

UNIWERSYTET EKONOMICZNY W POZNANIU
WYDZIAŁ INFORMATYKI I GOSPODARKI ELEKTRONICZNEJ

Blanka Łęt

Ekonometryczne modelowanie czynników ryzyka
na rynku surowców energetycznych

Rozprawa doktorska
przygotowana pod kierunkiem
dr hab. Małgorzaty Doman, prof. nadzw. UEP

Poznań 2012

Spis treści

WSTĘP	5
1. RYNEK SUROWCÓW ENERGETYCZNYCH	12
1.1. Ropa naftowa	12
1.1.1. Pochodzenie i występowanie	12
1.1.2. Charakterystyka i własności	13
1.1.3. Benchmarki ropy naftowej	14
1.1.4. Przetwórstwo ropy naftowej	15
1.1.5. Era ropy – historia wydobycia czarnego złota	16
1.1.6. Powstanie OPEC	19
1.1.7. Struktura produkcji i konsumpcji na świecie w 2010 roku oraz kierunki przepływów handlowych	20
1.1.8. Czynniki cenotwórcze ropy naftowej	23
1.2. Gaz ziemny	26
1.2.1. Pochodzenie i występowanie	26
1.2.2. Charakterystyka i własności	26
1.2.3. Benchmarki gazu ziemnego	27
1.2.4. Historia wykorzystania i wydobycia gazu ziemnego	27
1.2.5. Zastosowania gazu ziemnego	28
1.2.6. Struktura produkcji i konsumpcji na świecie w 2010 roku oraz kierunki przepływów handlowych	29
1.2.7. Czynniki cenotwórcze gazu ziemnego	32
Podsumowanie	34
2. KONCEPCJA BADANIA I OPIS DANYCH	35
2.1. Koncepcja badania w świetle hipotezy rynku niejednorodnego	36
2.1.1. Hipoteza rynku efektywnego	37
2.1.2. Hipoteza rynku fraktalnego	39
2.1.3. Hipoteza rynku niejednorodnego	41
2.2. Ryzyko w działalności inwestycyjnej	42
2.2.1. Pojęcie ryzyka	42
2.2.2. Miary ryzyka inwestycji	44
2.2.3. Czynniki ryzyka	48
2.3. Pojęcie zmienności	50

2.4. Schemat badania	52
2.5. Opis badanych instrumentów finansowych	54
2.6. Własności wykorzystanych danych	57
2.6.1. Własności danych wysokiej częstotliwości	58
2.6.2. Własności danych dziennych	79
2.6.3. Własności danych miesięcznych	84
Podsumowanie	88
3. ZMIENNOŚĆ GENEROWANA PRZEZ UCZESTNIKÓW RYNKU O WYSOKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TRANSAKCJI.....	90
3.1. Zmienność śróddzienna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego	90
3.1.1. Model HARCH	90
3.1.2. Analiza empiryczna	92
3.2. Reakcja surowcowych rynków terminowych na ogłoszenia makroekonomiczne	95
3.2.1. Model przełącznikowy Hamiltona	97
3.2.2. Analiza empiryczna	100
Podsumowanie	117
4. ZMIENNOŚĆ GENEROWANA PRZEZ UCZESTNIKÓW RYNKU O DZIENNEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TRANSAKCJI.....	118
4.1. Zmienność dzienna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego	118
4.1.1. Model HAR-RV	118
4.1.2. Analiza empiryczna	120
4.2. Analiza zależności przyczynowych w średniej, wariancji i ryzyku: kontrakty terminowe na nośniki energii a instrumenty rynku finansowego ...	124
4.2.1. Pojęcie przyczynowości	124
4.2.2. Przyczynowość w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku	125
4.2.3. Testowanie zależności przyczynowych	128
4.2.4. Analiza empiryczna	132
4.3. Dekompozycja wartości zagrożonej portfela zawierającego kontrakty terminowe na surowce energetyczne	139
4.3.1. Metody wyznaczania wartości zagrożonej	140
4.3.2. Ocena jakości oszacowań wartości zagrożonej	144
4.3.3. Analiza wartości zagrożonej dla składników portfela	145
4.3.4. Analiza empiryczna	147

Podsumowanie	156
5. ZMIENNOŚĆ GENEROWANA PRZEZ UCZESTNIKÓW RYNKU O NISKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI TRANSAKCJI	159
5.1. Zmienność tygodniowa i miesięczna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego	159
5.2. Analiza długoterminowych zależności przyczynowych.....	161
5.2.1. Przyczynowość w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii	161
5.2.2. Instrumenty rynku finansowego a kontrakty na nośniki energii.....	162
5.3. Analiza makroekonomicznych czynników ryzyka.....	168
Podsumowanie	176
6. ZESTAWIENIE PRZEPROWADZONYCH ANALIZ	177
ZAKOŃCZENIE	189
DODATEK A. TERMINY PUBLIKACJI INFORMACJI NA TEMAT STANU GOSPODARKI AMERYKAŃSKIEJ.....	190
DODATEK B.....	192
B.1. Dopasowane modele zmienności	192
B.2. Wyniki testów przyczynowości.....	196
DODATEK C. ROZKŁADY BŁĘDÓW W MODELACH ZMIENNOŚCI.....	224
LITERATURA	225

Wstęp

Fundamentalny wpływ na ceny surowców energetycznych mają relacje pomiędzy popytem a podażą, kształtowane przez bardzo wiele czynników, wśród których do najistotniejszych należy tempo wzrostu gospodarczego w poszczególnych krajach, przekładające się na wielkość popytu, malejące zapasy nieodnawialnych paliw energetycznych, czy sytuacja polityczna w regionach bogatych w złoża surowców.

Od jakiegoś czasu można zaobserwować zwiększający się wpływ również innego czynnika – nastrojów na rynku terminowym. Charakterystyczne dla transakcji towarowych jest wzajemne przenikanie rynku natychmiastowego i terminowego. Kształtowanie się kursu gotówkowego, wyznaczanego przez producentów i konsumentów surowców ma zatem bezpośrednie przełożenie na dynamikę notowań kontraktów terminowych i odwrotnie.

Uczestnikami rynku instrumentów pochodnych na surowce energetyczne są oczywiście najwięksi konsumenci i producenci, wykorzystujący je w strategiach zabezpieczających przed ryzykiem wzrostu czy też spadku ceny danego towaru. Ponadto, na skutek wprowadzonych regulacji prawnych na rynku instrumentów pochodnych, udział w rynku funduszy inwestycyjnych oraz spekulantów zwiększa się znacząco [Parsons 2009]. Gdy w 1983 roku na giełdzie NYMEX rozpoczął się obrót kontraktami terminowymi na ropę naftową, fundamentalny wpływ na rynek miał fizyczny handel na rynku gotówkowym. Liczba funduszy hedgingowych, będących uczestnikami rynku terminowego na ropę była znacznie mniejsza niż inwestorów komercyjnych. W ostatnich latach te proporcje się odwróciły. W 2002 roku średni dzienny wolumen transakcji *futures* (tzw. papierowe baryłki ropy naftowej) był czterokrotnie wyższy niż dzienna światowa konsumpcja ropy naftowej. W 2008 roku liczba papierowych baryłek ropy przekroczyła piętnastokrotnie fizyczne zapotrzebowanie na ten surowiec. Wartości te świadczą o silnej finansjalizacji rynku ropy naftowej [Khan 2009]. Z uwagi na odmienne motywacje inwestorów, zmieniły się również czynniki, które w fundamentalny sposób determinują ryzyko na tym rynku [Fusaro 2008]. Decyzje inwestycyjne spekulantów w coraz większym stopniu wpływają na kształtowanie się cen kontraktów terminowych na surowce energetyczne oraz na rosnącą zmienność na tych rynkach. Silne zwiększenie się zmienności miało również miejsce w obrębie kontraktów terminowych na gaz. Opisane mechanizmy kształtują aktualną dynamikę kursu terminowego na nośniki energii. Charak-

terystyczne jest zwiększenie się częstotliwości zawierania transakcji oraz wzrost zmienności śróddziennej i ryzyka.

Niestabilność cen energii powoduje również niepewność i niepokój konsumentów oraz producentów. Analiza dynamiki kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych powinna zatem dostarczyć cennych informacji, służących lepszemu zarządzaniu podwyższonym ryzykiem, występującym na tym rynku.

Szczególnie istotna w niniejszej pracy jest analiza czynników ryzyka (ang. *risk factors*). W bogatej literaturze metod ilościowych pojęcie to jest różnie rozumiane.

Przez czynnik ryzyka na etapie identyfikacji rozumiana jest mierzalna wielkość, która ma wpływ na występowanie danego rodzaju ryzyka [Jajuga 2008].

Za czynnik ryzyka w odniesieniu do portfela rozumie się również każdy składnik tego portfela. Analiza czynników ryzyka odnosi się więc do działań, których celem jest zbadanie, jak zmiana wartości danego składnika portfela wpływa na zmiany wartości całego portfela.

W teorii arbitrażu cenowego APT (*Arbitrage Pricing Theory*) czynnikami ryzyka są wielkości charakteryzujące ryzyko instrumentu finansowego lub portfela i decydujące o wycenie tego instrumentu przez rynek. Wśród nich wyróżnia się czynniki rynkowe, przemysłowe oraz makroekonomiczne. Podobnie, model ICAPM (*Intertemporal Capital Asset Pricing Model*) zakłada istnienie kilku czynników, w tym portfela rynkowego, które wpływają na wycenę instrumentu przez inwestorów.

Ryzyko inwestycji w określony instrument finansowy mierzy się zazwyczaj uwzględniając zmienność jego kursu. Tym samym czynniki, które mają wpływ na zmienność, determinują również wielkość ryzyka. Przez czynnik ryzyka w niniejszej pracy rozumiany jest zatem taki element rynku, który ma wpływ na kształtowanie się zmienności danego instrumentu.

Celem pracy jest więc określenie najważniejszych czynników wpływających na zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych, z wykorzystaniem nowoczesnych metod ekonometrycznych. Wśród nich należy zidentyfikować czynniki wewnętrzne i zewnętrzne.

W pracy poszukujemy odpowiedzi na następujące pytania:

- Jakie własności charakteryzują szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych? Czy można stwierdzić, że występują tu własności obserwowane dla typowych (nietowarowych) instrumentów

finansowych? Czy wnioski są podobne dla wszystkich towarów, czy też występują w tej materii znaczące różnice?

- Jakie czynniki wpływają w istotny sposób na zmienność kontraktów terminowych na badane towary?

- Czy można stwierdzić występowanie silnych powiązań pomiędzy notowaniami kontraktami terminowymi na rynku surowców energetycznych?

- Czy można stwierdzić, że występują istotne powiązania pomiędzy zmiennością kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych a zmiennością na rynku kapitałowym?

- W jaki sposób zmienność rozpatrywanych kontraktów powiązana jest z kształtowaniem się kursu dolara amerykańskiego?

Odpowiedzi na powyższe pytania pozwolą zweryfikować następującą główną hipotezę badawczą:

Istotnymi czynnikami ryzyka, kształtującymi zmienność na rynku surowców energetycznych są interakcje pomiędzy inwestorami o różnych horyzontach inwestycji, którzy w odmienny sposób reagują na napływające informacje z otoczeniach makroekonomicznego oraz z rynku finansowego.

Ponadto, formułujemy cztery hipotezy cząstkowe. Pierwsza z nich odnosi się do stwierdzenia, że szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych charakteryzują własności podobne do tych, które cechują tradycyjne instrumenty rynku finansowego. Potwierdzenie tej hipotezy można uznać za kolejny argument w debacie na temat finansjalizacji rynku terminowego surowców energetycznych.

W drugiej hipotezie cząstkowej postulujemy, że zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych generowana jest przez uczestników rynku różniących się horyzontem inwestycyjnym.

Formułujemy również hipotezę, że istnieją silne powiązania pomiędzy kursami terminowymi na nośniki energii.

Czwarta hipoteza głosi, że rynek terminowy jest silnie powiązany z rynkiem finansowym. Inwestorzy, kształtujący dynamikę kontraktów, dla których instrumentami bazowymi są nośniki energii, podejmują decyzje, uwzględniając sytuację na rynku akcyjnym, walutowym oraz w otoczeniu makroekonomicznym.

W celu weryfikacji wymienionych hipotez badaniu poddajemy kontrakty terminowe, dla których instrumentami bazowymi są: ropa naftowa West Texas Intermediate, olej opałowy oraz gaz ziemny Henry Hub. Badanie siły powiązań z rynkami finansowymi przeprowadzamy z uwzględnieniem indeksów najważniejszych światowych giełd: S&P500, FTSE100, Hang Seng. Istotny element pracy stanowi również analiza powiązań pomiędzy zmiennością kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych i dolara amerykańskiego. Jako punkt odniesienia dla wartości dolara amerykańskiego w stosunku do koszyka walut światowych wykorzystujemy US Dollar Index.

Dane na temat notowań kontraktów *futures* na ropę naftową, gaz ziemny i olej opałowy oraz pozostałych instrumentów finansowych zostały pozyskane za pośrednictwem serwisu www.tickdatamarket.com oraz www.stooq.pl. Wykorzystaliśmy ponadto dane makroekonomiczne dotyczące gospodarki Stanów Zjednoczonych, które pochodzą z serwisu Thomson Reuters.

Podstawowym źródłem wiedzy wykorzystanym w pracy jest dostępna literatura przedmiotu. Należy podkreślić, że ze względu na specyfikę podejmowanego tematu uwzględnione materiały źródłowe mają interdyscyplinarny charakter. Wykorzystana literatura obejmuje wybrane obszary z zakresu ekonometrii finansowej, zarządzania ryzykiem, surowcowych rynków terminowych i własności nośników energii.

Praca składa się z sześciu rozdziałów. Ponieważ trudno mówić o czynnikach ryzyka na rynku surowców energetycznych bez znajomości specyfiki tego sektora gospodarki, rozdział pierwszy zawiera opis rynku najważniejszych nośników energii: ropy naftowej oraz gazu ziemnego. W pierwszej kolejności przedstawiamy charakterystykę danego surowca: pochodzenie, występowanie, właściwości, etapy produkcji oraz zastosowanie. Następnie opisujemy historię wydobycia surowców. Kolejne podrozdziały poświęcone są analizie aktualnej struktury rynku: największych producentów oraz konsumentów z uwzględnieniem kierunku przepływów handlowych. Ponadto, omawiamy czynniki fundamentalne, które determinują ceny danego nośnika energii.

W rozdziale drugim przedstawiamy koncepcję badania w nawiązaniu do hipotezy rynku niejednorodnego. Opisujemy instrumenty finansowe, które poddane zostały późniejszej analizie wraz z uzasadnieniem wyboru walorów. Omawiamy wyniki analiz własności szeregów czasowych zwrotów logarytmicznych dla kontraktów terminowych na ropę naftową, gaz ziemny oraz olej opałowy. Badanie przeprowadzamy w kierunku wykrycia podobieństw i różnic, jakimi cechują się badane szeregi w porównaniu do

zazwyczaj obserwowanych własności finansowych szeregów czasowych (ang. *stylized facts*). Analizujemy dane wysokiej częstotliwości, dane dzienne oraz miesięczne.

W rozdziale trzecim prezentujemy wyniki badań dotyczących uczestników rynku o wysokiej częstotliwości transakcji. Badamy, w jaki sposób w świetle hipotezy rynku niejednorodnego zmienność generowana przez takich inwestorów powiązana jest ze zmiennością odpowiadającą dłuższym horyzontom czasowym. W tym celu wykorzystujemy niejednorodny autoregresyjny model heteroskedastyczności warunkowej (HARCH). W drugiej części badania analizujemy odpowiedź uczestników rynku surowców energetycznych na ogłoszenia makroekonomiczne. Omawiamy reakcję w zmienności badanych kontraktów na nośniki energii na najważniejsze informacje na temat stanu gospodarki amerykańskiej. W tym celu wykorzystujemy dane śróddzienne, które modelowane są z wykorzystaniem modelu przełącznikowego Hamiltona z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi.

W rozdziale czwartym badamy zmienność kursu terminowego rozpatrywanych kontraktów generowaną przez uczestników rynku o dziennej częstotliwości transakcji. Wykorzystując niejednorodny model autoregresji dla zmienności zrealizowanej (HAR-RV) analizujemy wewnętrzne powiązania pomiędzy uczestnikami rynku surowców energetycznych, w nawiązaniu do hipotezy rynku niejednorodnego. W rozdziale czwartym uzupełniamy zatem wyniki badania przeprowadzonego we wcześniejszej części pracy w odniesieniu do inwestorów o bardzo krótkim horyzoncie inwestycji. Pozwala to wzbogacić wnioski odnośnie występującej dominującej grupy inwestorów, biorących udział w obrocie kontraktami terminowymi na rynku surowców energetycznych, którzy mają najsilniejszy wpływ na występującą na tym rynku zmienność.

Przeprowadzamy ponadto badanie, którego celem jest wskazanie, czy występują zależności przyczynowe w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii (przyczynowość "wewnątrzrynkowa") oraz pomiędzy danym kontraktem a rynkiem finansowym, reprezentowanym przez ważne indeksy giełdowe i kontrakty na te indeksy (przyczynowość "międzyrynkowa"). Badamy zależności o charakterze przyczynowym w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku. Przeprowadzone analizy pozwalają odpowiedzieć na ważne z punktu widzenia niniejszej pracy pytania. Czy istnieje wzorzec przyczynowy w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii, który pozwala w lepszy sposób prognozować ryzyko na tym rynku? Podobną kwestię rozstrzyga badanie wzajemnych zależności przyczynowych pomiędzy rynkiem surowców

energetycznych, a globalnym rynkiem finansowym, reprezentowanym przez ważniejsze indeksy giełd na świecie.

Ważną częścią rozdziału czwartego jest również badanie, w którym dokonano dekompozycji wartości zagrożonej portfela, w którym znajdują się kontrakty na nośniki energii oraz na indeks wartości dolara amerykańskiego i indeksy giełd z różnych części świata. Analizując powiązania pomiędzy tymi czynnikami ryzyka z wykorzystaniem wielowymiarowego modelu GARCH określamy, w jaki sposób obecność danej pozycji w portfelu wpływa na jego ryzyko, poprzez wyznaczenie krańcowej, składnikowej i przyrostowej wartości zagrożonej.

