

**Joanna Chraślowska, Joanicjusz Nazarko, Mikołaj Rybaczuk**  
Politechnika Białostocka

## **BENCHMARKING W OCENIE EFEKTYWNOŚCI KOSZTOWEJ PRZEDSIĘBIORSTW ENERGETYCZNYCH**

### **1. Wstęp**

Procesy deregulacji zachodzące w wielu krajach w sektorze energetycznym zmieniły jego dotychczasową strukturę. Głównym celem reform rynku energii elektrycznej jest wprowadzenie konkurencji i poprawa efektywności działania jego uczestników. Zmiany wprowadzane w sektorze zmierzają do odejścia od bezpośredniej ingerencji państwa w stronę regulacji bodźcowych.

Obecnie rynek energii elektrycznej podlega w dużej mierze regulacji przez specjalnie ustanowione w tym celu organy państwowe. Zadaniem regulatorów jest m.in. poprawa efektywności przedsiębiorstw energetycznych poprzez symulację warunków konkurencji rynkowej.

Jedną z metod wykorzystywaną przez regulatora w celu podniesienia efektywności działania przedsiębiorstw energetycznych jest analiza porównawcza kosztów ich działalności. Benchmarking jest metodą, za pomocą której można porównywać efektywność, stosuje się ją zwłaszcza w odniesieniu do przedsiębiorstw działających w warunkach monopolu naturalnego, które świadczą te same usługi w porównywalnych warunkach [10].

Z punktu widzenia regulatora wyniki benchmarkingu pozwalają na wytworzenie konkurencji cenowej między przedsiębiorstwami, odbiorcom końcowym zaś pozwalają np. na porównanie poziomu obsługi oferowanej przez poszczególne przedsiębiorstwa.

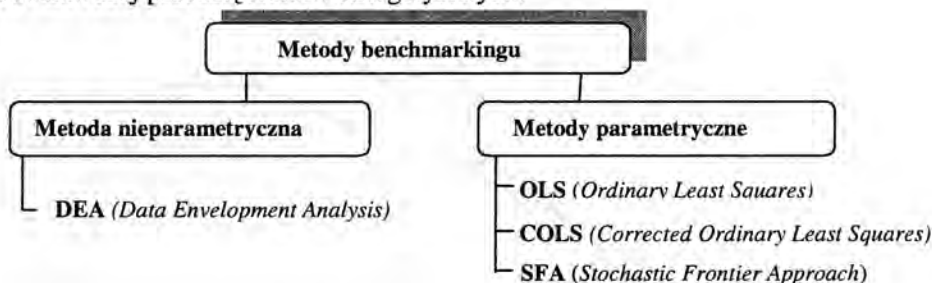
W artykule przedstawiono zastosowanie wybranych metod benchmarkingu do porównania efektywności kosztowej przedsiębiorstw energetycznych. Opierając się na badaniach wykonanych przez The Council of European Energy Regulators (CEER) [7; 8], autorzy dokonali analizy i syntezy wyników badań porównawczych przedsiębiorstw energetycznych przeprowadzonych różnymi metodami benchmarkingu.

Biorąc pod uwagę integrację Polski z Unią Europejską i budowę jednolitego rynku energii, autorzy uznali, że warto spopularyzować wyniki badań europejskich przedsiębiorstw energetycznych w zakresie oceny efektywności ich działania.

## 2. Metody benchmarkingu stosowane w sektorze energetycznym

W literaturze przedmiotu można spotkać się z wieloma metodami, które noszą wspólną nazwę *benchmarking*. W artykule przedstawiono najczęściej stosowane metody benchmarkingu: nieparametryczną DEA (*Data Envelopment Analysis* – metoda obwiedni danych) oraz parametryczne: OLS (*Ordinary Least Squares* – metoda najmniejszych kwadratów), COLS (*Corrected Ordinary Least Squares* – skorygowana metoda najmniejszych kwadratów), SFA (*Stochastic Frontier Analysis* – stochastyczna analiza graniczna) [1; 3; 4; 9].

