

Aneta WŁODARCZYK
Politechnika Częstochowska
Wydział Zarządzania
aneta.w@interia.pl

WPŁYW SYSTEMU EU ETS NA WARTOŚĆ RYNKOWĄ POLSKICH PRZEDSIĘBIORSTW ENERGETYCZNYCH – WNIOSKI Z MODELI MARKOWA

Streszczenie. Celem pracy jest ocena oddziaływania systemu EU ETS na wartość rynkową wybranych spółek energetycznych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Analiza empiryczna została przeprowadzona na podstawie wyników estymacji przełącznikowych modeli Markowa ze strukturą GARCH dla fazy II i III funkcjonowania systemu EU ETS. Uwzględniono w niej ryzyko cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla. Zidentyfikowane okresy wysokiej zmienności wartości rynkowej polskich przedsiębiorstw energetycznych porównano z okresami wprowadzania istotnych zmian w zasadach funkcjonowania systemu EU ETS.

Słowa kluczowe: EU ETS, spółki energetyczne, uprawnienia do emisji CO₂, modele Markowa.

THE IMPACT OF THE EU ETS ON THE MARKET VALUE OF POLISH ENERGY COMPANIES – CONCLUSIONS FROM MARKOV MODELS

Summary. The aim of this paper is to assess the impact of the EU ETS on the market value of Polish energy companies quoted in the Warsaw Stock Exchange. The empirical analysis is based on the estimation results of Markov-switching models with GARCH structure for the periods of Phase II and III of the EU ETS. Risk of market prices of carbon dioxide emission allowances is taken into account in this approach. The periods of high volatility of market value of Polish energy companies are identified and compared to periods of important changes in rules of the EU ETS functioning.

Keywords: EU ETS, energy companies, CO₂ emission allowances, Markov models.

1. Wprowadzenie

W ramach funkcjonowania Europejskiego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji (European Union Emissions Trading Scheme, EU ETS) ustalono cenę pozwolenia na emisję 1 tony dwutlenku węgla, a tym samym nadano wartość finansową każdej zaoszczędzonej tonie emisji CO₂, co miało być najtańszym sposobem redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz realizacją postulatów „zanieczyszczający płaci”. Zasady funkcjonowania systemu EU ETS podlegają ciągłym modyfikacjom w ramach wyróżnionych trzech okresów rozliczeniowych: I okres (2005-2007), II okres (2008-2012) oraz III okres (2013-2020) [4, 5]. W związku z uruchomieniem 1 stycznia 2005 roku Europejskiego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji konieczne stało się uzyskanie zezwoleń na uczestnictwo w tym systemie instalacji wykorzystywanych w działalności prowadzonej przez poszczególne grupy energetyczne w Polsce. Od tego momentu zarządzający nimi są zobligowani do podejmowania decyzji o wymiarze strategicznym, operacyjnym i finansowym, które mają związek z pozyskaniem odpowiedniej liczby zbywalnych uprawnień do emisji CO₂, wykorzystaniem ich do wypełnienia własnych celów redukcyjnych czy sprzedaży na rynku giełdowym w celach zarobkowych, optymalizacją struktury produkcji ze względu na koszty redukcji emisji zanieczyszczeń, inwestowaniem w niskoemisyjne technologie wytwarzania energii. Dyduch (2013) podkreśla, że zarządzanie portfelem uprawnień do emisji CO₂ wymaga od przedsiębiorstw rozwiązania wielu problemów decyzyjnych w obszarze produkcji, inwestycji, ochrony środowiska i finansów. Podejmowane na poziomie przedsiębiorstwa decyzje o sposobie wykorzystania posiadanego portfela uprawnień do emisji CO₂ zależą m.in. od relacji zachodzącej pomiędzy rynkową ceną uprawnień a kosztami produkcji oraz ceną wytwarzanej przez przedsiębiorstwo energii. W sytuacji gdy rynkowa cena uprawnień do emisji CO₂ będzie niższa od krańcowego zysku ze sprzedaży produktów przedsiębiorstwa energetycznego, uprawnienia do emisji będą wykorzystywane do redukcji emisji powstałej na skutek procesów produkcyjnych [4]. Warto w tym miejscu podkreślić, że nieodpłatnie przyznane uprawnienia do emisji CO₂ mogą stanowić istotny zasób majątkowy przedsiębiorstwa, atrakcyjny z punktu widzenia inwestorów w przypadku posiadania przez przedsiębiorstwo nadwyżki uprawnień oraz ich wysokiej ceny na rynku. Ponadto producenci energii elektrycznej mogą przenosić koszty emisji dwutlenku węgla na konsumentów pomimo otrzymywania nieodpłatnych pozwoleń na emisję, co w konsekwencji generuje nadspodziewane zyski [5, 14].

