konsorcjum DII z budżetem 400 mld €, którego celem jest

uzyskanie w 2050 roku 15% pokrycia potrzeb na energię elektryczną krajów europejskich ze źródeł solarnych.

2. Rozwój źródeł energii odnawialnej

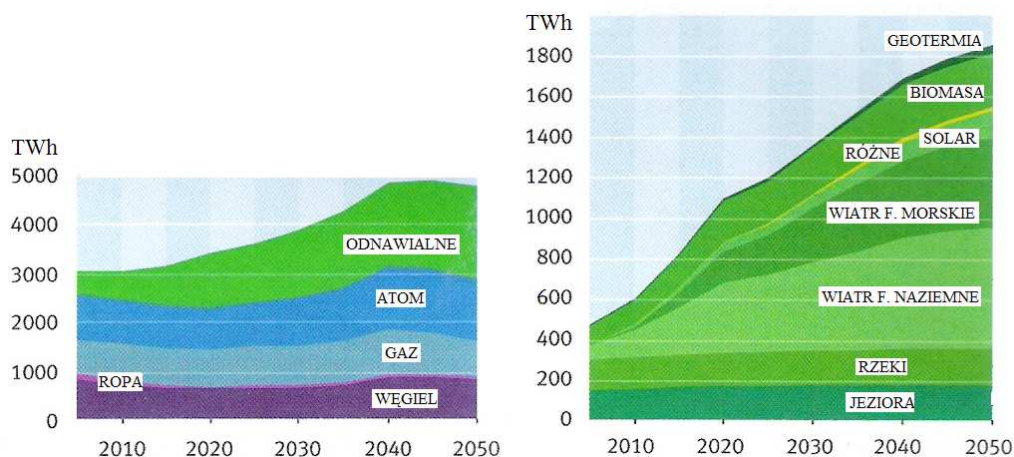
Dokonywane zmiany bazy paliwowo-energetycznej i tempo ich przemian w poszczególnych krajach i regionach Świata dokonywane są z różnych przyczyn, czego dowodem są różne deklaracje co do możliwości i realizacji zmniejszenia emisji endemicznego CO₂. W krajach Unii Europejskiej i Japonii dąży się do obniżenia emisji CO₂ o 20% w roku 2020 i o 50% w 2050 roku. Jednocześnie jest brak jednoznacznych zobowiązań rządów USA, Chin i Indii, krajów należących do największych emitorów CO₂. Prezydent Barack Obama widzi w rozwoju odnawialnych źródeł energii sposób na zwiększenie wzrostu amerykańskiej gospodarki i przyrostu miejsc pracy. Chiny natomiast, między innymi rozwój odnawialnych źródeł energii rozpatrują jako możliwość ograniczenia importu ropy naftowej. Rząd Indii, ostatecznie deklarując udział w procesach obniżania emisji CO₂ podkreśla, że „emisję powinny zmniejszyć przede wszystkim Stany Zjednoczone oraz Europa”.

Międzynarodowe zobowiązania i społeczne naciski na rzecz ograniczenia emisji CO₂ i rozwoju produkcji energii ze źródeł odnawialnych przyczyniły się do podsumowania dotychczasowych doświadczeń oraz do opracowania szeregu prognoz i planów realizacyjnych. Analizę udziału odnawialnych źródeł w bilansach produkcji energii w horyzoncie czasowym 1940 do 2050 roku ilustruje rysunek 1. Zasadniczy rozwój produkcji energii odnawialnej prognozowany jest na lata 2030-2050, by w roku 2050 jej udział wynosił około 60% w bilansie wytwarzanej energii. Według przedstawionej analizy przyrost zużycia i produkcji energii oparty jest o wzrost udziału źródeł odnawialnych.



Rys. 2.1. Prognozy upowszechnienia źródeł energii odnawialnej [19]

Znacznie mniejsze przyrosty udziału źródeł odnawialnych w produkcji energii w krajach Unii Europejskiej (EU-27), zakładane są w programie bazowym – rysunek 2.2; udział ten określany jest na poziomie około 40%.



