

Magdalena Ligus

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

**WARTOŚCIOWANIE BEZPIECZEŃSTWA
ENERGETYCZNEGO W OCENIE EKONOMICZNEJ
EFEKTYWNOŚCI INWESTYCJI
W SEKTORZE ENERGETYCZNYM
– WYNIKI BADANIA PIERWOTNEGO
METODĄ WYCENY WARUNKOWEJ***

Streszczenie: Artykuł dotyczy sposobu ujmowania kosztów bezpieczeństwa energetycznego w ramach oceny ekonomicznej efektywności inwestycji w sektorze energetycznym. Zaprezentowano wyniki badań literaturowych dotyczących wartości VOLL (*value of lost load*) jako wyceny kosztów zakłóceń oraz przerw w dostawach energii spowodowanych niedoskonałościami rynku produkcji oraz przesyłu i dystrybucji energii. Wskazano czynniki determinujące VOLL jako pomoc przy przeprowadzaniu badań pierwotnych. Przedstawiono wyniki autorskiego badania pierwotnego metodą wyceny warunkowej dla Polski oraz przetestowano jego poprawność. Wskazano procedurę zaadaptowania badania do oceny ekonomicznej efektywności inwestycji w sektorze energetycznym.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo energetyczne, wycena warunkowa (*contingent valuation*), ocena ekonomicznej efektywności inwestycji, analiza kosztów i korzyści inwestycji.

1. Wstęp

Ocena ekonomicznej efektywności przedsięwzięć w sektorze energetycznym wydaje się być skomplikowanym zagadnieniem. Trudności może nastroczać właściwa identyfikacja oraz wycena kosztów i korzyści społecznych działań. Należy również wystrzegać się podwójnego uwzględniania pewnych efektów oraz odpowiednio uwzględniać efekty występujące na rynkach wtórnych (por. [Ligus 2010]). Odrębnym zagadnieniem, wymagającym rozległej wiedzy, pozostaje dokonywanie korekt cenowych oraz wycena w kategoriach pieniężnych efektów zewnętrznych (por. [Ligus (Baron) 2004; Ligus 2009]).

* Artykuł powstał w ramach projektu badawczego rozwojowego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju „Uwarunkowania i mechanizmy racjonalizacji gospodarowania energią w gminach i powiatach” nr N 0515/R/H03/2009/06.

Zarówno w analizie ekonomicznej projektów dotyczących transportu i dystrybucji energii, jak i projektów dotyczących produkcji energii, w tym z odnawialnych źródeł, należy uwzględnić m.in. wartość wynikającą ze zmiany poziomu bezpieczeństwa energetycznego [Przewodnik do analizy... 2008, s. 126, 131]. Na tym zagadnieniu koncentruje się niniejszy artykuł. Celem artykułu jest próba przedstawienia możliwości wyceny – opartych na danych literaturowych, ale przede wszystkim na przeprowadzonym przez autorkę badaniu pierwotnym metodą wyceny warunkowej (*contingent valuation method*, CVM) zmian w poziomie bezpieczeństwa energetycznego na potrzeby oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć w sektorze energetycznym.

2. Identyfikacja kosztów bezpieczeństwa energetycznego

Bezpieczeństwo energetyczne definiuje się jako stan, w którym konsumenci oraz władze mają podstawy do przekonania, że istnieją odpowiednie rezerwy oraz infrastruktura produkcyjna i przesyłowa, pozwalająca na zabezpieczenie oczekiwań popytowych w dającej się przewidzieć przyszłości, że źródeł energii w kraju i za granicą, po koszcie dostarczenia, który nie stawia konsumentów w niekorzystnym położeniu, jeśli chodzi o przewagę konkurencyjną, i nie zagraża w żaden inny sposób ich dobrobytowi. Brak bezpieczeństwa energetycznego natomiast przejawia się w fizycznych przerwach w dostawie energii lub w nagłych i znacznych zmianach cen [Lockwood 1997, s. 13]. Definicja ta koresponduje z definicją Międzynarodowej Agencji Energii, według której bezpieczeństwo energetyczne to dostępność regularnych dostaw energii po rozsądnej (akceptowalnej) cenie [Energy price... 2001, s. 4].

Dla władz krajów europejskich zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego staje się coraz ważniejszym problemem. Decyzje prywatne dotyczące użycia energii nie opierają się na całkowitym koszcie społecznym (a zatem powstaje efekt zewnętrzny). Zakłócenia w dostawie energii oraz skoki cenowe wywołują makroekonomiczne skutki, których gospodarstwa domowe oraz przedsiębiorstwa nie biorą pod uwagę, podejmując decyzje dotyczące użycia energii. Co więcej, istnieje tendencja do niedoszacowywania ryzyka zakłóceń oraz fluktuacji cenowych. Występują także efekty trudno wymierne, jak koszt psychiczny obywateli, wywołany niepewnością co do dostaw energii. Stąd tak istotne jest z punktu widzenia władz na szczeblu krajowym oraz lokalnym szacowanie kosztów związanych z brakiem bezpieczeństwa energetycznego i podejmowaniem odpowiednich decyzji regulacyjnych czy też inwestycyjnych.

Koszty związane z brakiem bezpieczeństwa energetycznego dzieli się na:

- Wywołane fluktuacjami cenowymi surowców. Tutaj badania koncentrują się na zmianach cen ropy naftowej, brak jest natomiast badań dotyczących węgla. Być może wynika to z postrzegania tych kosztów jako stosunkowo niskich w porównaniu do kosztów wynikających z fluktuacji cenowych ropy naftowej. Jednakże

wzrasta zależność UE od węgla importowanego spoza UE, co sugeruje konieczność podjęcia tego tematu i oszacowania tych kosztów oraz ponownego porównania z kosztami ropy naftowej [Hunt, Markandya 2004, s. 20].

- Wywołane niestabilnością systemu elektroenergetycznego rozumianego jako zakłócenia oraz przerwy w dostawach wynikające ze stanu infrastruktury lub sytuacji wyjątkowych. W zasadzie bezpieczeństwo energetyczne rozumiane jest szerzej i opiera się na czterech cechach: niezawodności dostaw (*reliability*), mocy (*capacity*), dywersyfikacji źródeł energii (*diversity*) oraz zależności (*dependency*). Natomiast dotychczasowe badania zwykle koncentrują się na pomiarze kosztu związanego z pierwszym i w mniejszym zakresie drugim z wymienionych czynników.