W rozdziale piątym przedstawiamy wyniki badań związanych z inwestorami o najniższych analizowanych częstotliwościach transakcji. W nawiązaniu do wcześniejszych badań dopasowujemy modele zmienności zrealizowanej w tygodniowym i miesięcznym horyzoncie czasowym – uwzględniamy potencjalne zależności ze zmiennością generowaną przez uczestników rynku o krótszych horyzontach inwestycyjnych. Uzupełniamy również wnioski dotyczące zależności przyczynowych w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku, wykorzystując wyniki odpowiednich testów dla dłuższych wartości opóźnień. Ponadto, biorąc pod uwagę dane miesięczne, budujemy modele wieloczynnikowe, w których badamy, jak stopa zwrotu z inwestycji w kontrakty na rynku surowców energetycznych związana jest z reakcją na czynniki ryzyka, rozumiane jako wielkości decydujące o rynkowej wycenie kontraktu na nośniki energii. Wśród czynników ryzyka wyróżniamy czynniki rynkowe oraz makroekonomiczne. Wyniki tych badań uzupełniają tym samym wnioski z analiz przeprowadzonych w odniesieniu do reakcji na informacje makroekonomiczne, przeprowadzonych na danych wysokiej częstotliwości.

Rozdział szósty jest rozdziałem podsumowującym przeprowadzone badania. Omawiamy najważniejsze wyniki, szczegółowo opisane w poprzednich częściach pracy, z uwzględnieniem podziału na trzy częstotliwości transakcji.

Niniejsza rozprawa doktorska powstała w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N111 1256 33 pt. "*Dynamika zmienności i zależności warunkowych na polskim rynku finansowym: analiza specyfiki, modelowanie i prognozowanie*" i projektu badawczego nr N N111 0351 39 pt. "*Badanie dynamiki zależności na globalnym rynku finansowym*".

Szczególne podziękowania kieruję do mojego promotora dr hab. Małgorzaty Doman, prof. nadzw. UEP, za zainteresowanie mnie problematyką rynku surowców energetycznych, okazywaną pomoc i wskazówki, za cierpliwość i wyrozumiałość. Dziękuję również uczestnikom Seminarium z Ekonometrii Finansowej na Wydziale Matematyki i Informatyki UAM za cenne uwagi, które przyczyniły się do udoskonalenia powstałej pracy.

1. Rynek surowców energetycznych

Niniejszy rozdział zawiera najważniejsze informacje na temat rynku surowców energetycznych reprezentowanym przez dwa ważne nośniki energii: ropę naftową i gaz ziemny. W pierwszej kolejności przedstawiamy charakterystykę danego surowca: pochodzenie, występowanie, właściwości, etapy produkcji oraz zastosowanie. Ponadto, ponieważ aktualne relacje pomiędzy największymi producentami i konsumentami na rynku surowcowym kształtowały się na przestrzeni lat, opisujemy najistotniejsze wydarzenia, które wpływały na późniejsze stosunki handlowe. Wskazujemy największych producentów i konsumentów dla ropy naftowej i gazu ziemnego. Informacje te są ważne z punktu widzenia dalszych rozważań, ponieważ pozwalają lepiej zrozumieć wyniki badania zależności pomiędzy ceną surowców a rynkiem finansowym, związanym z określonym rejonem świata. W rozdziale charakteryzujemy ponadto czynniki, które uznaje się za mające najsilniejszy wpływ na cenę ropy naftowej i gazu ziemnego.

1.1. Ropa naftowa

1.1.1. Pochodzenie i występowanie

Ropa, tak jak inne paliwa kopalne, powstała z rozkładu materii organicznej obumarłych organizmów. Jeżeli materia zgromadzona w określonym miejscu na przykład w zagłębieniu terenu, czy w zatoce akwenu wodnego została unieruchomiona poprzez na przykład zalanie wodą lub przykrycie ziemią, to zalegając przez miliony lat pod ziemią podlegała licznym przemianom fizycznym i chemicznym. Ze względu na czas trwania procesów rozkładu, ropa jest zasobem nieodnawialnym. Najstarsze, szacowane na około 950 mln lat, złoża węglowodorów naftowych odkryto w 1962 r. w okolicach Irkucka w Rosji. Z okresu kambryjskiego ery paleozoicznej (600-490 mln lat temu) pochodzi duża liczba mniejszych złóż ropy naftowej i gazu, stanowiących około 15% zasobów światowych. W skałach osadowych okresu jurajskiego ery mezozoicznej (180 mln lat temu) aż do końca okresu trzeciorzędu (1 mln lat temu) znajduje się, według szacunków, około 50% światowych zasobów ropy [Surygała 2006].

Ropa naftowa występuje w skałach zbiornikowych o dużej porowatości (piaskowce 60%, skały węglanowe 39%), otoczonych nieprzepuszczalną warstwą skalną (na przykład łupki, gliny). Znalazła się tam wskutek migracji wtórnej, czyli następczego ruchu węglowodorów poprzez porowate i przepuszczalne skały transportowe. Dystans

migracji wtórnej może sięgać setek kilometrów i z tego powodu ropa naftowa występuje zwykle w innych miejscach, niż powstała. Do migracji w warstwach skalnych mogą przyczyniać się takie zjawiska, jak siły grawitacyjne, ciśnienie hydrauliczne, ciśnienie statyczne, siły kapilarne i ruchy tektoniczne [Surygała 2006].

Pola roponośne składają się z pewnej liczby zbiorników, w których oprócz ropy znajduje się również gaz.

1.1.2. Charakterystyka i własności

Wyróżnia się ponad sto typów ropy naftowej. Kryteria to między innymi pochodzenie, gęstość oraz zawartość siarki, decydujące o atrakcyjności danego typu ropy z punktu widzenia późniejszych zastosowań, a tym samym o jej wartości rynkowej.

Ropa naftowa zwykle występuje w postaci gęstej lepkiej cieczy w kolorze brązowym lub czarnym. Składa się w głównej mierze z węglowodorów, będących organicznymi związkami chemicznymi zbudowanymi z atomów węgla i wodoru. Atomy węgla mogą tworzyć szkielet w postaci łańcucha lub pierścienia, do którego przyłączone są atomy wodoru. Wszystkie klasy węglowodorów z wyjątkiem alkenów są obecne w ropie naftowej: alkanany, cykloalkany, węglowodory jedno- i wielopierścieniowe.

Oprócz węglowodorów w składzie chemicznym ropy naftowej można wyróżnić siarkę, tlen i azot: pierwiastki traktowane jako zanieczyszczenia, ponieważ wpływają na proces przetwórstwa ropy naftowej oraz na jej wartość rynkową. Wysoka zawartość siarki nie jest pożądana. By ograniczyć związki siarki w półproduktach i produktach ropopochodnych konieczny jest dłuższy i bardziej energochłonny proces przetwórstwa ropy naftowej. Ze względu na zawartość siarki wyróżnić można dwa rodzaje ropy:

- Słodka – zawartość siarki nie jest większa niż 0,5%,
- Kwaśna – zawartość siarki jest większa niż 0,5% .

Ropa naftowa zawiera również śladowe ilości metali ciężkich w postaci związków metaloorganicznych i niektórych soli nieorganicznych, głównie chlorku sodu. Niektóre z tych metali ciężkich, takich jak wanad i nikiel, są szkodliwe dla katalizatorów i powinny być ograniczone do niskich poziomów. Ropa naftowa o wysokiej zawartości soli wymaga również odsolenia przed rafinacją w celu zmniejszenia problemów związanych z korozją.

Jedną z istotniejszych charakterystyk ropy jest gęstość w skali API (*American Petroleum Institute*), zdefiniowana następująco:

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{gw} - 131,5 ,$$

gdzie gw oznacza gęstość względną, czyli stosunek gęstości ropy do gęstości wody w temperaturze 60 °F (15,6 °C).

Ze względu na gęstość w skali API wyróżnia się ropę:

- Lekką – gęstość większa niż 30° API,
- Średnią – gęstość między 20° a 30° API,
- Ciężką – gęstość mniejsza niż 20° API.

Lekka ropa, z której można uzyskać większą ilość bardziej wartościowych produktów w procesie przeróbki rafineryjnej, jest bardziej wartościowa niż ciężka.

Kolejnym czynnikiem, wpływającym na wartość ropy jest jej lepkość, oznaczająca opór wewnętrzny przeciw płynięciu. Istnieje kilka miar odnoszących się do tej własności, między innymi tak zwana temperatura płynięcia, oznaczająca dolną temperaturę, w której ropa przestaje płynąć. Wysoka temperatura płynięcia ropy oznacza zatem, że wymaga ona podgrzania, aby płynąć. Istotnie wpływa to na warunki składowania ropy naftowej oraz na sposób jej transportowania. Ze względu na lepkość i palność wyróżnia się ropę parafinową o niewielkiej lepkości i wysokiej palności oraz naftenową (wysoka lepkość, niewielka palność).

1.1.3. Benchmarki ropy naftowej

Duża różnorodność w dostępnych na rynku typów ropy naftowej przyczyniła się do publikowania od 1980 roku cen tak zwanych benchmarków ropy, które stanowią punkt odniesienia dla producentów i konsumentów. Do najważniejszych benchmarków ropy na świecie należą:

- WTI (West Texas Intermediate) – globalny benchmark pochodzenia amerykańskiego; ropa słodka (zawartość siarki poniżej 0,24%) i lekka (39,6° API). Stanowi instrument bazowy dla kontraktów *futures* na amerykańskiej giełdzie NYMEX (*New York Mercantile Exchange*). Jeden kontrakt opiewa na 1000 baryłek ropy (1 baryłka \approx 159 litrów),
- ropa Brent – globalny benchmark, pochodzący z północno-wschodniej Europy; słodka (zawartość siarki około 0,37%) i lekka (38,06° API) ropa pochodząca z Morza Północnego. Stanowi instrument bazowy dla kontraktów *futures*. Od

2005 roku handel odbywa się poprzez ICE (*Intercontinental Exchange*) Futures Europe,

- Dubai Fateh – kwaśna (zawartość siarki 2%) i lekka (31° API) ropa stanowiąca benchmark dla obszaru Zatoki Perskiej,
- Tapis – pochodząca z Malezji ropa naftowa, będąca benchmarkiem w Azji Pacyficznej. Jest najdroższym benchmarkiem ropy na świecie, ze względu na wysoką jakość ropy (słodka (zawiera niewielką ilość siarki: 0,1%) i lekka (45,5° API)),
- Urals – wschodnioeuropejska mieszanka ropy produkowanej w Chanty-Mansyjskim Okręgu Autonomicznym i Tatarstanie, charakteryzująca się wysoką zawartością siarki,
- ORB (*OPEC Reference Basket*) – średnia ważona cen ropy, pochodzącej z krajów należących do OPEC: Algierii (Saharan Blend), Angoli (Girassol), Arabii Saudyjskiej (Arab Light), Ekwadoru (Oriente), Iranu (Iran Heavy), Iraku (Basra Light), Kataru (Qatar Marine), Kuwejtu (Kuwait Export), Libii (Es Sider), Nigerii (Bonny Light), Wenezueli (Meruy), Zjednoczonych Emiratów Arabskich (Murban).

1.1.4. Przetwórstwo ropy naftowej

Produkcja ropy naftowej to proces złożony, który można podzielić na trzy zasadnicze etapy: eksplorację i wydobywanie, transport i składowanie oraz rafinację ropy.

Eksploracja ropy naftowej odnosi się do takich form aktywności, których celem jest zlokalizowanie podziemnych i podwodnych zbiorników z ropą. Jeśli takie działania zakończą się sukcesem i zbiornik zostanie odnaleziony, wówczas można rozpocząć wydobywanie ropy. Wydobyty, lecz nie przetworzony surowiec znajduje tylko nieliczne bezpośrednie zastosowania. Z tego względu ropa transportowana jest poprzez sieć ropociągów lub tankowce do rafinerii. Ropa naftowa jest mieszaniną, składającą się z cieczy i gazów. Składniki tej mieszaniny stają się wartościowe dopiero po wyizolowaniu w procesie rafinacji. Z uwagi na to, że poszczególne składniki parują w różnych temperaturach, określone części składowe wyodrębnia się poprzez destylację termiczną.

Destylacja frakcyjna (rektyfikacja) polega na wyodrębnieniu poszczególnych składników ropy. W ten sposób rafinerie wytwarzają różnego rodzaju paliwa płynne, oleje, smary, woski naftowe, asfalty oraz inne produkty ropopochodne, w tym surowce

petrochemiczne, które są materiałem wyjściowym między innymi do produkcji nawozów sztucznych, środków ochrony roślin, detergentów, farb i lakierów, włókien syntetycznych, tworzyw sztucznych czy barwników [Surygała 2006]. Podstawowymi produktami rafinerii według klasyfikacji CONCAWE (*European Oil Companies Organization for Conservation of Clean Air and Water in Europe* – Europejska Organizacja Firm Naftowych ds. Ochrony Czystości Powietrza i Wody w Europie) są [Surygała 2006]:

- **gaz płynny** (LPG – *Liquefied Petroleum Gas*) – mieszanina propanu i butanów, którą przechowuje się pod niewielkim ciśnieniem. Znajduje zastosowanie między innymi jako gaz opałowy w gospodarstwach domowych, w przemyśle, turystyce, jako paliwo silnikowe i dodatek do paliw, surowiec chemiczny oraz petrochemiczny,
- **benzyna silnikowa** – paliwo służące do napędu silników wewnętrznego spalania z zapłonem iskrowym,
- **turbinowe paliwa lotnicze**,
- **oleje napędowe** stosowane w silnikach wewnętrznego spalania z zapłonem samoczynnym,
- **lekkie oleje opałowe** komponowane z lekkich destylatów; stosowane jako paliwa technologiczne w produkcji małotonażowej lub jako oleje grzewcze,
- **ciężkie oleje opałowe**, wśród których wyróżnia się oleje stosowane na lądzie oraz w żegludzie morskiej,
- **oleje bazowe** do wytwarzania środków smarowych,
- **woski naftowe**: woski krystaliczne (parafiny) i mikrokrystaliczne (cerezyny) oraz wazelina,
- **asfalty**,
- **koks naftowy** – paliwo stałe stosowane głównie w cementowniach i wapiennikach,
- **surowce do petrochemii**.

1.1.5. Era ropy – historia wydobycia czarnego złota

Ropę naftową wykorzystywano już w czasach antycznych, ale dopiero w połowie XIX wieku surowiec ten nabral szczególne znaczenia, a dostęp do taniej ropy stał się jednym z istotniejszych elementów, przyczyniających się do szybkiego rozwoju gospodarczego na świecie po drugiej wojnie światowej. Historia odkryć wielkich złóż ropy

naftowej, konfliktów związanych z dostępem do nich oraz wpływu przeszłych wydarzeń na aktualną sytuację geopolityczną była przedmiotem wielu opracowań, wśród których na szczególną uwagę zasługują prace Maugeriego [2006] i Yergina [2009]. Poniżej opisujemy kilka najważniejszych wydarzeń, które wpłynęły na ukształtowanie współczesnych relacji na rynku ropy. Wiedza o zależnościach, które ukształtowały współczesne relacje jest oczywiście niezbędna dla lepszego zrozumienia rynku ropy naftowej i czynników ryzyka, które na tym rynku występują. W opracowaniu tych informacji korzystaliśmy między innymi z pracy Robeliusa [2007].

Mimo że ropa była wydobywana już przed 1859 rokiem w Chinach, Rosji, we Włoszech, Birmie i w Kanadzie, za początek współczesnej historii wydobycia ropy uznaje się 1859 rok [Robelius 2007]. Był to moment znalezienia złóż ropy w Oil Creek w Pensylwanii. W tym czasie ropa była wykorzystywana do produkcji nafty. Rosnąca konsumpcja ropy i rola tego surowca w kształtowaniu współczesnej geopolityki zapewne nie sięgałyby takich rozmiarów, gdyby nie wynalezienie silnika spalinowego. XX wiek charakteryzował się nieustannym wzrostem zapotrzebowania na energię, której źródłem stała się ropa naftowa. Znaczenie tego surowca dla bezpieczeństwa energetycznego stało się na tyle istotne, że zapewnienie płynności dostaw ropy jest częścią krajowej polityki państw konsumujących ropę. O tym, jak strategicznym surowcem jest ropa, przekonano się w czasie I i II wojny światowej. Po wojnie zapotrzebowanie na ten surowiec w różnych gałęziach przemysłu rosło. W coraz większym stopniu ropa zastępowała węgiel. Rosnący popyt w Europie Zachodniej zbiegł się w czasie z odkryciami pól naftowych na Bliskim Wschodzie. Również w Stanach Zjednoczonych na skutek gwałtownego rozwoju motoryzacji produkcja ropy stawała się niewystarczająca. Powojenny boom ekonomiczny w Stanach Zjednoczonych i Europie Zachodniej był możliwy dzięki dostępowi do taniej ropy, która pochodziła z Bliskiego Wschodu, głównie z Arabii Saudyjskiej i Kuwejt. Do pięciu wielkich korporacji wydobywczych należały: Exxon, Mobil, Texaco, Gulf i Standard of California. Silna pozycja tych firm wynikała ze specjalnych ulg podatkowych [Birjandi 2003]. Udało się im przejąć kontrolę nad krajowym rynkiem ropy. Dalsza ekspansja zagraniczna odbywała się w koalicji z brytyjsko-holenderskim Shellem oraz British Petroleum. Koalicję, składającą się z powyższych firm określano mianem Siedmiu Sióstr. Ropa z Bliskiego Wschodu trafiała na dynamicznie rozwijający się rynek w Europie i Japonii. Utworzony w ten sposób międzynarodowy kartel, kontrolując produkcję, dyktował ceny zbytu ropy naftowej. Kraje

Bliskiego Wschodu dążyły do przejęcia kontroli nad ropą i jej ceną, jednakże nadal to korporacje amerykańskie produkowały ropę na tym terenie i sprawowały kontrolę nad jej obrotem.

Produkcja ropy naftowej w Rosji stanowiła istotny element ekonomii tego kraju. W okresie przed II wojną światową wydobywanie malało, ze względu na coraz starsze i bardziej wyczerpane złoża, między innymi w Baku. W 1947 roku odkryto złożę Romashkino, które stało się w tym czasie jednym z największych pól naftowych na świecie. Wydobywanie ropy rozpoczęto w 1952 roku. Szczyt produkcji z tego złoża został osiągnięty na początku lat siedemdziesiątych. Do dziś najważniejszym rejonem, z którego wydobywa się ropę oraz gaz w Rosji jest Zachodnia Syberia. Najważniejsze pole naftowe to odkryty w 1965 roku Samotlor, będący aktualnie największym złożem w Rosji oraz jednym z największych na świecie. W latach osiemdziesiątych udział ropy z tego regionu w światowej produkcji wynosił 14%.