Na rys. 1 przedstawiono klasyfikację najpopularniejszych metod benchmarkingu wykorzystywanych przez regulatorów rynku energii elektrycznej do analizy porównawczej przedsiębiorstw energetycznych.



Rys. 1. Klasyfikacja wybranych metod benchmarkingu  
Źródło: opracowanie własne.

Wymienione metody, nazywane także metodami granicznymi, oparte są na koncepcji, wedle której wszystkie firmy powinny być zdolne do działania na przyjętym poziomie efektywności, określonym przez przedsiębiorstwa efektywne działające w danym sektorze.

Firmy efektywne stanowią odniesienie dla pozostałych, wskazując na docelowy zakres (granice) poprawy efektywności w poszczególnych przedsiębiorstwach. Miarą efektywności jest relacja między zmiennymi wejściowymi (nakładami) i wyjściowymi (efektami) analizowanych przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa, które przy najmniejszych nakładach wejściowych osiągają najlepsze wyniki wyjściowe, tworzą wzorcowy (graniczny) poziom efektywności [3]. Odległość wyników pozostałych przedsiębiorstw od wzorcowego poziomu efektywności stanowi miarę nieefektywności.

Na podstawie uzyskanych wartości wskaźników efektywności tworzony jest ranking przedsiębiorstw. Im niższa wartość wskaźnika, tym firma jest mniej efektywna.

Poszczególne metody benchmarkingu różnią się technikami matematycznymi oraz wymaganiami w zakresie potrzebnych danych wejściowych.

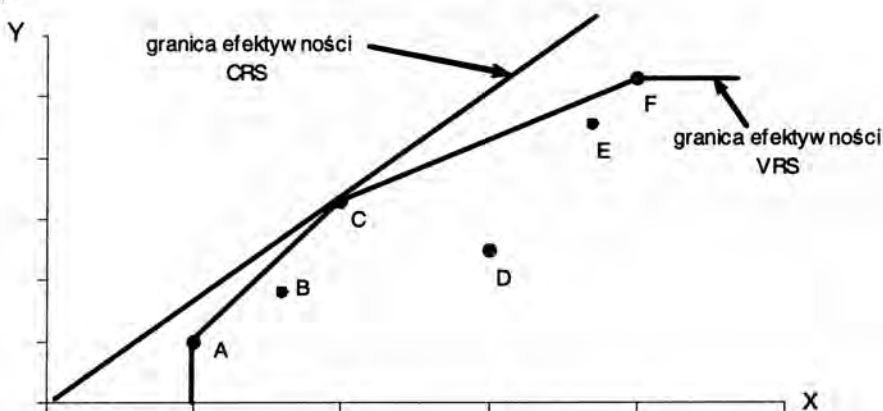
**Metody nieparametryczne** nie narzucają jakiejkolwiek funkcjonalnej postaci krzywej granicznej efektywności. Przykładem użycia tej metody jest analiza obwiedni danych (DEA).

Spośród modeli DEA wyróżnia się dwa: zorientowane na nakłady i zorientowane na efekty. Każdy z nich może wystąpić jako model CRS (*constant returns to scale* – stały efekt skali) lub VRS (*variable returns to scale* – zmienny efekt skali) [4; 11].

Model zorientowany na efekty optymalizuje wyjścia przy założonym poziomie zaangażowanych środków. Model zorientowany na nakłady, przy założonym poziomie efektu, minimalizuje wielkość zaangażowanych środków.

Uważa się, że bardziej odpowiednim podejściem dla przedsiębiorstw sektora energetycznego jest model zorientowany na nakłady [6; 7; 10].

Na rys. 2 przedstawiono główne cechy modeli DEA-CRS i DEA-VRS zorientowanych na nakłady. Firmy regulowane, oznaczone kolejnymi literami alfabetu, opisane są przez zmienną wejściową – nakład (X) oraz zmienną wyjściową efekt (Y).