W wyniku przeprowadzonej w Polsce restrukturyzacji przedsiębiorstw energetycznych rynek produkcji, dystrybucji oraz sprzedaży energii elektrycznej został podzielony pomiędzy cztery duże, zintegrowane pionowo grupy energetyczne: PGE S.A., Tauron Polska Energia S.A., Enea S.A., Energa S.A. Wyniki restrukturyzacji tego sektora były uzależnione m.in. od formy konsolidacji, struktury organizacyjnej i własnościowej przedsiębiorstw energetycznych

oraz podejmowanej aktywności gospodarczej w okresie po konsolidacji [7]. Niestety w strukturze paliw wykorzystywanych do produkcji energii elektrycznej w 2015 roku dla trzech pierwszych grup udział węgla kamiennego i brunatnego wynosił łącznie od 83,8% (PGE) do 91,44% (Tauron). Dla tych podmiotów kwestie ograniczenia emisji dwutlenku węgla w prowadzonej działalności oraz mające z tym związek problemy decyzyjne dotyczące portfela uprawnień do emisji CO₂ są szczególnie ważne. Przy uwzględnieniu powyższego celem pracy jest ocena oddziaływania systemu EU ETS na wartość rynkową wybranych spółek energetycznych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w okresie od 04.01.2010 do 04.05.2016. Przedstawiona w pracy analiza empiryczna dotyczy oceny wielkości ryzyka systematycznego i specyficznego dla polskich spółek energetycznych, którego poziom zależy m.in. od kształtowania się cen pozwoleń na emisję dwutlenku węgla na rynku wtórnym. W pracy skonstruowano dwuczynnikowy model ze strukturą GARCH przełączany łańcuchem Markowa, na podstawie którego określono wpływ cen uprawnień do emisji CO₂ na wartość rynkową analizowanych spółek energetycznych w zależności od obowiązującego reżimu zmienności portfela spółek energetycznych. Zidentyfikowane reżimy zmienności porównano z okresami wprowadzania zmian w polityce energetyczno-klimatycznej w Unii Europejskiej oraz do zmian reguł funkcjonowania systemu EU ETS.

2. Model dwuczynnikowy ze strukturą GARCH przełączany łańcuchem Markowa

W pracy zaproponowano modyfikację modelu Oberndorfera (2009), polegającą na uzmiennieniu parametrów obrazujących ryzyko systematyczne na rynku kapitałowym oraz rynku dwutlenku węgla przez wprowadzenie przełączenia typu Markowa [6, 11]. Takie podejście umożliwia zweryfikowanie, czy zaostrzenie zasad polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej oraz zmiany funkcjonowania systemu EU ETS mają wpływ na wartość rynkową polskich spółek z sektora energetycznego. W badaniach empirycznych wykorzystano następującą postać modelu dwuczynnikowego przełączanego łańcuchem Markowa:

$$R_t = \gamma_0(s_t) + \gamma_1(s_t)R_{mt} + \gamma_2(s_t)R_{ct} + \varphi_1(s_t)R_{t-1} + \dots + \varphi_m(s_t)R_{t-m} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2(s_t)), \quad (1)$$

gdzie: R_t – stopa zwrotu akcji albo portfela akcji spółek energetycznych w okresie t , R_{mt} – stopa zwrotu portfela rynkowego, R_{ct} – procentowa zmiana cen uprawnień do emisji CO₂ (EUA), ε_t – składnik losowy, $\gamma_k(s_t)$ ¹ ($k=0, 1, 2$) oraz $\varphi_r(s_t)$ ($r=1, 2, \dots, m$) – parametry

¹ Parametry $\gamma_1(s_t)$ obrazują reakcję portfela akcji spółek energetycznych na zmiany portfela rynkowego w poszczególnych reżimach, podczas gdy parametry $\gamma_2(s_t)$ są miarą wrażliwości wartości rynkowej spółek energetycznych na zmiany cen uprawnień do emisji CO₂.

modelu zależne od obowiązującego reżimu; rząd autoregresji m określany jest na podstawie kryterium informacyjnego Akaike'a (AIC), $\sigma^2(s_t)$ – wariancja składnika losowego zmieniająca się na przestrzeni reżimów, s_t – N -stanowa zmienna losowa sterująca zmianami reżimu, modelowana jako jednorodny łańcuch Markowa pierwszego rzędu o macierzy prawdopodobieństw przejścia $P = [p_{ij}]_{i,j \in \{1,2,\dots,N\}}$, określających prawdopodobieństwo przejścia procesu ze stanu j w chwili $t-1$ do stanu i w chwili t , spełniających następujące założenia [6]:

$$p_{ij} \geq 0, \quad \sum_{i=1}^N p_{ij} = 1, \quad \text{dla } i, j = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Ponadto elementy macierzy stochastycznej P spełniają własność Markowa [2]:

$$p_{ij} = P(s_t = i | s_{t-1} = j, s_{t-2} = i_{t-2}, \dots, s_1 = i_1) = P(s_t = i | s_{t-1} = j) \quad (3)$$

oznaczającą, że reżim bieżący s_t zależy jedynie od reżimu obowiązującego w chwili poprzedniej s_{t-1} .

