

Robert SOCHA*

Analiza relacji cen wybranych gatunków ropy naftowej

STRESZCZENIE. Obserwowane po 2004 roku trendy na światowym rynku ropy naftowej pozwalają wskazać na szereg fundamentalnych zdarzeń, do jakich doszło w procesach kształtowania cen różnych gatunków ropy naftowej, tj. m.in.: załamania relacji cenowych między trzema benchmarkami ropy naftowej, próby ustanowienia nowych benchmarków cenowych (Oman DME, rosyjskie ESPO), odejścia niektórych państw–eksporterów od wyceny sprzedawanej ropy naftowej względem WTI czy Dubai Fateh. W niniejszym artykule starano się poddać analizie relacje między cenami wybranych gatunków ropy naftowej i wskazać, których gatunków tego surowca ceny stanowią przyczynę dla kształtowania się cen innych gatunków. Niedostateczna transparentność rynku oraz niewielka ilość gatunków ropy naftowej sprzedawanych w warunkach wolnorynkowych sprawiają, że badanie relacji cenowych może przybliżyć kierunek poszukiwania czynników, które powinny być uwzględniane w analizach mechanizmów cenowych czy próbach prognozowania cen ropy naftowej. W ramach przeprowadzonej analizy zastosowano test ko-integracji Engle’a Grangera, a następnie analizę przyczynowości w sensie Grangera dla określenia kierunku relacji przyczynowo-skutkowej między cenami poszczególnych gatunków ropy naftowej w okresie silnych zawirowań na rynku ropy naftowej 2004–2012 oraz w okresie poprzedzającym 1997–2003. Uzyskane rezultaty pozwalają uznać za wysoce prawdopodobną hipotezę tzw. *broken benchmark* w odniesieniu do ropy naftowej WTI. Widoczna jest również marginalizacja znaczenia innego benchmarku cenowego Dubai Fateh, który przed 2004 rokiem stanowił istotny punkt dla rozprzestrzeniania się zmian na rynku. Spośród gatunków ropy naftowej, których ceny uznawane są za referencyjne jedynie ropa naftowa Brent odgrywała istotną rolę w kształtowaniu świa-

* Mgr – doktorant w Katedrze Ekonometrii, Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego Uniwersytetu Łódzkiego; e-mail: rm.socha@gmail.com

towych cen tego surowca. Uzyskane rezultaty pozwalają również skierować uwagę na rolę, jaką po 2004 roku pełniły niektóre gatunki ropy naftowej pochodzące z państw OPEC, tj.: Arab Light, Arab Heavy, K. Export czy Cabinda.

SŁOWA KLUCZOWE: ropa naftowa, ceny, szok cenowy 2004, WTI, Brent, Dubai Fateh

Wprowadzenie

Poprawne definiowanie czynników, które wpływają na ceny różnych gatunków ropy naftowej wymaga zrozumienia nie tylko relacji popytowo-podażowych, ale również interakcji, które obserwowane są na światowych rynkach pomiędzy cenami różnych gatunków ropy naftowej. Ropa naftowa w głównej mierze sprzedawana jest na podstawie długoterminowych umów zawieranych pomiędzy sprzedawcami i nabywcami, choć w przypadku nielicznych gatunków możliwe jest dokonywanie transakcji na zasadach wolnorynkowych. W historii handlu tym surowcem wyróżniane są dwa główne okresy kształtowania się cen tego surowca – pierwszy okres do 1973 roku charakteryzował się niską zmiennością cen surowca, niską nominalną ceną baryłki ropy naftowej oraz dominacją zachodnich koncernów naftowych (tzw. Siedem Sióstr). Historycznym momentem zakończenia tego okresu stał się pierwszy kryzys naftowy (lata 1973–1974), który przyniósł nagły wzrost cen, dominację państw-eksporterów OPEC, niepewność na światowych rynkach surowców energetycznych.

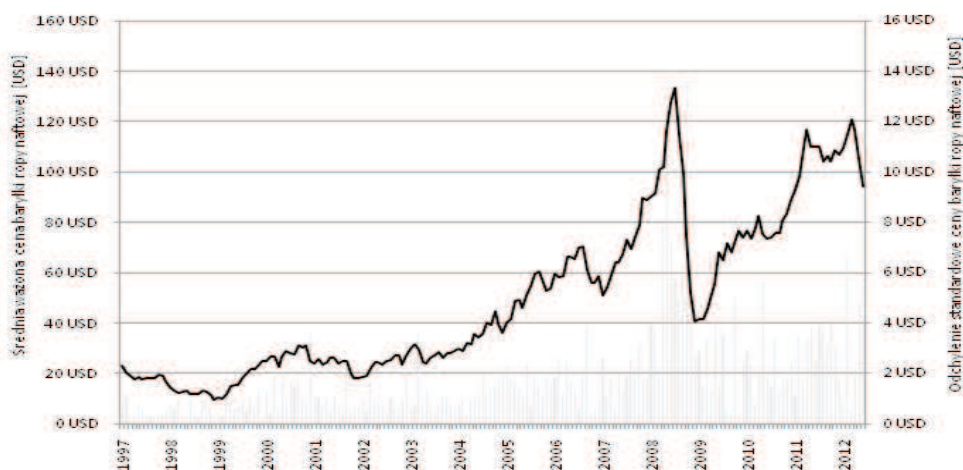
Pierwszy szok naftowy przyczynił się do recesji w krajach wysoko uprzemysłowionych, doprowadził do podejmowania inicjatyw, które miały skutkować wzrostem transparentności na rynku ropy naftowej. Powołano Międzynarodową Agencję Energetyczną, która miała kierować działaniami dla stabilności światowego obrotu ropą naftową, wspierać państwa członkowskie w sytuacjach kryzysowych oraz koordynować podejmowane działania (Karpinski 2012). Wśród państw zachodnich prowadzone były działania związane z deregulacją obrotu administrowanego i przejściem do mechanizmu wolnorynkowego, co miało przełożyć się na kształtowanie się ceny w wyniku relacji podaży-popytu, a także na efektywniejszy dostęp do informacji. W wyniku deregulacji przeprowadzonej w 1981 roku pierwszym gatunkiem ropy naftowej, który trafił na giełdę towarową stała się amerykańska ropa naftowa West Texas Intermediate, będąca przedmiotem obrotu na giełdzie *New York Mercantile Exchange*. Benchmarkiem służącym do wyceny ropy naftowej, która trafiała do Europy stały się notowania ropy naftowej Brent, będącej przedmiotem obrotu na londyńskiej giełdzie *International Petroleum Exchange* (IPE) utworzonej w 1980 roku. W latach 1986–1988 dokonano korekty mechanizmu cenowego OPEC, który zmieniony został z mechanizmu cen administrowanych do mechanizmu rynkowego cen referencyjnych. Podstawą do wyceny ceny baryłki w handlu pomiędzy Bliskim Wschodem a Azją Wschodnią stała się cena *spot* ropy naftowej Dubai Fateh – pierwszego arabskiego gatunku ropy naftowej, który był dostępny na wolnym rynku.