Rys. 2. Graficzna prezentacja metody DEA zorientowanej na nakłady  
Źródło: opracowanie własne na podstawie [4].

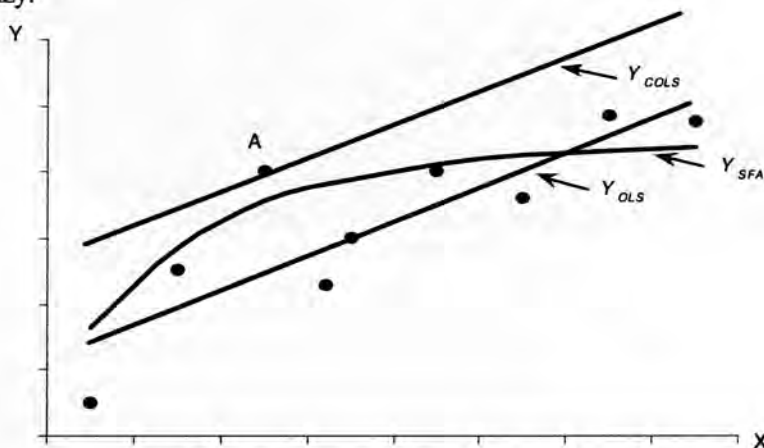
Podstawą do tworzenia rankingu jest poziom ponoszonych nakładów na jednostkę efektu. Można zauważyć, że w podejściu CRS jedyną efektywną jest firma C, natomiast w podejściu VRS efektywne są trzy firmy: A, C, F. Wyznaczają one granicę efektywności (*frontier*).

Zaletą metody DEA jest to, że nieefektywne firmy są porównywane do firm rzeczywistych, a nie do poziomu mierników statystycznych. Może być ona wykorzystywana dla względnie małego zestawu danych wejściowych, w przeciwieństwie do metod parametrycznych, które stawiają wyższe wymagania co do liczby firm w badanej próbie oraz zmiennych użytych w modelu [3; 4; 11].

**Metody parametryczne** wymagają określenia analitycznej postaci funkcji krzywej efektywności granicznej. Metodami tej klasy najczęściej stosowanymi przez regulatorów rynku energii elektrycznej są: OLS, COLS oraz SFA [2; 6; 8].

Na rys. 3 przedstawiono ideę omawianych metod. Na osiach oznaczono odpowiednio: zmienną wejściową – nakład ( $X$ ) i zmienną wyjściową – efekt ( $Y$ ).

W metodzie OLS prosta regresji odzwierciedla przeciętny poziom efektywności w branży.



Rys. 3. Graficzna prezentacja metod: OLS, COLS, SFA

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9; 11].

Metoda COLS zaostża stosowane kryteria, przesuwając prostą OLS w taki sposób, aby przebiegała na wykresie przez punkt odpowiadający najefektywniejszej firmie (punkt położony najdalej od prostej OLS w kierunku wzrostu efektu). W analizowanym przypadku jest to firma A. Wyznacza ona granicę efektywności zgodnie z metodą COLS [9; 11].

Podobnie do DEA, w metodzie COLS nie uwzględnia się losowych błędów pomiaru (obserwacji), przyjmując, że wszystkie odchylenia od granicy powstają z powodu nieefektywności działania firm [3; 4; 11].

Kolejną z metod parametrycznych stosowaną przez regulatorów jest stochastyczna analiza graniczna – SFA. Metoda ta wymaga zdefiniowania analitycznej postaci funkcji krzywej efektywności granicznej. Zakłada się w niej, że odchylenia pomiędzy obserwowanym poziomem zmiennych wejściowych (nakładów) a poziomem przeciętnym, wyznaczonym krzywą SFA, odzwierciedlają błędy losowe pomiaru oraz różnice w efektywności. Wada metody SFA polega na tym, że nieefektywność może być błędnie zinterpretowana w modelu jako zakłócenie losowe [9; 11].