Eksploracja ropy w Afryce nabrała szczególnego znaczenia, gdy największe koncerny naftowe zostały zmuszone do dywersyfikacji źródeł dostaw. W ten sposób możliwe było uniezależnienie się od decyzji rządów państw z rejonu Bliskiego Wschodu. W latach pięćdziesiątych Algieria była kolonią francuską. W 1956 roku odkryto pierwsze większe złoża ropy w tym kraju. W tym samym roku odkryto w Algierii Hassi Messaoud – największe północno-afrykańskie pole naftowe. Tym samym Francja uzyskała dostęp do własnej ropy naftowej, uniezależniając się od importu. Wschodni sąsiad Algierii – Libia – stał się przedmiotem zainteresowania koncernów naftowych. Uznano, że istnieje duża szansa występowania ropy na tym terenie i podjęto działania eksploracyjne. Odwierty przeprowadzono między innymi w Zelten, gdzie w 1959 roku znaleziono ropę. Tym samym Libia stała się w latach sześćdziesiątych eksporterem ropy naftowej. Poszukiwanie złóż w Nigerii rozpoczęto już na początku XX wieku, jednakże II wojna światowa opóźniła odkrycia. Pierwsze ważne złożo w Nigerii zostało znalezione w delcie Nigru w 1956 roku. Kolejne lata przyniosły dalsze odkrycia, między innymi złożo Bomu oraz Imo River. Produkcja ropy w Nigerii stopniowo rosła. Wkrótce Nigeria stała się największym producentem ropy w Afryce.

Poszukiwania ropy na Alasce w latach pięćdziesiątych zakończyły się odkryciem kilku dużych złóż. Najważniejsze pole naftowe zostało odnalezione w 1968 roku. Prudhoe Bay jest największym po złożu w Meksyku polem naftowym odkrytym na terenie Ameryki Północnej.

Eksploatacja Morza Północnego rozpoczęła się od odkrycia w 1959 roku złóż gazu Groningen w okolicach Holandii Północnej. W 1969 roku odkryto złożo Ekofisk, w którym wiercenie było utrudnione. Dzięki rozwojowi technologii eksploatacja złoża stała się możliwa. W późniejszym czasie (lata siedemdziesiąte) odkryto również duże złoża Brent i Forties (Wielka Brytania) oraz Statfjord (Norwegia). Dzięki temu Europa uzyskała dostęp do własnych złóż ropy. Zmniejszył się stopień uzależnienia od importowanego z innych rejonów świata surowca.

1.1.6. Powstanie OPEC

Już w latach pięćdziesiątych w Wenezueli podnosiły się głosy, że należy odzyskać kontrolę nad wydobywaniem ropy w tym kraju lub przynajmniej doprowadzić do tego by uzyskiwać z tego tytułu wyższe dochody. Doszło do zawarcia nowej umowy z firmami wydobywającymi ropę, zgodnie z którą połowa zysku ze sprzedaży ropy miała trafiać do państwa. Tym samym Wenezuela zapewniła sobie znaczny wzrost dochodu. Wiadomość o tym szybko rozeszła się po świecie. W konsekwencji, po jakimś czasie, Arabia Saudyjska również podpisała z Aramco umowę 50%-50%. Podobnego typu rozwiązanie planował wprowadzić Iran, jednakże Wielka Brytania, będąca w posiadaniu 51% udziałów w AI (*Anglo-Iranian Oil Company*, później BP – *British Petroleum*), nałożyła embargo na import tego surowca. Na drodze negocjacji ustalono ostatecznie, że NIOC (*National Iranian Oil Company*) jest właścicielem pól naftowych. Nowe koncerny (SONJ, Socony, Socal, Gulf, Texaco, RD/S, CFP oraz utworzone w 1954 roku *British Petroleum*) uzyskały prawo wydobywania ropy na polach, należących do NIOC.

W trakcie Arabskiego Kongresu Naftowego w 1959 roku przedstawiciele Arabii Saudyjskiej (Abdullah al-Tariki) oraz Wenezueli (Juan Pablo Perez Alfonso) doszli do wniosku, że należy podjąć współpracę i wspólnie ustalać poziom produkcji ropy. Dzięki temu kontrola nad ceną ropy i w konsekwencji nad dochodem ze sprzedaży stałaby się możliwa. Zorganizowano spotkanie, w którym wzięli udział również przedstawiciele Kuwejtu, Iranu i Iraku. W 1960 roku w Bagdadzie założono Organizację Krajoów Eksportujących Ropę (*Organization of the Petroleum Exporting Countries* – OPEC). Celem tej organizacji było podwyższenie ceny ropy i utrzymanie jej na stabilnym poziomie. OPEC rozpoczęła prace nad systemem regulacji poziomu produkcji ropy w poszczególnych krajach członkowskich. Pięć krajów-założycieli OPEC kontrolowało 80% eksportowanej ropy.

W 1967 roku w trakcie wojny sześciodniowej pomiędzy Izraelem a Egiptem, Jordanią i Syrią, OPEC postanowiła nałożyć embargo na eksport ropy na Zachód. Działania nie przyniosły powodzenia, jednakże koncerny naftowe przekonały się o sile jaką dysponuje OPEC. Demonstrację tej siły można było wkrótce zobaczyć w trakcie pierwszego kryzysu naftowego w 1973 roku, w czasie którego kraje OPEC wstrzymały eksport ropy do większej części zachodniego świata. W czasie trzymiesięcznego kryzysu na rynku ropy, który miał miejsce zimą 1973-1974 ceny wzrastały od 25% do 40%. W latach siedemdziesiątych doszło do nacjonalizacji przemysłu naftowego w krajach OPEC. Oznaczało to znaczne uszczuplenie rezerw wielkich zachodnich koncernów naftowych, które były zmuszone rozpocząć poszukiwania ropy na nowych, trudniejszych terenach. Powstanie OPEC zmieniło rynek ropy naftowej, nad którym od tej pory władzę i kontrolę sprawowały rządy krajów produkujących ropę.

Jeszcze przed kryzysem na świecie rozpoczęła się dyskusja nad przyszłością ropy jako źródła energii. Kryzys naftowy i wzrastające ceny ropy jeszcze bardziej nasiliły tę dyskusję. Jednakże w roku 1986 ceny spadły, co znacznie osłabiło OPEC. Uznano wówczas, że zapewnienie odpowiedniej podaży ropy naftowej nie będzie stanowiło już problemu. Jednakże problem przyszłej produkcji ropy i poszukiwanie nowych złóż jest aktualnie bardzo istotny z geopolitycznego punktu widzenia. Skutkiem tego są liczne działania zbrojne w rejonach bogatych w złoża.

1.1.7. Struktura produkcji i konsumpcji na świecie w 2010 roku oraz kierunki przepływów handlowych

W Tabeli 1.1 zamieściliśmy informacje na temat poziomu udowodnionych rezerw ropy naftowej oraz produkcji na świecie w 2010 roku. Bardzo duży udział w produkcji mają kraje zrzeszone w organizacji OPEC, które dysponują również największymi udowodnionymi rezerwami stanowiącymi niemal 80% zasobów światowych. Okazuje się, że Arabia Saudyjska dysponuje niemal 20% światowych zasobów ropy.

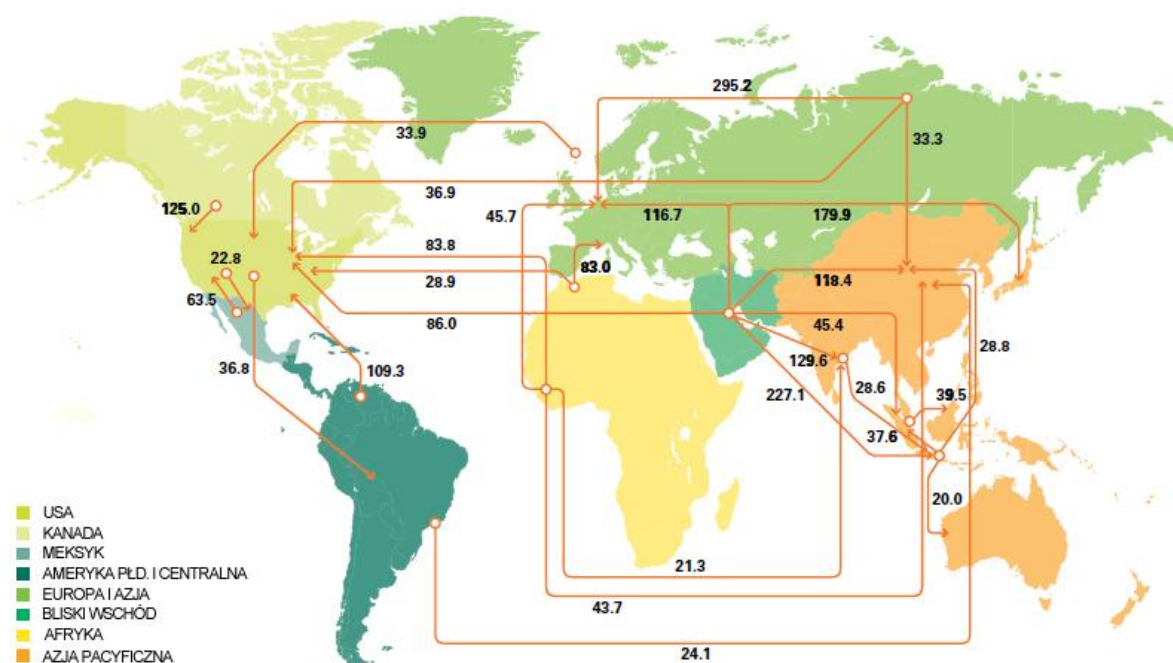
Tabela 1.1. Udowodnione rezerwy i produkcja ropy naftowej na świecie w 2010 roku. Współczynnik R/P (stosunek dowiedzionych rezerw do produkcji) wskazuje, na ile lat wystarczyłoby ropy, przy założeniu, że poziom produkcji pozostałby niezmienny. W Tabeli wyszczególniono państwa, dla których udział w rezerwach światowych wyniósł przynajmniej 2%

Państwo	Rezerwy (w mld baryłek)	Udział w rezerwach światowych	Produkcja (tys. baryłek dziennie)	Udział w produkcji światowej	R/P
USA	30,9	2,2%	7513	8,7%	11,3
Kanada	32,1	2,3%	3336	4,2%	26,3
Ameryka Płn.	74,3	5,4%	13808	16,6%	14,8
Wenezuela	211,2	15,3%	2471	3,2%	234,1
Ameryka Płd. i Centralna	239,4	17,3%	6989	8,9%	93,9
Kazachstan	39,8	2,9%	1757	2,1%	62,1
Federacja Rosyjska	77,4	5,6%	10270	12,9%	20,6
Europa i Eurazja	139,7	10,1%	17661	21,8%	21,7
Iran	137,0	9,9%	4245	5,2%	88,4
Irak	115,0	8,3%	2460	3,1%	128,1
Kuwejt	101,5	7,3%	2508	3,1%	110,9
Arabia Saudyjska	264,5	19,1%	10007	12,0%	72,4
Zjednoczone Emiraty Arabskie	97,8	7,1%	2849	3,3%	94,1
Bliski Wschód	752,5	54,4%	25188	30,3%	81,9
Libia	46,4	3,4%	1659	2,0%	76,7
Nigeria	37,2	2,7%	2402	2,9%	42,4
Afryka	132,1	9,5%	10098	12,2%	35,8
Azja Pacyficzna	45,2	3,3%	8350	10,2%	14,8
Świat	1383,2	100,0%	82095	100,0%	46,2

Źródło: BP Statistical Review of World Energy 2011

Analiza danych, zamieszczonych w Tabeli 1.2 dotyczących konsumpcji ropy naftowej w poszczególnych krajach pozwala stwierdzić, że największymi konsumentami ropy naftowej w 2010 roku były kraje wysoko rozwinięte ze Stanami Zjednoczonymi na czele, które pochłaniają aż 21% konsumowanej ropy (wobec prawie 9% udziału w światowej produkcji). Warto zwrócić uwagę również na konsumpcję w Chinach, która, jak wskazują dane z przeszłości, silnie rośnie i w 2010 roku osiągnęła już ponad 10% zużywanej na świecie ropy naftowej.

Informacje na temat przepływów handlowych pomiędzy największymi producentami i konsumentami ropy naftowej przedstawiliśmy na Rysunku 1.1, na którym jeszcze silniej uwidacznia się pozycja Arabii Saudyjskiej, Wenezueli oraz Federacji Rosyjskiej jako głównych producentów, a co za tym idzie, eksporterów ropy naftowej.



Rysunek 1.1. Ropa naftowa- mapa głównych przepływów handlowych w 2010 r. (w milionach ton)

Źródło: BP Statistical Review of World Energy 2011

Tabela 1.2. Zmiany konsumpcji ropy naftowej na świecie: lata 1990, 2000 i 2010. W Tabeli wyszczególniono państwa, dla których udział w konsumpcji światowej w 2010 r. wyniósł przynajmniej 2 %

Państwo	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej
Rok	1990		2000		2010	
USA	16988	25,54%	19701	25,72%	19148	21,1%
Kanada	1747	2,63%	1922	2,51%	2276	2,5%
Meksyk	1580	2,38%	1950	2,55%	1994	2,2%
Ameryka Płn.	20316	30,55%	23574	30,77%	23418	25,8%
Brazylia	1432	2,15%	2018	2,63%	2604	2,9%
Ameryka Płd. i Centralna	3623	5,45%	4855	6,34%	6104	7,0%
Francja	1895	2,85%	1994	2,60%	1744	2,1%
Niemcy	2689	4,04%	2746	3,58%	2441	2,9%
Federacja Rosyjska	5049	7,59%	2698	3,52%	3199	3,7%
Europa i Eurazja	23247	34,96%	19582	25,56%	19510	22,9%
Iran	947	1,42%	1304	1,70%	1799	2,1%
Arabia Saudyjska	1175	1,77%	1578	2,06%	2812	3,1%
Bliski Wschód	3559	5,35%	5021	6,56%	7821	8,9%
Afryka	1943	2,92%	2439	3,18%	3291	3,9%
Chiny	2320	3,49%	4766	6,22%	9057	10,6%
Indie	1213	1,82%	2261	2,95%	3319	3,9%
Japonia	5234	7,87%	5530	7,22%	4451	5,0%
Korea Płd.	1042	1,57%	2252	2,94%	2384	2,6%
Azja Pacyficzna	13814	20,77%	21135	27,59%	27237	31,5%
Świat	66503	100%	76605	100,0%	87382	100,0%

Źródło: BP Statistical Review of World Energy 2011

1.1.8. Czynniki cenotwórcze ropy naftowej

Istnieje bardzo wiele czynników, które wpływają na cenę ropy naftowej. Można je podzielić na trzy grupy: determinanty makroekonomiczne, czynniki związane z łańcuchem dostaw oraz uwarunkowania geopolityczne [Schofield 2007].

Do czynników, kształtujących ceny tego surowca należy aktywność gospodarcza. Wzrost gospodarczy może przyczynić się do rosnących cen ropy naftowej, z powodu zwiększenia się popytu na ropę i produkty ropopochodne. Ponadto, wysokie prawdopodobieństwo wyższych cen w przyszłości przyczynia się do zwiększenia wolumenu transakcji zabezpieczających konsumentów ropy, między innymi na rynku terminowym.

Kolejnym czynnikiem, wpływającym na ceny ropy naftowej jest bieżący poziom rezerw i dostępność ropy naftowej. Ropa naftowa jest nieodnawialnym zasobem, a od poziomu rezerw zależy oczywiście poziom produkcji tego surowca. Ściśle związana z tym zagadnieniem jest teoria Hubberta odnosząca się do kwestii maksymalnego poziomu produkcji ropy naftowej (ang. *Peak Oil*). Próbę prognozy produkcji ropy na świecie podjęto między innymi w pracy Robeliusa [2007]. Wyniki jego badań, uwzględniające kilka możliwych scenariuszy i opierające się na danych dotyczących największych pól naftowych na świecie wskazują, że globalny Peak Oil może nastąpić w latach od 2008 (najgorszy scenariusz) do 2018 (najlepszy scenariusz). Oczywiście, zmniejszający się poziom rezerw ropy naftowej prowadzi do wzrostu cen. Ponadto, wydobycie ropy naftowej na pewnych obszarach jest utrudnione. Opłacalność wydobycia ropy zależy wówczas od rozwoju technologii. Możliwa jest zatem sytuacja, gdy ceny ropy naftowej będą na tyle wysokie, że opłacalne stanie się jej wydobycie ze źródeł, które aktualnie są niedostępne.

Możliwość wykorzystania innych źródeł energii, które mogą zastąpić ropę naftową stanowi kolejny element, determinujący ceny ropy. Rosnące ceny tego surowca przyczyniają się do poszukiwania alternatywnych źródeł energii. Taką tendencję można zaobserwować zwłaszcza w sektorze transportowym, w którym coraz częściej wykorzystuje się pojazdy napędzane energią elektryczną, gazem płynnym LNG (*Liquefied Natural Gas*) i CNG (*Compressed Natural Gas*). Popularyzacja pojazdów o takim napędzie może przyczynić się zatem do zmniejszenia popytu na produkty ropopochodne.

Cena ropy naftowej określonej jakości zależy również od cen innych typów ropy. Powszechnie stosowanymi punktami odniesienia są opisywane wcześniej benchmarki ropy naftowej.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na cenę omawianego surowca jest popyt na produkty ropopochodne. Mnogość zastosowań produktów destylacji frakcyjnej ropy przyczynia się do silnego uzależnienia cen ropy od popytu na towary, do wytworzenia których niezbędna jest ropa. Zapotrzebowanie ma nieraz charakter sezonowy: popyt na olej opałowy rośnie zimą, natomiast latem zwiększa się zużycie benzyny.

Również aktywność uczestników rynku staje się niejednokrotnie źródłem wzrostu cen ropy naftowej. Rosnące zainteresowanie inwestorów obrotem tak zwanymi papierowymi baryłkami ropy może przyczyniać się do wzrostu cen na rynku natychmiastowym.

Wyniki badań [Krichene 2006] wskazują, że popyt na ropę naftową jest powiązany z kształtowaniem się efektywnego kursu dolara (NEER: *Nominal Effective Exchange Rate*), informującego, o ile procent waluta ta osłabiła się bądź wzmocniła wobec walut innych państw uwzględnionych w koszyku kursu efektywnego. Wartość dolara amerykańskiego jest zatem ważnym czynnikiem wpływającym na ceny ropy naftowej na świecie.

Z punktu widzenia producentów ropy naftowej silny wpływ na kształtowanie cen mają wolne moce produkcyjne, zdolności przerobowe rafinerii oraz wielkość marż rafineryjnych. Równie ważna jest też kwestia zdolności magazynowych, które pozwalają zagwarantować względną stabilność poziomu produkcji, pomimo wahań popytu.

