

*Dagna Wleklińska\**

## ANALIZA ZALEŻNOŚCI PRZYCZYNOWYCH W RYZYKU MIĘDZY RYNKIEM ROPY NAFTOWEJ A RYNKAMI REPREZENTUJĄCYMI INNE KLASY AKTYWÓW

**Streszczenie.** Wraz z rosnącą zmiennością instrumentów finansowych, zwłaszcza kontraktów na ropę naftową będącą strategicznym surowcem energetycznym, pojawia się potrzeba objęcia rynków finansowych szerszym niż dotychczas spektrum analiz. Koncepcja przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku stanowi jeden z możliwych kierunków analizy współzależności między rynkami finansowymi. Celem niniejszego opracowania jest zatem weryfikacja występowania zależności przyczynowych w ryzyku między kursem terminowym ropy naftowej a rynkami reprezentującymi inne klasy aktywów: akcje, obligacje, waluty. Wykorzystane dane dotyczą okresu od stycznia 2000 roku do stycznia 2015 roku. Wyniki przeprowadzonych analiz dostarczają argumentów potwierdzających istnienie związku przyczynowego między ceną ropy naftowej a notowaniami dziesięcioletnich obligacji japońskich. W odniesieniu do kursów walutowych występowanie zależności przyczynowych w ryzyku stwierdzono w przypadku tych walut, które kwotowane były w dolarach.

**Słowa kluczowe:** przyczynowość w sensie Grangera w ryzyku, zmienność, ropa naftowa, akcje, obligacje, waluty

**JEL:** C10, C12, C58, G12, G15

### 1. WPROWADZENIE

Wyjątkowa zmienność towarzysząca notowaniom, zwłaszcza ropy naftowej, powoduje, że kwestia ta stanowi częsty przedmiot dyskusji wśród wielu praktyków finansowych i uczestników rynku. Narastającej na rynkach finansowych niepewności wciąż towarzyszą pytania o relacje między ceną ropy naftowej a rynkami reprezentującymi inne klasy aktywów.

Druga połowa 2014 roku zakończyła czteroletni okres, podczas którego cena ropy naftowej utrzymywała się na względnie stałym i stabilnym poziomie. Wprawdzie załamanie dotknęło rynków większości surowców, jednak najbardziej spektakularne zmiany dotyczyły właśnie ropy, której cena z poziomu 115 dolarów za baryłkę w czerwcu 2014 roku spadła do zaledwie 47 dolarów na począt-

---

\* Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Katedra Ekonometrii i Statystyki.

ku stycznia 2015 roku. Oznacza to trzeci największy siedmiomiesięczny spadek w ciągu ostatnich trzech dekad:

- 1) listopad 1985 – marzec 1986 – spadek o 67%,
- 2) lipiec 2008 – grudzień 2008 – spadek o 75%,
- 3) czerwiec 2014 – styczeń 2015 – spadek o 55%.



Wykres 1. Notowania ropy naftowej typu Brent (\$/baryłkę)

W znacznym stopniu wpływ na spadek cen ropy naftowej miała podjęta 27 listopada 2014 roku podczas szczytu OPEC decyzja o utrzymaniu dotychczasowego wysokiego poziomu wydobycia tego surowca. Wielu inwestorów, a zwłaszcza tzw. producentów krańcowych wydobywających najdroższe baryłki tego surowca liczyło na choćby symboliczny spadek poziomu produkcji. Jednakże bez zgody Arabii Saudyjskiej będącej jedynym krajem dysponującym wolnymi mocami wydobywczymi ropy na poziomie ok. 2,5 mb/d i jednym z trzech najbogatszych krajów kartelu, obok Kuwejtu i Zjednoczonych Emiratów Arabskich, decyzje o zmianie poziomu wydobycia nie mogły być podjęte. W marcu i kwietniu 2015 roku produkcja tego surowca osiągnęła w tym kraju rekordowy poziom z 1980 roku. Także lokalni sojusznicy utrzymują wysokie tempo wydobycia, co rodzi bolesne konsekwencje dla krajów uzależnionych od eksportu ropy takich jak Wenezuela, Nigeria czy Rosja.

Na spadek cen ropy naftowej miała również wpływ korekta oczekiwań dotycząca przewidywanego i faktycznego popytu na ten surowiec. Ostatnie wydarzenia na globalnym rynku ropy miały bowiem miejsce w kontekście silne-

go, długoterminowego wzrostu podaży tego surowca pochodzącego zwłaszcza z niekonwencjonalnych źródeł w Stanach Zjednoczonych oraz w mniejszym stopniu z kanadyjskich piasków roponośnych i biopaliw. Przewidywano, że tendencja ta utrzyma się także w 2015 roku. Nie mniej jednak prognozy zapotrzebowania na ropę w 2014 roku okazały się być zbyt optymistyczne, rynek zareagował bowiem na sygnał o spowolnieniu gospodarki światowej spadkiem popytu na czarne złoto.

Gwałtowny spadek cen ropy naftowej wprawdzie zaowocował pewnymi korzyściami dla gospodarki światowej, ale częstotliwość i wielkość ruchów cen na rynku ropy rodzi pytanie o finansowe konsekwencje nagłego załamania, znajdującego swój wyraz między innymi w rosnącej zmienności na rynkach reprezentujących inne klasy aktywów. Należałoby zatem dokonać oceny tego, czy wywołana gwałtownym spadkiem cen czarnego złota niepewność może zostać przeniesiona na inne rynki. W związku z tym celem niniejszego opracowania jest weryfikacja występowania zależności przyczynowych w ryzyku między ceną kontraktów terminowych na ropę naftową a rynkami reprezentującymi inne klasy aktywów. Prawidłowa identyfikacja kierunków i siły oddziaływania wzrostów i spadków cen tego surowca może bowiem dostarczyć wielu istotnych informacji na temat charakteru reakcji pozostałych rynków.