### 3. Zastosowanie benchmarkingu w krajach europejskich

W wielu państwach europejskich zaczęło ostatnio wzrastać znaczenie benchmarkingu w odniesieniu do przedsiębiorstw energetycznych. Badania benchmarkingowe prowadzone są w sektorze od początku lat dziewięćdziesiątych. Ich zakres obejmował głównie firmy działające na terenie danego kraju.

Jedno z badań odnoszących się do przedsiębiorstw z wielu państw przeprowadził The Council of European Energy Regulators (CEER) [7; 8]. Wzięty w nim udział 63 przedsiębiorstwa przesyłu i dystrybucji z Włoch, Norwegii, Wielkiej Brytanii, Portugalii, Hiszpanii oraz Holandii. Celem prowadzonych badań była przede wszystkim analiza porównawcza przedsiębiorstw funkcjonujących w różnych warunkach ekonomicznych i regulacyjnych, a także rozwój narzędzi niezbędnych do prowadzenia tego rodzaju badań. Efektywność działania przedsiębiorstw porównywano za pomocą powszechnie stosowanych metod granicznych: DEA, COLS i SFA.

Jako zmienne wyjściowe (efekty) przyjęto w modelach zmienne, które uważa się za ważne nośniki kosztów: energię dostarczoną, liczbę odbiorców, długość linii, a jako zmienną wejściową (nakłady) – koszty całkowite. Zmienne te należą do najczęściej używanych w badaniach porównawczych przedsiębiorstw energetycznych [7; 8].

Zmienne wejściowe i wyjściowe użyte zostały w wyspecyfikowanych modelach w różnych kombinacjach. Zbudowano dwa modele DEA-CRS, dwa modele DEA-VRS oraz model logliniowy i translogarytmiczny dla obu metod COLS i SFA. Zestawienie wybranych modeli, użytych metod i zmiennych przedstawiono w tab. 1.

W badaniach przeprowadzonych przez CEER jako bazowy przyjęto model DEA-1CRS. Jego zastosowanie wskazały trzy przedsiębiorstwa określające granicę efektywności. Dwa z nich to firmy norweskie, trzecie jest przedsiębiorstwem holenderskim.

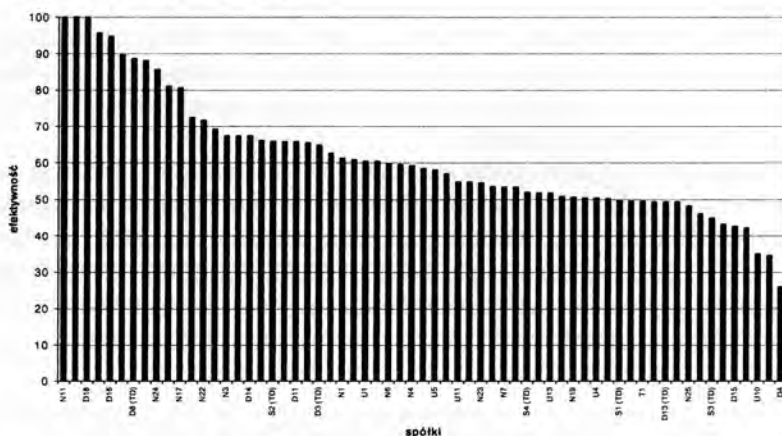
Tabela 1. Zestawienie metod, modeli i zmiennych użytych w badaniu CEER

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7	Model 8
	DEA-1 CRS	DEA-1 VRS	DEA-2 CRS	DEA-2 VRS	COLS- 1LL	COLS- 2TL	SFA- 1LL	SFA-2TL
<b>Wejścia</b>								
Koszty operacyjne			X	X				
Wydatki całkowite	X	X			X	X	X	X
Długość linii			X	X				
Straty energii			X	X				
<b>Wyjścia</b>								
Energia dostarczana	X	X	X	X	X	X	X	X
Liczba odbiorców	X	X	X	X	X	X	X	X
Długość linii	X	X			X	X	X	X

Źródło: opracowanie własne na podstawie [7].