Kolejnym ważnym elementem są ceny pozostałych czynników produkcji, do których zaliczyć można koszt produkcji tankowców, czy koszt wykwalifikowanej siły roboczej.

Coraz większe znaczenia mają również wysokie koszty ochrony środowiska, które wynikają z wymogów nakładanych na producentów ropy naftowej oraz rafinerie. W razie skażenia środowiska spowodowanego na przykład wyciekami ropy z tankowców, czy katastrofą w rejonie Zatoki Meksykańskiej, dochodzą dodatkowo wysokie koszty odszkodowań.

Katastrofy naturalne, takie jak huragany, wśród których pamiętnych zniszczeń dokonał huragan Katrina, niszcząc większość platform wiertniczych w Zatoce Meksykańskiej, przyczyniają się również do wzrostów cen.

Jak wspomniano wcześniej duże znaczenie przy ocenie wartości ropy naftowej ma jej jakość, którą określa się w zależności od zawartości siarki oraz gęstości. Charakterystyka ropy, wydobywanej z określonego złoża zmienia się w czasie, dlatego jej cena może ulec zmianie.

Do geopolitycznych czynników cenotwórczych zaliczyć należy obecność konfliktów zbrojnych w rejonach bogatych w złoża ropy, napięcia polityczne pomiędzy krajami importującymi ropę a producentami oraz nacjonalizacja produkcji w niektórych krajach (Boliwia, Ekwador, Wenezuela).

Niewątpliwie, istotnym czynnikiem kształtującym ceny ropy na całym świecie są decyzje OPEC dotyczące poziomów wydobycia ropy naftowej w ich krajach oraz określające poziom cen koszyka ORB.

1.2. Gaz ziemny

1.2.1. Pochodzenie i występowanie

Gaz ziemny (tak zwane błękitne paliwo) jest lotnym paliwem kopalnym, towarzyszącym złożom ropy naftowej, pokładom węgla lub występującym w odrębnych złożach gazu. Podobnie jak ropa naftowa, naturalnie występujący gaz ziemny powstał na drodze rozkładu szczątków organicznych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, przykrytych błotem i glebą, które stopniowo zamieniały się w skały. W wyniku działającego ciśnienia i temperatury, część z tych szczątków uległa przemianom w gaz ziemny, a część w ropę naftową i węgiel. To, jakiego typu paliwo kopalne powstało, uzależnione jest od charakteru szczątków organicznych podlegających przemianom oraz od ich lokalizacji [Speight 2007].

Potencjalnym źródłem gazu ziemnego są również klatraty metanu – krystaliczne substancje złożone z wody i metanu. Do niekonwencjonalnych, ale naturalnie występujących i coraz powszechniej wykorzystywanych źródeł gazu ziemnego należy również gaz łupkowy, uzyskiwany z łupków osadowych.

Oprócz wykorzystywania naturalnie występujących złóż gazu, możliwe jest również wytworzenie w sztuczny sposób tak zwanego zastępczego gazu ziemnego. Biogaz, gaz wysypiskowy i gaz z odmetanowania kopalń węgla poddaje się odpowiednim procedurom, które mają na celu oczyszczenie i uszlachetnienie, by mógł być on wprowadzony do gazociągów.

1.2.2. Charakterystyka i własności

Gaz ziemny jest łatwopalną mieszturą gazów, składającą się głównie z metanu (70%-90%). W zależności od pochodzenia i jakości, gaz ziemny składa się ponadto z etanu, propanu i butanu (do 20%), pentanu i wyższych węglowodorów (do 10%), dwutlenku węgla (do 8%), tlenu (do 0,2%), azotu (do 5%), siarkowodoru i tlenosiarczku węgla (do 5%). Występują również śladowe ilości gazów szlachetnych: argon, hel, neon, ksenon [Speight 2007]. Gaz ziemny w czystej postaci jest bezbarwny, bezwonny i lżejszy od powietrza.

Ze względu na zawartość węglowodorów wyróżnia się:

- gaz suchy – niska zawartość węglowodorów (niemal czysty metan),
- gaz mokry – wysoka zawartość węglowodorów.

Podobnie jak w przypadku ropy naftowej, ze względu na zawartość siarki gaz ziemny określa się mianem:

- gazu kwaśnego – wysoka zawartość siarkowodoru,
- gazu słodkiego – znikoma zawartość siarkowodoru.

1.2.3. Benchmarki gazu ziemnego

Podobnie, jak w przypadku ropy naftowej, istnieją benchmarki ceny gazu ziemnego na świecie. Do najważniejszych benchmarków cenowych gazu ziemnego należą:

- Henry Hub (NYMEX) – benchmark cen gazu w Stanach Zjednoczonych,
- NIT (dawniej AECO) (NGX: Natural Gas Exchange) – benchmark cen gazu w Kanadzie,
- Heren NBP Index (Wlk. Brytania),
- Zeebrude Hub (Belgia),
- IPE Natural Gas.

1.2.4. Historia wykorzystania i wydobycia gazu ziemnego

Gaz ziemny, podobnie jak inne paliwa kopalne, był w pewnym stopniu znany już przez pierwsze cywilizacje. W starożytnej Persji, Grecji i Indiach zwracano uwagę na wydobywający się w niektórych miejscach ogień z wnętrza ziemi. Nie rozumiano przyczyn tego zjawiska i traktowano je jako zjawisko nadprzyrodzone. Znaczenie gazu ziemnego jako źródła energii zostało odkryte około 900 lat p.n.e. przez Chińczyków, którzy w roku 211 p.n.e. zbudowali pierwsze znane pole gazowe. Wykorzystując pędy bambusa wydobywali gaz ziemny, który był wykorzystywany do podgrzewania wody morskiej. Produkowano w ten sposób sól morską oraz otrzymywano wodę pitną [Speight 2007].

Gaz ziemny w Wielkiej Brytanii odkryto w 1650 roku. Komercyjne wykorzystanie gazu, pochodzącego z węgla rozpoczęto w 1785 roku i stosowano go głównie do oświetlenia domów i ulic. Taką technologię produkcji i wykorzystania gazu wdrożono w 1816 roku w Stanach Zjednoczonych, gdzie oświetlono w ten sposób ulice Baltimore w stanie Maryland [Speight 2007; Demirbas 2010].

Pierwsze złoża naturalnie występującego gazu ziemnego w Stanach Zjednoczonych odkryto w 1821 roku niedaleko miejscowości Fredonia, która zawdzięcza oświetlenie swych ulic i domów Williamowi Hartowi, dzięki któremu w Stanach Zjednoczonych powstało pierwsze pole gazowe. W 1858 działalność rozpoczęła pierwsza amerykańska

kańska kompania gazowa (*Fredonia Gas Light Company*), wykorzystująca naturalnie występujący gaz ziemny.

Przez większą część XIX wieku gaz stosowany był głównie do oświetlania domów i ulic. Szersze zastosowanie gazu ziemnego stało się możliwe dzięki wynalazkowi Roberta Bunsena, który od nazwiska swojego twórcy zwany jest palnikiem Bunsena. Mieszanie gazu ziemnego i powietrza w odpowiednich proporcjach w palniku Bunsena pozwoliło na bezpieczne zastosowanie gazu do ogrzewania i gotowania.

1.2.5. Zastosowania gazu ziemnego

Gaz ziemny znajduje bardzo liczne zastosowania między innymi w przemyśle i transporcie, przy produkcji energii elektrycznej i w gospodarstwach domowych. Niewątpliwą zaletą tego źródła energii jest niska emisja zanieczyszczeń w porównaniu do pozostałych paliw kopalnych. Z punktu widzenia ochrony środowiska naturalnego gaz ziemny uznawany jest za jedno z najczystszych źródeł energii.

Biorąc pod uwagę ilość zużywanego gazu, największym jego konsumentem jest przemysł. W najsilniejszym stopniu wykorzystuje się go do ogrzewania, chłodzenia i gotowania. Jest stosowany jako paliwo w kotłach przemysłowych. Znajduje zastosowania w procesie przetwarzania odpadów w spalarniach, przy obróbce metali, zwłaszcza żelaza i stali. Gaz jest wykorzystywany do suszenia, topienia szkła, w przetwórstwie spożywczym. Ponadto, gaz ziemny stosowany jest do produkcji tworzyw sztucznych, nawozów i tekstyliów. Stanowi surowiec, pozwalający na wytworzenie różnego rodzaju chemikaliów i farmaceutyków [Demirbas 2010].

Z uwagi na relatywnie niskie koszty wytworzenia energii, gaz ziemny jest powszechnie wykorzystywany w gospodarstwach domowych, gdzie stosowany jest do ogrzewania i gotowania, czy jako źródło energii do oświetlenia zewnętrznego. Niewątpliwą zaletą stosowania gazu ziemnego jest możliwość taniego wytworzenia własnej energii niezależnie od lokalnej sieci dystrybucji energii elektrycznej.

Wytwarzanie energii elektrycznej z gazu ziemnego odbywa się najczęściej z wykorzystaniem urządzenia, w którym spalając gaz, podgrzewa się wodę i generuje parę wodną, napędzającą turbiny produkujące energię elektryczną. Należy zwrócić jednak uwagę na niską efektywność takiego sposobu wytwarzania energii, gdyż jedynie 33-35% energii cieplnej jest zamieniane na energię elektryczną. Alternatywą dla tej metody jest napędzanie turbin z wykorzystaniem gorących gazów, wytworzonych w trakcie spalania gazu ziemnego. W nowoczesnych elektrowniach wykorzystujących gaz

ziemny stosuje się tak zwany cykl mieszany, czyli metodę w której turbiny napędzane są zarówno parą wodną, jak i gorącymi gazami.

Zastosowanie gazu w transporcie stanowi ciekawą alternatywę dla pojazdów napędzanych benzyną, czy olejem opałowym. Oprócz wykorzystywanego gazu LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), który jest jednym z produktów ropopochodnych, coraz powszechniej stosowanym paliwem w transporcie lądowym jest gaz płynny LNG (*Liquefied Natural Gas*) i gaz CNG (*Compressed Natural Gas*).

1.2.6. Struktura produkcji i konsumpcji na świecie w 2010 roku oraz kierunki przepływów handlowych

W Tabeli 1.3 zamieściliśmy informacje na temat poziomu udowodnionych rezerw gazu ziemnego oraz produkcji na świecie w 2010 roku. Mimo stosunkowo niewielkich rezerw, Stany Zjednoczone mają blisko 20% udział w światowej produkcji gazu ziemnego. Podobnie Kanada, której zasoby w 2010 roku stanowiły jedynie 0,9% rezerw na świecie, zapewnia aż 5% światowej produkcji. Duża część rezerw gazu znajduje się na terenie Federacji Rosyjskiej, gdzie produkuje się niemal 20% gazu. Bardzo duże zasoby posiadają kraje Bliskiego Wschodu (40,5%), co jest dość naturalne, z uwagi na występujące w tym rejonie bogactwo ropy naftowej. Pomimo tego, w rejonie tym produkcja gazu jest stosunkowo niewielka i stanowi jedynie 14,4% światowej produkcji.

Przy założeniu, że poziom produkcji pozostanie niezmienny szacuje się, że gazu wystarczy jeszcze na około 58 lat. Oczywiście dotyczy to sytuacji, w której nie udałoby się w przyszłości dokonać kolejnych odkryć złóż gazu na świecie.

Tabela 1.3. Udowodnione rezerwy i produkcja gazu ziemnego w 2010 roku. Współczynnik R/P (stosunek dowiedzionych rezerw do produkcji) wskazuje, na ile lat wystarczyłoby gazu, przy założeniu, że poziom produkcji pozostałby niezmienny. W Tabeli wyszczególniono państwa, dla których udział w rezerwach światowych wyniósł przynajmniej 2%

Państwo	Rezerwy (w bil. m ³)	Udział w rezerwach światowych	Produkcja (w mld m ³)	Udział w produkcji światowej	R/P
USA	7,7	4,1%	611,0	19,3%	12,6
Ameryka Płn.	9,9	5,3%	826,1	26,0%	12,0
Wenezuela	5,5	2,9%	28,5	0,9%	192,98
Ameryka Płd. i Centralna	7,4	4,0%	161,2	5,0%	45,9
Federacja Rosyjska	44,8	23,9%	588,9	18,4%	76,0
Turkmenistan	8,0	4,3%	42,4	1,3%	188,7
Europa i Eurazja	63,1	33,7%	1043,1	32,6%	60,5
Iran	29,6	15,8%	138,5	4,3%	213,7
Katar	25,3	13,5%	116,7	3,6%	216,8
Arabia Saudyjska	8,0	4,3%	83,9	2,6%	95,5
Zjednoczone Emiraty Arabskie	6,0	3,2%	51,0	1,6%	117,6
Bliski Wschód	75,8	40,5%	460,7	14,4%	164,5
Algieria	4,5	2,4%	80,4	2,5%	56,0
Nigeria	5,3	2,8%	33,6	1,1%	157,7
Afryka	14,7	7,9%	209,0	6,5%	70,5
Azja Pacyficzna	16,2	8,7%	493,2	15,4%	32,8
Świat	187,1	100,0%	3193,3	100,0%	58,6

Zródło: BP Statistical Review of World Energy 2011

Tabela 1.4 zawiera informacje na temat struktury konsumpcji gazu ziemnego na świecie w latach 1990-2010. Można zaobserwować, że zapotrzebowanie na gaz systematycznie rośnie. Największym konsumentem tego surowca są Stany Zjednoczone, warto jednak zwrócić uwagę na to, że coraz większy udział w konsumpcji gazu można zaobserwować w rejonie Azji Pacyficznej i na Bliskim Wschodzie.

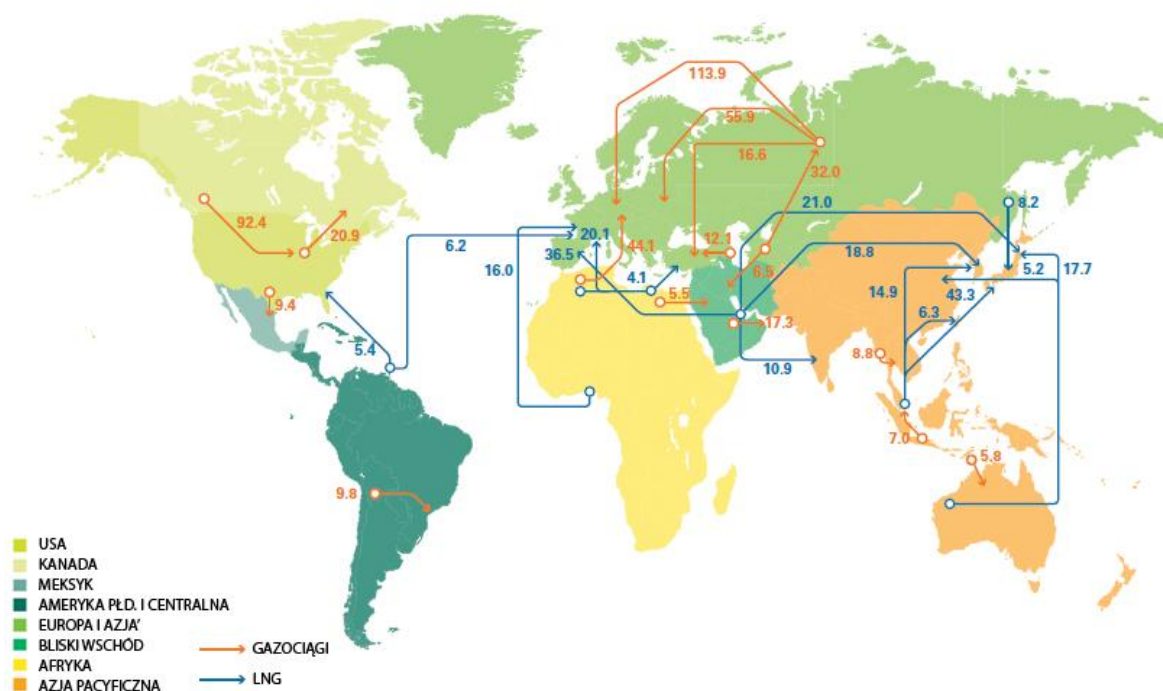
Transport gazu ziemnego jest trudniejszy niż w przypadku ropy naftowej. Niezbędna jest sieć przesyłowa w postaci gazociągów lub specjalistyczne tankowce, które mogą przewozić płynny gaz LNG. Z tego powodu handel gazem najczęściej ma charakter regionalny [Kohl 2004]. Jednakże, rozwój technologii LNG powoduje, że handel zaczyna mieć bardziej globalny charakter [Report of Programme Committee B IGU 2006 za: Rychlicki i Siemek 2007]. Informacje na temat przepływów handlowych pomiędzy największymi producentami i konsumentami gazu ziemnego przedstawione są na Rysunku 1.2. Poprzez gazociągi odbywa się bardzo duży przesył gazu, pochodzące-

go z terenu Federacji Rosyjskiej, który trafia głównie na rynek europejski. Istotną rolę w gazie importowanym na teren Stanów Zjednoczonych stanowi gaz trafiający poprzez gazociągi z Kanady.