Struktura artykułu jest następująca: Punkt 1. nawiązuje do dotychczasowych analiz empirycznych dotyczących makroekonomicznych i finansowych konsekwencji zmian cen ropy naftowej. Zwrócono uwagę na fakt, że większość dotychczas przeprowadzonych badań koncentruje się na aspekcie zmian w aktywności gospodarczej, do których dochodzi pod wpływem fluktuacji cen ropy naftowej. Przyjęta w badaniu metodologia badania zależności przyczynowych w sensie Grangera w ryzyku została zaprezentowana w Punkcie 2. Punkt 3. ma natomiast charakter empiryczny. Przedstawiono w nim strukturę wykorzystanych danych, wyniki przeprowadzonych badań oraz wskazano na płynące z nich wnioski. Podsumowanie stanowi syntezę wyników przeprowadzonych analiz wraz z uwzględnieniem możliwych kierunków dalszych badań.

## 2. PRZEGLĄD LITERATURY

Zdecydowana większość badań dotyczących zmienności cen ropy naftowej skoncentrowana jest na analizie jej makroekonomicznych skutków (Hamilton, 1983). Hamilton podjął próbę identyfikacji siły zależności między ceną ropy naftowej a wielkością produktu krajowego brutto. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdził, iż fakt, że dziewięć z dziesięciu recesji gospodarki amerykańskiej po II wojnie światowej było poprzedzonych gwałtownym wzrostem ceny ropy naftowej, nie stanowił jedynie zaskakującego zbiegu okoliczności.

Wiele analiz empirycznych dotyczy ponadto problemu wpływu szoków naftowych na aktywność gospodarczą (Rodrigues, Sanchez, 2004). Dowiedziono między innymi, że wbrew powszechnym opiniom o liniowym związku między ceną ropy naftowej a aktywnością gospodarczą, relację tę cechuje w rzeczywistości nieliniowość. Co więcej, należy mówić o pewnej asymetrii odnośnie siły oddziaływania spadków i wzrostów ceny ropy naftowej na realną produkcję. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań Rodrigues i Sanchez zauważyli, że w perspektywie jednego roku od wystąpienia negatywnego szoku cenowego spadek cen ropy naftowej okazywał się być czynnikiem stymulującym amerykańską i brytyjską gospodarkę. Co ciekawe, spadek cen ropy okazał się być niekorzystny dla Kanady, co częściowo można uzasadnić faktem, że na początku lat 80. kraj ten, uruchamiając efektywną produkcję ropy naftowej, stał się tym samym jej eksporterem.

Analizę wpływu szoków naftowych na aktywność gospodarczą krajów G7 przeprowadzili Cologne i Manera (Cologne, Manera, 2005), chcąc tym samym ocenić, czy w ciągu ostatnich 20 lat mogło dojść do transmisji negatywnych impulsów wywołanych zmianami cen ropy naftowej na sferę realną gospodarki. Na podstawie otrzymanych wyników doszli do wniosku, że następstwem szoków naftowych w większości przypadków był nieoczekiwany wzrost poziomu inflacji oraz spadek dynamiki produkcji. Banki centralne, aby nie dopuścić do dalszych spadków, decydowały się na obniżenie stóp procentowych, podczas gdy władze monetarne większości krajów przez wzgląd na prowadzoną przez siebie restrykcyjną politykę pieniężną decydowały się na podniesienie stóp procentowych, by w ten sposób walczyć z inflacją. Przeprowadzone przez Cologne i Manera analizy wskazują jednak na to, że niektóre makroekonomiczne konsekwencje gwałtownego spadku cen ropy naftowej w 1990 roku wynikały pośrednio właśnie z niewłaściwej reakcji władz monetarnych.

Jednym z kierunków dotychczas przeprowadzonych analiz była także identyfikacja zależności między kursami walutowymi i rynkiem akcji, a cenami ropy naftowej (Fratzcher, Schneidr i Robays, 2014). Przeprowadzone badania potwierdziły występowanie obustronnej zależności przyczynowej między wspomnianymi dwiema klasami aktywów a ropą naftową. Na dziesięcioprocentowy wzrost cen tego surowca rynek odpowiadał deprecjacją dolara amerykańskiego o 0,28 procent. Natomiast osłabienie się dolara o jeden procent prowadziło do wzrostu ceny ropy o 0,73 procent. W związku z tym należy mówić o wzajemnym współoddziaływaniu na siebie wskazanych rynków. Autorzy Ci wskazują ponadto, że zarówno rynek ropy naftowej, jak i kurs wymiany dolara amerykańskiego wrażliwe są na szoki pochodzące z rynków innych aktywów, zwłaszcza papierów wartościowych. Już jednoprocenowy wzrost na tym rynku prowadzi do wzrostu ceny ropy naftowej o 0,7 procent. Z kolei rosnące ryzyko i wywołana nim niepewność odzwierciedlona zmianami indek-

su VIX<sup>1</sup> nie tylko skutkuje spadkiem cen ropy naftowej, ale prowadzi również do aprecjacji dolara amerykańskiego, co w literaturze często określane jest mianem zjawiska *flight-to-safety*<sup>2</sup>. Co ciekawe, pozytywny efekt finansjalizacji rynku ropy naftowej, mający swój wyraz we wzroście liczby zawieranych kontraktów, skutkuje windowaniem cen tego surowca, wobec czego, zdaniem autorów, nasilające się od początku XX wieku zjawisko finansjalizacji rynków może stanowić uzasadnienie dla rosnących cen ropy naftowej.

Dhaoui i Khraief (2014), opierając się na danych miesięcznych od stycznia 1991 do września 2013 roku dla ośmiu rozwiniętych krajów, dokonali empirycznej analizy wpływu cenowych szoków ropy naftowej na giełdy papierów wartościowych. Badanie potwierdziło występowanie silnej negatywnej zależności między ceną ropy naftowej a stopami zwrotu z akcji notowanych na siedmiu z ośmiu łącznie objętych analizą parkietów. Natomiast wpływ cen ropy naftowej na indeksy zmienności stóp zwrotu okazał się statystycznie istotny w przypadku sześciu giełd

Jednakże wśród przeprowadzonych analiz empirycznych zdecydowana mniejszość skoncentrowana jest na analizie relacji między cenami ropy naftowej a innymi rynkami, które również, obok rynku akcji, narażone są na absorpcję impulsów wywołanych gwałtownymi zmianami cen ropy naftowej. Le i Chang (2011) starali się określić, czy w odniesieniu do dwóch najważniejszych surowców, jakimi są złoto i ropa naftowa, należy mówić o zjawisku korelacji, czy też zależności przyczynowej. Na podstawie przeprowadzonych badań wysnuli wnioski, że kanałami, za pośrednictwem których ropa naftowa oddziałuje na rynek złota, jest poziom inflacji oraz kurs dolara. W długim horyzoncie czasowym wzrost cen ropy naftowej generuje bowiem wyższą inflację, w konsekwencji czego popyt na złoto rośnie, prowadząc tym samym do wzrostu jego ceny. Należy podkreślić, że przeprowadzone przez Li i Changa analizy dowodzą, że złoto może być skutecznym instrumentem zabezpieczającym przed ryzykiem inflacji. Co więcej, złoto i ropa naftowa są względem siebie substytucyjne wobec czego mogą, zdaniem autorów, stanowić składnik portfeli inwestycyjnych denominowanych w dolarach.