3. Wskaźniki literaturowe kosztu bezpieczeństwa energetycznego

W odniesieniu do pierwszego rodzaju kosztów społecznych (wywołanych fluktuacjami cenowymi surowców) przeprowadzono badanie dla krajów UE-27 w ramach projektu CASES Komisji Europejskiej [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 22]. Ten aspekt bezpieczeństwa energetycznego nie jest jednak przedmiotem artykułu i nie będzie szerzej analizowany. W odniesieniu do drugiego rodzaju kosztów zewnętrznych bezpieczeństwa energetycznego w badaniach podaje się zwykle koszt zakłóceń oraz przerw w dostawach energii poprzez przemnożenie wielkości niedostarczonej energii (wyliczonej na podstawie prawdopodobieństwa intensywności, częstotliwości i czasu trwania przerw w dostawach) przez czynnik nazywany VOLL (*value of lost load*). VOLL wyrażany jest zwykle jako koszt przypadający na 1 kWh niedostarczonej energii (czasami jako koszt uzależniony od czasu trwania przerw w dostawach). Istnieje wiele opracowań, wykonywanych zarówno na zlecenie Komisji Europejskiej (głównie badania polegające na przeglądzie literatury dotyczącej badań przeprowadzanych w poszczególnych krajach UE), jak i agendy rządowe USA oraz inne kraje. Należy podkreślić, że nie ma zgodności co do wysokości badanych kosztów. Wiele zależy od przyjętej metody badawczej¹ oraz od specyficznych uwarunkowań poszczególnych krajów (przede wszystkim poziomu bezpieczeństwa energetycznego, poziomu PKB *per capita*, zwyczajów dotyczących spędzania czasu przez społeczeństwo). Można jednak zauważyć wyraźne różnice w wartościach szacowanych w krajach rozwijających się oraz w krajach rozwiniętych (co jest intuicyjnie zrozumiałe). Wynikiem projektu CASES w tym zakresie są wartości szacunkowe 4-40 \$/kWh niedostarczonej energii elektrycznej w wyniku awarii sieci dla krajów rozwiniętych oraz 1-10 \$/kWh dla krajów rozwijających się (tab. 1). Autorzy badania podają również przedziały zawężone dla 90-procentowego poziomu ufności 5-25 \$/kWh dla krajów rozwiniętych oraz 2-5 \$/kWh dla krajów

¹ Należy podkreślić, że najbardziej obiecujące są metody oparte na szacunku gotowości do zapłaty (WTP) w celu uniknięcia przerw w dostawie energii [Hunt, Markandya 2004, s. 20].

rozwijających się [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 43]. Wyniki wydają się być lewostronnie skośne, co sugeruje, że należy przyjmować wartości raczej z dolnej niż z górnej granicy. Mediana również znajduje się bliżej lewego końca przedziału. Natomiast nie jest możliwe przypisanie prawdopodobieństwa konkretnym wartościom. Niewystarczające są również dane, aby skonstruować przedziały wartości VOLL dla poszczególnych krajów w dwóch wymienionych kategoriach. Wartości VOLL zostały podane na 2030 r., wyrażone w dolarach amerykańskich z 2007 roku. Autorzy podkreślają jednak, że prognozowany przez nich wzrost wartości był niewielki, tak aby wartości te mogły być stosowane przez dwie kolejne dekady.

Tabela 1. Wartości VOLL w 2030 r. wg badania CASES Komisji Europejskiej [w US\$(2007)/kWh]

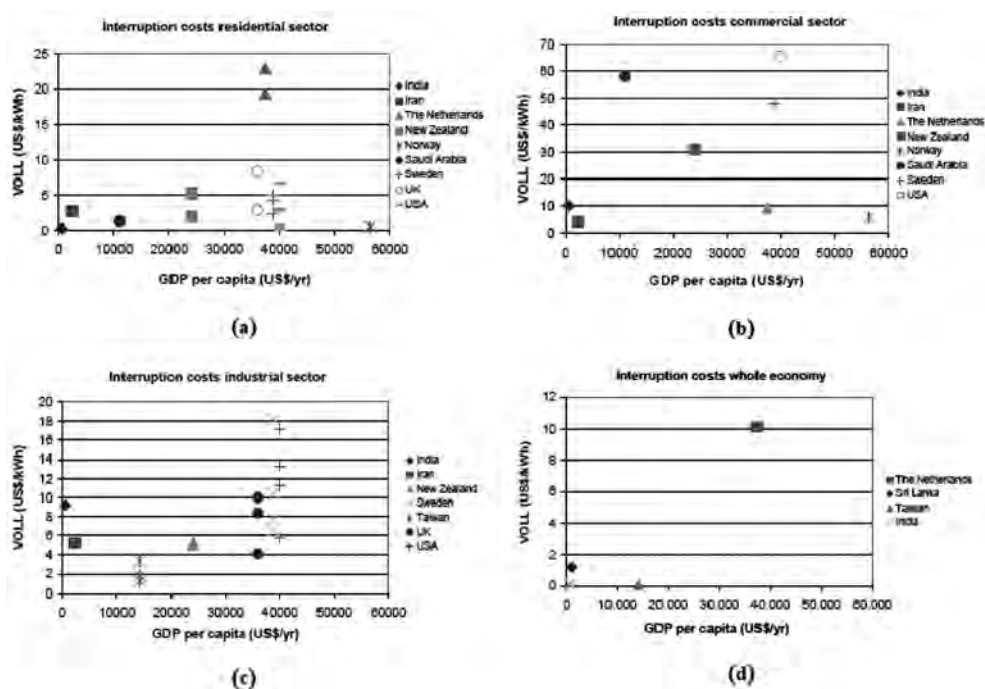
Wyszczególnienie	Maksymalny przedział wartości	Przedział wartości przy poziomie ufności 90%
Kraje wysoko rozwinięte	4-40	5-25
Kraje rozwijające się	1-10	2-5

Źródło: [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 43].

Autorzy podkreślają również, że podane wartości należy traktować jako ich osobiste przypuszczenia (określają je dosłownie *personal guesses*), oparte na przeglądzie wyników badań literaturowych oraz wnioskach, jakie z nich wyciągnęli.

Istotne wnioski autorzy wyciągnęli z porównania wyników badań VOLL [Ajodhia 2006] dla różnych krajów, odrębnie dla sektora gospodarstw domowych (rys. 1a), sektora usług (rys. 1b), przemysłu (rys. 1c) oraz dla gospodarki jako całości (rys. 1d). Wszystkie dane przekonwertowano na koszt 1kWh niedostarczonej energii w dolarach w wartościach z 2004 r. [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 38]. W celu znalezienia przyczyn powodujących tak ogromne różnice w wynikach badań VOLL dla różnych krajów powiązano wartości VOLL z poziomem PKB *per capita*. Wartości PKB *per capita* pochodzą z opracowania [World Economic Outlook... 2007]. Należy podkreślić, że badania były przeprowadzane różnymi metodami, niejednokrotnie fundamentalnie odmiennymi. Stąd wyniki należy traktować jedynie jako zgrubne szacunki, o ograniczonej możliwości porównywania i przenoszenia na inne kraje.