W przypadku występowania efektu grupowania wariancji w szeregu reszt modelu (1) rozszerzono jednorównaniową specyfikację modelu dwuczynnikowego o równanie opisujące warunkową wariancję procesu postaci GARCH(1,1) przełączanego łańcuchem Markowa (MS-GARCH(1,1)) [3]:

$$\varepsilon_t = \sigma_t(s_t)v_t, \quad v_t \sim N(0,1), \quad (4)$$

$$\sigma_t^2(s_t) = \omega(s_t) + \alpha_1(s_t)\varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1(s_t)\sigma_{t-1}^2, \quad (5)$$

gdzie: $\sigma_t^2(s_t)$ – warunkowa wariancja składnika losowego zależna od obowiązującego reżimu, $\alpha_1(s_t)$ – zależny od reżimu parametr struktury ARCH obrazujący wpływ napływających na rynek informacji na zmienność procesu, $\beta_1(s_t)$ – zależny od reżimu parametr struktury GARCH obrazujący oczekiwania uczestników rynku co do persystencji procesu zmienności, v_t – niezależne zmienne losowe o standaryzowanym rozkładzie normalnym. Szczególnym przypadkiem modelu MS-GARCH(1,1) jest model, w którym jedynym parametrem zmieniającym się w czasie w zależności od przełączeń pomiędzy reżimami jest wyraz wolny w równaniu wariancji warunkowej ($\omega(s_t)$), co oznacza, że:

$$\alpha_1(1) = \alpha_1(2) = \dots = \alpha_1(N) = \alpha_1 \quad \text{oraz} \quad \beta_1(1) = \beta_1(2) = \dots = \beta_1(N) = \beta_1.$$

Najczęściej stosowaną metodą estymacji parametrów przełącznikowego modelu Markowa jest metoda quasi-największej wiarygodności, w której maksymalizowana jest funkcja logarytmicznej wiarygodności postaci [2]:

$$\ell(\theta) = \sum_{t=1}^T \ln \left[\sum_{j=1}^N f(R_t | s_t = j, x_t, \Omega_{t-1}; \theta) \cdot P(s_t = j | \Omega_{t-1}; \theta) \right], \quad (6)$$

gdzie: θ – wektor szacowanych parametrów modelu, Ω_{t-1} – zbiór dostępnych informacji do chwili $t-1$. Funkcja gęstości rozkładu warunkowego stóp zwrotu z portfela akcji spółek energetycznych dla wybranego reżimu $s_t = j$ zależy od założonego teoretycznego rozkładu innowacji [3]:

$$f(R_t | s_t = j, x_t, \Omega_{t-1}; \theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t(j)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{R_t - \mu_t(j)}{\sigma_t(j)}\right)^2\right\}, \quad (7)$$

gdzie

$$\mu_t(j) = \gamma_0(j) + \gamma_1(j)R_{mt} + \gamma_2(j)R_{ct} + \varphi_1(j)R_{t-1} + \dots + \varphi_m(j)R_{t-m}. \quad (8)$$

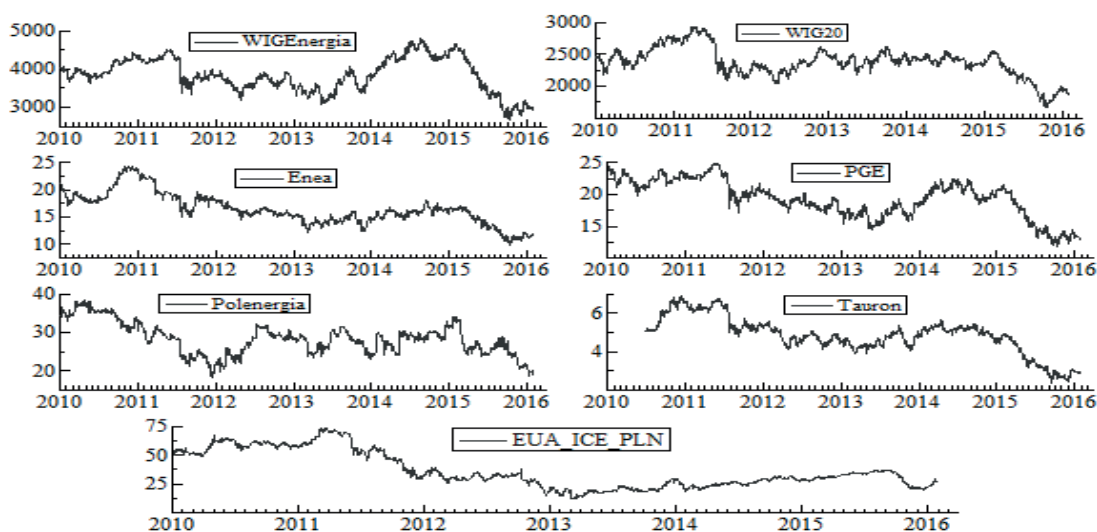
W procesie estymacji wykorzystano algorytm FSQP (*Feasible Sequential Quadratic Programming*), z opcją szukania maksimum globalnego logarytmicznej funkcji wiarygodności po znalezieniu jednego z maksimum lokalnych. Produktem ubocznym estymacji parametrów modelu przełącznikowego jest ciąg prawdopodobieństw wygładzonych $P(s_t = j | \Omega_t)$ umożliwiających wskazanie najbardziej prawdopodobnego reżimu j , w którym została wygenerowana obserwacja R_t .