<sup>1</sup> VIX (Market Volatility Index) to bazujący na wycenach opcji chicagowskiej giełdy CBOE wskaźnik odzwierciedlający oczekiwaną przez inwestorów zmienność kursów na Wall Street. Jego wysokie wartości świadczą o dużej niepewności co do przyszłych notowań, a w związku z tym pojawiających się okazji kupna przecenionych akcji. VIX mierzy zmienność implikowaną na rynku akcji amerykańskich, opierając się na notowaniach opcji na indeks S&P 500. Istotny jest fakt, że jest to zmienność oczekiwana w najbliższych 30 dniach. Nie chodzi przy tym o określenie kierunku ruchu S&P 500, ale o jego siłę. Sam indeks VIX znajduje się w systemie obrotu za pomocą instrumentów pochodnych, [*The CBOE Volatility Index – VIX. The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange*, CBOE, <https://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf> (data dostępu: 15.08.2015 r.).

<sup>2</sup> Więcej na temat zjawiska *flight-to-safety*: Bacle, Bekert, Inghelbrecht, M. Wei, 2013.

### 3. METODOLOGIA BADANIA ZALEŻNOŚCI PRZYCZYNOWYCH W SENSIE GRANGERA W RYZYKU

Wykorzystanie wskaźników zmienności jako miary ryzyka jest niezwykle popularne w analizach empirycznych dotyczących zarówno zagadnień finansowych, jak i w odniesieniu do problemów makroekonomicznych. Nie mniej jednak z praktycznego punktu widzenia, kiedy analizowane szeregi czasowe dotyczą procesów narażonych na występowanie ponadprzeciętnych zmian, do bardziej satysfakcjonujących wniosków może prowadzić analiza pod kątem zależności przyczynowych w ryzyku.

Koncepcja przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku została wprowadzona w 2009 roku przez Honga, Liu i Wanga (2009) i stanowiła niejako odpowiedź na nieścisłości związane z odzwierciedlaniem wielkości ryzyka inwestowania w instrument finansowy za pomocą wariancji. Stosowanie jej znajduje swoje uzasadnienie w analizach dotyczących wartości oczekiwanej zarówno ponadprzeciętnych strat, jak i zysków, podczas gdy będąca nieodzownym elementem inwestowania na rynku finansowym niepewność odnosi się w sposób implicytny do ryzyka poniesienia strat. Co więcej, odrzucenie hipotezy o występowaniu zależności przyczynowych w warunkowej wariancji i średniej nie musi oznaczać ich braku w odniesieniu do ryzyka, ponieważ o występowaniu przyczynowości świadczyć mogą chociażby wspólne zmiany kurtozy lub skośności (Osińska, 2011).

Przyczynowość w sensie Grangera w ryzyku często określana jest mianem przyczynowości informacyjnej, co wskazuje na związek z przepływem informacji między poszczególnymi rynkami finansowymi. W związku z tym ryzyko jednego instrumentu może być absorbowane przez rynki innych klas aktywów (Osińska, 2009). W zaproponowanej przez Honga, Liu i Wanga koncepcji weryfikacji podlega hipoteza, zgodnie z którą występowanie dużej niepewności na jednym rynku pozwala lepiej prognozować pojawienie się podobnego ryzyka na innym. Niech zatem  $X_t$  i  $Y_t$  stanowią reprezentację stacjonarnych procesów stochastycznych i niech  $F_{t,XY} = \{X_{t-j}, Y_{t-j}; j > 0\}$  stanowi zbiór wszystkich dostępnych informacji dotyczących obu procesów w czasie  $t$ . Wówczas  $F_{t,X} = \{X_{t-j}; j > 0\}$  będzie zbiorem informacji z pominięciem tych dotyczących przeszłych wartości procesu  $Y_t$ . Wobec tego testowaniu podlegać będzie następująca hipoteza zerowa:

$$P(X_t \leq -\text{VaR}_{X_t}^l(\alpha) | F_{t-1,X}) = P(X_t \leq -\text{VaR}_{X_t}^l(\alpha) | F_{t-1,XY}), \quad (1)$$

gdzie:  $\text{VaR}_{X_t}^l(\alpha)$  oznacza wartość zagrożoną  $X_t$  dla pozycji długiej na poziomie istotności  $\alpha$ , i oznacza, że  $Y_t$  nie stanowi przyczyny w sensie Grangera w ryzyku dla  $X_t$ . Wartość zagrożona instrumentu definiowana jest natomiast za pomocą następującego równania  $P(X_t \leq -\text{VaR}_{X_t}^l(\alpha) | F_{t-1,X}) = \alpha$ .

W niniejszym artykule pod rozwagę wzięte zostały procentowe logarytmiczne stopy zwrotu otrzymane za pomocą następującej formuły:

$$r_t = 100 (\ln P_t - \ln P_{t-1}), \tag{2}$$

gdzie:  $P_t$  oznacza cenę instrumentu finansowego w czasie  $t$ .

Niech zatem:

$$r_t = \mu_t + y_t \tag{3}$$

$$y_t = \sigma_t \varepsilon_t \tag{4}$$

gdzie:  $\mu_t = E(r_t | F_{t-1,r})$ ,  $\sigma_t^2 = E(y_t^2 | F_{t-1,r}) = \text{var}(r_t | F_{t-1,r})$ , a  $\varepsilon_t \sim \text{iid}(0, 1)$ .

