

Stanisław Urban • Maciej Dzikuć

WPŁYW NA ŚRODOWISKO WYTWARZANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W ELEKTROWNIACH OPALANYCH WĘGLEM KAMIENNYM

Stanisław Urban, prof. dr hab. inż. dr h.c. – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Maciej Dzikuć, dr inż. – Uniwersytet Zielonogórski; stypendysta w ramach Poddziałania 8.2.2.
„Regionalne Strategie Innowacji” POKL UE

adres korespondencyjny:
Instytut Nauk Ekonomicznych
Katedra Ekonomiki i Organizacji Gospodarki Żywnościowej
ul. Komandorska 118/120, 53-345 Wrocław
e-mail: stanislaw.urban@ue.wroc.pl

Wydział Ekonomii i Zarządzania
Katedra Zarządzania Bezpieczeństwem
ul. Podgórna 50, 65-001 Zielona Góra
e-mail: m.dzikuc@wez.uz.zgora.pl

THE IMPACT OF ELECTRICITY PRODUCTION IN COAL-FIRED POWER PLANTS ON ENVIRONMENT

SUMMARY: The paper presents a method of Life Cycle Assessment (LCA) to determine the impact of the electricity produced on the environment. In addition, the usefulness of this method has been proven in assessment of the energy sector. This paper presents the impact of electricity generation on the environment in coal power plants. A detailed analysis by the method of LCA to compare the environmental impact of electricity generation in the Dolna Odra power plant and the power plant Opole. The differences in results of the analysis were pointed so as the causes of occurring environmental impacts were discussed. Also the measures to help in reducing the impact of the electricity produced on the environment during the production of electricity in the future were described.

KEY WORDS: life cycle assessment, energy, ecology, coal, power plants

Wstęp

Sektor energetyczny w Polsce ulega obecnie istotnym przeobrażeniom. Starzejąca się infrastruktura energetyczna w zestawieniu z rosnącym zapotrzebowaniem na energię oraz coraz wyższymi standardami ekologicznymi zmuszają przedsiębiorstwa sektora energetycznego do podejmowania działań, które zgodnie z dokumentem Polityka energetyczna Polski do 2030 roku mają doprowadzić do:

- poprawy efektywności energetycznej;
- wzrostu bezpieczeństwa dostaw paliw i energii;
- dywersyfikacji struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej;
- rozwoju wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw;
- rozwoju konkurencyjnych rynków paliw i energii;
- ograniczenia oddziaływania energetyki na środowisko¹.

Polska, jako kraj pozyskujący energię elektryczną głównie w elektrowniach opalanych węglem kamiennym, nie może jednak nagle odejść od obecnej struktury wytwarzania energii elektrycznej. Będzie to proces przebiegający w sposób ewolucyjny, rozłożony na dekady. Należy więc w sposób profesjonalny monitorować sposób wytwarzania energii elektrycznej w polskich elektrowniach, zwłaszcza tych opalanych węglem. Pozwoli to właściwie ocenić sposób wykorzystania nieodnawialnych surowców, porównać efektywność ekonomiczną i ekologiczną istniejących technologii wytwarzania energii oraz zmniejszyć ilość szkodliwych emisji do atmosfery.

Jedną ze skutecznych metod, która umożliwia ocenę i porównanie wpływu na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w różnych elektrowniach bazujących na tym samym paliwie, jest ocena cyklu życia (*Life Cycle Assessment – LCA*). Analizie za pomocą tej metody mogą być poddawane zarówno produkty, procesy obejmujące pełny cykl życia produktu, jak również całe gałęzie przemysłu². W publikacji zostanie przeprowadzona analiza metodą LCA, która pozwoli na ocenę i porównanie wytwarzania energii elektrycznej w dwóch elektrowniach opalanych węglem kamiennym: Elektrowni Dolna Odra oraz Elektrowni Opole.