3. Analiza ryzyka specyficznego i systematycznego dla polskich spółek energetycznych w okresie funkcjonowania EU ETS

W przeprowadzonym badaniu weryfikowano wrażliwość portfela akcji spółek z sektora energetycznego notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie na zmienność cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla (EUA) notowanych na europejskiej giełdzie ICE Future Europe. Analizowano szeregi czasowe dotyczące dziennych kursów zamknięcia akcji wybranych spółek z sektora energetycznego, indeksów WIG 20 oraz WIG Energia, a także cen kontraktów futures wystawionych na pozwolenia na emisję CO₂ w okresie od 04.01.2010 do 04.05.2016². Wybór okresu badawczego podyktowany był debiutem giełdowym polskich spółek energetycznych (Enea – 30.01.2009, PGE – 15.12.2009, Tauron – 30.06.2010), przeprowadzonym w ramach trwającego procesu restrukturyzacji polskiego sektora energetycznego. Ze względu na to, że wszystkie przedsiębiorstwa włączone do systemu EU ETS są zobligowane do rozliczenia całkowitej własnej emisji dwutlenku węgla w danym roku kalendarzowym odpowiednią liczbą pozwoleń na emisję, największą popularnością wśród uczestników giełdy ICE Futures Europe cieszą się kontrakty terminowe na EUA wygasające w grudniu. Zatem szereg czasowy cen kontraktów terminowych dla uprawnień na emisję CO₂ (EUR/tCO₂e) został skonstruowany na zasadzie rolowania

² Dane pochodzą ze stron: www.gpwinfostrefa.pl oraz www.quandl.com (dostęp 10.05.2016).

grudniowych kontraktów o najbliższym terminie wykonania, przy czym ceny kontraktów futures na EUA zostały przewalutowane na złotówki zgodnie z obowiązującym w danym dniu kursem zamknięcia dla pary walutowej PLN/EUR na rynku Forex [1]. Kształtowanie się dziennych kursów zamknięcia wybranych akcji spółek energetycznych, portfela WIG Energia, portfela WIG 20 oraz skonstruowanego na potrzeby tego badania szeregu benchmarkowego dla kontraktów futures na pozwolenia na emisję CO₂ przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Kształtowanie się dziennych kursów zamknięcia akcji spółek energetycznych, indeksu WIG Energia, WIG 20 oraz kontraktów futures na EUA w okresie od 04.01.2010 do 04.05.2016

Fig. 1. Shaping of the daily energy companies' shares prices, WIG 20 and WIG Energy indices and the EUA futures prices from January 4, 2010 to May 4, 2016

Źródło: Opracowanie własne.

Dla każdej analizowanej zmiennej wyznaczono procentowe logarytmiczne stopy zwrotu, które zweryfikowano pod kątem występowania pierwiastków jednostkowych (test ADF-GLS), zmian strukturalnych (test Perrona), efektu grupowania wariancji (test Engle'a) czy autokorelacji (test Boxa-Pierce'a). Wszystkie analizowane szeregi logarytmicznych stóp zwrotu są stacjonarne w wariancji oraz charakteryzują się wystąpieniem zmiany strukturalnej w części deterministycznej (por. tabela 1).

W przypadku indeksów Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie (WIG-Energia, WIG 20) zidentyfikowana zmiana strukturalna odpowiada panice na warszawskim parkiecie i przecenie większości aktywów, która została spowodowana pogłębiającym się kryzysem w strefie euro oraz informacją o wykupywaniu włoskich i hiszpańskich obligacji rządowych przez EBC. Skutki kryzysu w strefie Euro najbardziej odczuły spółki Enea S.A. oraz Tauron Polska Energia S.A., dla których zidentyfikowano zmianę strukturalną dokładnie w tym

samym okresie. Zmiana strukturalna wykryta dla szeregu zmian cen pozwoleń na emisję CO₂ związana jest z odroczeniem w czasie przez Parlament Europejski wprowadzenia „backloadingu”, a tym samym nierozwiązania problemu nadmiernej podaży EUA na rynku.

Tabela 1

Wyniki testowania stopnia zintegrowania badanych zmiennych

Rodzaj testu	WIG-Energia	WIG 20	EUA	Enea	PGE	Polenergia	Tauron
Poziomy zmiennej							
ADF-GLS c	-1.350	-1.687	-0.484	-0.321	-0.282	-0.789	-0.812
ADF-GLS c+t	-1.906	-2.429	-1.728	-2.325	-2.472	-2.506	-1.672
Test Zivota-Andrewsa	-2.772 (c)	-3.311 (c)	-4.152 (c)	-3.287 (c)	-3.658 (c)	-3.451 (c)	-2.760 (c)
Logarytmiczne stopy zwrotu							
ADF-GLS c	-11.75***	-8.836***	-6.721***	-6.403***	-39.66***	-39.04***	-37.31***
ADF-GLS c+t	-14.64***	-12.86***	-11.01***	-10.63***	-39.41***	-17.45***	-36.63***
Test Zivota-Andrewsa	-38.15*** (c) 09.08.2011	-38.68*** (c) 22.09.2011	-42.16*** (c) 17.04.2013	-42.36*** (c) 09.08.2011	-40.02*** (c) 27.06.2013	-40.94*** (c) 21.07.2014	-37.79*** (c) 09.08.2011
Decyzja	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)