Z rysunku 1 wynika, że poziom VOLL wyraźnie zależy od sektora. W szczególności sektor usług jest wrażliwy na przerwy w dostawach energii – wartości VOLL dochodzące do 70 \$/kWh. Także sektory przemysłowy i gospodarstw domowych mogą być poważnie dotknięte przerwami w dostawach, lecz w mniejszym stopniu niż sektor usług – wartość VOLL sięga 25 \$/kWh. Natomiast wartości VOLL dla gospodarki jako całości są znacznie niższe, gdyż uśrednione dla wszystkich odbiorców, również tych, których aktywności tylko marginalnie uzależnione są od dostaw energii.



Rys. 1. Porównanie wartości VOLL dla różnych krajów dla sektora gospodarstw domowych (a), usług (b), przemysłu (c) oraz gospodarki jako całości (d). Koszty zostały wyrażone na 1kWh niedostarczonej energii

Źródło: [Ajodhia 2006, s. 90-91] oraz wartości PKB *per capita*: [World Economic...2007] (za [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 39]).

4. Wskazówki dotyczące badań pierwotnych kosztu bezpieczeństwa energetycznego

W podejmowaniu badań pierwotnych dotyczących szacowania wartości VOLL niezbędne jest rozpoznanie czynników, które na nią wpływają. A zatem czynników, które determinują przerwy w dostawach. Liczne badania potwierdzają, że koszty te charakteryzują się dużą zmiennością, uwarunkowaną następującymi czynnikami [Ajodhia 2006; *Gas security...* 2006] (za [Hunt, Markandya, Arnold 2007, s. 32-33]):

- Różnice pomiędzy różnymi typami odbiorców – sektor przemysłowy, usługowy oraz gospodarstwa domowe mają do czynienia z różnymi kosztami energii, różny jest również ich stopień uzależnienia od dostaw energii elektrycznej. Stąd koszty przerw w dostawach dla tych grup odbiorców mogą się znacznie różnić. Badania wskazują, że koszty dla sektora usługowego są zwykle wyższe od kosztów dla przemysłu.

- Różnice w postrzeganiu poziomu niezawodności systemu – wpływają na stopień, w jakim odbiorcy przygotowują się na możliwe przerwy w dostawach. Im wyżej postrzegany poziom bezpieczeństwa, tym mniej działań zapobiegawczych, jak zakup zasilania awaryjnego. W przypadku wystąpienia przerwy w dostawie, gdy postrzegany poziom bezpieczeństwa był wysoki, koszt jest wyższy niż w przypadku gdy poziom bezpieczeństwa postrzegany był jako niski. Natomiast samo postrzeganie poziomu bezpieczeństwa jest ściśle związane z częstotliwością i przyczynami przerw, jakie miały miejsce w przeszłości. Niebagatelne znaczenie ma też standard życia. Społeczeństwa zamożne są znacznie bardziej uzależnione od dostaw energii elektrycznej i stąd bardziej krytyczne, jeśli chodzi o przerwy w dostawach.
- Różnice w czasie wystąpienia przerw w dostawach – koszty przerw w dostawach mogą się znacznie różnić w zależności od pory roku, dnia tygodnia, a nawet pory dnia. Oczywistym przykładem może być różnica w kosztach przerw w dostawie dla gospodarstw domowych latem i zimą.
- Różnice w czasie trwania przerw w dostawach – w szczególności dla przemysłu występuje ogólna zależność, wskazująca na to, że im dłuższa przerwa w dostawie, tym wyższe są koszty całkowite, ale zwykle koszty krańcowe spadają. Natomiast w innych sektorach koszty mogą przebiegać liniowo.
- Różnice w powiadomieniu o możliwych przerwach w dostawie – powiadomienie z wyprzedzeniem o wystąpieniu i czasie trwania przerwy obniża koszty, gdyż odbiorcy mogą, przynajmniej w pewnym zakresie, zabezpieczyć się przed konsekwencjami.

Stąd wartość kosztu przerw w dostawie zwykle wyraża się za pomocą funkcji szkody odbiorcy (*customer damage function*, CDF), gdzie zmienne niezależne to przedstawione czynniki, a zmienna zależna to VOLL.

5. Badanie pierwotne wyceny warunkowej korzyści z poprawy bezpieczeństwa energetycznego

5.1. Charakterystyka badania

Badanie dotyczy bezpieczeństwa energetycznego (w rozumieniu niestabilności systemu elektroenergetycznego) w Polsce w odniesieniu do postrzegania tego zagadnienia przez respondentów i gotowości płacenia części własnego dochodu w celu poprawy bezpieczeństwa energetycznego. Zasadniczym celem badania było oszacowanie średniej miesięcznej kwoty gotowości do zapłaty (*willingness to pay*, WTP) społeczeństwa jako całości oraz w podziale sektorowym: gospodarstwa domowe, mikroprzedsiębiorstwa oraz gospodarstwa rolne. Istotnym celem badania było również przetestowanie zależności deklarowanych kwot WTP od pewnych czynników, które w literaturze przedmiotu uznaje się za determinanty gotowości do zapłaty. Testuje się w ten sposób poprawność badania, co z kolei decyduje o możliwości

jego zastosowania w praktyce do oceny ekonomicznej efektywności projektów energetycznych. W dalszej części artykułu przedstawiono procedurę umożliwiającą adaptowanie wyników badania do konkretnych zastosowań w zakresie obliczenia jednostkowego VOLL oraz dokonania szacunku korzyści dotyczących wzrostu bezpieczeństwa energetycznego.

Wycenę bezpieczeństwa energetycznego przeprowadzono w ramach szerszego badania ankietowego *Wykorzystanie energii w codziennym życiu*, realizowanego w ramach projektu badawczego rozwojowego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju „Uwarunkowania i mechanizmy racjonalizacji gospodarowania energią w gminach i powiatach”. Łącznie przebadano 1067 osób w tym: 449 gospodarstw domowych, 360 gospodarstw rolnych oraz 258 mikroprzedsiębiorstw w dziewięciu gminach trzech województw. W województwie podlaskim badaniem objęto Choroszcz, Jeleniewo oraz Zawady, w dolnośląskim – Prusice, Wisznę Małą i Zawonię, a w województwie lubelskim – Susiec, Łaszczów i Jarczów. Badanie terenowe prowadzili przeszkoleni ankieterzy, których zadaniem była realizacja wywiadów kwestionariuszowych z odpowiednimi respondentami. Średni wiek badanych to 45 lat (min 18, max 86). W każdej gminie zrealizowano 120 wywiadów, z wyjątkiem Zawad (107).