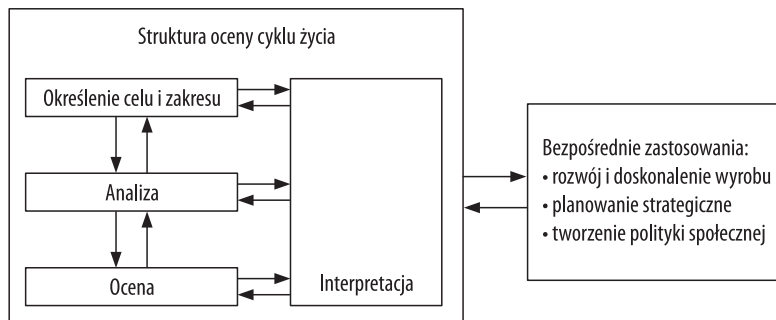
Przedmiot i zakres badań

Ocena cyklu życia jest uznaną metodą badawczą, która ma na celu określenie zagrożeń środowiskowych. Analiza LCA opiera się na identyfikacji i określeniu ilości zużytych surowców, energii oraz odpadów i odprowadzanych zanieczysz-

¹ Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2009, s. 4-5.

² R. Dąbrowski, M. Dzikuć, *Ocena cyklu życia (LCA) w sektorze energetycznym*, „Pomiary. Automatyka. Kontrola” 2012 t. 58, nr 9, s. 819-821.

Rysunek 1
Fazy oceny cyklu życia



Źródło: opracowanie własne na podstawie PN-EN ISO 14040, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009.

czeń, a następnie na ocenie ich wpływu na środowisko³. Pozwala na identyfikację zagrożeń oraz ustalenie sposobów poprawy jakości środowiska. Jednym z najważniejszych zadań tej metody jest badanie możliwych wpływów procesu wytwórczego na środowisko⁴.

Istotną cechą oceny cyklu życia jest możliwość badania wpływu na środowisko w całym okresie funkcjonowania produktu; LCA umożliwia ustalenie wpływu danego produktu na środowisko nie tylko w czasie wytwarzania oraz pozyskiwania surowców, ale również podczas jego użytkowania aż do utylizacji. Wspomaga również optymalne gospodarowanie ograniczonymi zasobami, ponieważ opiera się na faktycznych danych wejściowych i wyjściowych badanego procesu.

Analiza LCA jest określana przez Międzynarodową Organizację do spraw Standaryzacji ISO (*International Standard Organization*) jako technika oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z wyrobem obejmująca (rysunek 1) cztery fazy:

- określenie celu i zakresu badań;
- inwentaryzację zbioru istotnych wejść i wyjść w systemie wyrobu;
- ocenę potencjalnych oddziaływań na środowisko związanych z wejściami i wyjściami systemu;
- interpretację rezultatów analizy zbioru oraz faz oceny wpływu w odniesieniu do celów badań⁵.

Analiza LCA wspomagana jest przez specjalistyczne oprogramowanie komputerowe, takie jak SimaPro opracowany przez PRe Consultants B. V. w Holandii. W artykule posłużono się programem SimaPro w wersji 7.1, którego ważną zale-

³ R. Dylewski, J. Adamczyk, *Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls*, „Building and Environment” 2011 t. 46, nr 12, s. 2615-2623.

⁴ R. Dylewski, J. Adamczyk, *Economic and ecological indicators for thermal insulating building investments*, „Energy and Buildings” 2012 t. 54, s. 88-95.

⁵ PN-EN ISO 14040, Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Zasady i struktura, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009, s. 7.

Tabela 1
Kategorie szkód oraz oddziaływań w metodzie Eco-Indikator 99

Kategorie szkód	Kategorie oddziaływań
Zdrowie ludzkie	Związki kancerogenne Związki organiczne Związki nieorganiczne Zmiany klimatu Radiacja Dziura ozonowa
Jakość ekosystemu	Ekotoksyczność Zakwaszenie/eutrofizacja Użytkowanie ziemi
Surowce	Minerały Paliwa kopalne

Źródło: opracowanie własne na podstawie: www.pre.nl [29-11-2012] oraz oprogramowania SimaPro.

tą jest wykorzystywanie do oceny środowiskowej wskaźnika Eco-Indikator 99 (Ekowskażnik 99)⁶. Wskaźnik ten pozwala na wzięcie pod uwagę problemu zmniejszenia zasobów surowcowych, co jest szczególnie ważne w przypadku badania wpływu na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem kamiennym, które zużywają ogromne ilości nieodnawialnego w ludzkiej perspektywie surowca energetycznego. Analiza LCA umożliwia zobrazowanie wyników wpływu na środowisko w odniesieniu do jedenastu kategorii oddziaływań, które odnoszą się do trzech kategorii szkód⁷. Zależności między kategoriami szkód i oddziaływań przedstawia tabela 1.