Wyłonienie trzech głównych benchmarków cenowych związane było bezpośrednio z ich częściowym wprowadzeniem jako przedmiotu wolnorynkowego handlu, a nie jak w latach wcześniejszych jedynie przedmiotu negocjacji pomiędzy koncernami naftowymi a państwami–eksporterami surowca (Stevens 1995). Ich rola w kolejnych latach rosła, stały się one podstawą do negocjacji cenowych dla pozostałych gatunków ropy naftowej w kontraktach długoterminowych, a także rozliczeń transakcji z wykorzystaniem instrumentów pochodnych.

Obserwowane od początku 2004 roku trendy na rynku ropy naftowej pozwalają wyodrębnić kolejny okres kształtowania się cen tego surowca – okres wysokiej zmienności notowań cen, rekordowych poziomów cen baryłki ropy naftowej, dominacji nielicznych państw eksporterów na rynku (Arabia Saudyjska, Wenezuela, Iran). Analiza średniej ważonej ceny dla wybranych gatunków ropy naftowej oraz jej odchyłeń standardowych wskazuje na silny wzrost zmienności w latach 2004 – 2012. W tym czasie zachwiane zostały podstawowe relacje cenowe na światowych rynkach ropy naftowej. Po pierwsze, obserwowane było odwrócenie relacji cen *spot* i *futures* w przypadku gatunków WTI oraz Brent, przejście z rynku nabywcy (*backwardation*) do rynku sprzedawcy (*contango*). Kolejną istotną zmianą po roku 2004 było zachwianie relacji pomiędzy cenami podstawowych benchmarków tzw. dyferencjałów, czyli nominalnych różnic cen dwóch gatunków ropy naftowej. Cena amerykańskiej ropy naftowej WTI, której nominalna wartość była do tej pory najwyższa spośród trzech benchmarków, spadła poniżej cen Dubai Fateh i Brent, co przez wielu obserwatorów rynków surowców odebrane było jako spadek znaczenia ropy naftowej WTI dla kształtowania cen na światowych rynkach. Ropa naftowa WTI zaczęła być określana mianem tzw. *broken benchmark*, na co wskazywali badacze rynku m.in. Fattouh (2007, 2011), Kao, Wan (2011). Przyczyn takiego stanu upatrywano w głównej mierze w logistycznych ograniczeniach związanych z transportem ropy naftowej z Cushing, miejsca, w którym WTI jest składowane. Na spadek znaczenia ropy WTI na światowych rynkach wskazują również wydarzenia obserwowane w czasie kryzysu gospodarczego, m.in.: rezygnacja saudyjskiego Aramco z uwzględniania WTI jako ceny referencyjnej do wyceny wydobywanej przez koncern ropy naftowej dostarczanej na rynek amerykański (Aramco od 1994 roku używało WTI jako podstawę wyceny, od 2009 roku używa indeksu cenowego Argus). W tym samym roku analogiczną decyzję podjął Kuwejt, a w 2010 roku Irak. W związku z niewielką płynnością ropy naftowej Dubai w roli benchmarku dla krajów arabskich od 2007 roku próbuje ustanowić ropę naftową Oman notowaną na *Dubai Merchantile Exchange* (DME).

W niniejszym artykule starano się określić, które gatunki ropy naftowej inicjowały zmiany cen na światowym rynku w okresie silnej zmienności cen ropy naftowej z lat 2004 – 2012. Przedmiot zainteresowania stanowi analiza długookresowych relacji przyczynowo-skutkowych w okresie badania, dzięki czemu możliwe będzie wskazanie, które ceny mogą być ekonomicznie istotne w procesach cenotwórczych. Prawidłowa definicja kierunków, którymi na rynek tego surowca docierają innowacje, stanowiące punkt startowy dla rozprzestrzeniania się wzrostów lub spadków cen pozostałych gatunków ropy naftowej, może rzucić światło na charakter powstawania zmian. Niska transparentność rynku oraz niewielka ilość gatunków dostępnych na wolnym rynku sprawiają, że analiza relacji cenowych może

przybliżyć kierunek poszukiwania czynników, które mogą być istotne dla dalszego badania mechanizmów cenowych. Przykładowo, wysoka istotność cen państw OPEC może wskazywać na to, że przyczyny zawirowań po 2004 roku były w dużej mierze wynikiem relacji popytowo-podażowych w szczególności, gdy inicjowanie zmian cen na światowych rynkach zapoczątkowane byłoby przez zmiany cen takich gatunków jak Dubai Fateh, Oman czy Arabian Light. Istotność kontraktów terminowych na ropę naftową WTI może wskazywać na spekulacyjny charakter zawirowań na rynku ropy naftowej. Zgodnie z danymi *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC) w 2012 roku odnotowano niemal trzykrotnie większą ilość otwartych pozycji na kontraktach terminowych związanych z ropą naftową niż w roku 2002, a udział pozycji utożsamianych ze spekulacyjnymi w grupie otwartych pozycji (tzw. *non-commercial* – według definicji CFTC są to pozycje, które nie mają hedgingowego charakteru) wzrósł z 10,60% w 2002 roku do 23,40% w 2012 roku. Inicjowanie zmian cen innych gatunków ropy naftowej przez ceny *futures* WTI może wskazywać na konieczność dalszej analizy roli transakcji na giełdzie NYMEX w procesie cenotwórczym.



Rys. 1. Miesięczna średnia ważona cena ropy naftowej [oś lewa] i jej odchylenie standardowe [oś prawa] (średnia ważona z cen *spot* wybranych gatunków ropy naftowej, okres 01.1997–06.2012)
Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Monthly weighted average of oil prices [left axis] and standard deviation [right axis] (weighted average of spot oil prices of chosen crude grade, period 01.1997–06.2012)
Source: own elaboration

W niniejszym artykule analizie podano notowania cen za baryłkę ropy naftowej *spot* dla 21 gatunków ropy naftowej oraz ceny *futures* dla ropy naftowej WTI (kontrakty o zapadalności 1, 2, 3 i 4 miesięcy) w latach 2004 do 2012, a następnie analizę danych przeprowadzono ponownie dla dostępnych danych z lat wcześniejszych (okres 1997–2003). Porównanie otrzymanych wyników pozwoli wskazać czy we wcześniejszym okresie istniały analogiczne relacje przyczynowe między różnymi gatunkami ropy naftowej. W analizie wykorzystano dane tygodniowe pochodzące z U.S. *Energy Information Administration* oraz

biuletynów OPEC za lata 1997–2012. Przedmiotem badań były gatunki ropy naftowej różniące się swymi właściwościami ze względu na zawartość siarki, gęstość mierzoną wartością współczynnika API, region wydobycia oraz przynależność kraju, z którego pochodzi dany gatunek ropy naftowej do OPEC. Gatunki ropy naftowej zawierające więcej niż 0,5% siarki określane są mianem ropy „kwaśnej” (ang. *sour crude*), a te zawierające nie więcej niż 0,5% siarki uznawane są za gatunki „słodkie” (ang. *sweet crude*). Klasyfikacja API może się różnić, szczególnie przy uwzględnieniu specyfiki lokalnych rynków ropy naftowej – inne przedziały przyjmuje m.in. U.S. Energy Information Administration, OPEC, NYMEX, PEMEX (NYMEX definiuje dodatkowo różne przedziały dla ropy amerykańskiej i zagranicznej). W badaniu przyjęto podział, w którym gatunki o współczynniku API większym niż 38° uznawane są za gatunki „lekkie” (ang. *light crude*), gatunki o współczynniku API nie mniejszym niż 28° a nie większym niż 38° uznawane są za gatunki „przeciętne” (ang. *medium crude*), gatunki o współczynniku API niższym niż 28° uznawane są za gatunki „ciężkie” (ang. *heavy crude*).