Rozpiętość wyników uzyskanych metodą DEA-1CRS jest znaczna, zawiera się w przedziale od 26 do 100%. Średnia z punktów efektywności dla wszystkich badanych firm wynosi w przykłdzie 61%.

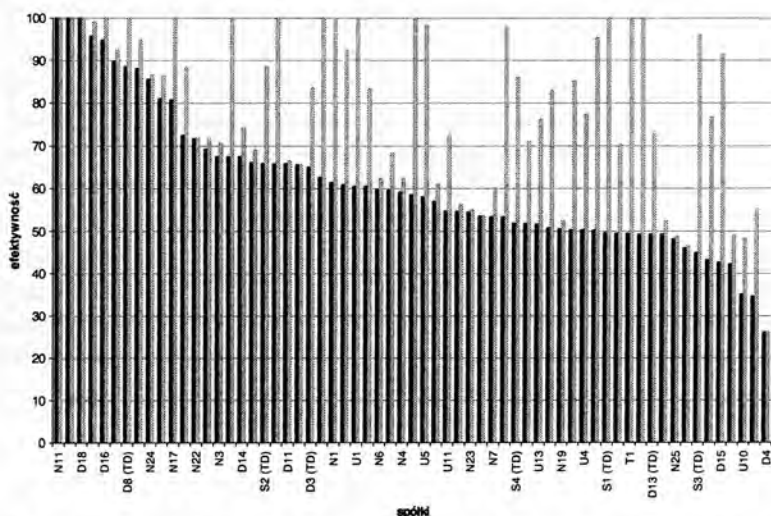
Na rys. 4 przedstawiono uszeregowanie badanych spółek według efektywności wyznaczonej metodą DEA-1CRS.



Rys. 4. Efektywność badanych spółek wyznaczona metodą DEA-1CRS

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zaczerpniętych z [7].

Wyniki badań [7; 8] oraz literatura przedmiotu [1; 3; 6] wskazują, że w zależności od przyjętej metody uzyskane rankingi benchmarkingu przedsiębiorstw mogą znacznie się różnić. Dla pokazania różnic w artykule porównano rezultaty otrzymane metodą DEA-1CRS i DEA-2VRS. Ocena efektywności badanych przedsiębiorstw otrzymaną tymi metodami przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Efektywność badanych spółek wyznaczona metodą DEA-1CRS i DEA-2VRS

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zaczerpniętych z [7].

W modelu DEA-2VRS na granicy maksymalnej efektywności znalazło się 21 firm. Najniższy wynik efektywności wynosi 26%, a średnia efektywność przedsiębiorstw 78%.

Jak wskazują wyniki badań, liczba firm, dla których wyznaczona efektywność osiąga górny pułap, jest różna w zależności od użytej metody i techniki. Istotne jest jednak, że w różnych modelach wśród firm granicznych znajdowały się firmy najefektywniejsze z modelu bazowego.