Wyniki analizy LCA wyrażone są w punktach ekowskażnika (Pt), gdzie 1 Pt ekowskażnika to wartość reprezentująca jedną tysięczną rocznego obciążenia środowiska przypadającą na jednego mieszkańca Europy.

Analiza LCA wytwarzania energii elektrycznej w Elektrowni Opole oraz w Elektrowni Dolna Odra

Elektrownia Opole oraz Elektrownia Dolna Odra to dwie z kilkunastu firm, które poprzez połączenie utworzyły 1 września 2010 roku PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. W publikacji porównano wpływ na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w Elektrowni Opole oraz Elektrowni Dolna Odra.

PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. Oddział Elektrownia Opole zlokalizowana jest w odległości 9 km na północ od granic miasta Opola, poniżej

⁶ Z. Kowalski, J. Kulczycka, M. Góralczyk, *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2007.

⁷ PN-EN ISO 14044 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Wymagania i wytyczne, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009, s. 47-53.

Tabela 2
Wyniki LCA – trzy kategorie szkód

Kategorie szkód	Jednostka	Elektrownia Opole	Elektrownia Dolna Odra
Zdrowie ludzkie	[Pt]	7,9	10,2
Jakość ekosystemu	[Pt]	1,0	1,4
Surowce	[Pt]	27,8	27,0
Suma	[Pt]	36,7	38,64

Źródło: badania własne.

ujścia rzeki Mała Panew do Odry. Usytuowanie Elektrowni w tym rejonie pozwala na przesyłanie energii elektrycznej do położonego w nieznaczącej odległości zurbanizowanego i uprzemysłowionego południowo-zachodniego regionu kraju, który charakteryzuje się znacznym zużyciem energii elektrycznej. Elektrownia Opole jest kondensacyjną elektrownią cieplną blokową, z zamkniętym układem wody chłodzącej. Obecnie eksploatowane są w niej 4 bloki energetyczne, uruchomione w latach 1993-1997, o łącznej mocy zainstalowanej 1492 MW. Paliwem podstawowym jest węgiel kamienny. Wszystkie bloki wyposażone są w mokrą instalację odsiarczania spalin. Zdolności produkcyjne energii elektrycznej Elektrowni Opole wynoszą około 10 TWh rocznie⁸ i produkuje ona energię elektryczną dla Krajowego Systemu Elektroenergetycznego oraz ciepłą dla odbiorców zlokalizowanych w jej pobliżu.

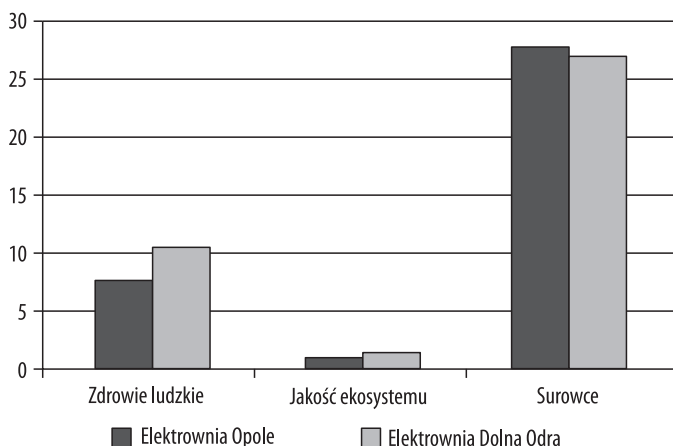
Elektrownia Dolna Odra jest elektrownią systemową, która została zbudowana w latach siedemdziesiątych XX wieku. Poszczególne jej bloki przekazywane były do eksploatacji w latach 1974-1977. Dysponuje ośmioma blokami o łącznej mocy elektrycznej 1 772 MW. Jest konwencjonalną elektrownią blokową z otwartym układem chłodzenia. W latach dziewięćdziesiątych w Elektrowni Dolna Odra zrealizowany został kompleksowy program modernizacji głównych urządzeń energetycznych. Produkcja Elektrowni Dolna Odra przeznaczona jest dla Krajowego Systemu Elektroenergetycznego i zasilania w ciepło miasta Gryfino. Podstawowym przedmiotem działalności Elektrowni Dolna Odra jest wytwarzanie i dystrybucja energii elektrycznej oraz ciepłej na bazie węgla kamiennego⁹.