1. Metodyka

W literaturze przedmiotu istnieje wiele przykładów empirycznych analiz wpływu cen ropy naftowej na ceny innych towarów z rynku energetycznego. Erdős (2012) badał relację cenową między ropą naftową i gazem ziemnym. Asche, Gjoldberg, Vollar (2003) wyznaczyli istnienie długookresowej relacji pomiędzy ceną ropy naftowej a cenami produktów rafineryjnych dla rynku europejskiego. Bachneier, Griffin (2003) dokonali podobnej analizy dla rynku amerykańskiego. Borenstein, Canera, Gilbert (1997) wskazali, iż ceny paliwa reagują szybciej na podwyżkę cen surowca niż na jego obniżkę. Drugim obszarem częstego zainteresowania badaczy była analiza właściwości szeregów czasowych cen *spot* i *futures* ropy naftowej oraz zależności między nimi. Caporale, Ciferri, Girardi (2010) zwrócili uwagę na wyższą istotność wpływu kontraktów o bliskim terminie zapadalności (WTI o terminie zapadalności 1 i 2 miesiące) niż kontraktów o dłuższym terminie zapadalności. Maslyuk, Smyth (2008) przeprowadzili testy stacjonarności dla cen *spot* i *futures* ropy naftowej WTI i Brent. Niestacjonarność cen ropy naftowej Brent potwierdzili Kowalik, Herczakowska (2010). Lee, Zeng (2011) dokonali analizy przyczynowości dla cen *spot* i *futures* WTI. Dostępna literatura przedmiotu nie wskazuje jednoznacznie na rolę jaką poszczególne gatunki ropy naftowej pełnią na światowym rynku, tym samym brak jest wskazań na gatunki ropy naftowej, które możemy uznać za inicjatory zmian. Kaufmann, Ullman (2009) na podstawie danych dotyczących pięciu gatunków ropy naftowej wykazali, że źródłem zmian cen na rynku są ceny ropy naftowej Dubai Fateh oraz ceny kontraktów *futures* na ropę naftową WTI o odległym terminie zapadalności. Ceny *spot* WTI odzwierciedlają jedynie zmiany, jakie zachodzą w innych cenach i same nie stanowią przyczyny dla ruchów cenowych. W opinii autorów znacząca rola Dubai Fateh może utożsamiać wpływ czynników fundamentalnych (OPEC), a rola WTI *futures* wpływ czynników speku-

lacyjnych. Wlazlowski, Hagstromer (2007) przeprowadzili analizę zależności cenowych dla 32 gatunków ropy naftowej i jako benchmarki wskazali na WTI, Brent i Urals, a w przypadku państw OPEC na Iranian Light. Zanegowali istotny wpływ cen Dubai Fateh.

W niniejszym artykule przeprowadzono test przyczynowości w sensie Grangera dla poszczególnych par cen gatunków ropy naftowych spośród 25 analizowanych cen. Zgodnie z definicją podaną przez Grangera (1969) o przyczynowości możemy mówić, gdy zachodzi następująca nierówność:

$$\sigma^2(Y_t | \bar{U}_t) < \sigma^2(Y_t | \bar{U}_t - \bar{X}_t) \quad (1.1)$$

Mówimy wtedy, że X_t jest przyczyną Y_t w sensie Grangera ($X_t \rightarrow Y_t$), co oznacza, iż jesteśmy w stanie lepiej prognozować przyszłe wartości zmiennej Y_t opierając się na zbiorze wszystkich dostępnych informacji, niż gdy z tego zbioru wyłączymy dane dotyczące zmiennej X_t .

W przeprowadzonej analizie starano się określić związki przyczynowo-skutkowe o charakterze długookresowym, występujące w obu okresach badania dla poszczególnych par cen ropy naftowej. W pierwszej kolejności dokonano analizy stacjonarności cen ropy naftowej przy wykorzystaniu rozszerzonego testu Dickey'a–Fullera ADF przy 5% poziomie istotności w analizowanych podokresach (1997–2003 i 2004–2012) oraz w całej próbie. W dalszej kolejności przeprowadzono analizę kointegracji z wykorzystaniem metody Engle'a–Grangera (por. Engle, Granger 1987) dla poszczególnych par cen ropy naftowej objętych analizą. Zgodnie z twierdzeniem o reprezentacji Grangera występowanie kointegracji stanowi warunek dostateczny dla stwierdzenia istnienia relacji przyczynowej w co najmniej jednym kierunku. Celem stwierdzenia, ceny których gatunków ropy naftowej stanowią przyczynę dla kształtowania się cen innych gatunków przeprowadzono test przyczynowości w sensie Grangera. Dla par zmiennych skointegrowanych wykorzystano do tego celu modele korekty błędem ECM w postaci:

$$\begin{aligned} \Delta y_t &= \alpha_1 + \gamma_1 \hat{e}_{1,t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_{1,i} \Delta y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{1,i} \Delta x_{t-i} + \mu_{1t} \\ \Delta x_t &= \alpha_2 + \gamma_2 \hat{e}_{2,t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_{2,i} \Delta x_{t-i} + \sum_{i=1}^p \theta_{2,i} \Delta y_{t-i} + \mu_{2t} \end{aligned} \quad (1.2)$$

gdzie μ_{1t}, μ_{2t} są białymi szumami ($\mu_{1t} \sim IID(0, \sigma_1^2), \mu_{2t} \sim IID(0, \sigma_2^2)$), a $\hat{e}_{1,t-1} = y_{t-1} - \hat{\delta}_1 x_{t-1}$, $\hat{e}_{2,t-1} = x_{t-1} - \hat{\theta}_1 y_{t-1}$ są oszacowaniami reszt z równania długookresowej relacji między y_t oraz x_t . Klasyczny test przyczynowości w sensie Grangera nie może być w tym przypadku bezpośrednio stosowany, gdyż prowadzi do błędnych wskazań kierunku przyczynowości (Osińska 2008). O istnieniu przyczynowości w sensie Grangera dla pary różnych cen ropy naftowej y_t oraz x_t , gdzie x_t stanowi przyczynę w sensie Grangera y_t , możemy mówić, gdy współczynnik przy składniku ECM γ_1 jest ujemny oraz istotny statystycznie ($\gamma_1 \neq 0$), oraz gdy możemy stwierdzić łączną istotność współczynników $\left(\sum_{i=1}^p \theta_{1,i} \neq 0 \right)$ – mówimy wtedy o przyczynowości w sensie Grangera odpowiednio