Źródło: Opracowanie własne. *, **, *** oznaczają istotność statystyki testowej odpowiednio na poziomie 10%, 5% i 1%, wybrano test ADF-GLS ze stałą – c, z trendem liniowym – c+t, maksymalny rząd opóźnienia został wybrany na podstawie zmodyfikowanego kryterium informacyjnego Schwartza (MSIC).

Z kolei punkt zwrotny zidentyfikowany dla spółki Polenergia S.A. można powiązać z momentem przejścia przez tę spółkę kontroli nad Polish Energy Partners (PEP) i pozyskaniem nowego inwestora strategicznego w postaci chińskiego funduszu inwestycyjnego, dla którego była to pierwsza tak poważna inwestycja. Zidentyfikowaną zmianę strukturalną dla spółki PGE S.A. można wytłumaczyć niskimi cenami energii, co znalazło odzwierciedlenie w wynikach finansowych przedsiębiorstw energetycznych, oraz polityką rządu ukierunkowaną na obligatoryjny zakup polskiego węgla przez spółki bez względu na jego cenę rynkową (por. rysunek 1).

Parametry przełącznikowego dwuczynnikowego modelu Markowa ze strukturą GARCH(1,1) (1)-(5) zostały oszacowane dla portfela spółek energetycznych oraz dla czterech indywidualnych spółek z tego sektora notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w okresie od 4 stycznia 2010 do 4 maja 2016³. W modelowaniu wyróżniono dwa reżimy: reżim niskiej zmienności cen akcji spółek sektora energetycznego (1) oraz wysokiej zmienności (2) (por. tabela 2). W przypadku portfela indeksu WIG-Energia, jak również każdej analizowanej spółki energetycznej można zauważyć, że współczynniki obrazujące wpływ ryzyka rynku (γ_1 -miara ryzyka systematycznego) są statystycznie istotne w każdym reżimie (oprócz Polenergii). Warto zauważyć, że zmienia się siła korelacji pomiędzy portfelem WIG20 a portfelem spółek energetycznych w wyróżnionych reżimach przy zachowaniu dodatniego kierunku tej zależności. W reżimie niskiej zmienności wszystkie

³ Model dla spółki Tauron był szacowany na podstawie danych od 30.06.2010 do 04.05.2016.

spółki energetyczne są defensywne względem portfela WIG20, co oznacza, że w okresie gdy wartość portfela warszawskiej giełdy wzrośnie o 1% ceteris paribus, to wartość akcji spółek energetycznych średnio wzrośnie od 0,453% (Enea) do 0,691% (Tauron). Natomiast w reżimie 2 spadek wartości indeksu WIG20 o 1% może przyczynić się do spadku wartości portfela spółek energetycznych najmniej o 0,964% (WIG-Energia), a najwięcej o 1,119% (Enea).

Tabela 2
Wyniki estymacji przełącznikowego dwuczynnikowego modelu Markowa ze strukturą GARCH(1,1) dla polskich spółek energetycznych