Rys. 2.2. Prognozy udziału poszczególnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej do 2050 roku w krajach Unii Europejskiej [11]

Z przytoczonych danych stanu i rozwoju źródeł energii odnawialnej wynika jednoznacznie niemożliwość zapewnienia dostaw energii bez udziału paliw kopalnych i energii jądrowej.

3. Pozycja węgla w bilansach źródeł energii

W XX wieku charakterystycznym był wzrost udziału paliw węglowodorowych oraz spadek udziału węgla w bilansach paliwowych Świata, **przy równoczesnym wzroście ilościowym zużycia węgla**. W końcowych latach minionego wieku udział węgla w bilansach paliwowych kształtował się na poziomie 25%, a w produkcji energii elektrycznej wynosił około 35%. W XXI wieku prognozowane są dalsze zmiany w strukturze paliwowej. W latach 2001-2025 do produkcji energii elektrycznej zużycie gazu ziemnego ma wzrosnąć z 19 na 30%, przy spadku udziału energii nuklearnej z 19 do 12% i zużycia węgla z 34 do 31%, co dokumentują prognozy sygnowane przez DOE (USA) [5]. Prognozy opracowywane przez Unię Europejską, w zależności od przyjętego wariantu rozwoju dla EU-15, zakładały jeszcze większy spadek zużycia węgla [20]. Najnowsze dane dotyczące EU-27 wskazują natomiast nieznaczny wzrost zużycia paliw stałych do produkcji energii elektrycznej z 850 TW·h w 2005 roku do 870 TW·h w 2050 roku [11].

Większość prognoz na XXI wiek wskazuje na utrzymanie dotychczasowego udziału węgla w bilansach, co praktycznie oznacza 2,5% roczny przyrost zużycia węgla. Można także spotkać prognozy, szczególnie na lata dalsze od 2030 roku, znacznego wzrostu udziału węgla w rozwiązywaniu problemów energetycznych.

W zależności od dostępności do źródeł energii pierwotnej i rozwoju technologii spalania, udział węgla w bilansach energii pierwotnej w poszczególnych krajach znacznie się różni i w 2000 roku wynosił we Francji zaledwie 5,4% i we Włoszech tylko 7,1%, ale już w Wielkiej Brytanii 16,7%, w Hiszpanii 17,1% i w Niemczech 25,1%. Udział węgla w produkcji energii elektrycznej jest znacznie wyższy i w 2006 roku wynosił 93% w RPA, 80% w Australii, 78% w Chinach, 71% w Izraelu, 70% w Kazachstanie, 69% w Indiach i w Maroko, 59% w Czechach, 58% w Grecji, 50% w USA i 47% w Niemczech [5]. W Polsce natomiast udział węgla należy do najwyższych i wynosi 64,9% w bilansie energii pierwotnej i 93% w bilansie wytwarzania energii elektrycznej.

Pogodzenie problemów zabezpieczenia potrzeb na energię z ochroną środowiska, przy równoczesnej konieczności zapewnienia cywilizacyjnego rozwoju społeczeństw staje się coraz trudniejsze. Od wielu lat jesteśmy „bombardowani” wiadomościami o wyczerpywaniu się złóż ropy naftowej i w niedalekiej przyszłości gazu ziemnego oraz nieograniczonych bogactwach węgla.

Udostępniane dokumenty wskazują na krótkookresowe rezerwy ropy naftowej (41 lat) i gazu ziemnego (64 lata) przy znacznie dłuższej żywotności złóż węgla (251 lat) – tabela 1. „Elastyczność” podawanych czasowych rezerw paliw, wynika podstawowo z rejestracji ilości udostępnianych złóż w ramach znacznie bogatych zasobów szacowanych oraz nie uwzględniania niekonwencjonalnych metod oceny i możliwości eksploatacji złóż ropy naftowej i gazu ziemnego [3].

Tabela 3.1. Rezerwy i zasoby różnych źródeł energii pierwotnej według stanu na 2004 rok [20]

Źródło energii	Rezerwy udokumentowane		Zasoby szacunkowe	
	Gt _{oe}	Lata ¹	Lata ¹	Lata ²
Paliwa kopalne	778	-	-	-
- ropa naftowa	143	41	~200	125
- gaz ziemny	138	64	~400	210
- węgiel	506	251	~700	360
Energia jądrowa	55	82	~300	>10000

¹ przy obecnym zużyciu, ² przy uwzględnieniu wzrostu zużycia

Jedną z najistotniejszych cech rezerw węgla jest praktycznie powszechność jego występowania na świecie, a przez to duża jego dostępność i mniejsze możliwości wszelkiego rodzaju spekulacji, podczas gdy 68% rezerw ropy i 67% gazu znajduje się na terenach Bliskiego Wschodu i Rosji.