Wówczas:

$$\text{VaR}_{t-1}^l(\alpha) = -\mu_t(1) - \sigma_t(1)z_\alpha, \tag{5}$$

gdzie:  $z_\alpha$  oznacza kwantyl rzędu rozkładu zmiennej  $\varepsilon_t$ , natomiast  $\mu_t(1)$  oraz  $\sigma_t(1)$  odzwierciedlają prognozy jednodniowe warunkowej średniej i zmienności otrzymane na drodze dopasowania właściwego modelu zmienności dla warunkowej wariancji.

Testowaniu podlega hipoteza, zgodnie z którą  $E\{I_{r_{X,t}} | F_t \setminus r_{Y,t}\} = E\{I_{r_{X,t}} | F_t\}$ , gdzie:  $I_{r_t}$  oznacza wskaźnikową funkcję ryzyka dla pozycji długiej, postaci:

$$I_{r_t}^l = 1(r_t \leq -\text{VaR}_{r_t}^l(\alpha)) = \begin{cases} 0 & \text{dla } r_t > -\text{VaR}_{r_t}^l(\alpha) \\ 1 & \text{dla } r_t \leq -\text{VaR}_{r_t}^l(\alpha) \end{cases}, \tag{6}$$

Można w związku z tym uznać, że badanie przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku sprowadza się do analizy przyczynowości w średniej między  $I_{r_{X,t}}$  i  $I_{r_{Y,t}}$ . Analizując wpływ informacji napływających z maksymalnym opóźnieniem do dwóch tygodni, zaleca się stosowanie statystyki Cheunga i Ng, która jest zbieżna do rozkładu  $\chi^2(M)$  i wyrażona jest za pomocą następującej formuły:

$$\text{CHN} = T \sum_{j=1}^M r^2(j) \tag{7}$$

W zaproponowanej przez Honga w 2001 roku modyfikacji testu Cheunga i Ng korelacjom odpowiadającym niższemu rzędowi przypisuje się wyższe wagi. Dzięki temu można uwzględnić ważny aspekt starzenia się napływających informacji. Stosowana statystyka testowa wygląda następująco (Hong, 2001):

$$\text{Q1} = \frac{T \sum_{j=1}^{T-1} k^2 \left( \frac{j}{M+1} \right) r^2(j) - C(k)}{\sqrt{2D(k)}}, \tag{8}$$



gdzie:  $T$  jest liczebnością próby,  $r(j)$  jest estymatorem współczynnika korelacji między funkcjami wskaźnikowymi ryzyka odpowiednio dla procesów  $X_t$  i  $Y_t$ , tj.  $r(j) = \hat{\rho}(j)$ , natomiast  $C(k)$  i  $D(k)$  obliczane są w oparciu o następujące formuły:

$$C(k) = \sum_{j=1}^{T-1} \left(1 - \frac{j}{T}\right) k^2 \left(\frac{j}{M+1}\right), \quad (9)$$

$$D(k) = \sum_{j=1}^{T-1} \left(1 - \frac{j}{T}\right) \left(1 - \frac{j+1}{T}\right) k^4 \left(\frac{j}{M+1}\right). \quad (10)$$

Statystyka Q1 jest zbieżna do rozkładu normalnego standaryzowanego, jeśli  $M$  zmierza do nieskończoności. Zastosowana w procedurze testowej funkcja  $k(z)$  może być zdefiniowana na kilka sposobów. Najczęściej jednak występuje ona pod postacią wagowej funkcji Barletta, której formuła zakłada liniowość procesu starzenia się informacji:

$$k(z) = \begin{cases} 1 - |z|, & |z| < 1, \\ 0, & |z| \geq 1. \end{cases} \quad (11)$$

#### 4. EMPIRYCZNA ANALIZA ZALEŻNOŚCI PRZYCZYNOWYCH W RYZYKU MIĘDZY CENAMI ROPY NAFTOWEJ A RYNKAMI INNYCH KLAS AKTYWÓW

##### 4.1. Przedmiot badania i struktura wykorzystanych danych

Celem niniejszego badania jest weryfikacja występowania zależności przyczynowych w sensie Grangera w ryzyku między ceną ropy naftowej WTI a rynkami reprezentującymi różne klasy aktywów. Łącznie badaniu poddano dwanaście szeregów czasowych. Ich wyszczególnienie wraz z odpowiadającymi im skrótami przedstawiono w tabeli 1.

Przez wzgląd na różnorodność dostępnych w obrocie typów ropy punktem odniesienia zarówno dla producentów, jak i konsumentów ropy naftowej są publikowane od 1980 roku benchmarki ropy naftowej. Jednym z najważniejszych z nich jest ropa naftowa West Texas Intermediate stanowiąca instrument bazowy kontraktów terminowych notowanych na giełdzie Nymex. Należy zaznaczyć, że zgodnie z wynikami przeprowadzonych przez Grucana<sup>3</sup> badań, kurs terminowy na ropę naftową stanowi nieobciążony predyktor przyszłego kursu natychmiastowego. Z tego względu za cenę ropy naftowej przyjęto kurs terminowy kontraktów na nią.

<sup>3</sup> G. S. Gürcan, *Efficiency in the Crude Oil Futures Market*, „Journal of Energy Finance and Development”, No. 3, 1998, p. 13–21.



Tabela 1

Charakterystyka wykorzystanych szeregów czasowych

Rynek surowców energetycznych			
Ropa Naftowa WTI (CL.F)			
Dziesięcioletnie obligacje skarbowe			
japońskie (JPY.B)	amerykańskie (USY.B)	niemieckie (DEY.B)	brytyjskie (UKY.B)
Rynek akcji			
Nikkei 225 (NKX)	S&P 500 (SPX)	DAX (DAX)	FTSE 250 (FTM)
Rynek walutowy			
USD/JPY	USD/CHF	EUR/USD	GBP/USD

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku dziesięcioletnich obligacji rządowych z uwagi na ograniczoną dostępność danych badanie przeprowadzono dla procentowych, logarymicznych stóp zwrotu z okresu od grudnia 2005 do stycznia 2015 roku. Natomiast dane dotyczące pozostałych aktywów pochodzą z okresu od stycznia 2000 do stycznia 2015 roku. W tabeli 2. przedstawiono najważniejsze charakterystyki opisowe wziętych pod uwagę szeregów czasowych.