w długim i krótkim okresie. Dla nieistotnych statystycznie współczynników γ_1 ($\gamma_1 = 0$) lub braku stwierdzenia łącznej istotności współczynników $\left(\sum_{i=1}^p \theta_{1,i} \neq 0\right)$ nie możemy mówić o x_t jako przyczynie w sensie Grangera y_t . Analogicznie stwierdzenie, iż y_t jest przyczyną w sensie Grangera x_t możemy mówić w warunkach, gdy współczynnik przy składniku ECM γ_2 ($\gamma_2 \neq 0$) jest ujemny oraz istotny statystycznie, oraz gdy możemy stwierdzić łączną istotność współczynników $\left(\sum_{i=1}^p \theta_{2,i} \neq 0\right)$. W przypadku istotności odpowiednich parametrów w obu równaniach możemy mówić o istnieniu przyczynowości w obu kierunkach. Dla par zmiennych, dla których wskazano na brak kointegracji nie możemy mówić o istnieniu relacji długookresowej, a jedynie krótkookresowych oddziaływań. Wybór rzędu opóźnień p w modelu 1.2 dokonano na podstawie kryteriów informacyjnych Akaike (AIC) oraz Hannana – Quinna (HQIC). Przyjęto, że gdy zachodziła nierówność $p_{AIC} \neq p_{HQIC}$ przyczynowość powinna być wykazana zarówno dla p_{AIC} jak i p_{HQIC} . Dostępna literatura jasno definiuje problem doboru rzędu opóźnienia jako krytyczny dla prawidłowego wnioskowania na podstawie testów (Granger 1969; Gujarati 2003).

2. Wyniki

Przeprowadzona analiza stacjonarności z wykorzystaniem testu ADF wskazała na niestacjonarność wszystkich 25 cen ropy naftowej w próbach i ich zintegrowanie w stopniu pierwszym I(1). Tabele 1 i 2 przedstawiają wyniki testu przyczynowości Grangera w ujęciu ilości wystąpień danej ceny ropy naftowej jako przyczyny w kształtowaniu cen innej ropy naftowej w okresach 1997–2003 i 2004–2012. Przeprowadzona analiza wskazała, iż największy wpływ na kształtowanie innych cen ropy naftowej w latach 2004–2012 miały ceny *spot* Kuwait Export, Cabinda, Brent, Arab Heavy oraz Arab Light. Wynik ten pozwala przypuszczać, że sytuacja na rynkach tych eksporterów ropy naftowej może oddziaływać na proces kształtowania się cen na pozostałych światowych rynkach. Analiza kointegracji wykazała, że tak ceny *spot* jak i *futures* WTI nie pozostają w długookresowej równowadze z cenami innych gatunków, co potwierdza, że doszło do załamania obowiązujących w okresie 1997–2003 relacji. W tym czasie największą rolę odgrywały Kuwait Export, Oman, Maya, Minas, Dubai Fateh, Urals, a w dalszej kolejności kontrakty *futures* na WTI, Brent. Otrzymane rezultaty wskazują na spadek znaczenia WTI w kształtowaniu cen na światowych rynkach, co potwierdza stawianą w literaturze hipotezę *broken benchmark*.

Spośród benchmarków cen ropy naftowej najsilniejszy wpływ w latach 2004–2012 miała ropa naftowa Brent. W poprzednim okresie najsilniejszy wpływ na inne gatunki widoczny był w przypadku ropy naftowej Dubai Fateh, a w dalszej kolejności Brent. Marginalizacja znaczenia Dubai pozwala postawić hipotezę o spadku jego roli na globalnym rynku ropy naftowej w wyniku spadku produkcji tego gatunku. Hipoteza ta jest spójna z wydarzeniami

historycznymi, które miały miejsce po roku 2004. Pierwszym wydarzeniem z 2004 roku jest zmiana mechanizmu wyceny przez agencję *Platts* i zastąpienie cen Dubai Fateh cenami Oman. Drugim wydarzeniem było wycofanie tego gatunku z koszyka referencyjnego OPEC i wprowadzenie innego gatunku wydobywanego w Zjednoczonych Emiratach Arabskich. Trzecie wydarzenie było związane z niewielką płynnością ropy naftowej Dubai i próbą ustanowienia w roli benchmarku dla krajów arabskich począwszy od 2007 roku ropy naftowej Oman notowanej na *Dubai Merchantile Exchange* (DME).

Wśród gatunków państw arabskich tak w latach 2004–2012, jak i 1997–2003 dominuje Kuwait Export, co odzwierciedla wzrost produkcji z tego państwa po 1990 roku i jego roli na światowym rynku. Mniej oczekiwanym wynikiem może być wzrost roli odgrywanej przez afrykańską ropę naftową Cabinda w okresie 2004–2012. Jednakże bardzo dobre właściwości chemiczne tego gatunku (gatunek *sweet* poniżej 0,1% siarki), które pozwalają wykorzystywać go bez konieczności przerobu, wstąpienie kraju – producenta do OPEC, stosunkowo duże, rosące począwszy od 2005 roku wydobycie (drugi producent na terenie Afryki po Nigerii), przeznaczanie większości wydobycia na eksport na napędzający światowy popyt rynek azjatycki, uzasadniają wzrost istotności tego gatunku.

Porównanie okresu 2004–2012 z 1997–2003 wskazuje na spadek znaczenia ropy naftowej z Meksyku (Maya i Ismuth) oraz Indonezji (Minas), które w latach 1997–2003 mogły w dużym stopniu inicjować zmiany w cenach innych gatunków. Minas charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami chemicznymi (zawartość siarczyn poniżej 0,1%) i uznawana była za istotny benchmark dla cen innych gatunków z Azji rejonu Pacyfiku oraz uwzględniana była w koszyku referencyjnym OPEC do 2005 roku. Jednakże począwszy od 2002 roku produkcja ropy naftowej w Indonezji spada, co przełożyło się na wyjście kraju z OPEC (od 2005 roku kraj z eksportera netto stał się importerem netto) oraz odejście państw jak Chiny czy Wietnam od wyceny swojej ropy naftowej w stosunku do Minas. Spadek znaczenia ropy naftowej Maya i Ismuth związany może być ze spadkiem produkcji ropy naftowej w Meksyku począwszy od 2007 roku w tempie $-6,68\%$ średnio rocznie. Od 2004 roku wielkość eksportu ropy naftowej z Meksyku spadała w tempie $-4,18\%$ rocznie i w 2011 roku stanowiła już jedynie 71% wielkości eksportu z 2004 roku, co sprawiło, że eksportowany surowiec miał coraz mniejsze znaczenie na globalnym rynku.