5.2. Podstawy metodyczne badania

Badanie polega na wycenie korzyści z poprawy bezpieczeństwa energetycznego w kontekście niestabilności systemu elektroenergetycznego od stanu obecnego, zdefiniowanego jako funkcja dobrobytu f , zależna od wektora cen p^0 , wektora płac w^0 oraz jakości systemu elektroenergetycznego q^0 , do stanu po zmianie, zdefiniowanego jako funkcja f od wektora cen p^1 , wektora płac w^1 oraz jakości systemu elektroenergetycznego q^1 :

$$f(p^0, w^0, q^0) \rightarrow f(p^1, w^1, q^1).$$

Dla uproszczenia założono, że ceny oraz płace są stałe: $p^0 = p^1$ oraz $w^0 = w^1$.

Bezpieczeństwo energetyczne zostało zdefiniowane w kontekście wielkości szkód wyrządzanych przy danym stanie infrastruktury produkcyjnej i przesyłowej. Wielkość szkody uzależniona jest od częstości i czasu trwania przerw w dostawach oraz spadków napięć energii elektrycznej.

Część badania ankietowego dotyczącą bezpieczeństwa energetycznego rozpoczynają dwa pytania o częstotliwość przerw w dostawach energii oraz czas trwania przerw w dostawach. Następne pytanie dotyczy deklaracji chęci zapłaty za wzrost bezpieczeństwa energetycznego, przejawiającego się zniwelowaniem doświadczanych przez respondentów przerw w dostawach oraz spadków napięć. Kluczowym elementem kwestionariusza jest pytanie wyceniające gotowość do dodatkowej zapłaty – miesięcznie w rachunku za energię elektryczną gospodarstwa domowego, mikroprzedsiębiorstwa lub gospodarstwa rolnego – w celu poprawy bezpieczeństwa energetycznego.

Końcową część kwestionariusza stanowią standardowe pytania dotyczące cech socjo-ekonomicznych respondentów. Pytania te zamieszczono w celu wyznaczenia modelu regresji, określającego zależność pomiędzy kwotami WTP a cechami socjo-ekonomicznymi respondentów, a także do grupowania respondentów i porównywania wartości WTP w grupach.

5.3. Szacunek wartości średnich gotowości do zapłaty w poszczególnych grupach i łącznie

Pytanie wyceniające zostało przedstawione w formie karty płatności. Format ten pozwala zachować zalety formatu pytania ujawniającego bezpośrednio WTP (pytania otwarte) i równocześnie niweluje, przynajmniej częściowo, wady wcześniejszego podejścia poprzez udostępnienie respondentom pomocy w udzielaniu odpowiedzi na pytanie w formie karty z wypisanymi możliwymi stawkami WTP z zakresu od zera do pewnej wysokiej kwoty. Niweluje to zagrożenie wystąpienia błędu systematycznego wynikającego z obrania punktu startowego. W stosunku do pytań otwartych ma tę zaletę, że ogranicza występowanie wysokiego odsetka braku odpowiedzi i odpowiedzi protestujących oraz pomaga w udzielaniu bardziej przemyślanych odpowiedzi. Oczywiście podejście to, jak i każdy inny format pytań wyceniających, ma również swoje słabe strony (por. [Ligus 2008]). Respondent udzielał odpowiedzi za pomocą 9 możliwych przedziałów (od zera do 501 zł). Dobór przedziałów został dokonany w taki sposób, że kwoty (jako środki przedziałów) rosną mniej więcej liniowo w skali logarytmicznej.

Podstawowe statystyki podsumowujące odpowiedzi na pytanie wyceniające są zawarte w tab. 2. Parametry oszacowano dla grupy wszystkich danych (1067 obserwacji). Ze względu na cel analizy podano również parametry rozkładów, dokonując podziału próby na sektor gospodarstw domowych, mikroprzedsiębiorstw oraz rolnych, a także w układzie województw: dolnośląskie, lubelskie oraz podlaskie.

Przedział ufności na poziomie istotności 95% to (1,40-4,17) dla średniej miesięcznej kwoty gotowości do zapłaty za wzrost bezpieczeństwa energetycznego w kontekście jakości infrastruktury produkcyjnej i przesyłowej w badanej populacji. Średnia miesięczna kwota WTP za wzrost bezpieczeństwa energetycznego wyniosła 2,78 zł. Zwraca uwagę fakt, że mediana jest zdecydowanie niższa od średniej i wynosi zero. Spowodowane jest to dominującym udziałem deklaracji zerowych. Zróżnicowanie w próbie jest ogromne, o czym świadczy odchylenie standardowe od średniej: 22,48 zł (współczynnik zmienności na poziomie 8). Przeważający udział deklaracji zerowych nie jest zaskoczeniem, również duże zróżnicowanie w próbie zdaje się świadczyć o tym, że dobro w postaci bezpieczeństwa energetycznego nie jest jasno sprecyzowane w umysłach respondentów², stąd trudności w wycenie.

² Ma to wpływ na wiarygodność wyników badania (*reliability*) – odnosi się do wariancji średniej WTP z próby. Miara jest tym bardziej wiarygodna, im bardziej wariancja związana jest z czynnikiem

Tabela 2. Oszacowane parametry rozkładu wszystkich danych

Oszacowany parametr/ próba	N ważnych	Średnia WTP (zł/m-c)	Przedział ufności 95 %	Mediana	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności (%)	Min	Max
Próba całkowita	1017	2,78	1,40 4,17	0	22,48	808	0,00	501
Gospodarstwa domowe	428	1,14	0,16 2,12	0	10,31	901	0,00	200,5
Mikroprzedsiębiorstwa	257	6,06	1,13 10,99	0	40,15	663	0,00	501
Rolne	332	2,36	1,01 3,71	0	12,49	530	0,00	200,5
Województwo dolnośląskie	360	3,97	1,70 6,24	0	21,87	551	0,00	200,5
Województwo lubelskie	360	0,31	-0,12 0,73	0	4,11	1331	0,00	75,5
Województwo podlaskie	297	4,34	0,52 8,17	0	33,51	772	0,00	501

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiona sytuacja jest również charakterystyczna dla krajów rozwijających się. Przyczyn takiego stanu rzeczy można upatrywać w niewielkim doświadczeniu społeczeństwa w uczestnictwie w badaniach ankietowych oraz postawie roszczeniowej wielu osób, w niskiej świadomości dotyczącej bezpieczeństwa energetycznego oraz w niskim poziomie dochodów (około czterokrotnie niższy DNB na mieszkańca niż w krajach UE-15), co skutkuje dużą presją na zaspokajanie bieżących podstawowych potrzeb, przesuwając kwestie tak ujętego bezpieczeństwa energetycznego na plan dalszy. Autorka, świadoma tych ograniczeń, zdecydowała o zastosowaniu metody CVM ze względu na to, że spośród nowoczesnych metody wyceny jest to metoda jednak najbardziej użyteczna ze względu na specyfikę wycenianego dobra i warunki polskie³.