Tabela 2

Statystyki opisowe dla logarymicznych stóp zwrotu analizowanych aktywów

	Aktywa	Minimum	Średnia	Maksimum	Odch. St.	Skośność	Kurtoza
10-letnie obligacje rządowe	UKY.B	-10,2680	-0,0397	15,061	1,9444	0,30738	4,9799
	DEY.B	-13,5720	-0,0849	16,489	2,2949	0,32828	6,0053
	JPY.B	-17,0210	-0,0334	17,575	2,2462	0,19950	5,2661
	USD.B	-10,3600	-0,0704	15,916	2,1292	0,50870	3,9235
Rynek akcji	NKX	-12,1110	-0,0043	13,235	1,6008	-0,4443	6,2251
	DAX	-10,1630	0,0106	10,797	1,6286	-0,0914	4,1852
	FTM	-8,8499	0,0270	8,0187	1,1799	-0,3275	5,2808
	SPX	-9,4695	0,0106	10,424	1,3386	-0,2018	7,2297
Rynek walutowy	EUR/UD	-3,1163	0,0042	3,4157	0,6530	0,0146	1,6513
	USD/JPY	-3,8908	0,0039	5,2366	0,6553	-0,0435	3,7899
	GBP/UD	-6,0731	-0,0013	3,1123	0,5786	-0,5886	5,1290
	USD/CF	-4,9333	-0,0118	9,0795	0,7033	0,3775	10,083
Ropa	CL.F	-17,4570	0,0323	8,5870	2,3913	-0,3590	5,2149

Źródło: opracowanie własne.

Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na to, że rozkład logarytmicznych stóp zwrotu większości aktywów charakteryzuje się asymetrią. Świadczą o tym podwyższone wartości skośności. Dodatnia wartość współczynnika kurtozy pozwala natomiast stwierdzić, że stopa zwrotu każdego z analizowanych instrumentów finansowych charakteryzuje się rozkładem leptokurtycznym, w związku z czym prawdopodobieństwo wystąpienia obserwacji ekstremalnych jest większe niż w przypadku rozkładu normalnego.

#### 4.2. Wyniki empiryczne

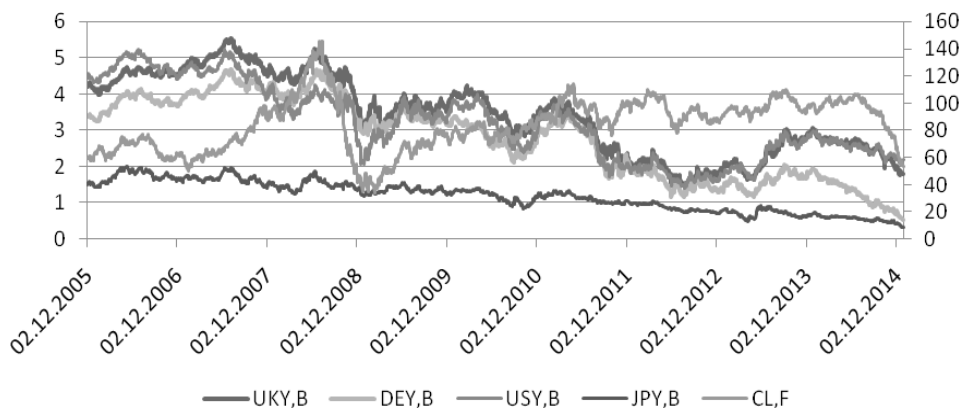
Wykorzystanie koncepcji przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku stanowi jeden z możliwych kierunków analizy współzależności między rynkiem ropy naftowej a rynkami reprezentującymi inne klasy aktywów. O stopniu ich wzajemnego powiązania może bowiem świadczyć sposób, w jaki wywołana nagłymi zmianami cen tego surowca niepewność zostaje przeniesiona na pozostałe rynki, znajdując swoje odzwierciedlenie w zmianach cen notowanych na nich walorów.

Punkt wyjścia analizy zależności między ropą naftową a rynkami obligacji, akcji oraz parami walut stanowiło dopasowanie odpowiedniego modelu zmienności. Charakterystyki stóp zwrotu finansowych szeregów czasowych przemasowały za wykorzystaniem modeli klasy GARCH z uogólnionym rozkładem błędu (General Error Distribution). Tradycyjna postać rozkładu GED najczęściej wykorzystywana jest do opisu własności rozkładów standaryzowanych reszt modelu wokół modalnej, podczas gdy rozkład t-studenta daje lepsze rezultaty w przypadku opisu ogonów rozkładów reszt. Z uwagi na fakt, że pojęcie ryzyka związane jest niewątpliwie z ogonami rozkładów, gdyż w swej istocie najczęściej odnosi się ono do ekstremalnych wahań cen instrumentów finansowych, poprawienie jakości dopasowania modelu wymagało odpowiedniej modyfikacji testu t-studenta, by użyć rozkład o zerowej średniej, wariancji jednostkowej oraz możliwej asymetrii.

Weryfikacji hipotezy o braku przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku dokonywano w oparciu o metodologię zaproponowaną przez Cheunga i Ng oraz Honga. Dzięki przyjętemu szerokiemu spektrum wartości parametru  $M$  możliwa była ocena wpływu informacji odpowiadających różnym horyzontom czasowym. Rozpoczęto od informacji sprzed tygodnia giełdowego ( $M=5$ ) aż do wartości bliskich prawie trzem miesiącom giełdowym ( $M=50$ ). Przyjmuje się, że dla opóźnienia do dwóch tygodni powinien być stosowany test Cheunga i Ng. Wyniki testu Honga brane są natomiast pod uwagę w przypadku dalszych opóźnień czasowych.

Mając na uwadze strukturę globalnego rynku finansowego, należy stwierdzić, że jednym z najważniejszych jego elementów są obligacje rządowe. Problematyka tych wirtualnych papierów wartościowych jest niezwykle istotna przez

wzgląd na ich rolę w finansowaniu deficytu budżetowego. W ostatnim okresie kształtowanie się cen na światowym rynku obligacji rządowych było w znacznym stopniu zdeterminowane obniżaniem presji inflacyjnej w związku z nagłym spadkiem cen ropy naftowej.