Tabele 3 i 4 prezentują wyniki testów przyczynowości dla najważniejszych w światowym handlu gatunków ropy naftowej. W latach 1997–2003 WTI pozostawało w relacji równowagi z innymi gatunkami ropy naftowej, ale spośród głównych gatunków tego surowca wpływało jedynie na Brent i Urals. Ropa naftowa Brent była przyczyną dla kształtowania cen takich gatunków jak Urals i Dubai, które z kolei oddziaływały na WTI, przez co możemy wskazać pośredni kanał wpływu Brent na WTI. W okresie 1997–2003 największe znaczenie w kształtowaniu cen analizowanych gatunków odegrały gatunki pochodzące z OPEC – Dubai, Oman, K. Export, które oprócz wzajemnego oddziaływania na siebie stanowiły przyczynę w sensie Grangera dla kształtowania się cen WTI, Brent, Urals. Możemy zauważyć, że po 2004 roku widoczne jest zachwianie równowagi długookresowej pomiędzy cenami analizowanych gatunków ropy naftowej. Potwierdzają to zdarzenia historyczne – zmiany w metodologiach wyceny ropy naftowej w takich krajach jak Kuwejt, Arabia Saudyjska, Irak, Chiny, spadek znaczenia ropy naftowej Dubai, Minas czy WTI,

TABELA 1. Ilość wystąpień poszczególnych gatunków ropy naftowej jako przyczyny w sensie Grangera dla kształtowania cen innych gatunków w latach 1997–2003

TABLE 1. Number of occurrences of certain crude oil grade as a Granger cause for shift in prices of other crude oil grades in period 1997–2003

Gatunek ropy naftowej	Zawartość siarczyny	Podział wg współczynnika API	Przynależność do OPEC	Ogółem	Przynależność: występowanie ceny danego gatunku ropy naftowej jako przyczyny dla kształtowania się cen innego gatunku					
					Wpływ na: Non OPEC	Wpływ na: OPEC	Wpływ na: gatunki light	Wpływ na: gatunki medium i heavy	Wpływ na: gatunki sour	Wpływ na: gatunki sweet
<i>Arab Heavy</i>	sour	heavy	OPEC	7	3	4	1	6	4	3
<i>Arab Light</i>	sour	medium	OPEC	4	2	2	-	4	4	-
<i>Bonny light</i>	sweet	medium	OPEC	2	1	1	1	1	1	1
<i>Brent</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	11	4	7	3	8	6	5
<i>Cabinda</i>	sweet	medium	<i>spoza OPEC*</i>	3	1	2	1	2	2	1
<i>Dubai Fateh</i>	sour	medium	OPEC	14	7	7	5	9	7	7
<i>Ekofisk</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	6	2	4	2	4	2	4
<i>Ess Sider</i>	sweet	medium	OPEC	1	1	-	-	1	1	-
<i>Iran Light</i>	sour	medium	OPEC	11	6	5	3	8	5	6
<i>Ismuth</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	8	4	4	2	6	3	5
<i>K-Export</i>	sour	medium	OPEC	18	8	10	5	13	10	8
<i>Maya</i>	sour	heavy	<i>spoza OPEC</i>	15	7	8	3	12	9	6
<i>Minas</i>	sweet	medium	OPEC*	15	7	8	5	10	9	6
<i>Murban</i>	sour	light	OPEC	9	3	6	2	7	4	5
<i>Oman</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	15	7	8	5	10	9	6
<i>Oriente</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC*</i>	3	1	2	1	2	1	2
<i>Saharan Blend</i>	sweet	light	OPEC	3	2	1	1	2	2	1
<i>Suez Blend</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	2	1	1	-	2	2	-
<i>TJL</i>	sour	medium	OPEC	5	3	2	2	3	1	4
<i>Urals</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	15	6	9	5	10	7	8
<i>WTI</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	7	3	4	2	5	4	3
<i>Wpływ kontraktów terminowych WTI na ceny spot gatunków ropy naftowej</i>										
<i>WTI futures 1 month</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	9	4	5	2	7	4	5
<i>WTI futures 2 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	11	5	6	4	7	5	6
<i>WTI futures 3 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	10	5	5	3	7	5	6
<i>WTI futures 4 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	12	6	6	3	9	5	6

* Gatunki ropy naftowej wydobywane na terenach krajów, których przynależność do OPEC zmieniła się w okresie próby. Angola (Cabinda) należy do OPEC od 2007 roku, Ekwador (Oriente) należy do OPEC w latach 1973–1992 i od 2007 roku, Indonezja (Minas) należała do OPEC do 2008 roku. Źródło: opracowanie własne.

TABELA 2. Ilość wystąpienia poszczególnych gatunków ropy naftowej jako przyczyny w sensie Grangera dla kształtowania cen innych gatunków w latach 2004–2012

TABLE 2. Number of occurrences of certain crude oil grade as a Granger cause for shift in prices of other crude oil grades in period 2004–2012

Gatunek ropy naftowej	Zawartość siarczyny	Podział wg współczynnika API	Przynależność do OPEC	Ogółem	Wpływ na: Non OPEC	Wpływ na: OPEC	Wpływ na: gatunki light	Wpływ na: gatunki medium i heavy	Wpływ na: gatunki sour	Wpływ na: gatunki sweet	
											Przyczynowość: występowanie ceny danego gatunku ropy naftowej jako przyczyny dla kształtowania się cen innego gatunku
<i>Arab Heavy</i>	sour	heavy	OPEC	7	4	3	-	7	7	-	
<i>Arab Light</i>	sour	medium	OPEC	7	5	2	1	6	6	1	
<i>Bonny light</i>	sweet	medium	OPEC	3	2	1	-	3	2	1	
<i>Brent</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	8	4	4	2	6	6	2	
<i>Cabinda</i>	sweet	medium	<i>spoza OPEC*</i>	8	6	2	1	7	7	1	
<i>Dubai Fateh</i>	sour	medium	OPEC	4	2	2	-	4	3	1	
<i>Ekofisk</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	5	3	2	-	5	3	2	
<i>Ess Sider</i>	sweet	medium	OPEC	4	2	2	-	4	3	1	
<i>Iran Light</i>	sour	medium	OPEC	6	4	2	-	6	4	2	
<i>Ismath</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	5	2	3	1	4	2	3	
<i>K-Export</i>	sour	medium	OPEC	8	4	4	-	8	6	2	
<i>Maya</i>	sour	heavy	<i>spoza OPEC</i>	1	1	-	-	1	-	1	
<i>Minas</i>	sweet	medium	OPEC*	3	1	2	1	2	1	2	
<i>Murban</i>	sour	light	OPEC	4	3	1	1	3	3	1	
<i>Oman</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	4	3	1	1	3	3	1	
<i>Oriente</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC*</i>	2	1	1	1	1	1	1	
<i>Saharan Blend</i>	sweet	light	OPEC	3	2	1	-	3	2	1	
<i>Steer Blend</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	3	2	1	-	3	3	-	
<i>TJL</i>	sour	medium	OPEC	4	1	3	-	4	2	2	
<i>Urals</i>	sour	medium	<i>spoza OPEC</i>	5	3	2	1	4	4	1	
<i>WTI</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	2	2	-	2	-	-	2	
<i>Wpływ kontraktów terminowych WTI na ceny spot gatunków ropy naftowej</i>											
<i>WTI futures 1 month</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	1	1	-	1	-	-	1	
<i>WTI futures 2 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	1	1	-	1	-	-	1	
<i>WTI futures 3 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	-	-	-	-	-	-	-	
<i>WTI futures 4 months</i>	sweet	light	<i>spoza OPEC</i>	-	-	-	-	-	-	-	

*Gatunki ropy naftowej wydobywane na terenach krajów, których przynależność do OPEC zmieniła się w okresie próby. Angola (Cabinda) należy do OPEC od 2007 roku, Ekwador (Oriente) należy do OPEC w latach 1973–1992 i od 2007 roku, Indonezja (Minas) należała do OPEC do 2008 roku.