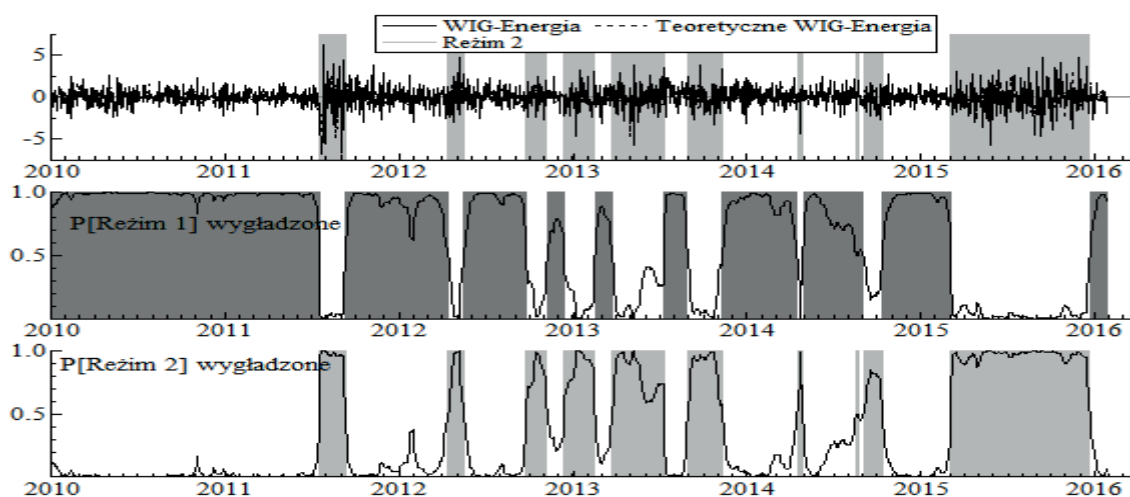
Parametr/ Statystyka	WIG-Energia	Enea	PGE	Polenergia	Tauron
$\gamma_0(1)$	0,029 [0,24]	0,033 [0,88]	-0,008 [0,83]	-0,036 [0,00]	-0,021 [0,59]
$\gamma_0(2)$	-0,056 [0,29]	-0,036 [0,36]	-0,022 [0,73]	-0,014 [0,84]	-0,017 [0,93]
$\gamma_1(1)$	0,552 [0,00]	0,453 [0,00]	0,599 [0,00]	0,009 [0,41]	0,691 [0,00]
$\gamma_1(2)$	0,964 [0,00]	1,119 [0,00]	1,083 [0,00]	0,518 [0,00]	1,076 [0,00]
$\gamma_2(1)$	0,022 [0,01]	0,026 [0,03]	0,016 [0,25]	0,008 [0,03]	0,001 [0,94]
$\gamma_2(2)$	-0,032 [0,12]	-0,141 [0,20]	-0,006 [0,77]	0,009 [0,67]	0,003 [0,95]
ϕ_1	-	-0,051 [0,03]	-	-	-
$\omega(1) / \sigma(1)$	0,091 (0,03)	0,193 (0,09)	0,731 (0,14)	0,172 (0,02)	1,214 (0,07)
$\omega(2) / \sigma(2)$	0,159 (0,038)	0,715 (0,19)	1,357 (0,27)	2,267 (0,05)	2,474 (0,25)
α_1	0,0086 (0,004)	0,039 (0,01)	0,061 (0,04)	-	-
β_1	0,9736 (0,01)	0,914 (0,04)	0,327 (0,25)	-	-
Wariancja bezwarunkowa (1)	5,112	4,106	1,194	0,030	1,474
Wariancja bezwarunkowa (2)	8,933	15,213	2,217	5,139	6,121
p_{11}	0,987 (0,01)	0,874 (0,04)	0,963 (0,01)	0,479 (0,04)	0,967 (0,02)
p_{22}	0,974 (0,01)	0,352 (0,11)	0,963 (0,01)	0,796 (0,02)	0,836 (0,06)
Czas trwania procesu w reżimie 1 (w dniach)/ frakcja obserwacji przypisanych do reżimu 1	96,6 / 67,1%	18,5 / 93,9%	34,7 / 50,4%	2 / 31,9%	56,7 / 89,3%
Reżim 2: czas trwania/frakcja	52 / 32,9%	1,23 / 6,1%	35,6 / 49,6%	4,27 / 68,1%	7,09 / 10,7%
Test ilorazu wiarygodności dla modelu Markowa	181,67 [0,00]	267,07 [0,00]	183,86 [0,00]	671,06 [0,00]	146,71 [0,00]
Jarque-Bera test na normalność rozkładu reszt	10,94 [0,00]	14,11 [0,00]	2,6834 [0,26]	1308,5 [0,00]	2,235 [0,33]
Test na autokorelację reszt (Box- Pierce (20))	23,26 [0,28]	15,85 [0,07]	13,139 [0,09]	12,49 [0,25]	16,054 [0,10]
Test Engle'a na efekt ARCH (5 rzędu)	0,605 [0,70]	0,771 [0,57]	0,304 [0,91]	0,522 [0,76]	0,518 [0,76]

Źródło: Opracowanie własne. W nawiasach kwadratowych podano p-value, a w nawiasach okrągłych błędy standardowe ocen parametrów modelu.

Z kolei ocena parametru γ_2 wskazuje na znacznie słabsze oddziaływanie zmian cen uprawnień na emisję CO₂ na wartość rynkową polskich spółek energetycznych w reżimie 1, ponieważ wzrost cen kontraktów futures na EUA o 1% spowoduje ceteris paribus średni wzrost wartości portfela indeksu WIG-Energia o 0,022%, akcji Enea o 0,026%, a Polenergii

o 0,008%. Warto podkreślić, że wpływ zmian cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla na dwie największe polskie korporacje energetyczne, PGE S.A. i Tauron Polska Energia S.A., jest statystycznie nieistotny w każdym reżimie. W reżimie 2 ocena parametru γ_2 jest ujemna w przypadku spółek Enea i PGE, a także dla portfela WIG-Energia, jednakże jest statystycznie nieistotna. Porównując bezwarunkową wariancję w reżimie 2 oraz w reżimie 1, można zauważyć, że w przypadku portfela indeksu WIG-Energia oraz PGE stosunek ten był najmniejszy, natomiast dla spółki Polenergia największy. Zmienność w reżimie 2 była około czterokrotnie większa w przypadku spółek Enea oraz Tauron. Oceniając oszacowane wartości prawdopodobieństw przejścia pomiędzy reżimem 1 i 2, można zauważyć, że reżimy zmienności są stabilne w przypadku spółek PGE, Tauron i portfela WIG-Energia, natomiast reżim wysokiej zmienności dla spółki Enea oraz reżim niskiej zmienności dla Polenergii są przejściowymi reżimami. Średni czas trwania reżimu 2 wynosi od 1,23 dnia (Enea) do 52 dni (WIG-Energia). Dla portfela spółek energetycznych WIG-Energia oraz spółek Enea i Tauron większość stóp zwrotu zostało przypisanych do reżimu niskiej zmienności (odpowiednio: 67,1%, 93,9%, 89,3%).