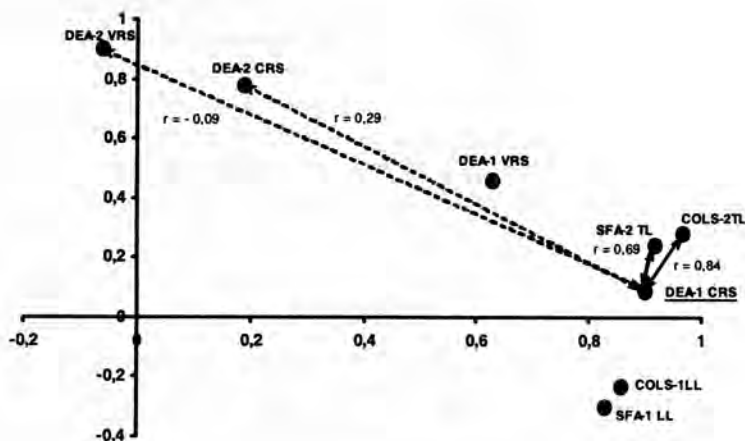
W celu ilościowej oceny zgodności wyników wyznaczono korelacje wskaźników efektywności oraz kolejności przedsiębiorstw w rankingach uzyskanych różnymi metodami (tab. 2). Wartości współczynników korelacji zamieszczone w tab. 2 wskazują na występowanie dużej rozbieżności (poza nielicznymi wyjątkami) zarówno wyników oceny efektywności, jak i umiejscowienia przedsiębiorstw w rankingach uzyskanych różnymi metodami benchmarkingu.

Tabela 2. Zestawienie wyników: korelacja wyników efektywności i korelacja rankingów

	DEA-1 CRS	DEA-1 VRS	DEA-2 CRS	DEA-2 VRS	COLS- 1 LL	COLS- 2 TL	SFA-1 LL	SFA-2 TL
DEA-1 CRS	1,00							
DEA-1 VRS	0,54	1,00						
	0,47							
DEA-2 CRS	0,29	0,11	1,00					
	0,19	0,14						
DEA-2 VRS	-0,09	0,41	0,62	1,00				
	-0,06	0,49	0,69					
COLS-1 LL	0,63	0,37	0,03	-0,17	1,00			
	0,69	0,34	0,08	-0,12				
COLS-2 TL	0,84	0,69	0,30	0,15	0,71	1,00		
	0,84	0,66	0,27	0,19	0,75			
SFA-1 LL	0,57	0,42	-0,13	-0,22	0,96	0,70	1,00	
	0,63	0,37	-0,06	-0,17	0,97	0,72		
SFA-2 TL	0,69	0,71	0,23	0,18	0,81	0,90	0,82	1,00
	0,68	0,70	0,26	0,27	0,80	0,92	0,79	

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych zaczerpniętych z [7].

Uzupełniając badania prowadzone przez CEER, autorzy przeprowadzili obliczenia za pomocą analizy czynnikowej. Na rys. 6 przedstawiono ładunki czynnikowe odpowiadające wynikom oceny efektywności uzyskanych różnymi metodami. Im bliżej położone są punkty obrazujące wyniki oceny efektywności otrzymane różnymi metodami, tym silniej skorelowane są wyniki ocen, a w związku z tym zgodniejsze rankingi oparte na tych metodach oceny efektywności.



Rys. 6. Korelacja wyników efektywności

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych zaczerpniętych z [7].

Z analizy wynika, że są metody dające zgodne lub dość zgodne wyniki w odniesieniu do modelu bazowego (DEA-1CRS). Są to modele: COLS-2TL i SFA-2TL (współczynniki korelacji odpowiednio: 0,84; 0,69). Można zauważyć również metody dające skrajnie różne wyniki w stosunku do pozostałych metod, np. DEA-2VRS, DEA-2CRS (współczynniki korelacji w odniesieniu do modelu bazowego odpowiednio: -0,09; 0,29).

#### 4. Zakończenie

Badania przeprowadzone przez CEER oraz ich dalsza analiza przez autorów artykułu dostarczają interesujących wniosków zarówno dla regulatorów, jak i przedsiębiorstw energetycznych. Jak wynika z badań, wybór metody benchmarkingu, modelu i zmiennych ma bezpośredni wpływ na ocenę efektywności oraz na uszeregowanie przedsiębiorstw w rankingu. Literatura przedmiotu oraz rezultaty badań prowadzonych w sektorze zwracają uwagę na brak jednomyślności wśród regulatorów i przedsiębiorstw w sprawie metody najwłaściwszej do analizy porównawczej. Metodą porównawczą cieszącą się największą popularnością wśród regulatorów państw europejskich jest metoda DEA [5; 7].