Źródło: opracowanie własne.

TABELA 3. Wyniki analizy przyczynowości w sensie Grangera w próbie 1997–2003 dla najważniejszych gatunków ropy naftowej

TABLE 3. Results of testing for Granger causality in sample 1997–2003 for the most important grades of crude oil

Rezultat X_t	Rezultat Y_t	Brent	Dubai Fateh	Kuwait Export	Maya	Oman	Urals	WTI	WTI futures 2 month	WTI futures 4 month
Brent	x		ADF: -7,2 t = -1,8960 F = 12,89	ADF: -6,7 t = -0,4790 F = 14,70	ADF: -3,1 t = 0,08745 F = 28,26	ADF: -7,9 t = -0,38383 F = 19,58	ADF: -7,9 t = -2,09380 F = 1,84	ADF: -7,6 t = -1,17690 F = 2,93	ADF: -7,6 t = -0,98625 F = 6,05	ADF: -6,4 t = -0,77269 F = 6,85
Dubai Fateh		ADF: -7,2 t = -2,12 F = 5,69	x	ADF: -4,1 t = 1,73820 F = 9,98	ADF: -4,0 t = -0,50967 F = 0,56	ADF: -6,1 t = 1,40660 F = 6,94	ADF: -7,6 t = -2,00920 F = 1,96	ADF: -5,5 t = -1,9250 F = 3,92	ADF: -5,2 t = -1,54220 F = 3,10	ADF: -4,6 t = -1,34590 F = 4,27
Kuwait Export		ADF: -6,7 t = -4,21770 F = 12,70	ADF: -4,1 t = -2,51080 F = 7,52	x	ADF: -4,3 t = -0,82009 F = 0,03	ADF: -5,0 t = -2,02330 F = 3,26	ADF: -8,0 t = -5,4630 F = 3,71	ADF: -5,2 t = -2,26880 F = 4,14	ADF: -4,6 t = -1,97410 F = 3,73	ADF: -3,8 t = -1,86410 F = 3,81
Maya		ADF: -3,1 t = -2,14470 F = 2,88	ADF: -4,0 t = -2,62380 F = 3,48	ADF: -4,3 t = -2,40230 F = 5,16	x	ADF: -3,9 t = -2,3939 F = 6,63	ADF: -5,3 t = -2,77890 F = 0,99	ADF: -3,0 t = 5,16	ADF: -2,7 t = 1,49	ADF: -2,4 t = 4,01
Oman		ADF: -7,9 t = -4,67730 F = 18,98	ADF: -6,1 t = -3,25010 F = 5,96	ADF: -5,0 t = -0,52874 F = 3,42	ADF: -3,9 t = -0,51481 F = 0,08	ADF: -8,5 t = -5,6770 F = 5,43	ADF: -5,5 t = -2,2114 F = 3,95	ADF: -5,1 t = -2,30770 F = 15,03	ADF: -4,1 t = -1,55070 F = 4,56	
Urals		ADF: -7,9 t = -3,06920 F = 11,07	ADF: -7,6 t = -0,68794 F = 26,77	ADF: -8,0 t = -0,311114 F = 30,42	ADF: -5,3 t = -0,89647 F = 39,01	ADF: -8,5 t = -0,53487 F = 27,45	x	ADF: -1,8865 t = -1,11620 F = 14,47	ADF: -15,0 t = -0,5179 F = 2,82	ADF: -6,9 t = -0,91430 F = 3,29
WTI		ADF: -7,6 t = -1,0766 F = 3,29727	ADF: -5,5 t = -1,38370 F = 9,14	ADF: -5,2 t = -0,65577 F = 9,82	ADF: -3,0 t = 2,99	ADF: -5,5 t = 11,16	ADF: -3,43080 t = -3,43080 F = 1,73	x	ADF: -15,0 t = -0,90218 F = 3,29	ADF: -4,5 t = -0,64018 F = 3,83
WTI futures 2 month		ADF: -7,6 t = -3,35040 F = 4,84	ADF: -5,2 t = 0,1267 F = 5,20	ADF: -4,6 t = -0,74341 F = 28,05	ADF: -2,7 t = 3,50	ADF: -5,1 t = -0,72467 F = 13,45	ADF: -15,0 t = -3,75410 F = 0,02	x	ADF: -4,5 t = -0,01594 F = 4,57	
WTI futures 4 month		ADF: -6,4 t = -3,345 F = 4,92	ADF: -4,6 t = -0,89233 F = 6,39	ADF: -3,8 t = -0,08519 F = 7,67	ADF: -2,4 t = 3,14	ADF: -4,1 t = -0,13114 F = 0,001	ADF: -6,9 t = -3,8476 F = 3,29	ADF: -4,5 t = -0,73961 F = 4,22	ADF: -4,5 t = -0,01594 F = 4,57	x

Analiza kointegracji metodą Engle'a Grangera: badanie stacjonarności oszacowań resztz równania regresji pomiędzy cenami ropy naftowej y_t i x_t . Test ADF dla regresji postaci $\Delta \hat{e}_t = (\alpha_1 - 1)\Delta \hat{e}_{t-1} + \sum_{s=1}^S \theta_s \Delta \hat{e}_{t-s} + \mu_t$. Analiza przyczynowości w sensie Grangera. Istotność parametru przy składniku korekty błędem: test t ($H_0: \gamma_1 = 0, H_1: \gamma_1 \neq 0$). Badanie łącznej istotności parametrów θ_j przy wykorzystaniu statystyki F ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_j = 0; H_1: \theta_1 \neq 0 \vee \theta_2 \neq 0 \vee \dots \vee \theta_j \neq 0$). **Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki testów, dla których otrzymano rezultaty wskazujące na kierunek przyczynowości, iż cena x_t stanowi przyczynę w sensie Grangera kształtowania się ceny y_t .**
Źródło: opracowanie własne. Wyniki zostały oszacowane za pomocą pakietu gretl (wersja 1.9.8)