Należy również podkreślić, że przeprowadzone badanie ma jedynie charakter badania pilotażowego. Temat bezpieczeństwa energetycznego został poruszony w czterech pytaniach ankiety przy dostarczeniu respondentom minimalnego opisu hipotetycznego rynku, wycenianego dobra oraz mechanizmu płatności. Te czynniki z pewnością wpłynęły na wynik analizy. Na dalszym etapie badań autorka ma zamiar przeprowadzić badanie główne jako badanie na reprezentatywnej próbie dla Polski, dotyczące wyłącznie zagadnienia bezpieczeństwa energetycznego.

Jednym z głównych celów badania było również empiryczne sprawdzenie w warunkach polskich przytaczanego często w literaturze poglądu o wyraźnym zróżnicowaniu gotowości do zapłaty pomiędzy pewnymi sektorami, przy czym najczęściej jest dokonywany podział na sektor gospodarstw domowych, usługowy oraz przemysłowy. Twierdzi się, że sektor usługowy wykazuje najwyższą gotowość do zapłaty. Badania literaturowe często wykazują również wyraźne zróżnicowanie gotowości do zapłaty w zależności od częstotliwości oraz długości przerw w dostawach. Kolejny istotny test ma dotyczyć zróżnicowania gotowości do zapłaty pomiędzy bada-

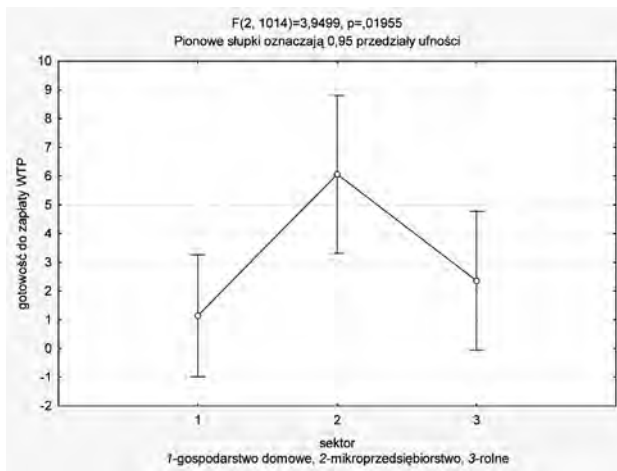
losowym, a nie z innymi źródłami zaburzeń. Do oceny wiarygodności miary może służyć błąd standardowy średniej (*standard error of the mean*). Wariancja odpowiedzi WTP wynika z trzech źródeł: prawdziwego błędu losowego, doboru próby oraz konstrukcji kwestionariusza. Stąd wiarygodność wyników może być poprawiona poprzez dobór odpowiednio liczebnej próby oraz skonstruowanie scenariusza, który będzie realistyczny oraz zrozumiały dla respondenta, tak aby jego odpowiedź była w jak najwyższym stopniu przemyślana. Poprawność (*validity*) wyników badania odnosi się natomiast do błędów systematycznych (*biases*). Błąd systematyczny występuje, gdy wartość średnia WTP z próby ulega odchyleniu w określonym kierunku. Badania wielokrotnie potwierdziły poprawność metody CVM dla wyceny dóbr rynkowych – jak choćby słynny eksperyment z truskawkami [Dickie, Fisher, Gerking 1987], gdzie różnica pomiędzy średnimi wydatkami na truskawki na rynku hipotetycznym i symulowanym wyniosła mniej niż 1%. Nie stanowi to jednak dowodu na poprawność wyceny dóbr nierynkowych, do jakich zalicza się bezpieczeństwo energetyczne. Innego typu testy potwierdzają jednak możliwość przeprowadzenia prawidłowego badania metodą CVM dla dóbr nierynkowych (np. test typu hipotetyczny-rzeczywisty rynek, *hypothetical-real market comparison*, do przeprowadzenia którego można wykorzystać referendum), przy zachowaniu odpowiedniej staranności.

³ Metody ujawnionych preferencji mają więcej ograniczeń, np. możliwa teoretycznie do zastosowania metoda cen hedonicznych została odrzucona ze względu na brak rozwiniętego rynku nieruchomości.

nymi województwami. Następnie przeprowadzono standardowe badanie zależności deklarowanej gotowości do zapłaty od cech socjo-ekonomicznych respondentów.

5.4. Porównanie wartości WTP w grupach oraz od cech socjo-ekonomicznych

Analiza zależności między średnią kwotą WTP a pewnymi grupami respondentów została wykonana za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji [Ferguson, Takane 1999, s. 272-294] w programie Statistica. Analiza wariancji jest metodą testowania hipotez statystycznych dotyczących różnic przeciętnego poziomu badanej cechy w określonych grupach⁴. Na rysunkach 2-7 przedstawiono zależności pomiędzy wy-



Rys. 2. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a sektorem

Źródło: opracowanie własne.