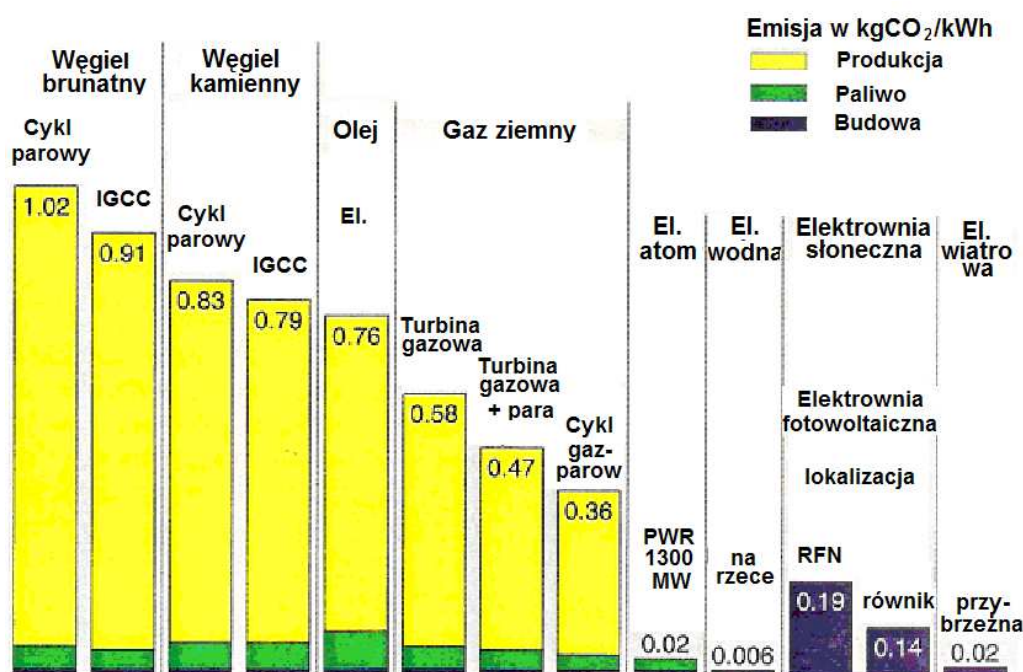
Największe przyrosty wykorzystania węgla w ekonomicznym rozwoju krajów rejestruje się w Chinach (wzrost produkcji energii elektrycznej na węglu z 30 EJ w 2000r do 70÷85 EJ w 2050 r.) [18], w Indiach (wzrost zużycia węgla na produkcję energii elektrycznej z 310 mln ton w 2005/06 r. do 1 659 mln ton w 2031/32) [16] i USA (2006/2030 r. wzrost o 20%, chociaż w innych źródłach podawany jest wzrost nawet o 36%, ale w niektórych także spadek o 5%) [2].

W większości krajów Unii Europejskiej jeszcze dominuje tendencja eliminowania węgla jako źródła energii pierwotnej i ograniczania jego udziału w produkcji energii elektrycznej [9]. A sytuacja jest poważna, gdyż udział węgla w produkcji energii elektrycznej w 2000 roku w

krajach UE-25 wynosił 31%, przy potrzebie odbudowy 50% zainstalowanej mocy i zapewnienia 40% wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 roku [7].

4. Uwarunkowania stosowania węgla

Konieczność obniżenia emisji CO₂ do atmosfery w poważnym stopniu będzie rzutowało na rozwój źródeł energii pierwotnej. W tym rankingu węgiel kamienny i brunatny należą do paliw emitujących największe ilości zanieczyszczeń do atmosfery. Do najbardziej ekologicznych rozwiązań – pod względem emisji CO₂ – należą procesy pozyskiwania energii ze źródeł naturalnych (energia słońca, wody, wiatru, geo- itp.) oraz z energii jądrowej – rys. 4.1.