TABELA 4. Wyniki analizy przyczynowości w sensie Grangera w próbie 2004–2012 dla najważniejszych gatunków ropy naftowej

TABLE 4. Results of testing for Granger causality in sample 2004–2012 for the most important grades of crude oil

Rezultat X_t	Rezultat Y_t	Brent	Dubai Fateh	Kuwait Export	Maya	Oman	Urals	WTI	WTI futures 2 month	WTI futures 4 month
Brent	x	ADF = -5,1 t = -1,37170 F = 99,29	ADF = -4,7 t = -0,57721 F = 76,30	ADF = -4,7 t = -0,57721 F = 76,30	ADF = -7,3 t = -2,79 F = 18,16	ADF = -5,5 t = -1,62570 F = 90,45	ADF = -5,2 t = -1,4810 F = 52,25	ADF = -2,7 F = 10,12	ADF = -2,2 t = -1,48770 F = 3,82	ADF = -2,0 t = -1,62260 F = 0,92
Dubai Fateh	ADF = -5,1 t = -0,29724 F = 10,36	x	ADF = -4,4 t = 1,09430 F = 0,31	ADF = -4,4 t = 1,09430 F = 0,31	ADF = -4,4 t = -3,1753 F = 15,92	ADF = -5,4 t = -0,76534 F = 0,47	ADF = -6,0 t = -1,38230 F = 2,91	ADF = -3,1 F = 10,17	ADF = -2,9 F = 3,76	ADF = -2,7 F = 3,52
Kuwait Export	ADF = -4,7 t = -1,28 F = 12,60	ADF = -4,4 t = -1,93440 F = 2,36	x	ADF = -5,3 t = -4,4486 F = 16,98	ADF = -5,3 t = -1,82590 F = 1,398	ADF = -3,9 t = -2,09730 F = 1,60	ADF = -5,7 t = -2,09730 F = 1,60	ADF = -2,9 F = 10,47	ADF = -2,3 F = 3,42	ADF = -2,4 F = 7,60
Maya	ADF = -7,3 t = 1,24130 F = 7,05	ADF = -4,4 t = 2,05480 F = 103,99	ADF = -4,4 t = 1,59220 F = 85,62	x	ADF = -4,2 t = -0,11511 F = 31,85	ADF = -4,2 t = -0,11511 F = 31,85	ADF = -4,0 t = 0,92479 F = 17,01	ADF = -2,0 F = 4,46	ADF = -1,8 F = 3,92	ADF = -1,7 F = 3,94
Oman	ADF = -5,5 t = -0,19626 F = 9,05	ADF = -5,4 t = -0,17508 F = 1,94	ADF = -3,9 t = 1,06160 F = 0,07	ADF = -4,2 t = -3,18290 F = 10,51	ADF = -4,2 t = -1,52330 F = 39,99	ADF = -6,2 t = -1,28760 F = 2,91	ADF = -6,2 t = -1,28760 F = 2,91	ADF = -3,2 F = 10,06	ADF = -2,7 F = 3,67	ADF = -2,6 F = 3,56
Urals	ADF = -5,2 t = -0,26334 F = 14,49	ADF = -6,0 t = -1,26360 F = 40,73	ADF = -5,7 t = -0,13971 F = 29,35	ADF = -4,0 t = -2,6809 F = 3,90	ADF = -6,2 t = -1,52330 F = 39,99	ADF = -6,2 t = -1,28760 F = 2,91	x	ADF = -2,7 F = 12,14	ADF = -1,8 F = 10,48	ADF = -2,6 F = 8,82
WTI	ADF = -2,7 F = 15,25	ADF = -3,1 F = 74,15	ADF = -2,9 F = 20,05	ADF = -2,0 F = 11,54	ADF = -3,2 F = 104,55	ADF = -2,7 F = 37,69	x	ADF = -5,0 t = 0,88854 F = 1,43	ADF = -5,0 t = -0,92430 F = 3,28	ADF = -4,0 t = -0,92430 F = 3,28
WTI futures 2 month	ADF = -2,2 F = 16,02	ADF = -2,9 F = 12,37	ADF = -2,3 F = 76,68	ADF = -1,8 F = 11,32	ADF = -2,7 F = 21,48	ADF = -1,8 F = 121,45	ADF = -5,0 t = -1,3489 F = 0,02	ADF = -5,0 t = -1,3489 F = 0,02	x	ADF = -3,7 t = -0,93466 F = 7,36
WTI futures 4 month	ADF = -2,0 F = 13,05	ADF = -2,7 F = 30,37	ADF = -2,4 F = 81,14	ADF = -1,7 F = 9,65	ADF = -2,6 F = 17,54	ADF = -2,3 F = 118,75	ADF = -4,0 t = -1,2903 F = 0,98	ADF = -4,0 t = -1,2903 F = 0,98	ADF = -3,7 t = 0,30769 F = 5,16	x

Analiza kointegracji metodą Engle'a Grangera: badanie stacjonarności oszacowań reszty z równania regresji pomiędzy cenami ropy naftowej y_t i x_t . Test ADF dla regresji postaci $\Delta \hat{\epsilon}_t = (\alpha_1 - 1)\Delta \hat{\epsilon}_{t-1} + \sum_{s=1}^S \theta_s \Delta \hat{\epsilon}_{t-s} + \mu_t$. Analiza przyczynowości w sensie Grangera. Istotność parametru przy składniku korekty błędem: test t ($H_0: \gamma_1 = 0, H_1: \gamma_1 \neq 0$). Badanie łącznej istotności parametrów θ_i przy wykorzystaniu statystyki F ($H_0: \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_i = 0, H_1: \theta_1 \neq 0 \vee \theta_2 \neq 0 \vee \dots \vee \theta_i \neq 0$). **Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki testów, dla których otrzymano rezultaty wskazujące na kierunek przyczynowości, iż cena x_t stanowi przyczynę w sensie Grangera kształtowania się ceny y_t .**
Źródło: opracowanie własne. Wyniki zostały oszacowane za pomocą pakietu gret (wersja 1.9.8).

ujemny dyferencjał cen WTI względem cen Brent i Dubai, próby ustanowienia nowych benchmarków jak Oman (DME), indeksu Argus (ICE), rosyjskiej ESPO (handel między Rosją a krajami Dalekiego Wschodu).

W latach 2004–2012 widoczny jest brak kointegracji pomiędzy WTI a pozostałymi gatunkami ropy naftowej, co może potwierdzać oderwanie wyceny tego surowca od istniejących do tej pory relacji – ruchy cen na WTI w większej mierze uwzględniają lokalne problemy logistyczne, a w mniejszej ogólnoświatowe tendencje, co pozwala wątpić w zdolność WTI do pełnienia roli globalnego barometru. Brak powiązań między pozostałymi benchmarkami a pozarynkowymi gatunkami ropy naftowej może wskazywać na zaistnienie zmian o charakterze fundamentalnym, które zachwiały istniejące w okresie 1997–2003 relacje.