⁴ Analiza wariancji jest metodą statystyczną służącą do testowania, czy przeciętny poziom badanej cechy można uznać za taki sam w każdej grupie. W analizie wyróżniamy więc badaną cechę ciągłą oraz kategoryjalną cechę grupującą, która może wywierać wpływ przyczynowy na badaną cechę. Hipotezy statystyczne zapisuje się następująco:

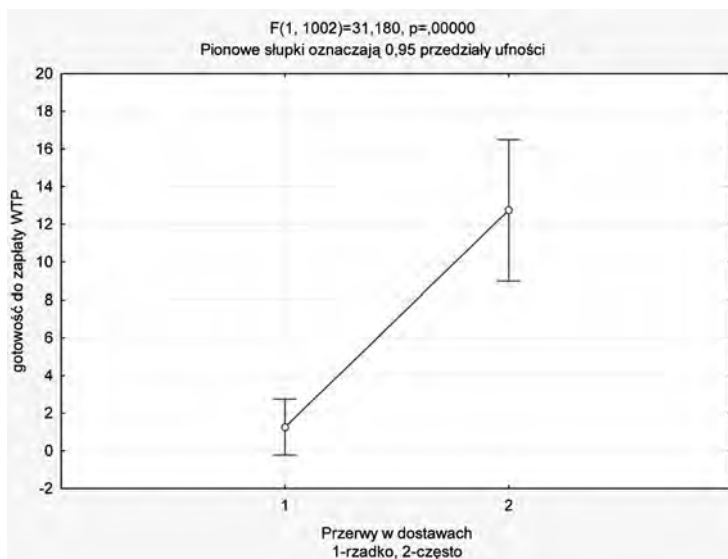
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_p$$

$$H_1: \text{nie wszystkie } \mu_i \text{ są równe.}$$

Test ten polega na porównaniu zmienności międzygrupowej i zmienności wewnątrzgrupowej. Statystyka testowa ma rozkład *F*-Snedecora z $p - 1$ i $n - p$ stopniami swobody, gdzie: p jest to liczba grup, a n liczba obserwacji, a jej ogólny wzór można przedstawić następująco:

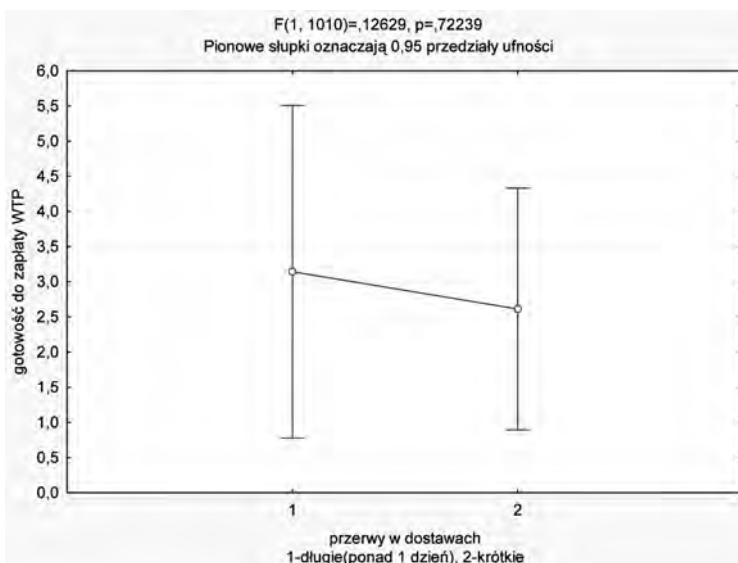
$$F = \frac{MS_m}{MS_w}, \text{ gdzie: } MS_m \text{ oznacza średni kwadrat między grupami, a } MS_w \text{ oznacza średni kwadrat wewnątrz grup.}$$

Założeniem analizy wariancji jest niezależność obserwacji (zapewniana przez prawidłowe przeprowadzenie badania statystycznego), jednorodność wariancji w grupach (co nie podlegało weryfikacji) oraz normalność rozkładu cechy (to założenie nie jest w badaniu spełnione, ale ten test jest dość odporny na brak tego założenia). Analiza wariancji w przypadku porównywania tylko dwu grup sprowadza się do znanego testu równości dwóch przeciętnych za pomocą statystyki *t*-Studenta.



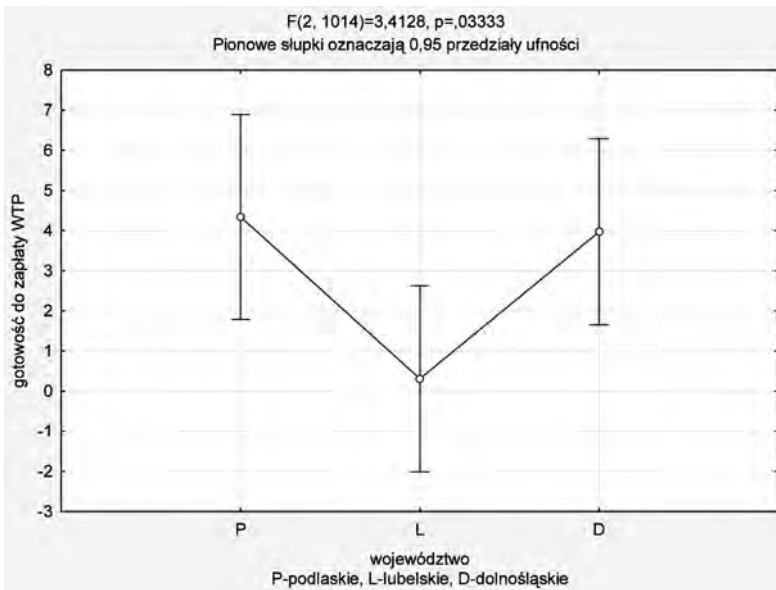
Rys. 3. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a częstotliwością doświadczanych przerw w dostawie energii

Źródło: opracowanie własne.



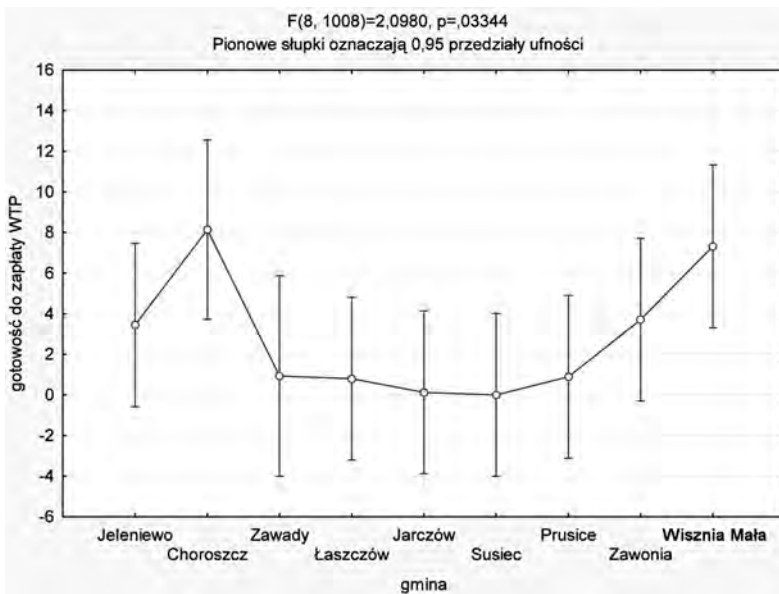
Rys. 4. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a czasem trwania doświadczanych przerw w dostawie energii

Źródło: opracowanie własne.