Rys. 4.1. Wielkość emisji CO₂ w procesach wytwarzania energii elektrycznej w zależności od rodzaju paliwa i technologii generacji [19]

Zakres wdrożeń technologii nisko emisyjnych CO₂ zależy będzie od rozwoju technologii i techniki oraz ich ekonomicznej konkurencyjności i dostępności. Znaczące wdrożenia z zakresu technologii energii odnawialnej prognozowane są na lata 2050 i następne, co powinno znacząco obniżyć zużycie paliw kopalnych – rysunek 2.1.

Duże znaczenie w rozwoju poszczególnych źródeł energii odnawialnej i niskoemisyjnej mają koszty wytwarzania energii elektrycznej. Z analizy kosztów ponoszonych w USA i krajach Unii Europejskiej (tabela 4.1) wynika, że najdroższą energią elektryczną jest prąd uzyskiwany z ogniwoltaicznych i farm wiatrowych. Energetyka węglowa i jądrowa pozostają konkurencyjnymi kosztowo sposobami wytwarzania energii elektrycznej.

W tej sytuacji wyeliminowanie węgla ze źródeł energii elektrycznej i ciepłej oraz jako surowca chemicznego jest mało prawdopodobne między innymi z następujących powodów [12][13][14]:

- największych rezerw wśród paliw kopalnych i stosunkowo powszechnym występowaniu węgla;
- dużej dostępności węgla na rynkach światowych;
- ekonomicznej konkurencyjności „kalorii węglowych”;
- mniejszej wrażliwości na zmiany ekonomiczne i polityczne sytuacji kryzysowych;
- postępu w technologiach energetycznego wykorzystania węgla;
- znaczącego udziału w istniejących źródłach energii;
- tradycji.

Tabela 4.1. Porównanie kosztów wytwarzania energii elektrycznej w krajach UE i w USA

Źródło energii elektrycznej	Kraje UE €/MWh [12]		USA c\$/kWh [1]
	2005 r.	2030 r.	
Biomasa	25÷85	25÷75	5÷15
Energia wiatru	35÷175	28÷170	5÷13
Słoneczne ogniwa voltaiczne	140÷430	55÷260	25÷125
Słoneczne ogniwa termiczne	–	–	3÷20
Hydroenergetyka duża	25÷95	25÷90	2÷8
Hydroenergetyka mała	45÷90	40÷80	4÷10
Hydroenergetyka micro	–	–	4,2
Źródła geotermalne	–	–	2÷10
Energia morza	–	–	8÷20
Węgiel w elektrownie z IOS	30÷40	45÷60	3,2÷3,9
Węgiel fluid	35÷45	50÷65	–
Węgiel IGCC	40÷50	55÷70	3,6÷4,2
Gaz ziemny	45÷70	55÷85	–
Gaz ziemny CC	35÷45	40÷55	3,1÷3,4
Gaz ziemny CCC	–	–	2
Silniki spalinowe	70÷80	80÷95	6,9
Energia jądrowa	40÷45	40÷45	–

Pogodzenie wymogów ochrony środowiska z utrzymaniem i dalszym upowszechnianiem stosowania węgla wymaga szeregu przedsięwzięć, a wśród nich:

- zwiększenia sprawności procesów spalania węgla i przetwarzania energii chemicznej w ciepłą, mechaniczną i elektryczną;
- kontynuowania procesów oczyszczania spalin od SO₂, NO_x i pyłu oraz Hg;
- wdrożenia technologii wydzielania i sekwestracji CO₂;
- wdrażania nowych technologii wysokoefektywnego spalania węgla, łączenia procesów wytwarzania energii z różnymi innymi procesami technologicznymi oraz

zastosowania energii jądrowej do zgazowania węgla i wytwarzania gazu syntezowego i wodoru;

- wytwarzanie „czystego” węgla z dostępnych paliw.

Z tych to powodów obserwujemy intensywny wzrost sprawności i mocy modernizowanych i nowobudowanych bloków energetycznych między innymi w oparciu o:

- wzrost parametrów termodynamicznych pary,
- technikę fluidalnego spalania paliw,
- spalanie paliw w atmosferze tlenu (oxyfuel);
- zgazowanie węgla zintegrowane z układem gazowo-parowym (IGCC).