Tabela 1.4. . Zmiany konsumpcji gazu na świecie: lata 1990, 2000 i 2010. W Tabeli wyszczególniono państwa, dla których udział w konsumpcji światowej w 2010 r. wyniósł przynajmniej 2%

Państwo	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej	Konsumpcja (w tys. baryłek dziennie)	Udział w konsumpcji światowej
Rok	1990		2000		2010	
USA	542,9	27,70%	660,7	27,40%	683,4	21,7%
Kanada	67,2	3,43%	92,7	3,84%	93,8	3,0%
Meksyk	27,5	1,40%	41,0	1,70%	68,9	2,2%
Ameryka Płn.	637,7	32,53%	794,4	32,94%	846,1	26,9%
Ameryka Płd. i Centr.	57,8	2,95%	96,0	3,98%	147,7	4,7%
Niemcy	59,9	3,06%	79,5	3,30%	81,3	2,6%
Włochy	43,4	2,22%	64,9	2,69%	76,1	2,4%
Federacja Rosyjska	407,6	20,79%	354,0	14,68%	414,1	13,0%
Wielka Brytania	52,4	2,67%	96,9	4,02%	93,8	3,0%
Europa i Eurazja	974,7	49,73%	985,3	40,86%	1137,2	35,8%
Iran	22,7	1,16%	62,9	2,61%	136,9	4,3%
Arabia Saudyjska	33,5	1,71%	49,8	2,07%	83,9	2,6%
Bliski Wschód	95,7	4,88%	186,7	7,74%	365,5	11,5%
Afryka	39,7	2,02%	58,4	2,42%	105,0	3,3%
Chiny	15,3	0,78%	24,5	1,02%	109,0	3,4%
Japonia	48,1	2,45%	72,3	3,00%	94,5	3,0%
Azja Pacyficzna	154,6	7,89%	290,8	12,06%	567,6	17,9%
Świat	1960,2	100,00%	2411,7	100,00%	3169,0	100,0%

Źródło: BP Statistical Review of World Energy 2011



Rysunek 1.2. Gaz ziemny- mapa głównych przepływów handlowych w 2010 r. (w mld. m³)

Źródło: BP Statistical Review of World Energy 2011

1.2.7. Czynniki cenotwórcze gazu ziemnego

Zarówno na poziomie regionalnym, jak i międzynarodowym zasady regulacji i funkcjonowania rynku gazu ziemnego znajdują się w fazie istotnych zmian. Jednakże pomimo trendów liberalizacyjnych gaz ziemny pozostaje pod silnymi politycznymi wpływami [Report of Programme Committee B IGU 2006 za: Rychlicki i Siemek 2007]. Mimo, że polityka regulacyjna ma kluczowy wpływ na ceny, coraz większego znaczenie nabierają współcześnie fundamentalne relacje pomiędzy podażą i popytem [Schofield 2007]. Czynniki, wpływające na ceny gazu ziemnego można podzielić na czynniki związane ze stroną podażową gazu i z wielkością popytu. Schofield [2007] wskazuje następujące czynniki kształtujące ceny gazu.

Po pierwsze ceny gazu kształtowane są przez poziom rezerw i wielkość produkcji krajowej. Kluczowe znaczenie ma równowaga pomiędzy tymi wskaźnikami a wielkością importu.

Ponadto, na poziom cen mają wpływ przerwy w dostawach spowodowane przez niekorzystne warunki atmosferyczne. Do najbardziej znamienych przypadków takiego wpływu należą huragany, które mogą wpływać zarówno na poziom popytu, jak i podaży gazu ziemnego. Huragany występujące w przeszłości, takie jak Katrina i Rita w 2005

roku spowodowały liczne zniszczenia infrastruktury, znajdującej się w rejonie Zatoki Meksykańskiej. Miało to wpływ na poziom produkcji zarówno gazu ziemnego, jak i ropy naftowej.

Duży wpływ na ceny gazu ziemnego mają sezonowe wahania popytu, związane z niskimi temperaturami podczas zimy. Ponieważ gaz ziemny w domowych zastosowaniach wykorzystywany jest do ogrzewania domów i mieszkań, bardzo zimne temperatury panujące podczas tej pory roku powoduje wzrost zapotrzebowania na ten surowiec.

Ceny gazu w danym kraju zdeterminowane są również przez stopień rozwoju infrastruktury przesyłowej. Oprócz gazociągów dużą rolę odgrywają w tej kwestii wykorzystywane do przewozu gazu LNG specjalistyczne statki morskie (gazowce). Ich wykorzystanie pozwala zwiększyć zdywersyfikowanie źródła dostaw, co nie jest bez znaczenia dla kształtowania się cen gazu. Zwiększenie się konkurencyjności pomiędzy dostawcami może przyczynić się do spadku cen gazu ziemnego.

Wielkość produkcji energii elektrycznej wpływa na popyt na gaz ziemny. Ponieważ, jak opisywano wcześniej, elektrownie mogą produkować energię elektryczną wykorzystując do tego gaz ziemny, wzrost zapotrzebowania na energię wpływa na konsumpcję gazu. Również tym przypadku taka sytuacja może pojawiać się sezonowo, z uwagi na duże zużycie energii zasilającej klimatyzację domów w czasie upalnego lata.

W wycenie gazu ziemnego uwzględnia się również cenę ropy naftowej. Przyczyn jest kilka. Po pierwsze złoża ropy naftowej często towarzyszą złożom gazu ziemnego. Odkrycia nowych zbiorników wiąże się z możliwością zwiększenia produkcji obydwu surowców. Ponadto, ponieważ w pewnych obszarach zastosowań te dwa surowce mogą być wykorzystywane zamiennie, ceny ropy naftowej i gazu ziemnego są ze sobą związane. Historycznie, ceny gazu odnoszono do cen na bardziej płynnym rynku ropy naftowej. Miało to szczególne znaczenie dla banków, udzielających kredytów na duże projekty badawcze i produkcyjne. Konieczność zapewnienia wystarczających przepływów finansowych do obsługi zaciągniętego długu przyczyniła się do wykorzystania długoterminowych umów sprzedaży gazu naturalnego, które były indeksowane ceną produktów ropopochodnych.

Podsumowanie

Przedstawiliśmy informacje dotyczące dwóch ważnych surowców energetycznych: ropy naftowej i gazu ziemnego. Opisaliśmy między innymi gdzie występują ich złoża oraz w jakich obszarach znajdują zastosowanie. Ponadto wskazaliśmy największych producentów i konsumentów ropy naftowej i gazu ziemnego. Zwróciliśmy uwagę na wiodącą rolę krajów należących do organizacji OPEC jako producentów ropy naftowej. Zużycie tego surowca systematycznie rośnie. Do największych konsumentów należą Stany Zjednoczone oraz Chiny. W przypadku gazu ziemnego Stany Zjednoczone oraz Federacja Rosyjska należą zarówno do największych producentów, jak i konsumentów tego surowca. W rozdziale scharakteryzowaliśmy ponadto czynniki, kształtujące cenę ropy naftowej i gazu ziemnego. Przedstawione informacje stanowią bazę do dalszych rozważań i pozwalają przeprowadzić analizę czynników ryzyka inwestycji w instrumenty finansowe z rynku surowców energetycznych z uwzględnieniem specyfiki tego rynku.

2. Koncepcja badania i opis danych

W niniejszym rozdziale przedstawimy szczegółowo koncepcję badania empirycznego, uwzględniającą trzy ważne aspekty modelowania: niejednorodność uczestników rynku, czynniki ryzyka oraz zmienność.

Jak wspominaliśmy wcześniej, w obrocie kontraktami terminowymi na nośniki energii coraz większy udział mają inwestorzy niekomercyjni. Uczestników tego rynku charakteryzują zatem odmienne motywacje, z powodu których zawierają transakcje w danym momencie czasu. Może się to przekładać na różnice w częstotliwości dokonywania przez nich transakcji i długość horyzontu inwestycji. Opisane zróżnicowanie wśród inwestorów wiąże się z ważną koncepcją, dotyczącą funkcjonowania rynku kapitałowego: hipotezą rynku niejednorodnego, którą opiszemy w pierwszej części rozdziału. Uwzględnienie tej hipotezy i różnych horyzontów inwestycji będzie kluczowym elementem przeprowadzonych analiz.

Ponieważ celem pracy jest identyfikacja i opis czynników ryzyka związanych z rynkiem surowców energetycznych przy użyciu narzędzi ekonometrii finansowej, koniecznym staje się omówienie, czym jest ryzyko w działalności inwestycyjnej oraz jakie czynniki ryzyka będą rozpatrywane. Temu zagadnieniu poświęcimy drugą część niniejszego rozdziału.

Ryzyko inwestycji w określony instrument finansowy mierzy się zazwyczaj uwzględniając zmienność jego kursu. Zmienność jest miarą niepewności inwestora, opisuje siłę wahań cen i stóp zwrotu danego instrumentu. Do najpopularniejszych estymatorów zmienności dziennej należy obecnie zaproponowana przez Andersena i Bollersleva [1998] zmienność zrealizowana. Omówimy tę koncepcję szacowania zmienności w trzeciej części rozdziału.

Przedstawimy ponadto najważniejsze informacje na temat wybranych instrumentów finansowych, które będą poddawane dalszym analizom wraz z uzasadnieniem ich doboru. Należy przy tym zauważyć, że wybór odpowiednich instrumentów finansowych, które będą dobrze reprezentowały cały rynek nie jest zadaniem łatwym. W dzisiejszych czasach na rynkach finansowych zachodzi zjawisko mnożenia dostępnych metod inwestowania, zwłaszcza w obrębie instrumentów pochodnych. Podobną tendencję można zaobserwować na rynku nośników energii, na którym również zwiększyła się liczba dostępnych derywatów.

Ostatnią część rozdziału poświęcimy omówieniu najważniejszych własności analizowanych szeregów czasowych z uwzględnieniem podziału na dane wysokiej częstotliwości, dane dzienne i miesięczne.

2.1. Koncepcja badania w świetle hipotezy rynku niejednorodnego

Uczestnikami rynku instrumentów pochodnych na surowce energetyczne są oczywiście najwięksi konsumenci i producenci, wykorzystujący je w strategiach zabezpieczających przed ryzykiem wzrostu, czy też spadku ceny danego towaru. Ponadto, na skutek wprowadzonych regulacji prawnych na rynku instrumentów pochodnych, udział w rynku funduszy inwestycyjnych oraz spekulantów zwiększa się znacząco [Parsons 2009]. Gdy w 1983 roku na giełdzie NYMEX rozpoczął się obrót kontraktami terminowymi na ropę naftową, fundamentalny wpływ na rynek miał fizyczny handel na rynku gotówkowym. Liczba funduszy hedgingowych, będących uczestnikami rynku terminowego na ropę była znacznie mniejsza niż inwestorów komercyjnych. W ostatnich latach te proporcje się odwróciły.

Z uwagi na odmienne motywacje inwestorów, zmieniły się również czynniki, które w fundamentalny sposób determinują ryzyko na tym rynku [Fusaro 2008]. Decyzje inwestycyjne spekulantów w coraz większym stopniu wpływają na kształtowanie się cen kontraktów terminowych na surowce energetyczne oraz na rosnącą zmienność na tych rynkach.

Istnieją uzasadnione przesłanki, że rynek terminowy nośników energii ma niejednorodny charakter. Obrót kontraktami na nośniki energii, odbywający się aktualnie niemal przez całą dobę, umożliwia zawieranie transakcji inwestorom z różnych szerokości geograficznych. Ponieważ ceny nośników energii w istotny sposób wpływają na światową gospodarkę, inwestorzy zagraniczni biorą aktywny udział w kształtowaniu dynamiki kursów terminowych rozpatrywanych kontraktów. Ich zaangażowanie wpływa na charakterystyczny wzorzec aktywności w ciągu doby, na którym można zaobserwować obecność inwestorów z trzech ważnych światowych centrów finansowych: Nowego Jorku, Londynu i Hong Kongu.

Dla pewnych horyzontów inwestycyjnych, ryzyko może być kształtowane przez zupełnie inne czynniki. Proponujemy zatem, by badanie czynników ryzyka na rynku surowców energetycznych przeprowadzić, uwzględniając określony typ inwestorów, różniących się częstotliwością dokonywania transakcji.

W literaturze przedmiotu pojawiały się już badania, biorące pod uwagę fraktalną i niejednorodną strukturę rynku ropy naftowej. Ellen i Zwinkels [2010] testowali wpływ inwestorów na zmiany cen natychmiastowych ropy naftowej WTI i Brent, których podzielili na spekulantów oraz inwestorów "fundamentalnych", czyli konsumentów i producentów. W swoim badaniu wykazali istniejącą niejednorodność oczekiwań wśród inwestorów z rynku ropy naftowej.

Wśród koncepcji, dotyczących funkcjonowania rynku kapitałowego, na szczególną uwagę w odniesieniu do rynku surowców energetycznych zasługuje zatem hipoteza rynku niejednorodnego. Zanim przejdziemy do jej omówienia przedstawimy (historycznie wcześniejszą) hipotezę efektywności rynku.

2.1.1. Hipoteza rynku efektywnego

Założenia tradycyjnych teorii, opisujących funkcjonowanie rynków finansowych takich, jak teorie użyteczności, arbitrażowe teorie cen (APT), czy równowagowe teorie cen (CAPM) odwołują się do sytuacji, w których rynek działa w sposób efektywny. Hipoteza efektywności rynku (*market efficiency*) została rozwinięta przez Fama [1965, 1970]. Zgodnie z tą koncepcją cała dostępna informacja o instrumentach finansowych jest natychmiast odzwierciedlana w ich cenach. Jeżeli rynek jest efektywny, to bieżące ceny odzwierciedlają wszelkie dostępne informacje i nie jest możliwe, by jakiś uczestnik rynku miał nad innymi przewagę i uzyskał wyższą stopę zwrotu z inwestycji. Zgodnie z EMH zmiana ceny instrumentu finansowego na rynku efektywnym zajdzie tylko wtedy, gdy pojawi się nowa nieoczekiwana informacja. Ponadto, bieżąca stopa zwrotu nie jest w żaden sposób związana ze zmianami wcześniejszymi – stopy zwrotów są zatem niezależnymi zmiennymi losowymi, które podlegają błędzeniu losowemu.

Pojęcie odzwierciedlania informacji w cenie stanowi skrót myślowy. Efektywność rynku oznacza, że nowa informacja dociera równocześnie do wszystkich inwestorów, którzy działając w sposób racjonalny dokonują jej przetworzenia w te same decyzje i działania, wywołujących na rynku efekt w postaci ceny [Jajuga i Jajuga 2002]. Opisaną zgodność reakcji uczestników rynku na napływające informacje określić można mianem jednorodności rynku (*homogeneity of the market*).

Ze względu na to, jakie informacje są odzwierciedlane w cenach instrumentów finansowych, wyróżnia się następujące formy efektywności rynku [Fama 1970]:

- słabą efektywność (*weak form efficiency*),

- średnią (semi-mocną) efektywność (*semi-strong form efficiency*),
- silną (mocną) efektywność (*strong form efficiency*).

Zgodnie z hipotezą rynku efektywnego w wersji słabej przez informację rozumie się historię cen instrumentu finansowego. Inwestorzy, budujący swoje strategie na podstawie analizy technicznej, która opiera się tylko na przeszłych cenach instrumentu finansowego, nie uzyskują ponadprzeciętnych zysków.

W przypadku średniej formy efektywności rynku za informacje uważa się wszystkie dostępne publicznie informacje o instrumencie finansowym. W szczególności, należą do nich przeszłe ceny, informacje makroekonomiczne oraz, w przypadku na przykład akcji, raporty na temat spółki, która te akcje emituje. Bieżąca cena instrumentu finansowego odzwierciedla wszystkie informacje dostępne publicznie, gdyż wynika z racjonalnej wyceny ogółu inwestorów mających jednakowy dostęp do informacji. Jeżeli hipoteza rynku średnio efektywnego jest prawdziwa, to uczestnicy rynku, którzy swoje strategie inwestycyjne opierają na wynikach analizy fundamentalnej i technicznej nie powinni osiągać ponadprzeciętnych dochodów.

Hipoteza rynku efektywnego w formie silnej dotyczy sytuacji, gdy zasób informacji na temat instrumentu finansowego oprócz informacji dostępnych publicznie powiększony zostanie o informacje "wewnętrzne" (prywatne). Jeżeli hipoteza rynku efektywnego w wersji mocnej jest prawdziwa, to uczestnicy rynku, którzy swoje strategie inwestycyjne opierają na wynikach analizy fundamentalnej, analizy technicznej oraz z wykorzystaniem poufnych informacji nie powinni osiągać ponadprzeciętnych dochodów.

Prawdziwość hipotezy rynku efektywnego była mocno krytykowana, między innymi przez Grossmana i Stiglitz [1980] oraz Petersa [1991,1994].

Gabryś [2006] prezentuje szczegółowo dotychczasowe wyniki badań, dotyczących istnienia specyficznych anomalii: efektów sezonowych i baniek spekulacyjnych, które świadczyć mogą przeciwko słuszności hipotezy rynku efektywnego. Wśród nich można wskazać [Gabryś 2006]:

- anomalie w czasowym rozkładzie stóp zwrotu (efekt stycznia, efekt dnia tygodnia, efekt poniedziałku, efekt godziny w dniu),
- anomalie o innym charakterze (efekt małej firmy, efekt wskaźnika Cena/Zysk, zagadka Value-Line, efekt indeksu S&P, efekt wartości, krachy i bańki na rynkach, anomalie pogodowe).

Założenia EMH (racjonalność działania inwestorów, jednorodność rynku) pozostają w sprzeczności z rzeczywistością inwestycyjną. Ponadto, własności finansowych szeregów czasowych przeczą kształtowaniu się cen w oparciu o proces błędzenia losowego, który wiąże się z założeniem o niezależności cen i rozkładzie normalnym ich zmian. Peters [1994] zwraca uwagę na własności rozkładów zwrotów z instrumentów finansowych, które charakteryzują się grubszymi ogonami, niż rozkład normalny. Rozkłady o grubych ogonach mogą pojawiać się w przypadku nieliniowych procesów stochastycznych. Ponadto, struktura zależności zmienności mierzonej odchyleniem standardowym nie jest zgodna z hipotezą rynku efektywnego [Peters 1994].

2.1.2. Hipoteza rynku fraktalnego

Zgodnie z założeniami EMH, rynek jest jednorodny: składa się z dużej liczby inwestorów, którzy w identyczny sposób reagują na nowe informacje. Słaba wersja tej hipotezy stwierdza ponadto, że zmiany cen są zdarzeniami niezależnymi, podlegają błędzeniu losowemu i są zgodne z rozkładem normalnym. Oparta na teorii chaosu hipoteza rynku fraktalnego (FMH – *Fractal Market Hypothesis*) zaproponowana przez Petersa [1989,1991], tworzy zupełnie inny obraz uczestników rynku. Zgodnie z tą hipotezą inwestorzy różnią się między sobą ze względu na horyzont inwestycyjny, tworząc rynek o fraktalnej strukturze statystycznej, którego stabilność jest zagwarantowana, pod warunkiem występowania dostatecznej płynności. Płynność gwarantuje, że cena, jaką może otrzymać inwestor za dany walor jest bliska wartości, ocenianej przez rynek jako sprawiedliwą. Źródłem płynności jest występowanie różnych grup inwestorów, działających z innym horyzontem inwestycyjnym, uwzględniających odmienne informacje i różniących się oceną wysokości "sprawiedliwej ceny".

Hipoteza rynku fraktalnego jest alternatywą do hipotezy rynku efektywnego i stanowi próbę opisu funkcjonowania rynku kapitałowego. FMH uzasadnia występowanie zjawiska samopodobieństwa szeregów czasowych i modeluje podział ryzyka pomiędzy uczestnikami rynku kapitałowego [Gabryś 2005].