Poniżej przedstawiono zidentyfikowane na podstawie prawdopodobieństw wygładzonych okresy występowania reżimu 1 i 2 dla portfela indeksu WIG-Energia (por. rysunek 2 i tabelę 3).



Rys. 2. Empiryczne i teoretyczne stopy zwrotu portfela indeksu WIG-Energia (pierwszy panel), prawdopodobieństwa wygładzone dla reżimu o niskiej zmienności (drugi panel), prawdopodobieństwa wygładzone dla reżimu o wysokiej zmienności (trzeci panel)

Fig. 2. Actual and fitted values of WIG-Energy returns (the first panel), smoothed probabilities of low volatility regime (the second panel) and smoothed probabilities of high volatility regime (the third panel)

Źródło: Opracowanie własne.

Można zauważyć, że dla rynku uprawnień na emisję CO₂ oraz sektora spółek energetycznych w Polsce wspólnymi okresami wysokiej zmienności są: okres odpowiadający wygasaniu najbardziej popularnej wśród uczestników rynku w II fazie funkcjonowania EU ETS serii kontraktów futures na EUA (2012-10-30 – 2012-12-12), okres wejścia systemu EU ETS w III fazę funkcjonowania (2013-01-25 – 2013-04-02), okres odroczenia decyzji o wprowadzeniu backloadingu ograniczającego efekt nadmiaru uprawnień do emisji CO₂ (2013-04-16 – 2013-06-19) oraz niepewność sytuacji polskiej energetyki w związku ze szczytem w Brukseli, na którym zapadły ważne decyzje odnośnie do ram polityki klimatycznej UE (2014-10-30 – 2014-10-31).

Tabela 3

Okresy trwania reżimu wysokiej zmienności dla portfela WIG-Energia

Okres obowiązywania reżimu 2	Czas trwania reżimu 2	Średnie prawdopodobieństwo przypisania obserwacji do reżimu 2
2011-08-04 - 2011-09-29	40	0.951
2012-05-14 - 2012-06-18	25	0.792
2012-10-30 - 2012-12-12	31	0.820
2013-01-25 - 2013-04-02	46	0.859
2013-04-16 - 2013-08-30	94	0.800
2013-10-21 - 2014-01-13	53	0.863
2014-06-26 - 2014-07-07	8	0.720
2014-10-30 - 2014-10-31	2	0.501
2014-11-13 - 2015-01-22	45	0.746
2015-06-05 - 2016-04-19	209	0.961

Źródło: Obliczenia własne.

Na wysoką zmienność portfela WIG-Energia wpływ miały również gwałtowne przeceny aktywów na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie, związane z kryzysem zadłużenia w strefie euro (2011-08-04 – 2011-09-29) czy niestabilną sytuacją polityczną w Polsce oraz planami reform mogącymi istotnie obciążyć budżet państwa (2015-06-05 – 2016-04-19). Wysoka zmienność akcji w sektorze energetycznym w drugiej połowie 2015 roku mogła również być spowodowana konsolidacją tego sektora z zadłużonym polskim sektorem wydobywczym.

4. Podsumowanie

W pracy poruszono problem oddziaływania Europejskiego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji na wartość rynkową polskich spółek energetycznych. Na podstawie przeprowadzonej analizy empirycznej potwierdzono, że w reżimie niskiej zmienności wzrost cen kontraktów futures na EUA przyczyni się do niewielkiego wzrostu wartości portfela

indeksu WIG-Energia oraz cen akcji spółek Enea oraz Polenergia. Tego typu zależność może wynikać z realizacji zysku nadspodziewanego przez przerzucenie kosztów emisji dwutlenku węgla na klientów, przy jednoczesnym otrzymywaniu nieodpłatnych pozwoleń na emisję. W reżimie wysokiej zmienności wpływ cen uprawnień do emisji CO₂ na wartość portfela spółek energetycznych jest statystycznie nieistotny. Na podobny kierunek zależności oraz siłę oddziaływania rynku uprawnień do emisji CO₂ na rynek kapitałowy wskazywały badania przedstawione w [9]. Może to być wynikiem udzielenia przez Komisję Europejską derogacji producentom energii elektrycznej w Polsce na III okres funkcjonowania EU ETS, podczas gdy większość unijnych producentów musi kupować pozwolenia na emisję CO₂ w systemie aukcyjnym. Ponadto zmiany cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla nie oddziałują istotnie na dwie największe polskie korporacje energetyczne: PGE S.A. i Tauron Polska Energia S.A., które jednocześnie w sektorze energetycznym mają największy udział w indeksie spółek społecznie odpowiedzialnych RESPECT.