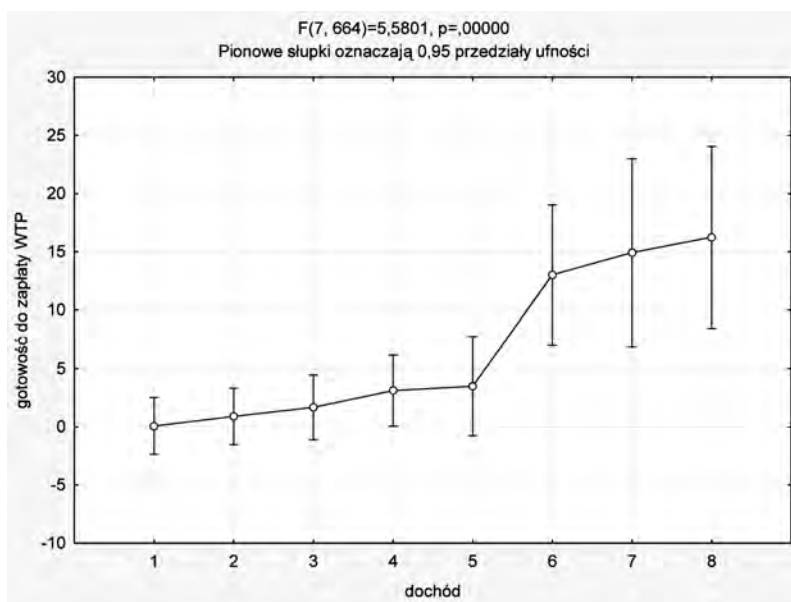
Rys. 5. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a województwem

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a gminą

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 7. Analiza zależności pomiędzy gotowością do zapłaty (WTP) a dochodem

Źródło: opracowanie własne.

sokością WTP a sektorem, przerwami oraz zakłóceniami w dostawach energii, których doświadczyli respondenci (na podstawie dwóch pytań poprzedzających pytanie wyceniające – częstotliwość przerw oraz czas trwania przerw), województwem, gminą, dochodem, płcią, wykształceniem oraz liczbą osób w rodzinie.

Przy testowaniu hipotez statystycznych ustala się pewne prawdopodobieństwo (nazywane poziomem istotności) popełnienia błędu I rodzaju, polegającego na odrzuceniu prawdziwej hipotezy zerowej – tutaj o równości w grupach, równe 0,05. Nie można tego prawdopodobieństwa całkiem zminimalizować, gdyż wtedy rośnie prawdopodobieństwo popełnienia błędu II rodzaju, polegającego na przyjęciu fałszywej hipotezy alternatywnej – tutaj o różnicy między grupami. Gdy prawdopodobieństwo (na rysunku oznaczone jako p) zaobserwowania otrzymanej wartości statystyki zerowej jest mniejsze od poziomu istotności, to odrzucamy hipotezę zerową i przyjmujemy alternatywną, w przeciwnym razie nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. F jest to statystyka o rozkładzie F -Snedecora, w nawiasach zostały podane stopnie swobody.

Przeprowadzone analizy pozwalają wyciągnąć wniosek, że deklarowane WTP zależy istotnie od sektora (rys. 2), przy czym najwyższa gotowość do zapłaty występuje w sektorze przedsiębiorstw (tutaj badane były mikroprzedsiębiorstwa ze względu na specyfikę projektu badawczego), następnie gospodarstw rolnych, najniższą domowych, co zgodne jest z intuicyjnym postrzeganiem siły uzależnienia poszczegól-

gólnych sektorów od ciągłości dostaw energii elektrycznej. Kolejnym czynnikiem istotnie wpływającym na deklarowane WTP jest częstość doświadczanych przerw w dostawach energii (rys. 3), przy czym czas trwania przerw nie wpływa istotnie na deklarowane WTP (rys. 4). Należy jednak zauważyć, że w badaniu poczyniono jedynie rozróżnienie na przerwy trwające dłużej niż jeden dzień i przerwy krótsze. Gotowość do zapłaty również zależy istotnie od województwa, a co za tym idzie od gminy (rys. 5 i 6), przy czym najwyższe średnie WTP wykazuje województwo podlaskie, niewiele niższe dolnośląskie, oraz zdecydowanie niższe lubelskie. Trudno jest wskazać na czynnik determinujący taki rozkład odpowiedzi wyceniających, jednak istotne jest, że zarówno dochód (ze względu na specyfikę danych – numery przedziałów – zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallisa), jak i doświadczana częstość przerw w dostawach energii (ze względu na odpowiedź w formie dwudzielczej: często, rzadko, zastosowano test chi kwadrat) zależą istotnie od województwa (ze względu na ograniczenia objętościowe artykułu nie są prezentowane wszystkie wykresy), przy czym deklarowany dochód najwyższy jest dla województwa dolnośląskiego, niższy dla podlaskiego i zdecydowanie najniższy dla lubelskiego; natomiast częstość przerw w dostawach wykazuje największą zależność od województwa podlaskiego, nieco niższą dla dolnośląskiego i znowu zdecydowanie najniższą dla lubelskiego. A zatem oba czynniki można uznać za determinujące rozkład odpowiedzi wyceniających pomiędzy województwami.

Odnosząc się do pozostałych zmiennych socjo-ekonomicznych respondentów, wykazano istotną statystycznie zależność WTP od dochodu – bogatsi byli skłonni płacić więcej. Nie wykazano istotnej statystycznie zależności WTP od płci, wykształcenia (na przyjętym poziomie istotności 0,05; jednak warto dodać że stwierdzono by taką zależność na poziomie istotności odpowiednio 0,1 i 0,14) oraz od liczby osób w rodzinie.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można wysnuć bardziej ogólny wniosek, że pomimo dominującego udziału deklaracji zerowych oraz dużej wariancji odpowiedzi niezerowych deklarowanych kwot WTP (wpływającej na wiarygodność badania – *reliability*) badanie było poprawne (*validity*), gdyż potwierdza zależności wykazywane w literaturze przedmiotu i zgodne z teorią ekonomii⁵.