Założenia FMH [Peters 1994] są następujące:

- Rynek jest stabilny, gdy składa się z dużej liczby inwestorów, o różnych horyzontach inwestycyjnych, którzy gwarantują płynność transakcji,
- Określone informacje mają odmienny wpływ na uczestników rynku o innych horyzontach inwestycyjnych. Inwestorzy o krótkim horyzoncie uwzględniają ak-

tualnie dominujące nastroje na rynku oraz kierują się analizą techniczną. Wraz ze wzrostem horyzontu inwestycyjnego dominujące znaczenie mają czynniki fundamentalne i ekonomiczne,

- Poziomy cen instrumentów finansowych kształtują się w wyniku kombinacji handlu inwestorów o horyzoncie krótkoterminowym, kierujących się analizą techniczną i inwestorów długoterminowych, posługujących się analizą fundamentalną. Zmiany cen wyznaczone dla krótszych interwałów czasowych charakteryzują się większą zmiennością a chwilowe trendy na rynku pojawiają się jako efekt zachowań stadnych inwestorów (psychologii tłumu). Mniejsza zmienność cen w dłuższych interwałach wynika z faktu, że inwestorzy mają więcej czasu na przyswojenie informacji, co zwiększa prawdopodobieństwo pojawienia się konsensusu w kwestii "sprawiedliwej ceny",
- Jeżeli walor nie ma powiązań z cyklami ekonomicznymi, to nie podlega długoterminowym trendom. Na ceny mają wówczas wpływ aktywność uczestników rynku, płynność oraz informacje istotne dla inwestorów krótkoterminowych.

Zgodnie z hipotezą rynku fraktalnego ocena danej informacji przez konkretnego inwestora może zależeć od jego horyzontu inwestycyjnego. Uczestnicy rynku o odmiennej częstotliwości transakcji mogą w różny sposób interpretować informację i reagować na nią ze specyficznym opóźnieniem.

Jak stwierdza Peters [1994], rynek przestaje być stabilny, gdy znika jego fraktalna struktura. Przykładowo w sytuacji, gdy inwestorzy długoterminowi przestają zawierać transakcje na rynku lub gdy zmieniają swój horyzont inwestycyjny na krótszy. Taka sytuacja może mieć miejsce w warunkach kryzysu ekonomicznego lub politycznego, gdy uczestnicy rynku borykają się z większą niepewnością informacji o charakterze fundamentalnym. Gdy wszyscy uczestnicy rynku mają taki sam horyzont inwestycyjny, rynek przestaje być płynny i stabilny, co prowadzi do paniki.

Analiza fraktalnej natury szeregu czasowego opiera się na wyznaczeniu tak zwanej miary nieregularności. Miarą tego typu jest wykładnik Hursta, który wyznacza się poprzez analizę przeskalowanego zakresu R/S .

2.1.3. Hipoteza rynku niejednorodnego

Ściśle związana z ideą rynku fraktalnego jest zaproponowana przez Müllera i in. [1993] hipoteza rynku niejednorodnego (HMH – *Heterogeneous Market Hypothesis*), która zakłada fraktalną strukturę danych. Założenia HMH są następujące:

- Na rynku istnieją różnego typu inwestorzy; różnią się oni horyzontem czasowym (inwestycje krótko- i długoterminowe) oraz częstotliwością dokonywania transakcji. Rynek jest zatem niejednorodny z fraktalną strukturą horyzontów inwestycyjnych, każdy uczestnik ma swój własny czas reakcji na informację,
- Istotny wpływ na dynamikę rynku ma fakt, że uczestnicy globalnego rynku pracują na różnych kontynentach, w różnych strefach czasowych,
- Różnice między uczestnikami rynków dotyczą nie tylko horyzontu czasowego i lokalizacji geograficznej, ale również awersji do ryzyka, więzów instytucjonalnych czy kosztów transakcji.

Autorzy hipotezy rynku niejednorodnego zwrócili we wcześniejszej pracy [Müller i in. 1990] uwagę na charakterystyczne własności finansowych szeregów czasowych dla zwrotów wysokiej częstotliwości (śróddziennych), których agregacja podlega prawom skalowania, odpowiadającym następującemu równaniu:

$$(E(|r(\Delta t)|^p))^{1/p} = c(p)\Delta t^{D(p)}. \quad (2.1)$$

Równanie (2.1) zakłada istnienie relacji pomiędzy przedziałem czasu Δt i wartością oczekiwaną zmienności mierzonej p -tą potęgą zwrotów bezwzględnych, wyznaczonych w tym interwale czasu. Parametr $D(p)$ (dryf) równy 0,5 świadczy o tym, że badane zwroty podlegają gaussowskiemu błędzeniu losowemu. Wyniki estymacji, którą przeprowadza się metodą najmniejszych kwadratów, różnią się w zależności od wielkości p . Najczęściej stosowanymi wartościami są $p = 1$ lub $p = 2$.

Motywacją dokładniejszego zbadania własności danych śróddziennych była obserwowana w nich cykliczność, którą autorzy proponują modelować z wykorzystaniem czasu biznesowego ϑ . Nowa skala czasowa pozwala uwzględnić aktywność inwestorów z różnych regionów świata oraz o zróżnicowanych horyzontach inwestycyjnych. Czas ϑ "rozciga" interwały czasu rzeczywistego o dużej aktywności inwestorów i skraca długość interwałów, charakteryzujących się niską aktywnością. Osiągnięcie takiego efektu wynika z zastosowania formuły (2.4), która określa zależność pomiędzy

interwałem w skali czasowej ϑ a aktywnością inwestorów. Zastosowanie czasu biznesowego stanowi alternatywę dla filtrów cykliczności, opisanych w podrozdziale 2.6.1.

Ustalenie opisanej powyższej skali czasu wymaga wyznaczenia aktywności inwestorów w i -tej godzinie w tygodniu:

$$a_i = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{E(|r_i(\Delta t)|)}{c^*} \right)^{\frac{1}{D(1)}} \quad (2.2)$$

gdzie c^* jest parametrem, który dobiera się tak, by spełnione było poniższe równanie normalizujące:

$$\frac{1}{168} \sum_{i=1}^{168} a_i = 1 \quad (2.3)$$

Nowa skala czasowa wyznaczona jest na podstawie oszacowań parametru D z równania (2.1) dla $p = 1$ i c^* z równania (2.2). Długość i -tego interwału w czasie biznesowym może być obliczona jako [Dacorogna i in. 2001]:

$$\Delta\vartheta_i = \left(\frac{E(|r_i(\Delta t)|)}{c^*} \right)^{\frac{1}{D(1)}} \quad (2.4)$$

Wzorzec aktywności tygodniowej odzwierciedla intensywność zawierania transakcji na danym rynku. Dacorogna i in. [2001] wyznaczając taki wzorzec dla kursów walutowych USD/JPY i USD/CHF wykryli, że aktywność w poszczególnych porach dnia jest wypadkową transakcji dokonywanych przez uczestników rynku z różnych szerokości geograficznych. Potwierdziła się tym samym słuszność założenia o niejednorodności wśród inwestorów na rynku walutowym. W dalszej części rozdziału, omawiając własności danych wysokiej częstotliwości, wyznaczymy podobny wzorzec dla aktywności transakcji na rynku surowców energetycznych.

2.2. Ryzyko w działalności inwestycyjnej

2.2.1. Pojęcie ryzyka

Współcześnie ryzyko jest definiowane na kilka sposobów. Słownik Języka Polskiego PWN wskazuje na trzy znaczenia słowa ryzyko. Jest to:

- możliwość, że coś się nie uda, lub przedsięwzięcie, którego wynik jest niepewny,
- odważenie się na takie niebezpieczeństwo,

- prawdopodobieństwo powstania szkody obciążające osobę poszkodowaną niezależnie od jej winy, jeśli umowa lub przepis prawny nie zobowiązały innej osoby do wyrównania szkody.

Pierwsze ze znaczeń nawiązuje do dwóch koncepcji ryzyka: negatywnej i neutralnej. **Ryzyko rozumiane negatywnie** (jako zagrożenie) oznacza możliwość nieosiągnięcia oczekiwanego efektu. Natomiast **ryzyko rozumiane neutralnie** (ryzyko jako zagrożenie i szansa) oznacza możliwość uzyskania efektu różniącego się od oczekiwanego [Jajuga 2008]. Jak zaznacza Damodaran [2007], ryzyko w finansach utożsamiane ze zmiennością zwrotów z inwestycji, odnosi się do neutralnej koncepcji ryzyka, które postrzegane jest nie tylko jako zagrożenie, przed którym należy się zabezpieczać, ale również jako szansa na ponadprzeciętne zyski, z której niekoniecznie należałoby rezygnować. Zbyt często zatem, jak zaznacza autor, proces zarządzania ryzykiem utożsamiany jest w finansach z zabezpieczaniem się przed nim.

W działalności inwestycyjnej wyróżnia się między innymi następujące rodzaje ryzyka [Jajuga 2002]:

- ryzyko stopy procentowej: zmieniające się stopy procentowe powodują zmiany wymaganych przez inwestorów stóp dochodu, co wpływa na zmiany cen instrumentów finansowych. W przypadku obligacji występuje w szczególności ryzyko okresu posiadania (zmiana stopy procentowej wpływa na cenę obligacji, którą inwestor chciałby sprzedać przed terminem wykupu). Z ryzykiem stopy procentowej wiąże się ryzyko reinwestowania (ze względu na zmiany stóp procentowych na rynku, dochody z tytułu posiadania instrumentu finansowego są reinwestowane przy innej stopie niż stopa dochodu instrumentu),
- ryzyko kursów walut: jeżeli instrument denominowany jest w obcej walucie, zmiany kursu walutowego powodują, że stopy zwrotu w dwóch różnych walutach nie są równe,
- ryzyko inflacji: zmiana stopy inflacji powoduje zmianę siły nabywczej dochodu z inwestycji,
- ryzyko rynku: wiąże się z faktem, że kształtowanie się ceny instrumentów finansowych zależy w pewnym stopniu od ogólnej sytuacji na rynku ("rynku byka" lub "rynku niedźwiedzia"),
- ryzyko niedotrzymania warunków przez emitenta instrumentu finansowego,

- ryzyko zarządzania: niewłaściwe zarządzanie spółką emitującą instrument finansowy prowadzi do spadku cen, co wpływa na dochody inwestorów,
- ryzyko biznesu (ryzyko operacyjne): zmienność dochodów emitenta instrumentu finansowego wpływa na jego cenę i dochody inwestorów,
- ryzyko finansowe: zbyt duży udział kapitału obcego w kapitale spółki powoduje niemożność wywiązania się z zobowiązań, co wpływa na dochody inwestorów,
- ryzyko bankructwa,
- ryzyko płynności: niska płynność obrotu instrumentu na rynku powoduje trudności z jego zbyciem po spodziewanej cenie,
- ryzyko polityczne: zmiany w postaci nowych praw i obowiązków, decyzje władz dotyczące instrumentów finansowych. W kontekście relacji międzynarodowych odnosi się również do ryzyka konfliktów politycznych,
- ryzyko wydarzeń: nieoczekiwane zdarzenia mogą wpływać na cenę pojedynczego instrumentu finansowego, nie wpływając na ogólną sytuację rynkową.

W odniesieniu do rynku surowców energetycznych w szczególności cztery pierwsze czynniki wydają się wpływać na ryzyko inwestycji. Również ryzyko polityczne i ryzyko wydarzeń mają silny wpływ na sytuację inwestorów. W przypadku ropy naftowej sytuacja geopolityczna ma kluczowe znaczenie dla dostępu do surowca na terenach, będących często miejscem konfliktów zbrojnych. Kluczowe znaczenie mają również decyzje OPEC na temat limitów wydobycia i poziomów cen ropy pochodzącej z krajów stowarzyszonych w tej organizacji. Niewątpliwie, silny wpływ na notowania surowców mają katastrofy naturalne, w tym huragany, które niejednokrotnie w przeszłości wpływały na ich notowania.

2.2.2. Miary ryzyka inwestycji

Niniejsza punkt poświęcony został omówieniu najważniejszych miar ryzyka inwestycji, wśród których największe znaczenie dla praktyków ma aktualnie wartość zagrożona (*Value at Risk*, VaR). Zanim formalnie przejdziemy do omówienia wspomnianych zagadnień warto zaznaczyć, że będziemy zakładać, iż obserwowane w kolejnych odstępach czasu zwroty z inwestycji w instrumenty finansowe są realizacjami zmiennych losowych, przy czym zmienną i jej realizację będziemy oznaczać tym samym symbolem. Konwencja ta jest powszechnie stosowana w pracach z zakresu ekonometrii finansowej [Doman i Doman 2009].

2.2.2.1. Miary ryzyka w neutralnej koncepcji ryzyka

Do miar ryzyka odpowiadających neutralnej koncepcji ryzyka należy **wariancja** oraz **odchylenie standardowe**. Wariancja stopy zwrotu r_t zdefiniowana jest jako wartość oczekiwana kwadratu odchylenia stopy zwrotu r_t od jej wartości oczekiwanej:

$$\sigma_{r_t}^2 = V(r_t) = E(r_t - E(r_t))^2, \quad (2.5)$$

Stosowanie wariancji jako miary ryzyka jest kłopotliwe z punktu widzenia interpretacji (niezgodność jednostek). Z tego powodu częściej stosuje się odchylenie standardowe stopy zwrotu zdefiniowane jako pierwiastek kwadratowy z wariancji:

$$\sigma_{r_t} = \sqrt{V(r_t)} = \sqrt{E(r_t - E(r_t))^2} \quad (2.6)$$

Tak określona miara również nie jest pozbawiona wad. Ponieważ odchylenia stopy zwrotu od wartości oczekiwanej podnosi się do kwadratu, w przypadku wystąpienia obserwacji nietypowych miara ta może zawyżać wielkość ryzyka.

Odchylenie przeciętne stopy zwrotu zdefiniowane jest w taki sposób, by uniknąć wspomnianej wady, którą posiada odchylenie standardowe. Formuła definiująca odchylenie przeciętne ma postać:

$$d_{r_t} = E|r_t - E(r_t)| \quad (2.7)$$

Odchylenie przeciętne stopy zwrotu, podobnie jak odchylenie standardowe, nie spełnia jednak warunku monotoniczności [Ortobelli i in. 2005], oznaczającego, że jeśli potencjalny zysk lub strata z danej inwestycji X jest mniejsza niż zysk, lub strata z inwestycji Y, to zależność ta zachowana jest także pomiędzy ryzykiem wyznaczonym dla X i dla Y.

Współczynnik zmienności stopy zwrotu w przeciwieństwie do wcześniejszych miar ryzyka jest miarą ryzyka względnego. Interpretuje się go jako wielkość ryzyka przypadającego na jednostkę stopy zwrotu:

$$v_{r_t} = \frac{\sigma_{r_t}}{E(r_t)} \quad (2.8)$$

Miara ta jest jednak bardzo problematyczna – w sytuacji, gdy wartość oczekiwana $E(r_t)$ jest równa zero, ryzyka nie da się określić. Ponadto, gdy średni zwrot jest mniejszy od zera, otrzymujemy ujemne oszacowanie ryzyka.

2.2.2.2. Miary ryzyka w negatywnej koncepcji ryzyka

Semiwariancja i semiodchylenie standardowe stopy zwrotu są miarami alternatywnymi do omówionych w poprzednim podrozdziale wariancji i odchylenia standardowego, które stosuje się w odniesieniu do negatywnej koncepcji ryzyka.

Semiwariancja i semiodchylenie standardowe ujemne stanowi miarę ryzyka dla inwestora będącego w pozycji długiej, dla którego niekorzystne byłyby spadki cen instrumentu finansowego. Semiwariancja ujemna zdefiniowana jest jako:

$$SV^-(r_t) = E((r_t - E(r_t))^-)^2, \quad (2.9)$$

$$(r_t - E(r_t))^- = \begin{cases} r_t - E(r_t) & r_t < E(r_t) \\ 0 & r_t \geq E(r_t) \end{cases}$$

$$\sigma_{r_t}^- = \sqrt{SV^-(r_t)} = \sqrt{E((r_t - E(r_t))^-)^2}. \quad (2.10)$$

Analogicznie można zdefiniować semiwariancję i semiodchylenie standardowe dodatnie, będące miarami ryzyka dla inwestora będącego w pozycji krótkiej, dla którego niekorzystne byłyby wzrosty cen instrumentu finansowego.

Semiodchylenie przeciętne stopy zwrotu, podobnie jak poprzednio pozwala uniknąć zawyżenia ryzyka. Zdefiniowane jest również w odniesieniu do pozycji długiej i krótkiej:

$$sd_{r_t}^- = E|(r_t - E(r_t))^-|, \quad (2.11)$$

$$sd_{r_t}^+ = E|(r_t - E(r_t))^+|. \quad (2.12)$$

Z konstrukcji omówionych miar wynika oczywiście, że charakteryzują się takimi samymi wadami, jak wariancja, odchylenie standardowe i przeciętne odpowiednio.

Wartość zagrożona, w skrócie VaR (ang. *Value at Risk*), dla inwestycji oznacza maksymalną stratę, na jakie narażona jest inwestycja w rozpatrywanym horyzoncie czasowym, przy założonym niewielkim prawdopodobieństwie przekroczenia tej straty [Jorion 2009].

Wyznaczenie wartości zagrożonej wymaga zatem określenia dwóch parametrów: horyzontu czasowego oraz poziomu ufności. Zwykle przyjmuje się horyzont czasowy od jednego do dziesięciu dni (banki w odniesieniu do ryzyka rynkowego), miesięczny (fundusze inwestycyjne), roczny (w odniesieniu do ryzyka kredytowego). Poziom tolerancji zwykle jest narzucony przez organy nadzorujące instytucje finansowe i ustalające standardy w procesie zarządzania ryzykiem. Zgodnie z wytycznymi Nowej

Umowy Kapitałowej [Basel Committee of Banking Supervision 2003, s. 62] banki wyznaczają wartość zagrożoną na poziomie tolerancji 1%, jednakże często stosowany przez inne instytucje, czy też niezależnych inwestorów poziom wynosi 5%.

Formalna, matematyczna definicja wartości zagrożonej sformułowana jest następująco. Przez wartość zagrożoną portfela o wartości p_t w momencie t na poziomie tolerancji $\alpha \in (0,1)$ (lub na poziomie ufności $1 - \alpha$) dla jednodniowego horyzontu czasowego rozumie się liczbę $VaR_t^*(\alpha)$, która spełnia poniższe równanie:

$$P(p_t \leq p_{t-1} - VaR_t^*(\alpha)) = \alpha, \quad (2.13)$$

gdzie P oznacza prawdopodobieństwo, które musi być wyliczone w ramach przyjętego modelu. Wartość zagrożona, określana również jako wartość narażona na ryzyko wskazuje zatem, jak wysoka może być strata z rozpatrywanej inwestycji przy założonym niewielkim prawdopodobieństwie α osiągnięcia lub przekroczenia tej wartości.