Celem badań jest określenie i porównanie wpływu na środowisko wytwarzania energii elektrycznej na bazie węgla kamiennego za pomocą analizy LCA. W czasie prowadzenia badań użyto programu komputerowego SimaPro 7.1. Za jednostkę funkcjonalną, czyli jednostkę przyjętą do badań, która stanowi ilościowy efekt systemu produkcji, przyjęto 1 MWh wytworzonej energii elektrycznej. Jednostka funkcjonalna powinna być jasno zdefiniowana i mierzalna, ponieważ dostarcza ona płaszczyzny odniesienia dla normalizowania danych wejściowych i wyjściowych systemu odniesienia.

⁸ www.pgegiek.pl [19-12-2012].

⁹ www.zedolnaodra.pgegiek.pl [18-12-2012].

Rysunek 2
Wyniki LCA – trzy kategorie szkód



Źródło: badania własne.

Dane, które wykorzystano podczas badań, pochodzą z 2010 roku i zawierają elementy wchodzące do systemu, które są wykorzystywane w produkcji energii elektrycznej, takie jak węgiel, biomasa, energia elektryczna oraz elementy wychodzące z systemu produkcyjnego, czyli ilość wytworzonej energii elektrycznej i ciepłej oraz wszelkie powstające w czasie produkcji zanieczyszczenia.

Analiza wyników LCA w odniesieniu do trzech kategorii szkód (tabela 2 i rysunek 2) pokazuje, że największym wpływem na środowisko w badanych elektrowniach cechuje się kategoria „surowce”, przy czym nieco większy wpływ ma wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowni Opole, co może oznaczać, że węgiel wykorzystywany w elektrowni Dolna Odra mógł cechować się nieco wyższą kalorycznością lub zapotrzebowanie na energię elektryczną nie było zbieżne z optymalną mocą kotłów, która zapewniłaby wyższą sprawność wytwarzania, a to odnotowane byłoby przez program SimaPro. Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na środowisko w odniesieniu do trzech kategorii szkód jest kategoria „zdrowie ludzkie”. W przypadku tej kategorii szkód większy negatywny wpływ na zdrowie ludzkie ma wytwarzanie energii elektrycznej w Elektrowni Dolna Odra. Różnica ta jest znacząca i jej powodem jest fakt różnicy technologicznej, która musiała być zauważona z uwagi na fakt, że Elektrownia Opole jest o około 20 lat nowsza aniżeli Elektrownia Dolna Odra. Ponadto Elektrownia Opole ma sprawniejszą instalację oczyszczania spalin, której skuteczność sięga 99,8% (przy gwarantowanej 99,5%). Natomiast w Elektrowni Dolna Odra średnia osiągalna skuteczność odpylania spalin wynosi 99,44%. Elektrownia Opole dysponuje również nieco skuteczniejszymi instalacjami odsiarczania spalin metodą mokrą wapienną. Przy tym elektrownia Opole wykorzystuje proporcjonalnie znacznie większą ilość biomasy, która poprawia wynik LCA. Ponadto Elektrownia Opole wytwarza więcej energii ciepłej (128 MJ) na jednostkę energii

elektrycznej (1 MWh) niż Elektrownia Dolna Odra, która wytwarza 112 MJ na 1 MWh.¹⁰ Program SimaPro premiuje natomiast w przypadku Elektrowni Opole wykorzystywanie wysoko sprawnych instalacji, które pracują w skojarzeniu, a jednocześnie wytwarzając energię cieplną i elektryczną, zużywają znacznie mniej paliwa.