Wybór rozwiązania wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o spalanie węgla kamiennego lub brunatnego, uwzględniające wymogi ochrony środowiska, w dużym stopniu zależy będzie od kosztów poszczególnych technologii i dostępności do środków inwestycyjnych. Najniższe koszty inwestycyjne i wytwarzania energii elektrycznej ze spalania węgla gwarantują bloki pracujące na parametrach nad- i supernadkrytycznych. Jeżeli jednak zachodzi potrzeba wydzielenia i sekwestracji CO₂ to najlepsze efekty ekonomiczne gwarantują bloki gazowo-parowe zintegrowane ze zgazowaniem węgla. Ponadto, zgazowanie węgla może być równocześnie źródłem gazu syntezowego (metanol, metan, paliwa płynne itp.) i wodoru.

Wdrażanie nowych technologii spalania węgla i podwyższanie sprawności procesów wytwarzania energii elektrycznej wymaga jednak dalszego rozwiązywania wielu problemów technologicznych i technicznych, o różnym ryzyku, wymagających nie tylko środków finansowych, ale także czasu na ich rozwiązanie [4].

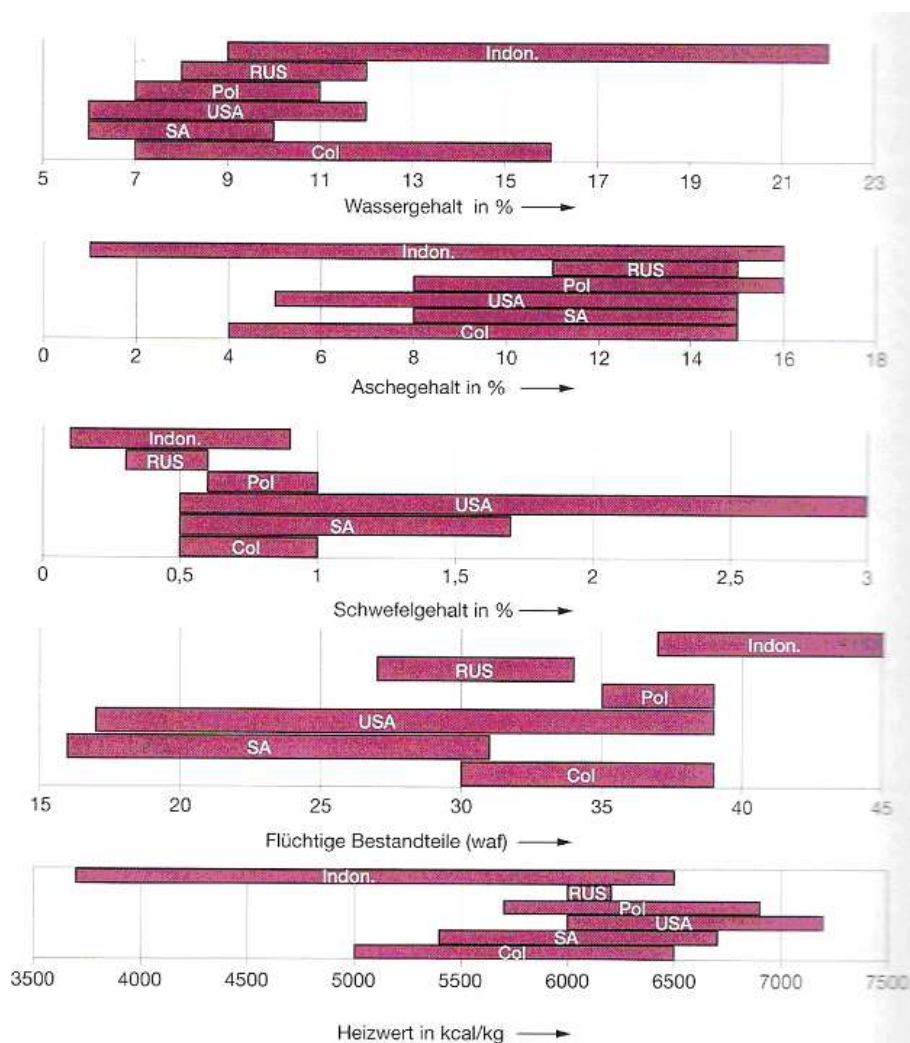
Analizy rozwoju źródeł energii wskazują, że udział węgla w bilansach energii pierwotnej i wytwarzania energii elektrycznej pozostanie na dotychczasowym poziomie. Oznacza to **wzrost zużycia węgla kamiennego z 5 370 do 10 560-12 000 mln ton w latach 2006-2030**.