Często zamiast wartości zagrożonej odnoszącej się do wartości portfela, równanie definiujące VaR odnosi się do zwrotów z inwestycji. Rozważmy procentowe zwroty proste $r_t^* = 100 \frac{p_t - p_{t-1}}{p_{t-1}}$. Wówczas równanie (2.11) przybiera postać:

$$P\left(r_t^* \leq -100 \frac{VaR_t^*(\alpha)}{p_{t-1}}\right) = P(r_t^* \leq -VaR_t(\alpha)) = \alpha, \quad (2.14)$$

gdzie $VaR_t(\alpha) = 100 \frac{VaR_t^*(\alpha)}{p_{t-1}}$ oznacza procentową wartość zagrożoną.

W badaniach naukowych dotyczących finansowych szeregów czasowych, jak również w niniejszej pracy, częściej używane są procentowe zwroty logarytmiczne. Przy takim ujęciu równanie (2.14) jest w przybliżeniu równoważne:

$$P(r_t \leq -VaR_t(\alpha)) = \alpha, \quad (2.15)$$

a zatem $-VaR_t(\alpha)$ jest α -kwantylem bezwarunkowego rozkładu procentowego zwrotu logarytmicznego r_t . Należy pamiętać, że powyższe przybliżenie jest dopuszczalne jedynie dla niewielkich zwrotów, a popełniony błąd kumuluje się wraz ze zwiększaniem horyzontu prognozy. Najczęściej, gdy horyzont czasowy prognozy jest krótki takie przybliżenie jest dopuszczalne [Osiewalski i Pajor 2010]. W części empirycznej niniejszej pracy oszacowania wartości zagrożonej dotyczyć będą jednodniowego horyzontu czasowego i z tego względu uznajemy za dopuszczalne stosowanie procentowych zwrotów logarytmicznych.

To, czy dana sytuacja na rynku stanowi zagrożenie dla inwestora zależy od tego, jaką zajmuje on pozycję. Wcześniejsze rozważania dotyczyły zatem zazwyczaj rozpatrywanej sytuacji inwestora będącego w pozycji długiej. Biorąc pod uwagę możliwości inwestowania w przeciwnej pozycji, zastosujemy odrębne oznaczenia na wartość zagrożoną dla inwestora zajmującego pozycję długą i krótką: odpowiednio jako VaR^l i VaR^s . Ponieważ rozpatrywanie rozkładów bezwarunkowych w przypadku analizy finansowych szeregów czasowych, które charakteryzują się zgrupowaniami zmienności, nie jest wystarczające, prognozy wartości zagrożonej wyznaczymy za pomocą rozkładów warunkowych.

Niech \mathcal{F}_t oznacza zbiór informacji dostępnych do momentu t włącznie. Wówczas:

$$\begin{aligned} P(r_{t+1} \leq -VaR_{t+1}^l(\alpha)|\mathcal{F}_t) &= \alpha \\ P(r_{t+1} \geq VaR_{t+1}^s(\alpha)|\mathcal{F}_t) &= \alpha. \end{aligned} \tag{2.16}$$

Powyższa definicja ma tę wadę, że nie określa jednoznacznie wartości zagrożonej w sytuacji, gdy rozkład warunkowy $r_{t+1}|\mathcal{F}_t$ charakteryzuje dystrybuanta, która nie jest ściśle rosnąca lub ciągła. W takiej sytuacji, można zastosować alternatywną definicję wartości narażonej na ryzyko, która tej wady jest pozbawiona:

$$\begin{aligned} VaR_{t+1}^l(\alpha) &= \sup\{v: P(r_{t+1} \leq -v|\mathcal{F}_t) \geq \alpha\} \\ VaR_{t+1}^s(\alpha) &= \sup\{v: P(r_{t+1} \geq v|\mathcal{F}_t) \geq \alpha\} \end{aligned} \tag{2.17}$$

2.2.3. Czynniki ryzyka

Szczególnie istotnym w niniejszej pracy będzie analiza czynników ryzyka (ang. *risk factors*). W bogatej literaturze metod ilościowych pojęcie to jest różnie rozumiane.

Przez czynnik ryzyka na etapie identyfikacji rozumiana jest mierzalna wielkość, która ma wpływ na występowanie danego rodzaju ryzyka [Jajuga 2008]. Alexander [2008] wskazuje, że wartość zagrożoną portfela inwestycyjnego można podzielić, wyróżniając ryzyko systematyczne i specyficzne (resztowe). Ryzyko systematyczne wyznacza się poprzez określenie czynników ryzyka dla danego portfela, wpływających na całkowitą wartość zagrożoną inwestycji. Kluczowe wówczas stają się oszacowania współczynników wrażliwości portfela na występowanie danego rodzaju ryzyka w modelu wieloczynnikowym.

Przez czynniki ryzyka w odniesieniu do rynku nośników energii rozumieć można zatem wszystkie elementy, które mają wpływ na cenę surowców energetycznych, które omówiliśmy w poprzednim rozdziale. W niniejszej pracy skupimy się przede

wszystkim na tych elementach, które związane są z rynkiem finansowym, to jest na aktywności gospodarczej, aktywności uczestników rynku i kursie dolara amerykańskiego. Ważnym czynnikiem, który uwzględnimy są powiązania pomiędzy surowcami: ropą naftową i gazem ziemnym, które w pewnym stopniu są towarami substytucyjnymi. Ponadto, w przypadku szacowania ryzyka inwestycji w kontrakty terminowe dostępne na tym rynku, należy uwzględnić wrażliwość na czynniki ryzyka charakterystyczne dla instrumentów finansowych. Zbadamy zatem wrażliwość na zmiany wartości ważnych indeksów giełdowych.

Za czynnik ryzyka w odniesieniu do portfela rozumie się również każdy składnik tego portfela. Analiza czynników ryzyka odnosi się więc do działań, których celem jest zbadanie, jak zmiany wartości danego składnika portfela wpływa na zmiany wartości całego portfela. Rozważania w tym kierunku proponuje Jorion [2007], wskazując na użyteczność szacowania składnikowych, krańcowych i przyrostowych wartości zagrożonych dla wszystkich pozycji w portfelu.

Analiza czynników ryzyka w portfelu, zawierającym kontrakty *futures* na nośniki energii oraz inne instrumenty finansowe stanowić będzie zatem ważny element niniejszej pracy. Pokażemy, w jakim stopniu ryzyko inwestycji w dany kontrakt powiązane jest z ryzykiem inwestycji na rynkach finansowych. W tym celu w rozpatrywanym portfelu uwzględnimy kontrakty terminowe na ważne indeksy giełdowe.

Pojęcie czynników ryzyka pojawia się również w modelach wieloczynnikowych. W teorii arbitrażu cenowego APT (*Arbitrage Pricing Theory*) czynnikami ryzyka są wielkości charakteryzujące ryzyko instrumentu finansowego lub portfela i decydujące o wycenie tego instrumentu przez rynek. Wśród nich wyróżnia się czynniki rynkowe, przemysłowe oraz makroekonomiczne. Podobnie, model ICAPM (*Intertemporal Capital Asset Pricing Model*) zakłada istnienie kilku czynników, w tym portfela rynkowego, które wpływają na wycenę instrumentu przez inwestorów.

W nawiązaniu do takiej koncepcji czynników ryzyka w jednym z badań konstruujemy model wieloczynnikowy z czynnikami rynkowymi oraz makroekonomicznymi. Stanowić on będzie narzędzie, pozwalające na zbadanie wrażliwości zwrotów z inwestycji w kontrakty na nośniki energii na wahania koniunktury gospodarczej.

Ze względu na to, że konstrukcja miar ryzyka inwestycji w dany instrument odwołuje się często do zmienności jego kursu, wielkość ryzyka zmienia się pod wpływem czynników, które mają wpływ na zmienność. Zmienność (*volatility*) stanowi miarę nie-

pewności inwestora, jest jedną z najważniejszych wielkości opisujących sytuację na rynku i ryzyko inwestycyjne. Z tego względu przez czynnik ryzyka w niniejszej pracy rozumiemy element rynku, który ma wpływ na kształtowanie się zmienności danego instrumentu.

2.3. Pojęcie zmienności

Zmienność może być definiowana na wiele różnych sposobów. Potocznie rozumie się przez nią miarę opisującą siłę wahań obserwowanych cen (a tym samym także stóp zwrotu) danego instrumentu. Jeden z najprostszych sposobów wyznaczania zmienności polega na oszacowaniu wariancji lub odchylenia standardowego z próby, będących często stosowanymi miarami rozproszenia. Wariancja z próby dla ruchomego okna obserwacji o ustalonej długości n estymowana jest jako:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(r_{t-i} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{t-j} \right)^2. \quad (2.18)$$

Wykorzystanie tak określonego estymatora zmienności wymaga jednak przyjęcia założenia, że na odcinku długości n zwroty są niezależne lub co najmniej nieskorelowane i mają jednakowy rozkład. Te założenia najczęściej nie są spełnione w rzeczywistości, przez co uzyskiwane oszacowania zmienności są obciążone.

Bardziej zaawansowane miary zmienności uwzględniają wpływ nowych informacji na dynamikę rynku. Wówczas zmienność instrumentu finansowego definiowana jest jako warunkowe odchylenie standardowe (lub wariancja warunkowa) pod warunkiem informacji dostępnej o jeden okres wcześniej. Rozpatrywanie momentów warunkowych jest konieczne w sytuacji, gdy istnieją przesłanki, by zakładać, że na obecne zwroty w pewnym stopniu wpływają zwroty historyczne.

Formalna definicja wariancji warunkowej wymaga sprecyzowania pojęcia zbioru informacji. Załóżmy, że rozpatrywany w czasie dyskretnym proces stochastyczny ceny danego instrumentu jest ciągiem zmiennych losowych, określonych na przestrzeni probabilistycznej $(\Omega, \mathcal{F}_t, P)$, gdzie σ -algebra \mathcal{F}_t oznacza zbiór dostępnych informacji, które napłynęły do momentu t włącznie. Wówczas przez wariancję warunkową σ_t^2 instrumentu finansowego w chwili t rozumiemy:

$$\sigma_t^2 = E \left((r_t - E(r_t | \mathcal{F}_{t-1}))^2 | \mathcal{F}_{t-1} \right). \quad (2.19)$$

Do najbardziej popularnych sposobów, pozwalających oszacować tak określoną zmienność, należą modele z rodziny GARCH, o których piszemy w dalszej części pracy.

Propozycja nowego estymatora zmienności – wariancji zrealizowanej – pojawiła się w pracy Andersena i Bollersleva [1998]. Motywację do takiego zdefiniowania pojęcia zmienności instrumentu finansowego stanowi opis procesów cen za pomocą modeli z czasem ciągłym. Rozważmy zatem następujący proces dyfuzji dla logarytmu cen $p(t)$:

$$dp(t) = \mu(t)dt + \sigma(t)dW(t), t \geq 0, \quad (2.20)$$

gdzie $\mu(t)$ oznacza dryf, $\sigma(t)$ jest zmiennością natychmiastową, a $W(t)$ to standardowy ruch Browna. Logarytmiczny zwrot dzienny wyraża się wtedy wzorem:

$$r(t) = p(t) - p(t-1) = \int_{t-1}^t \mu(s)ds + \int_{t-1}^t \sigma(s)dW(s). \quad (2.21)$$

Ponadto

$$r(t) \sim N\left(\int_{t-1}^t \mu(s)ds, IV_t\right), \quad (2.22)$$

gdzie $IV_t = \int_{t-1}^t \sigma^2(s)ds$ oznacza scałkowaną wariancję. Andersen i Bollerslev [1998] zaproponowali, by zastępować nieobserwowalną zmienność scałkowaną przez tak zwaną wariancję zrealizowaną, która (przy założeniu, że na rynku nie występują efekty mikrostruktury) jest estymatorem zgodnym wariancji scałkowanej IV_t . Klasyczna postać definicji wariancji zrealizowanej wyraża się wzorem:

$$RV_{t,1} = \sum_{i=0}^M r_{t,i}^2 = r_{t,0}^2 + \sum_{i=1}^M r_{t,i}^2, \quad (2.23)$$

gdzie $M = \lfloor \frac{1}{\Delta} \rfloor$ jest liczbą zwrotów śróddziennych $r_{t,i}$ wyznaczanych dla niewielkiego interwału czasowego Δ , natomiast zwrot $r_{t,0}^2$ obliczany jest dla czasu od zamknięcia do otwarcia danej giełdy (zwrot nocny). Ponieważ czas, który mija od ostatniego notowania w dniu $t-1$ i pierwszego notowania w dniu t jest czasami bardzo długi, estymator $RV_{t,1}$ jest obciążony szumem informacyjnym. Andersen i in. [2001] zaproponowali, by wyznaczać wariancję zrealizowaną z pominięciem zwrotu nocnego, uzyskując tak zwaną zrealizowaną wariancję dzienną:

$$RV_{t,2} = \sum_{i=1}^M r_{t,i}^2. \quad (2.24)$$

Ponieważ tak oszacowana wariancja jest zaniżona, Hol i Koopman [2002] zaproponowali przeskalowanie wartości $RV_{t,2}$ biorąc pod uwagę efekt zwrotu nocnego, ale w sposób pozbawiony potencjalnego zanieczyszczenia estymatora wariancji szumem informacyjnym:

$$RV_{t,3} = \left(1 + \frac{\sigma_{CO}^2}{\sigma_{OC}^2}\right) \sum_{i=1}^M r_{t,i}^2, \quad (2.25)$$

gdzie σ_{CO}^2 i σ_{OC}^2 są empirycznymi wariancjami zwrotów z okresu od zamknięcia do otwarcia i od otwarcia do zamknięcia giełdy.

Jak zaznaczyliśmy wcześniej, warunek na zgodność wariancji zrealizowanej jako estymatora wariancji scałkowanej jest spełniony przy założeniu, że na rynku nie występują efekty mikrostruktury. Konkurencyjnym estymatorem wariancji IV_t jest zaproponowana przez Barndorffa-Nielsen i Shepharda [2004] zrealizowana wariancja dwupotęgową, która charakteryzuje się odpornością na występowanie skoków w procesie generującym ceny. Przez skoki rozumie się znacznych rozmiarów rzadkie ruchy cen. Równanie procesu ze skokami jest postaci:

$$dp(t) = \mu(t)dt + \sigma(t)dW(t) + \kappa(t)dq(t), t \geq 0.$$

Proces skokowy $dq(t)$ przyjmuje wartość jeden, jeśli w chwili t wystąpił skok, a zero w przeciwnym wypadku, natomiast $\kappa(t)$ jest wielkością skoku. Zrealizowana wariancja dwupotęgową wyznaczana jest jako:

$$BV_t = \frac{\pi}{2} \sum_{i=2}^M |r_{t,i}| |r_{t,i-1}|. \quad (2.26)$$

2.4. Schemat badania

Celem pracy jest określenie najważniejszych czynników wpływających na zmienność i ryzyko kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych, z wykorzystaniem nowoczesnych metod ekonometrycznych. Wśród nich należy zidentyfikować czynniki wewnętrzne i zewnętrzne. Badania przeprowadzone będą w kierunku zweryfikowania głównej hipotezy badawczej głoszącej, że istotnymi czynnikami ryzyka, kształtującymi zmienność na rynku surowców energetycznych są interakcje pomiędzy inwestorami o różnych horyzontach inwestycji, którzy w odmienny sposób reagują na napływające informacje z otoczeniach makroekonomicznego oraz z rynku finansowego.

Ponadto, pomocniczo będziemy rozpatrywać cztery hipotezy cząstkowe. Pierwsza z nich odnosi się do stwierdzenia, że szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu kon-

traktów terminowych na rynku surowców energetycznych charakteryzują własności podobne do tych, które cechują tradycyjne instrumenty rynku finansowego.

- Badanie pozwalające zweryfikować powyższe stwierdzenie przeprowadzimy odwołując się do własności danych wysokiej częstotliwości, dziennych oraz miesięcznych. Sprawdzimy, czy własności szeregów są zgodne z faktami stylizowanymi.

W drugiej hipotezie cząstkowej postulujemy, że zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych generowana jest przez uczestników rynku różniących się horyzontem inwestycyjnym.

- W celu potwierdzenia słuszności tej hipotezy dopasujemy modele zmienności, nawiązujące do hipotezy rynku niejednorodnego. Sprawdzimy, czy występują zasadnicze różnice w sile oddziaływania poszczególnych grup inwestorów dla badanego kontraktu.

Formułujemy również hipotezę, że istnieją silne powiązania pomiędzy kursami terminowymi na nośniki energii.

- Przeprowadzimy badanie przyczynowości w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii, które pozwoli stwierdzić, czy średnia, wariancja i ryzyko danego kontraktu na nośnik energii może być lepiej prognozowane, jeżeli weźmie się pod uwagę przeszłe wartości analogicznych wielkości, charakteryzujących inny kontrakt. Badanie zostanie podzielone na kilka etapów, w zależności od horyzontu inwestycyjnego uczestników rynku.
- Biorąc pod uwagę wyniki estymacji wielowymiarowego modelu GARCH stwierdzimy, czy istnieją silne, mierzone korelacją warunkową, powiązania pomiędzy badanymi kontraktami. Zbadamy, jakie jest ryzyko w portfolio, zawierającym kontrakty na nośniki energii i indeksy giełdowe. Wykorzystując oszacowania składnikowej wartości zagrożonej porównamy, jak na to ryzyko wpływają kontrakty na nośniki energii.

Czwarta hipoteza głosi, że rynek terminowy jest silnie powiązany z rynkiem finansowym. Inwestorzy, kształtujący dynamikę kontraktów, dla których instrumentami bazowymi są nośniki energii, podejmują decyzje, uwzględniając sytuację na rynku akcyjnym, walutowym oraz w otoczeniu makroekonomicznym.

Potwierdzenie powyższej hipotezy zostanie przeprowadzone w oparciu o kilka odrębnych badań.