Analizując wyniki w odniesieniu do jedenastu kategorii oddziaływań (tabela 3 i rysunek 3), należy zaznaczyć, że zdecydowanie największy wpływ na środowisko ma kategoria paliwa kopalne i najbardziej wpływa na ostateczny wynik. Związki nieorganiczne są kategorią oddziaływań, która cechuje się najwyższą różnicą w osiąganych wynikach. Elektrownia Opole z uwagi na znacznie większe wykorzystanie biomasy w produkcji energii elektrycznej oraz nieco lepszą technologię oczyszczania spalin jest w stanie osiągnąć lepszy wynik w tej kategorii. Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (biomasy) oraz skuteczniejsze oczyszczanie spalin powoduje również korzystniejsze wyniki w przypadku Elektrowni Opole w kategoriach: zakwaszenie/eutrofizacja, związki kancerogenne oraz zmiany klimatu.

W 2010 roku do wytworzenia energii elektrycznej w Elektrowni Opole zużyto ponad 300 tys. Mg węgla kamiennego oraz ponad 120 tys. Mg biomasy. Elektrownia Opole wytwarza około 6% (7 625 969 MWh) krajowej energii elektrycznej. Część możliwości produkcyjnych była i jest nadal wykorzystywana jako rezerwa mocy dla Krajowego Systemu Elektroenergetycznego węgla kamiennego¹¹. Natomiast w tym samym roku do wytworzenia 6 425 340 MWh energii elektrycznej w Elektrowni Dolna Odra zużyto niemal 2 600 tys. Mg węgla kamiennego oraz około 75 tys. Mg biomasy¹².

Wytwarzanie energii elektrycznej poprzez spalanie węgla kamiennego cechuje się znacznym negatywnym wpływem na środowisko, który jest spowodowany nie tylko przez zubożenie nieodnawialnych zasobów, ale również emisje do atmosfery, które pogarszają stan środowiska. Ponadto, analizując opłacalność wytwarzania energii elektrycznej na bazie węgla kamiennego, należy stwierdzić, że z uwagi na konieczność uiszczania opłat związanych z emisją CO₂ będzie ona coraz mniej opłacalna lub będą musiały wzrosnąć ceny energii elektrycznej. Jednak pomimo istotnego wpływu na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem kamiennym oraz kosztów związanych z dostosowaniem technologii produkcji energii do rygorystycznych przepisów promujących ekologiczne sposoby wytwarzania energii, które mniej obciążają środowisko, z uwagi na fakt posiadania przez Polskę własnych zasobów węgla zmniejszanie udziału energii elektrycznej wytwarzanej na bazie węgla kamiennego będzie procesem bardzo powolnym, rozłożonym na wiele lat.

Dodatковым czynnikiem hamującym rozwój wytwarzania energii elektrycznej w inny sposób niż poprzez spalanie węgla jest wysoki koszt wytworzenia energii elektrycznej przy wykorzystaniu innych surowców lub pozyskiwania

¹⁰ www.pgegiek.pl [19-12-2012]; www.zedolnaodra.pgegiek.pl [18-12-2012].

¹¹ www.pgegiek.pl [19-12-2012].

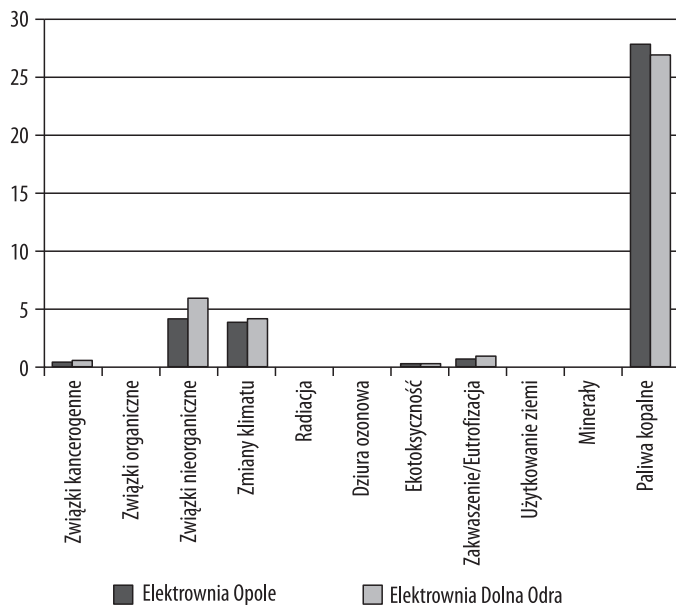
¹² www.zedolnaodra.pgegiek.pl [18-12-2012].