5. Podsumowanie

Sytuacja polskiego przemysłu węglowego jest przedmiotem wielu cennych analiz i prognoz publikowanych w wielu w materiałach rządowych i czasopismach specjalistycznych między innymi w publikacjach [10], [15], [17] i z tego powodów odstąpiono od omawiania problemów, które są dobrze znane i na bieżąco rozwiązywane.

W warunkach Polski, gdzie przeszło 90% energii elektrycznej wytwarzane jest na bazie węgla kamiennego i brunatnego oraz podejmowane zadania inwestycyjne związane są z budową nowoczesnych węglowych bloków energetycznych o zmniejszonej emisji CO₂, zapotrzebowanie na węgiel energetyczny w najbliższych 20 latach nie ulegnie zasadniczym zmianom. Przyszłość polskiego węgla kamiennego zależy będzie natomiast głównie od jego konkurencyjności na rynku krajowym i w eksporcie.

Analiza importowanych węgla przez niemiecką energetykę wskazuje, że jakość polskich węgla jest konkurencyjną do niektórych węgla importowanych – rysunek 5.1.



Rys. 5.1. Porównanie jakości importowanych węgla przez niemiecką energetykę [3]

Literatura

- [1] An Energy Policy for Europe. [SEC(2007)12]. Brussels, 10.1.2007.COM(2007)1 final
- [2] Annual Energy Outlook 2008 with Projections to 2030. EIA. Report #:DOE/EIA-0383(2008)
- [3] Benesch W.A. 2009: Importkohle – Ein aktueller Marktüberblick. VGB, nr 7
- [4] Bohn D. 2008: Future developments for CO₂ –free power plant technologies with integrated gas turbines. VGB PowerTech, nr 7
- [5] Coal Facts 2007. World Coal Institute (WCI)
- [6] Coal Power for Progress, WCI 2000
- [7] Dolben G., Toth G. 2007: EU Energy Review – State of Plans and EURELECTRIC's views. VGB PowerTech, nr 6

- [8] Drenckhahn W., Pyc I., Riedle K. 2009: Global energy demand and its constraints. VGB, nr 1/2
- [9] Energy in Europe. European Union Energy Outlook to 2020 ECC November 1999
- [10] Gawlik L., Grudziński Z. 2007: Zasoby węgla brunatnego w Polsce. Karbo, nr 2
- [11] How to achieve carbon-neutral Power In Europe by 2050. PEI 2010, nr 2
- [12] Hycnar J.J. 2001: Górnictwo węgla kamiennego – wyzwanie rynku w nowym stuleciu. Przegląd Górniczy, nr 1
- [13] Hycnar J.J. 2007: Ekologiczne problemy spalania węgla. Karbo, nr 2
- [14] Hycnar J.J. 2009: Perspektywy energetyki opartej o spalanie węgla. Przegląd Górniczy, nr 3-4
- [15] Karbownik A. 2007: Zasoby węgla kamiennego w Polsce. Karbo, nr 2
- [16] Sachdev R.K. 2007: Clean coal technologies – present scenario in India. Clean Coal Day in Japan
- [17] Strzelec-Łobodzińska J. 2009: Polityka energetyczna Polski do 2030 roku w kontekście polityki UE. Europejski Kongres Gospodarczy, Katowice
- [18] Transforming coal for sustainability: a strategy for China. Energy for Sustainable Development. Volume VII no 4. December 2003
- [19] Wörgetter M. 23-24 April 2007: From fossil fuel to sustainable transport systems. Contribution to the Royal Society Biofuels Event «International Biofuels Opportunities». Royal Society, London
- [20] World Energy Assessment – Overview 2004 Update UN Development Programme. World Energy Council

Przekazano: 10 marca 2008 r.