Podsumowanie

Otrzymane rezultaty pozwalają stwierdzić, że lata 2004–2012, w których ceny ropy naftowej charakteryzowały się ponadprzeciętną zmiennością, przyniosły załamanie relacji równowagi między cenami poszczególnych gatunków ropy naftowej. Analiza kointegracji wykazała, że tak ceny *spot* jak i *futures* WTI nie pozostają w długookresowej równowadze z cenami innych gatunków, co potwierdza hipotezę tzw. *broken benchmark*. Ponadto, wynik ten nie przemawia za możliwością stawiania hipotezy o istnieniu powiązania pomiędzy transakcjami *futures* na WTI oraz procesem kształtowania cen na globalnym rynku ropy naftowej. Po 2004 roku widoczny był spadek znaczenia ropy naftowej Dubai, która w latach 1997–2003 odgrywała istotną rolę w kształtowaniu cen na światowych rynkach. Spośród trzech benchmarków jedynie Brent odgrywał w całym okresie badania istotną rolę w kształtowaniu światowych cen, choć porównując wyniki z poszczególnych prób widzimy, że wpływ Brent na gatunki państw OPEC zmniejszył się. Otrzymane wyniki sygnalizują, że najistotniejszy wpływ na kształtowanie się cen innych gatunków ropy naftowej w latach 2004–2012 miały Kuwait Export, Cabinda, Brent, Arab Heavy oraz Arab Light, co pozwala wskazać na dalszy kierunek badań nad charakterem zawirowań cen ropy naftowej po 2004 roku.

Analiza przyczynowości w sensie Grangera najważniejszych dla światowego handlu gatunków ropy naftowej (tab. 3 i 4) wskazuje, iż po 2004 roku przy zastosowanej metodologii nie jesteśmy w stanie określić kierunku relacji przyczynowo-skutkowych. Granger (1969) wskazuje na możliwość otrzymania różnych wyników w modelu przyczynowości w zależności od danych, zakresu próbek i częstotliwość obserwacji. Otrzymane powyżej rezultaty nie wykluczają faktu, że w innych próbach lub przy wykorzystaniu innej częstotliwości danych możliwe będzie wskazanie istnienia dodatkowych relacji, szczególnie testowanie z wykorzystaniem danych dziennych mogłoby rzucić nowe światło na badanie relacji przyczynowych pomiędzy cenami różnych gatunków ropy naftowej. Niestety, dostęp do danych o takiej częstotliwości jest ograniczony.

Literatura

- ASCHE F., GJOLBERG O., VOLKER T., 2003 – Price relationships in the petroleum market: an analysis of crude oil and refined product prices. *Energy Economics* t. 25, z. 3, s. 289–301.
- BACHMEIER J., GRIFFIN J., 2003 – New Evidence on Asymmetric Gasoline Price Responses. *Review of Economics and Statistics* t. 85, z. 3, s. 772–776.
- BORENSTEIN S., CAMERON C., GILBERT R., 1997 – Do Gasoline Prices Respond Asymmetrically to Crude Oil Prices. *Quarterly Journal of Economics* t. 112, z. 1, s. 305–339.
- CAPOALE G.M., CIFERRI D., GIRARDI A., 2010 – Time-varying spot and futures oil price dynamics. *Quaderni del Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica*, t. 75, z. 1, s. 36–67.
- ENGLE R.F., GRANGER C.W., 1987 – Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica* t. 55, z. 2, s. 251–276.
- ERDŐS P., 2012 – Have oil and gas prices got separated? *Energy Policy*, t. 49, z. 3, s. 707–718.
- FATTOUH B., 2007 – WTI benchmark temporarily breaks down: it is really a big deal. *Middle East Economic Survey* t. 50, z. 20, 7 s.
- FATTOUH B., 2011 – An Anatomy of the Crude Oil Pricing System. *Oxford Energy Comment*, 83 s.
- GRANGER C.J.W., 1969 – Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, t. 37, z. 3, s. 424–438.
- GUJARATI D.N., 2003 – Basic econometrics. Wyd. 4. McGraw-Hill Higher Education, New York, s. 656–715.
- HAGSTROMER B., WLAZLOWSKI S., 2007 – Causality in Crude Oil Prices. *Applied Economics* t. 43, z. 23, s. 3337–3347.
- KAO Ch.W., WAN J.W., 2011 – Price discount, inventories and the distortion of WTI benchmark. *Energy Economics* t. 34, z. 1, s. 117–123.
- KARPIŃSKI M., 2012 – System zapasów interwencyjnych ropy naftowej i paliw Międzynarodowej Agencji Energetycznej. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 2, s. 57–70.
- KAUFMANN R., ULLMAN B., 2009 – Oil prices, speculation, and fundamentals: Interpreting causal relations among spot and futures prices. *Energy Economics* t. 31, z. 4, s. 550–558.
- KOWALIK S., HERCZAKOWSKA J., 2010 – Analiza i prognoza cen ropy naftowej na rynkach międzynarodowych. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2, s. 253–262.
- LEE Ch.Ch., ZENG J.-H., 2011 – Revisiting the relationship between spot and futures oil prices: Evidence from quantile cointegrating. *Energy Economics* t. 33, z. 5, s. 924–935.
- MASLYUK S., SMYTH R., 2008 – Unit root properties of oil spot and futures prices. *Energy Policy* t. 23, z. 7, s. 2591–2600.
- OSIŃSKA M., 2008 – Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych. Wyd. 1. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, s. 19–105.
- STEVENS P., 1995 – The determination of oil prices 1945–1995. *Energy Policy* t. 23, z. 10, s. 861–870.

Robert SOCHA

An analysis of price relations of selected grades of crude oil

Abstract

Trends observed in the global oil market after 2004 allowed to point out a range of fundamental changes, which resulted in price movements of different grades of crude oil, i.e. shifts in relation between the three benchmarks of crude oil, activities to establish new price benchmarks (Oman DME, Russian ESPO), cessation of utilizing WTI or Dubai as a reference price in valuation processes by few oil exporting countries. In this article we try to analyze a long term relations between prices of selected grades of crude oil and indicate which prices can be perceived as a cause for shift of other oil prices. Insufficient transparency of oil market and limited number of oil grades distributed in a free market could make use of analyzing price relations to highlight the determinants, which should be involved in price movements analyses or forecasts. In this analysis Engle – Granger test for co-integration was employed and after that test for Granger causality was utilized to check the direction of relation among different prices of crude oil in a period of strong price deviation 2004–2012 and period before that 1997–2003. Results indicate that the *broken benchmark* hypothesis for WTI crude oil could be accepted as a statistically probable. We also observe the marginalization of importance of another oil benchmark Dubai Fateh which before 2004 was a substantial point for other oil grades movement. Brent was the only one benchmark that could be perceived as an important factor for price shifts of other crude oil grades. Other crude oil grades, for which our attention should be drawn after 2004, are these produced in OPEC countries i.e. Arab Light, Arab Heavy, K. Export, Cabinda.

KEY WORDS: crude oil, price, price shock 2004, WTI, Brent, Dubai Fateh