5.5. Możliwości praktycznego zastosowania wyników badania autorskiego w Polsce

Przeprowadzone badanie może posłużyć więc ewaluatorom projektów w sektorze energetycznym do wyceny wpływu projektu na poziom bezpieczeństwa energetycznego. Aby możliwe było zaadaptowanie badania pierwotnego, dokonywanego tzw. metodą przenoszenia korzyści (*benefit transfer method*), istnieje potrzeba zgroma-

⁵ Test poprawności teoretycznej (*theoretical validity*) – poprawność teoretyczna dotyczy stopnia, w jakim wyniki badania są zgodne z oczekiwaniami opartymi na teorii ekonomii. Zatem koncentruje się uwagę na badaniu czynników determinujących otrzymane wartości WTP.

dzenia znacznej ilości danych. Adaptacja średniej WTP z próby wymaga dostosowania do zakresu terytorialnego oddziaływania projektu, biorąc pod uwagę wykazane zależności WTP w szczególności od sektora, województwa, częstości przerw w dostawach energii oraz dochodu. Następnie w celu wyznaczenia wartości jednostkowej VOLL, w najprostszym ujęciu, trzeba zebrać informacje historyczne co do częstości oraz czasu trwania przerw w dostawach, aby wyliczyć przeciętną roczną ilość niedostarczonej energii. Następnie należy zaprognozować sytuację po wdrożeniu projektu. Różnica pomiędzy wyjściowym oraz prognozowanym poziomem niedostarczonej energii w ujęciu rocznym stanowi korzyść wynikającą ze wzrostu bezpieczeństwa energetycznego (oczywiście również w ujęciu rocznym). Wartość tę należy wyrazić w jednostkach pieniężnych. W tym celu należy pomnożyć oszacowane jednostkowe VOLL (obliczone jako całkowita roczna gotowość do zapłaty społeczności lokalnej w złotych przez przeciętną ilość niedostarczonej energii w ujęciu rocznym w kilowatogodzinach) przez roczną korzyść.

6. Podsumowanie i wnioski

Wartość bezpieczeństwa energetycznego wydaje się być ważnym czynnikiem, oddziałującym na efektywność ekonomiczną inwestycji w sektorze energetycznym. Jednocześnie jest to obszar wymagający przeprowadzenia intensywnych badań. Istnieje wiele wycen kosztów zakłóceń i przerw w dostawach energii. Brak jest jednak jednoznacznych konkluzji co do proponowanych wartości. Na podstawie danych literaturowych można jedynie wyciągnąć wniosek, że istnieje ogromna dysproporcja wartości pomiędzy krajami rozwiniętymi i rozwijającymi się oraz pomiędzy sektorami. Istnienie wskaźników literaturowych umożliwia jednak zastosowanie przynajmniej zgrubnych szacunków wartości kosztów zakłóceń i przerw w dostawach energii. Wymaga to oczywiście dostosowania wyników badań literaturowych do specyfiki konkretnego regionu, co może być zadaniem trudnym. Rekomendowane jest przeprowadzenie badań pierwotnych dla konkretnych zastosowań. Przedstawione autorskie badanie pierwotne może być stosowane w warunkach polskich, gdyż przeprowadzone testy wskazują na jego poprawność – *validity* (pomimo dużej wariancji średniej WTP, wpływającej na wiarygodność badania – *reliability*). Należy również zauważyć, że brak jest w literaturze wycen kosztów dywersyfikacji źródeł energii, w tym z odnawialnych źródeł. Potencjalnie wysokie koszty tego aspektu bezpieczeństwa energetycznego uzasadniają przeprowadzenie badań pierwotnych w tym zakresie.

Literatura

- Ajodhia, V., *Regulating Beyond Price – Integrated Price-Quality Regulation for Electricity Distribution Networks*, PhD-thesis, Delft University, 2006.
- Dickie M., Fisher A., Gerking S., *Market transactions and hypothetical demand data: A comparative study*, „Journal of the American Statistical Association” 1987, vol. 82, no. 397.

- Energy price volatility: trends and consequences*, IEA, Paris 2001.
- Ferguson G.A., Takane Y., *Analiza statystyczna w psychologii i pedagogice*, PWN, Warszawa 1999.
- Hunt A.S.P., Markandya A., *Final Report on Work Package 3: The Externalities of Energy Insecurity: ExternE-Pol Research Project for European Commission*, 2004.
- Hunt A.S.P., Markandya A., Arnold S., *Cost Assessment of Sustainable Energy Systems (CASES): WP5 Report (1) on National and EU level estimates of energy supply externalities*, EC, November 2007.
- Ligus (Baron) M., *Techniki pomiaru preferencji w analizie kosztów-korzyści projektów środowiskowych*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1042. *Zarządzanie finansami firm – teoria i praktyka*, t. I, AE, Wrocław 2004.
- Ligus M., *Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści*, Wydawnictwa Fachowe CeDeWu, Warszawa 2010.
- Ligus M., *Ocena ekonomicznej efektywności projektów publicznych – metodyka LMST szacowania wartości kosztów i korzyści*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 546, *Finanse 2009 – Teoria i praktyka. Finanse publiczne I*, Szczecin 2009.
- Ligus M., *Koszty i korzyści społeczne w ocenie ekonomicznej efektywności gospodarowania energią na poziomie lokalnym*, materiały konferencyjne „Efektywność źródłem bogactwa narodów”, Politechnika Wroclawska, Piechowice 17-20 stycznia 2010 (w druku).
- Ligus M., *Zastosowanie metody wyceny warunkowej (Contingent Valuation Method) w wycenie środowiska przyrodniczego – sposoby zadawania pytania wyceniającego*, „*Ekonomia i Środowisko*” 2008, nr 1(33).
- Lockwood B., *Energy Security*, unpublished report from the ExternE Core Project (1996-1997) for European Commission DGXII, 1997.
- Przewodnik do analizy kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Fundusze strukturalne, Fundusz Spójności oraz Instrument Przedakcesyjny*, Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej, raport końcowy 16.06.2008.
- World Economic Outlook Database*, International Monetary Fund, Washington DC, April 2007.

VALUATION OF ENERGY SECURITY IN ECONOMIC EFFECTIVENESS EVALUATION OF INVESTMENTS IN ENERGY SECTOR – THE RESULTS OF PRIMARY SURVEY USING CONTINGENT VALUATION

Summary: The paper refers to the way of presenting the costs of energy supply security in the assessment of economic effectiveness of energy projects. The results of literature survey of the value of lost load (VOLL) as monetary expression for the costs associated with inter- or disruptions of electricity supply as a result of production, transmission or distribution failures are presented. Factors determining VOLL are identified in the case of conducting primary surveys. The results of the author's primary contingent valuation survey with the validity tests are shown. The procedure to adapt the survey to assess the economic efficiency of specific investments in the energy sector is provided.