Warto również podkreślić, że podjęte podczas szczytu klimatycznego w Paryżu (COP 21, 2015) decyzje w sprawie zaostrzenia polityki klimatycznej UE oraz modyfikacji zasad funkcjonowania Europejskiego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji będą miały wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw z sektora energetycznego. Stąd ważne jest, aby system zarządzania ryzykiem emisji CO₂, dopasowany do indywidualnych potrzeb przedsiębiorstwa i nakierowany na wdrażanie innowacji ekologicznych, umożliwiał firmie nie tylko wypełnianie regulacji prawnych dotyczących wielkości emisji dwutlenku węgla, lecz także umożliwiał zarabianie na wzroście efektywności energetycznej w przedsiębiorstwie. Znaczenie innowacji ekologicznych w zwiększeniu konkurencyjności przedsiębiorstwa produkcyjnego podkreślono w [10]. Orsato (2009) zaznaczył, że przedsiębiorstwa energetyczne prowadzące działalność na deregulowanym rynku energii wykształciły niezbędne umiejętności oraz zdobyły doświadczenie w prowadzeniu działalności w warunkach ryzyka, co powinno im ułatwić zarządzanie ryzykiem cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla [12]. Ponadto system zarządzania emisjami CO₂, związany z bieżącym kontrolowaniem nieprzekraczania górnego progu dozwolonej emisji oraz wykorzystaniem metod ilościowych do prognozowania przyszłego poziomu emisji zanieczyszczeń do atmosfery, a także sprzedaż po atrakcyjnej dla przedsiębiorstwa cenie nadmiaru pozwoleń na emisję CO₂ prowadzi do umocnienia przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstw [8]. Zatem wykorzystanie filtru okazji i zagrożeń powinno wspomagać proces zarządzania ryzykiem emisji CO₂ w przedsiębiorstwach energetycznych prowadzących działalność w warunkach zmieniających się regulacji prawnych odnośnie do funkcjonowania systemu EU ETS [13].

Bibliografia

1. Chevallier J.: Carbon futures and macroeconomic risk factors: A view from the EU ETS. "Energy Economics", vol. 31, 2009, pp. 614-625.
2. Doman M., Doman R.: Modelowanie zmienności i ryzyka. Metody ekonometrii finansowej. Wolters Kluwer Polska, Kraków 2009, s. 241-247.
3. Doornik J.A.: Econometric Analysis with Markov-Switching Models. Timberlake Consultants Ltd, London 2013, pp. 27-29, 65-66.
4. Dyduch J.: Handel uprawnieniami do emisji zanieczyszczeń powietrza. PWE, Warszawa 2013, s. 129-135, 174.
5. Graczyk A., Graczyk A.: Wprowadzenie mechanizmów rynkowych w ochronie środowiska. PWE, Warszawa 2011, s. 91-100.
6. Hamilton J.D.: Time Series Analysis. Princeton University Press, Princeton, New Jersey 1994, pp. 677-698.
7. Jonek-Kowalska I.: Challenges for long-term industry restructuring in the Upper Silesian Coal Basin: What has Polish coal mining achieved and failed from a twenty-year perspective? "Resource Policy", no. 44, 2015, p. 135.
8. Mesjasz-Lech A., Włodarczyk A.: Modelling of Air Micropollutant's Fluctuations on the Background of the Primary Air Pollutants Emission as a Tool Supporting Environmental Management in Thermal Power Plant. „Desalination and Water Treatment”, vol. 57, 2016, pp. 997-1008.
9. Moreno B., Pereira da Silva: How do Spanish polluting sectors' stock market returns react to European Union allowances prices? A panel data approach. „Energy”, vol. 103, 2016, pp. 240-250.
10. Nitkiewicz T.: Ekologiczna ocena cyklu życia produktu w procesach decyzyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013, s. 56.
11. Oberndorfer U.: EU emission allowances and the stock market: evidence from the electricity industry. "Ecological Economics", vol. 68, 2009, pp. 1116-1129.
12. Orsato R.J.: Sustainability Strategies. When does it pay to be green? Palgrave Macmillan, London 2009, p. 62.
13. Otolá I.: Procesy zarządzania przedsiębiorstwami a konkurencyjność w warunkach zarażonego rynku. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013, s. 146.
14. Tian Y., Akimov A., Roca E., Wong V.: Does the carbon market help or hurt the stock price of electricity companies? Further evidence from the European context. "Journal of Cleaner Production", vol. 112, 2016, pp. 1619-1620.

Abstract

The aim of this paper is to evaluate the impact of the EU ETS on the market value of Polish energy companies quoted in the Warsaw Stock Exchange in the period from January 4, 2010 to May 4, 2016. The empirical analysis is based on the estimation results of Markov-switching multifactor models with GARCH structure for the periods of Phase II and III of the EU ETS. The results indicate the existence of positive relationship between the changes of EUA prices and stock returns of electricity companies (windfall profits effect) in low volatility regime. The influence of EUA prices changes on stock returns of two biggest energy corporation PGE and Tauron, which at the same time have the biggest share in the energy sector in the RESPECT index, is statistically insignificant in each regime.