Wykres 2. Stopy zwrotu z dziesięcioletnich obligacji skarbowych a cena ropy naftowej (\$/za baryłkę)

Na wykresie 2 wyraźnie widać, że przy uwzględnieniu całego przyjętego w badaniu horyzontu czasowego najmniejszą zmiennością charakteryzowały się dziesięcioletnie obligacje rządowe Japonii. Analizując natomiast okres kryzysu finansowego 2008–2010, można przypuszczać, że to właśnie japońskie dziesięciolatki najmniej dotkliwie odczuły konsekwencje załamania na globalnym rynku finansowym.

Wyniki testowania zależności przyczynowych w ryzyku między ropą naftową a dziesięcioletnimi obligacjami skarbowymi Stanów Zjednoczonych, Japonii, Niemiec i Wielkiej Brytanii przedstawiono w tabeli 3.

Biorąc pod uwagę pięciodniowe opóźnienie, na poziomie istotności 5% przyczynowość w sensie Grangera w ryzyku wykryto między kursem terminowym ropy naftowej a dziesięcioletnimi obligacjami amerykańskimi. W związku z tym prognozowanie zwrotu z inwestycji w tę klasę aktywów może przynieść lepsze efekty, jeżeli pod uwagę wzięte zostaną informacje sprzed pięciu dni na temat kształtowania się cen ropy naftowej.

Uwzględniając natomiast miesięczne opóźnienie, na poziomie istotności 10% występowanie zależności przyczynowej w ryzyku należy stwierdzić dla japońskich „dziesięciolatek”. Ekstremalne wahania cen skutkują następującym z blisko miesięcznym opóźnieniem przepływem informacji między rynkiem ropy naftowej a japońskim rynkiem obligacji rządowych. W pozostałych przypadkach nie było podstaw, by odrzucić hipotezę zerową o braku przyczynowości w ryzyku.

Tabela 3

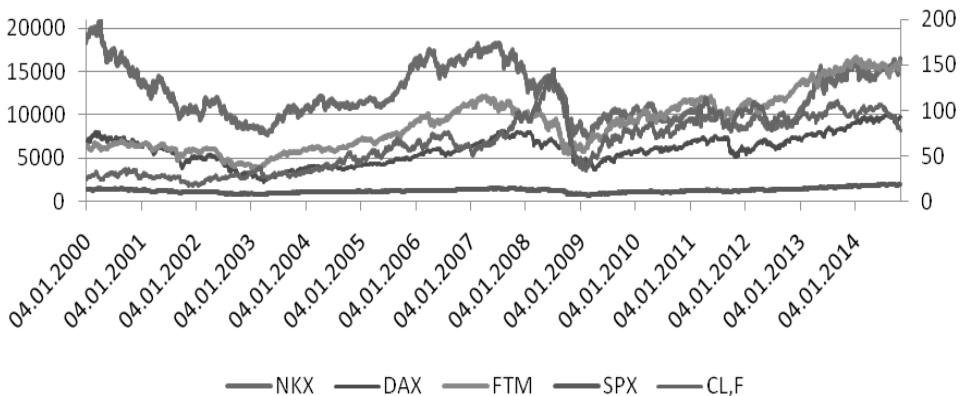
Wyniki testowania przyczynowości w ryzyku między cenami ropy naftowej a szeregami reprezentującymi rynek dziesięcioletnich obligacji rządowych Wielkiej Brytanii, Niemiec, Japonii oraz Stanów Zjednoczonych

Wyniki testu				
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera w ryzyku dla 10.UKY.B			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	0,2622 (0,3966)	0,4517 (0,3257)	0,7853 (0,2101)	0,9602 (0,1685)
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera w ryzyku dla 10.DEY.B			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,1703 (0,5676)	-0,0220 (0,5088)	-0,2748 (0,5781)	-0,3138 (0,6232)
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera w ryzyku dla 10.JPY.B			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	0,4989 (0,3089)	1,1207 (0,1312)	1,4327 (0,0760)*	1,2699 (0,1021)
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera w ryzyku dla 10.USY.B			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	1,6547 (0,0490)**	0,8629 (0,1941)	0,3871 (0,3493)	0,3182 (0,3752)

\*\* Oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 5%;

\* oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 10%.

Źródło: opracowanie własne.



Wykres 3. Indeksy giełdowe, a cena ropy naftowej (\$/za baryłkę)

Spadek cen ropy naftowej będącej podstawowym surowcem strategicznym w funkcjonowaniu wielu gałęzi przemysłu jest negatywny zwłaszcza dla krajów będących eksporterem tego surowca. Wpływ zmian cen ropy naftowej na indeksy giełdowe nie ma oczywiście charakteru bezpośredniego, ale oddziałując na przepływy pieniężne poszczególnych firm, przekłada się na ceny ich akcji, a w konsekwencji może doprowadzić do zmian w całych indeksach. Na wykresie<sup>3</sup> przedstawiono stopy zwrotu z indeksów giełdowych w odniesieniu do ceny ropy naftowej. Chcąc dokonać wstępnej oceny zbieżności, można stwierdzić, że biorąc pod uwagę cały przyjęty horyzont czasowy, najłatwiej dostrzegalna jest ona w odniesieniu do japońskiego indeksu Nikkei 225. Nie mniej jednak zauważyć można okresy, w których stopy zwrotu z indeksów giełdowych poruszały się w przeciwnym kierunku niż ceny ropy naftowej. Wyniki testowania przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku między kursem terminowym ropy naftowej a indeksami S&P500, Nikkei, FTSE250 i DAX przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wyniki testowania przyczynowości w ryzyku między cenami ropy naftowej, a indeksami akcji

Wyniki testu				
H <sub>0</sub>	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla NKX w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	7,9451 (0,0000)**	6,2664 (0,0000)**	4,6395 (0,0000)**	2,8414 (0,0022)**
H <sub>0</sub>	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla DAX w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,4573 (0,6763)	-0,5645 (0,7138)	-0,3212 (0,6260)	-0,1103 (0,5440)
H <sub>0</sub>	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla FTM w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,4277 (0,6656)	-0,49883 (0,6911)	-0,4552 (0,6755)	-0,4969 (0,6904)
H <sub>0</sub>	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla SPX w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,2366 (0,5951)	-0,01291 (0,5052)	-0,2246 (0,5889)	-0,4402 (0,6701)