Do wyników benchmarkingu trzeba podchodzić ostrożnie. Należy je interpretować w kontekście zastosowanej metody i użytych zmiennych.

Mimo tych zastrzeżeń badania benchmarkingowe pozwalają regulatorom uzyskać lepszą wiedzę o względnej efektywności krajowych przedsiębiorstw oraz o najlepszej praktyce międzynarodowej. W odniesieniu do rynku krajowego wyniki benchmarkingu pozwalają regulatorom na wytworzenie konkurencji cenowej między przedsiębiorstwami.



Dla przedsiębiorstw ważną korzyścią jest identyfikacja ich słabych stron. Wyniki badań benchmarkingowych mogą także wspomagać podejmowanie decyzji strategicznych w przedsiębiorstwach, np. w sprawie konsolidacji.

Doświadczenia europejskie zachęcają do prowadzenia badań w krajowym sektorze energetycznym i jednocześnie uzasadniają ich potrzebę. Wydaje się, że zagadnienie benchmarkingu przedsiębiorstw, zwłaszcza w sektorze dystrybucji energii elektrycznej, jest obecnie doskonałym tematem badań naukowych.

## Literatura

- [1] Andruszkiewicz J., Hajdrowski K., *Europejski benchmarking spółek dystrybucyjnych*, materiały z seminarium pt. „Benchmarking spółek sieciowych”, PTPiREE, Nowe Rumunki, 27-28 lutego 2003.
- [2] *Analiza porównawcza spółek dystrybucyjnych*, opracowanie Departamentu Planów i Analiz URE, Biuletyn URE 2000, nr 2.
- [3] Coelli T., Rao D.S.P., Battese G.E., *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston 2002.
- [4] Cooper W.W, Seiford L.M., Tone K., *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston 2000.
- [5] Edvardsen D.F., Førsund F.R., *International Benchmarking of Electricity Distribution Utilities*, ICER – International Centre for Economic Research, Working Paper, no. 8, Torino, Italy 2002.
- [6] Irastorza V., *Benchmarking for Distribution Utilities: A Problematic Approach to Defining Efficiency*, The Electricity Journal, December 2003.
- [7] Jamasb T., Pollitt M., *International Benchmarking and Regulation of European Electricity Distribution Utilities*, Final Report, The Council of European Energy Regulators – Benchmarking Working Group, May 2001.
- [8] Jamasb T., Pollitt M., *International Utility Benchmarking & Regulation: An Application to European Electricity Distribution Companies*, DAE Working Paper, no. 0115, Department of Applied Economics, University of Cambridge, 2002.
- [9] Jensen U., *Is it Efficient to Analyse Efficiency Rankings?* Empirical Economics 2000, no. 25.
- [10] Steiner F., *Regulation, Industry Structure and Performance in the Electricity Supply Industry*, Economics Department Working Papers, no. 238, OECD, ECO/WKP (2000) 11.
- [11] Thanassoulis E., *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers Group, Boston 2003.

Artykuł powstał w ramach prac badawczych W/WZ/3/02 oraz W/WZ/7/03.

# **BENCHMARKING IN COST EFFECTIVENESS ASSESSMENTS OF POWER UTILITIES**

## **Summary**

The processes of deregulation that are taking place in the power supply sector are leading to the introduction of competitive mechanisms on the electric energy market. Currently, this market is the subject of regulation by specially instituted state-owned organizations. Their task is, among others, to improve the effectiveness of activities of the power utilities by simulating the conditions of the free market competition. One of the methods used by the regulators to comparatively analyse the cost effectiveness of activities of the companies is benchmarking.

The article presents results of the comparative analysis of the power utilities companies using the selected methods of benchmarking. The differences (depending on methods used) in placing the companies in the rankings have been highlighted. The analysis points out the necessity of using multi-variant approach in benchmarking rankings.