Tabela 3
Wyniki LCA – jedenaście kategorii oddziaływań

Kategorie oddziaływania	Jednostka	Elektrownia Opole	Elektrownia Dolna Odra
Związki kancerogenne	[Pt]	0,2	0,3
Związki organiczne	[Pt]	0,0	0,0
Związki nieorganiczne	[Pt]	3,9	6,0
Zmiany klimatu	[Pt]	3,8	3,9
Radiacja	[Pt]	0,0	0,0
Dziura ozonowa	[Pt]	0,0	0,0
Ekotoksyczność	[Pt]	0,1	0,1
Zakwaszenie/ eutrofizacja	[Pt]	0,9	1,3
Użytkowanie ziemi	[Pt]	0,0	0,0
Minerały	[Pt]	0,0	0,0
Paliwa kopalne	[Pt]	27,8	27,0
Suma	[Pt]	36,7	38,6

Źródło: badania własne.

Rysunek 3
Wyniki LCA – jedenaście kategorii oddziaływań



Źródło: badania własne.

energii opartych na odnawialnych źródłach energii. Brak ustawy o odnawialnych źródłach energii dodatkowo utrudnia rozwój zielonych technologii wytwarzania energii. Odpowiednie regulacje prawne w obecnie przygotowywanej ustawie o odnawialnych źródłach energii mogą znacząco przyczynić się do rozwoju technologii, które w mniejszym stopniu obciążałyby środowisko. Przykładem rozwiązań pozwalających na wytwarzanie energii na bazie odnawialnych źródeł jest produkcja energii z biogazu. Jest to źródło odnawialne niezależne od warunków atmosferycznych, które może zapewniać stałe dostawy energii¹³. Należy zaznaczyć, iż przedstawiony w artykule wpływ na środowisko produkcji energii elektrycznej dotyczy kosztów ekologicznych wytworzenia 1 MWh a w badanych elektrowniach w skali 2010 roku wyprodukowano: 6 425,3 GWh w Elektrowni Dolna Odra¹⁴ oraz 7 626 GWh w Elektrowni Opole¹⁵.

Podsumowanie

Wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem kamiennym wywiera negatywny wpływ na środowisko. Należy poszukiwać rozwiązań, które umożliwiają jego zminimalizowanie. Różnica pomiędzy wpływem na środowisko energii elektrycznej wytwarzanej z węgla kamiennego w dwóch różnych elektrowniach jest zauważalna, zwłaszcza że analizowane elektrownie nie tylko opalane są tym samym paliwem, ale też wytwarzają porównywalną ilość energii. Kilkuprocentowa różnica w osiągniętych przez analizowane elektrownie wynikach pokazuje, że możliwe jest skuteczne ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko poprzez wprowadzenie sprawniejszych rozwiązań technologicznych, które pozwalają na skuteczniejsze oczyszczanie spalin. Elektrownia Opole dzięki temu, że posiada nowsze instalacje oraz skuteczniejszą technologię oczyszczania spalin, jest w stanie zapewnić mniejszy negatywny wpływ na środowisko w przeliczeniu na jednostkę wytworzonej energii elektrycznej. Obliczone obciążenia środowiskowe sprawiają, iż należy poszukiwać technologii opartych na węglu kamiennym, które w mniejszym stopniu będą oddziaływać na środowisko. Mimo że w czasie kilku ostatnich lat znacznie ograniczono ilość zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, co było możliwe dzięki zainstalowaniu nowych technologii, inwestycje związane z produkcją energii elektrycznej przy wykorzystaniu najnowszych, ekologicznych technologii są uzasadnione. Ponadto konieczność ponoszenia przez Polskę od 1 stycznia 2013 roku opłat związanych z emisjami do atmosfery szkodliwych substancji powoduje, że rozwiązania ekologiczne stają się również bardziej ekonomiczne.

¹³ J.W. Wandrasz, M. Landrat, *Model matematyczny wytwarzania biogazu w składowiskach odpadów*, „Ochrona Środowiska” 2002 t. 85, nr 2, s. 13-16.

¹⁴ www.zedolnaodra.pgegiek.pl [18-12-2012].

¹⁵ www.pgegiek.pl [19-12-2012].