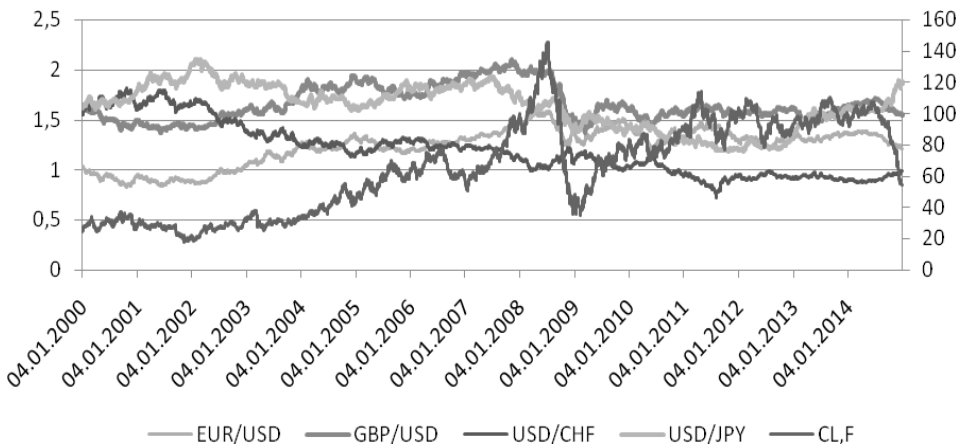
\*\* oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 5%;

\* oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 10%.

Źródło: opracowanie własne.

Wbrew temu, czego się spodziewano, jedynym indeksem wrażliwym na zmiany cen ropy naftowej był japoński Nikkei. Na poziomie istotności 5% stwierdzono występowanie przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku dla wszystkich z wziętych pod uwagę opóźnień czasowych. W związku z tym ryzyko wywołane nagłym zmianami cen ropy naftowej już w przeciągu pięciu dni od jego wystąpienia znajduje swoje odzwierciedlenie w notowaniach indeksu Nikkei. Dla Japonii będącej importerską ropy naftowej spadek jej cen jest czynnikiem stymulującym gospodarkę.

Zagadnienie relacji między cenami ropy naftowej a kursami walut stanowi jeden z najbardziej interesujących aspektów funkcjonowania współczesnych rynków. Chociaż biorąc pod uwagę czysto spekulacyjny punkt widzenia, stanowią one jedną z wielu klas aktywów, to w kontekście ekonomicznym rynek walutowy jest istotnym pośrednikiem między skomplikowanymi mechanizmami globalnej gospodarki. Nie mniej jednak, z uwagi na fakt, że poszczególne rynki kierują się własnymi prawami, pewien stopień zależności między nimi zdaje się być dostrzegalny tylko wtedy, jeśli pod uwagę weźmie się długi horyzont czasowy. W praktyce jednak zależność między ceną ropy naftowej a kursami walut nie zawsze może być utożsamiana z faktycznymi współzależnościami, na podstawie których można wnioskować o przyszłych zmianach kursów walutowych.



Wykres 4. Kursy walut, a cena ropy naftowej (\$/za baryłkę)

Najbardziej istotne, aczkolwiek oczywiste zależności między cenami ropy naftowej a rynkiem walutowym dotyczą niewątpliwie dolara amerykańskiego. Uzasadnieniem dla odwrotnej zależności między kursem tej waluty a cenami większości surowców jest fakt, że handel nimi odbywa się właśnie z wykorzystaniem dolara. Generowany w ten sposób globalny popyt na tę walutę powodo-

wał, że Stany Zjednoczone przez lata mogły finansować deficyt budżetowy poprzez dodrukowywanie pieniądza. Co ciekawe, odbywało się to bez większego uszczerbku dla stabilności tej waluty, gdyż przez wzgląd na jej szerokie zastosowanie dodatkowa ilość dolarów bardzo szybko rozpląwała się w globalnym systemie transakcyjnym.

Interpretacja zależności między rynkiem ropy naftowej a kursami walut zde-terminowana jest w znacznym stopniu rolą, jaką odgrywa kraj waluty bazowej w światowym handlu ropą naftową. Jeśli dany kraj jest eksporterem tego surowca, to wzrost cen skutkuje aprecjacją danej waluty, czyli windowaniem jej kursu. Natomiast w przypadku importerów ropy naftowej wzrost cen tego surowca prowadzi do osłabienia waluty danego kraju.

Tabela 5

Wyniki testowania przyczynowości w ryzyku między cenami ropy naftowej, a parami walut

Wyniki testu				
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla EUR/USD w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	2,2270 (0,0130)**	2,2334 (0,0128)**	1,6715 (0,0473)**	1,1727 (0,1205)
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla USD/JPY w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,6272 (0,7347)	-0,8589 (0,8048)	-0,8441 (0,8807)	-0,6225 (0,7332)
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla GBP/USD w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,0405 (0,5162)	0,0589 (0,4765)	0,6753 (0,2498)	1,6710 (0,0474)**
$H_0$	CL.F nie jest przyczyną w sensie Grangera dla USD/CHF w ryzyku			
M	5	10	20	50
Wart. statystyki	-0,4269 (0,6653)	-0,5950 (0,7241)	-0,4605 (0,6774)	-0,23177 (0,5916)

\*\* oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 5%;

\* oznacza odrzucenie hipotezy zerowej na poziomie istotności 10%.

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z logiką zakładanych prawidłowości na poziomie istotności 5% hipotezę o braku przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku należało odrzucić w przypadku kursu EUR/USD. W tym kontekście ryzyko wywołane nagłymi zmianami cen ropy naftowej z łatwością znajduje swoje odzwierciedlenie w kur-



sie euro kwotowanym w dolarach. Uzasadnieniem tych prawidłowości jest z pewnością fakt, że dolar będący punktem odniesienia dla waluty bazowej (euro) jest główną walutą rozliczeniową transakcji dotyczących ropy naftowej.

Na poziomie istotności 5% występowanie zależności przyczynowej w ryzyku stwierdzono również dla kursu GBP/USD. Wraz ze wzrostem opóźnienia wartość statystyki rosła, natomiast p-value malało. Dopiero przy wartości parametru M na poziomie 50 wartość statystyki testowej okazała się być istotna. Może świadczyć to o tym, że transmisja ryzyka między rynkiem ropy naftowej a tą parą walutową nie ma charakteru bezpośredniego. Jednakże z uwagi na fakt, że również i w tym przypadku punktem odniesienia do waluty bazowej (GBP) jest dolar amerykański odgrywający kluczową rolę w handlu surowcami, kurs tej pary walutowej jest z pewnością wrażliwy na zmiany cen ropy naftowej.

## 5. PODSUMOWANIE

Rosnący na skutek procesów globalizacyjnych stopień zintegrowania rynków finansowych, a co się z tym wiąże, wzrost zagrożenia w postaci transmisji kryzysów przemawia za koniecznością objęcia ich szerszym spektrum analiz. Zwłaszcza w kontekście rosnącej zmienności instrumentów finansowych i pojawiającej się wraz z nimi na rynkach niepewności wzrasta potrzeba analiz współzależności między nimi. Ropa naftowa to strategiczny surowiec, którego cena pośrednio lub bezpośrednio oddziałuje na niemalże wszystkie dziedziny życia. Dlatego też w niniejszym artykule analizie poddano kwestię zależności przyczynowych w sensie Grangera w ryzyku między ceną ropy naftowej, a rynkami reprezentującymi takie klasy aktywów jak obligacje, akcje oraz waluty. Przeprowadzone badanie empiryczne opierało się na metodologii zaproponowanej przez Cheunga i Ng oraz jej modyfikacji opracowanej przez Honga.

Przedstawione wyniki badań wskazują na występowanie zależności przyczynowych w ryzyku między cenami ropy naftowej a dziesięcioletnimi obligacjami japońskimi. Uzasadnieniem może być fakt, że Japonia jest trzecim największym importerem tego surowca. Może to stanowić również uzasadnienie dla faktu, że istotna statystycznie okazała się również zależność między ropą naftową a japońskim indeksem Nikkei 225. W odniesieniu do rynku walutowego cena ropy naftowej stanowiła przyczynę w ryzyku w odniesieniu do tych par walutowych, w których waluta bazowa kwotowana była w odniesieniu do amerykańskiego dolara, gdyż jest on główną walutą rozliczeniową w systemie handlu ropą naftową.

Przeprowadzone analizy stanowią jednak jedynie wycinek szeregu wzajemnych powiązań między rynkiem ropy naftowej a rynkami innych klas aktywów. Jako dalsze kierunki badań należałoby zatem wskazać podział okresu badaw-

czego na przedziały czasowe z uwzględnieniem globalnego kryzysu finansowego 2008–2010. Wówczas możliwa byłaby ocena tego, czy w odniesieniu do współoddziaływania ze sobą wspomnianych rynków siła zależności między nimi wzrasta w okresie dekonunktury i maleje w czasie prosperity, jak to ma miejsce w przypadku rynku akcji (Szulc, Wleklińska, Górna, Górna, 2015).

## BIBLIOGRAFIA

- Bacle L., Bekert G., Inghelbrecht K., Wei W. (2013), *Flight to Safety*, Discussion Paper No. 19095, National Bureau of Economic.
- Cologne A., Manera M. (2005), *Oil prices, inflation and interest rates in a structural cointegrated VAR model or the G-7 countries*, *Energy Economics*, 30 (3), p. 856–888.
- Dhaoui A., Khraief N. (2014), *Empirical Linkages between Oil Prices and Stock Market Returns and Volatility: Evidence from International Developed Markets*, [w:] [www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2014-12](http://www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2014-12).
- Fratzcher M., Schneider D., Robays I. V. (2014), *Oil prices, exchanges rates and asset prices*, European Central Bank Working Paper Series, No 1689.
- Gürcan G. S. (1998), *Efficiency in the Crude Oil Futures Market*, „*Journal of Energy Finance and Development*”, 3, p. 13–21.
- Hamilton James D. (1983), *Oil and the Macroeconomy Since World War II*, „*Journal of Political Economy*”, 91.
- Hong Y. (2001), *A Test for Volatility Spillover with Application to Exchange Rates*, *Journal of Econometrics*, vol. 103, p. 183–224.
- Hong Y., Liu Y., Wang S. (2009), *Granger Causality in Risk and Detection of Extreme Risk Spillover between Financial Markets*, „*Journal of Econometrics*”, vol. 150, p. 271–289.
- Jimenez-Rodriguez R. Sanchez M. (2004), *Oil price shocks and real GDP growth. Empirical evidence for some OECD countries*, European Central Bank, Working Paper 363, Frankfurt.
- Le T., Chang Y. (2013), *Oil and gold prices: correlation or causation?*, Economic Growth Centre, Working Paper Series, No: 2011/02.
- Osińska M. (2011), *On the Interpretation of Causality in Granger's Sense*, „*Dynamic Econometric Models*”, Vol. 11, p. 129–139.
- Osińska M. (2008), *Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych*, Wyd. NaukoweUMK, Toruń.
- Szulc E., Wleklińska D., Górna J., Górna K. (2014), *The Significance of Distance between Stock Exchanges Undergoing the process of convergence: an Analysis of Selected World Stock Exchanges During the Period of 2004–2012*, „*Dynamics Econometrics Models*”, Vol. 14, p. 125–144.
- The CBOE Volatility Index– VIX. The powerful and flexible trading and risk management tool from the Chicago Board Options Exchange, CBOE*, <https://www.cboe.com/micro/vix/vixwhite.pdf>.

*Dagna Wleklińska***THE ANALYSIS OF THE CAUSAL DEPENDENCIES IN RISK BETWEEN THE CRUDE OIL MARKET AND THE MARKETS REPRESENTING OTHER ASSET CLASSES**

**Abstract.** With the increasing volatility of the financial instruments, particularly oil which is a strategic energy resource, there is a need to acquire the financial markets wider than ever range of the analyzes. The concept of Granger causality in risk is one of the possible directions of analysis of the interdependence between the financial markets. The aim of this study is therefore to verify the presence of the causal relationships in risk between the future prices of oil and the markets representing other asset classes: stocks, bonds, currencies. The data used relate to the periods from January 2000 to January of 2015. The results of the analysis provide arguments for the existence of a causal link between the oil price and the quotations of ten-year Japanese bonds. In relation to the exchange rates the occurrence of the causal relationships in risk was found for these currencies, which were quoted in dollars.

**Keywords:** Granger causality in risk, volatility, crude oil, stocks, bonds, currencies