- Przeanalizujemy reakcję uczestników rynku na napływające informacje makroekonomiczne. W tym celu wykorzystamy zwroty wysokiej częstotliwości, do których zostanie dopasowany model przełącznikowy Hamiltona z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi.
- Przeprowadzimy badanie przyczynowości w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii a rynkiem finansowym, które pozwoli stwierdzić, czy średnia, wariancja i ryzyko danego kontraktu na nośnik energii może być lepiej prognozowane, jeżeli weźmie się pod uwagę przeszłe wartości analogicznych wielkości, charakteryzujących badane indeksy giełdowe lub kontrakty na te indeksy. Badanie zostanie podzielone na kilka etapów, w zależności od horyzontu inwestycyjnego uczestników rynku.
- Biorąc pod uwagę wyniki estymacji wielowymiarowego modelu GARCH stwierdzimy, czy istnieją silne, mierzone korelacją warunkową, powiązania pomiędzy badanymi kontraktami a rynkiem finansowym. Określimy, w jaki sposób czynniki ryzyka w portfelu, zawierającym kontrakty na nośniki energii i indeksy giełdowe, wpływają na ryzyko, wykorzystując oszacowania składnikowej wartości zagrożonej.
- Zbudujemy modele wieloczynnikowe dla miesięcznych zwrotów z kontraktów na nośniki energii, w których zmiennymi objaśniającymi będą czynniki ryzyka z otoczenia finansowego i makroekonomicznego.

2.5. Opis badanych instrumentów finansowych

W niniejszej części pracy przedstawimy najważniejsze informacje na temat wybranych instrumentów finansowych, które będą poddawane dalszym analizom wraz z uzasadnieniem ich doboru. Ponieważ na rynku istnieje wiele instrumentów finansowych, których kurs wiąże się z ceną nośników energii, wybór odpowiednich instrumentów finansowych nie jest zadaniem łatwym.

Do najważniejszych benchmarków ropy na świecie należy między innymi ropa naftowa West Texas Intermediate. Jest to globalny benchmark pochodzenia amerykańskiego, ceniony ze względu na pożądane wartości kluczowych dla ropy naftowej parametrów: ropa WTI jest słodka (zawartość siarki poniżej 0,24%) i lekka (39,6° API).

Stanowi instrument bazowy dla kontraktów *futures* na amerykańskiej giełdzie NYMEX (pod skróconą nazwą CL). Jeden kontrakt opiewa na 1000 baryłek ropy (1 baryłka \approx 159 litrów). Warto zaznaczyć, że ten wprowadzony do obrotu w marcu 1983 r. instrument finansowy, jest jednym z najaktywniej wykorzystywanych kontraktów na rynku surowców energetycznych. Handel odbywa się poprzez platformę elektroniczną oraz tradycyjnie w systemie Open Outcry. Giełda NYMEX oferuje również kontrakty *futures* na 500 baryłek ropy WTI (kontrakty E-mini).

Wśród istniejących benchmarków duże znaczenie ma również ropa naftowa Brent, która jest instrumentem bazowym dla kontraktów terminowych, dostępnych na giełdzie ICE (Intercontinental Exchange) poprzez platformę elektroniczną. Obrót kontraktami na ropę Brent również charakteryzuje się dużą płynnością. Mimo, że ropa WTI jest słodsza i lżejsza niż Brent i powinna być wyżej wyceniana przez rynek, mogą pojawiać się odstępstwa od tej reguły. W zasadzie już od 2007 roku występują okresy, w czasie których ropa Brent jest droższa, a w 2011 różnica osiągała wartość niemal 30\$ za baryłkę.

Opisane kontrakty należą do najważniejszych i najbardziej płynnych kontraktów na ropę naftową. Oprócz nich dostępne są również kontrakty na ropę Urals na Giełdzie Papierów Wartościowych Rosyjskiego Systemu Handlu, a giełda TCE (Tokyo Commodity Exchange) oferuje kontrakty na ropę naftową Dubai [Dunsby i in. 2008].

W badaniach naukowych, dotyczących rynku ropy naftowej, najwięcej uwagi poświęca się kontraktom z giełdy NYMEX i ICE. W naszej analizie wykorzystamy notowania najbardziej płynnych kontraktów na ropę WTI.

Ponieważ istotnym zagadnieniem związanym z badaniem rynku ropy naftowej, jest kwestia własności, charakteryzujących notowania produktów ropopochodnych, w naszym badaniu koncentrujemy się również na analizie kontraktu terminowego na olej opałowy, dostępnego na giełdzie NYMEX, gdzie figuruje pod skróconą nazwą HO. Jeden kontrakt opiewa na 42000 galonów (1 galon to około $\frac{1}{4}$ baryłki ropy) oleju opałowego. Warto zaznaczyć, że kontrakt na olej opałowy dostępny na giełdzie NYMEX był pierwszym dostępnym kontraktem terminowym na rynku surowców energetycznych – obrót rozpoczęto już w 1978 roku. Giełda NYMEX oferuje również kontrakty *futures* na 21000 galonów oleju opałowego (kontrakty E-mini).

Duże znaczenie dla rynku gazu ma kontrakt *futures* Henry Hub, będący punktem odniesienia dla cen gazu ziemnego w Stanach Zjednoczonych. Obrót tym kontraktem

odbywa się na giełdzie NYMEX, gdzie figuruje on pod skróconą nazwą NG. Jest drugim, co do wielkości obrotu, towarowym kontraktem *futures*. Jeden kontrakt opiewa na 10 000 mmBtu (million British thermal units). Po raz pierwszy kontrakt był dostępny w 1990 roku. Ponadto, giełda NYMEX oferuje również kontrakty *futures* na 2500 mmBtu (kontrakty E-mini).

Istotną część w niniejszej pracy stanowi badanie powiązań rynku surowców energetycznych z globalnym rynkiem finansowym. Z tego powodu wybrane zostały trzy ważne indeksy giełdowe, odpowiadające różnym rejonom geograficznym na świecie. Jako barometr gospodarki amerykańskiej wybrany został indeks szerokiego rynku S&P500, w odniesieniu do rynku europejskiego wybrany został indeks giełdy londyńskiej FTSE100, natomiast rejon azjatycki reprezentowany będzie przez indeks giełdy w Hong Kongu (Hang Seng). Oprócz badania w odniesieniu do wspomnianych indeksów, uznaliśmy za istotne, by podobne analizy przeprowadzić dla kontraktów na te indeksy.

Jak wspominaliśmy wcześniej istnieje wiele czynników, które wpływają na cenę ropy naftowej. Należy do nich między innymi kurs dolara amerykańskiego. Stanowi to silny argument, przemawiający za tym, by poddać analizie związku pomiędzy kursem terminowym ropy naftowej a wartością dolara amerykańskiego. Jako punkt odniesienia do bieżącej wartości dolara amerykańskiego wybrany został U.S. Dollar Index, obliczany jako ważona średnia geometryczna kursu dolara w odniesieniu do następujących walut:

- euro (EUR) – 57,6%,
- jena (JPY) – 13,6%,
- funta brytyjskiego (GBP) – 11,9%,
- dolara kanadyjskiego (CAD) – 9,1%,
- korony szwedzkiej (SEK) – 4,2%,
- franka szwajcarskiego (CHF) – 3,6%.

Oprócz kursu natychmiastowego wspomnianego indeksu, w badaniu uwzględnimy również kurs terminowy, który odzwierciedla przewidywania uczestników rynku finansowego, co do kształtowania się wartości dolara amerykańskiego w przyszłości.

2.6. Własności wykorzystanych danych

Z uwagi na to, że w badaniach naukowych dotyczących finansowych szeregów czasowych powszechnie używane są procentowe zwroty logarytmiczne [Doman i Doman 2009], w niniejszej pracy wartości zwrotów obliczane będą zgodnie z formułą

$$r_t = 100 \ln \frac{p_t}{p_{t-1}}, \quad (2.27)$$

gdzie p_t oznacza kurs rozpatrywanego kontraktu w chwili t .

Jak zaznaczają Doman i Doman [2009] zróżnicowanie charakteru szeregów czasowych stóp zwrotu w zależności od segmentu rynku, z którego pochodzą jest nieuniknione, jednak można wyróżnić grupę cech charakterystycznych dla finansowych szeregów czasowych. W niniejszym podrozdziale sprawdzimy, czy własności badanych szeregów czasowych są zgodne z najczęściej przywoływanymi w literaturze cechami finansowych szeregów czasowych (faktami stylizowanymi).

Najczęściej wymienianymi w literaturze własnościami finansowych szeregów czasowych są [Cont 2001; Doman i Doman 2009]:

- **Grube ogony rozkładów bezwarunkowych i leptokurtoza:** typowe oszacowanie kurtozy nadwyżkowej są dużo wyższe od jedności, wysokie wartości kurtozy świadczą o tym, że rozkład zwrotów nie jest normalny. Grube ogony rozkładów wskazują na stosunkowo dużą częstość występowania obserwacji ekstremalnych,
- **Grube ogony rozkładów warunkowych:** szeregi reszt z modeli zmienności również cechują się grubymi ogonami,
- **Dążenie do normalności przy agregacji:** wraz ze zwiększaniem skali czasowej, dla której obliczane są zwroty, rozkład zbliża się do normalnego,
- **Asymetria spadków i wzrostów:** znaczne ruchy w dół są często wyższe co do wartości bezwzględnej niż w górę. Jest to cecha charakteryzująca zwroty z akcji i indeksów giełdowych, ale już niekoniecznie z kursów walutowych,
- **Brak autokorelacji:** autokorelacja zwrotów jest zazwyczaj nieistotna, wyjątek stanowią zwroty śróddzienne,
- **Powolne zanikanie autokorelacji w szeregach zwrotów bezwzględnych,**
- **Zgrupowania zmienności:** okresy podwyższonej zmienności występują po okresach niższej zmienności. Z tą własnością związana jest dodatnia autokorelacja w szeregach zmienności, która prowadzi do powstawania skupisk zmienno-

ści. Zgrupowania zmienności charakterystyczne dla finansowych szeregów czasowych sugerują występowanie efektu ARCH (autoregresyjnej heteroskedastyczności warunkowej),

- **Efekt dźwigni:** zmienność jest ujemnie skorelowana z wielkością zwrotu,
- **Korelacja pomiędzy zmiennością a wielkością obrotu.**

Ponieważ właściwości szeregu zależą również od częstotliwości obserwacji, analizę własności przeprowadzimy w odniesieniu do danych wysokiej częstotliwości, dziennych i miesięcznych.

2.6.1. Własności danych wysokiej częstotliwości

W badaniu wykorzystujemy dane z okresu od 2 listopada 2008 r. do 29 października 2010 r. dla trzech kontraktów terminowych: na ropę naftową CL, olej opałowy HO oraz gaz ziemny NG. Z próbki usunięto nietypowe dni, charakteryzujące się skróconymi godzinami funkcjonowania giełdy. Zabieg ten zastosowaliśmy zgodnie ze wskazówkami zawartymi w pracach dotyczących analizy danych wysokiej częstotliwości [Andersen i in. 2003, Aït-Sahalia i in. 2010].

Tabela 2.1. Specyfikacja dla wybranych kontraktów *futures* na nośniki energii

	Ropa naftowa WTI	Olej opałowy nr 2	Gaz ziemny
Symbol	CL	HO	NG
Wielkość kontraktu	1000 baryłek	42000 galonów	10000 mmBtu
Miejsce i godziny handlu (czasu nowojorskiego)	CME ClearPort: Nd-Pt, 18:00-17:15 CME Globex: Nd-Pt, 18:00-17:15 System handlu tradycyjnego na parkiecie (Open Outcry), Nowy Jork: Pn-Pt, 9:00-14:30	CME ClearPort: Nd-Pt, 18:00-17:15 CME Globex: Nd-Pt, 18:00-17:15 System handlu tradycyjnego na parkiecie (Open Outcry), Nowy Jork: Pn-Pt, 9:00-14:30	CME ClearPort: Nd-Pt, 18:00-17:15 CME Globex: Nd-Pt, 18:00-17:15 System handlu tradycyjnego na parkiecie (Open Outcry), Nowy Jork: Pn-Pt, 9:00-14:30

Źródło: CME Group, www.cmegroup.com

Notowania kontraktów terminowych na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny w systemie elektronicznym odbywają się przez 5 dni w tygodniu (Tabela 2.1). Rozpoczynają się w niedzielę o godz. 18.00 i kończą w piątek o godz. 17.15 (czasu nowojorskiego).

2.6.1.1. Własności rozkładu i cykliczność śróddzienna zwrotów

Ze względu na godziny funkcjonowania giełdy w systemie elektronicznym, możemy wyznaczyć 279 zwroty pięciominutowe w ciągu dnia. Z uwagi na bardzo niską płynność w przypadku kontraktu na olej opałowy oraz gaz ziemny w godzinach nocnych, skutkującą częstymi okresami, w których nie dokonywano transakcji i kurs się nie zmieniał, w badaniu dla tych instrumentów ograniczymy się do wykorzystania zwrotów wyznaczonych na podstawie notowań w godz. 7.30-17.15. W przypadku danych pięciominutowych rozpatrujemy wówczas 118 zwrotów.

Tabela 2.2. Statystyki opisowe zwrotów mierzonych w różnych interwałach czasowych

Nazwa kontraktu	Interwał czasowy	Średnia	Wariancja	Skośność	Kurtoza (nadwyżkowa)
CL	5 min	0,0001	0,0382	6,1718	492,9388
	10 min	0,0003	0,0752	4,4169	257,2013
	15 min	0,0004	0,1147	3,4994	173,0728
	30 min	0,0008	0,2207	2,4452	97,5086
	1h	0,0016	0,4282	1,9762	54,5552
	3h	0,0048	1,2503	1,2921	23,7899
	6h	0,0092	2,5348	1,7107	22,8774
HO	5 min	0,0001	0,0260	0,0655	23,7968
	10 min	0,0001	0,0511	-0,1358	16,1125
	15 min	0,0002	0,0760	-0,1912	17,1817
	30 min	0,0003	0,1476	-0,3850	15,2447
	1h	0,0006	0,2857	-0,0892	11,8300
	3h	0,0018	0,8129	0,1043	7,0516
	6h	0,0034	1,6034	0,2140	5,0808
NG	5 min	-0,0004	0,0561	8,9251	718,9108
	10 min	-0,0007	0,1093	6,7804	389,4330
	15 min	-0,0011	0,1592	5,5180	268,9731
	30 min	-0,0021	0,3075	4,0694	146,4809
	1h	-0,0042	0,6174	3,0215	75,6809
	3h	-0,0128	1,8100	1,7110	29,4535
	6h	-0,0266	3,6896	1,4740	20,0022

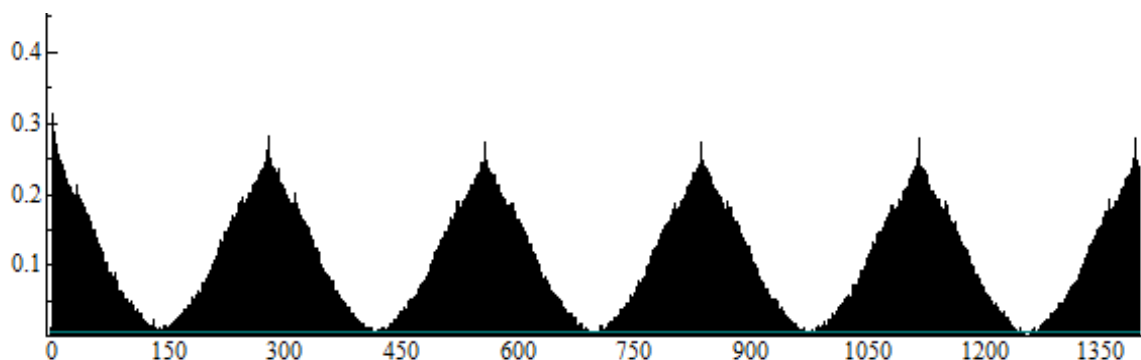
Tabela 2.2 przedstawia statystyki opisowe zwrotów dla trzech badanych kontraktów. Średnie stopy zwrotu są bardzo niskie, w przypadku ropy naftowej (CL) i oleju opałowego (HO) są dodatnie, przeciętny zwrot z kontraktu dla gazu ziemnego (NG) jest ujemny. W rozpatrywanym okresie na rynku ropy występowała zatem przewaga wzro-

stów, natomiast dla gazu ziemnego był to okres spadków. Biorąc pod uwagę wariację dla wszystkich rozpatrywanych częstotliwości, kurs terminowy gazu ziemnego charakteryzował się największą zmiennością, a najmniejszą – olej opałowy. Wyniki te są zgodne z panującą opinią, iż inwestycje na rynku gazu charakteryzują się największą niepewnością.

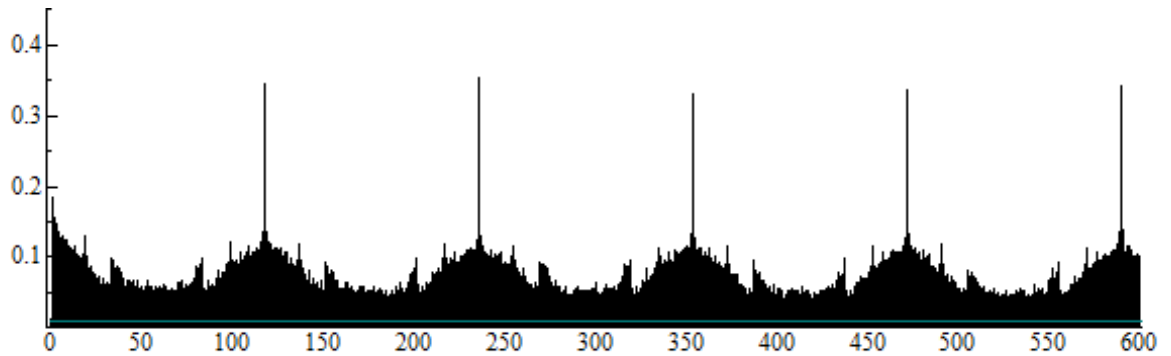
Zwroty wyznaczone dla kontraktów terminowych na ropę naftową i gaz ziemny charakteryzują się silną prawoskością oraz bardzo wysoką wartością kurtozy nadwyżkowej, która maleje wraz ze zwiększaniem się interwału czasowego zwrotów. Tak wysoka wartość kurtozy świadczy o dużym prawdopodobieństwie występowania zwrotów ekstremalnych. Zupełnie odmienny rozkład prawdopodobieństwa cechuje zwroty wyznaczone dla kontraktów terminowych na olej opałowy. Współczynnik skośności jest bliski zeru. Kurtoza jest stosunkowo niska, nawet dla najwyższej, pięciominutowej częstotliwości wyznaczania zwrotów. Biorąc pod uwagę otrzymane wyniki możemy stwierdzić, że rozkład procentowych zwrotów logarytmicznych dla ropy naftowej i gazu jest daleki od rozkładu normalnego.

Jedną z najbardziej znamienitych cech finansowych szeregów czasowych dla danych wysokiej częstotliwości jest zjawisko cykliczności, przejawiające się silną autokorelacją, pomiędzy zwrotami będącymi w pewnych charakterystycznych odstępach czasu.

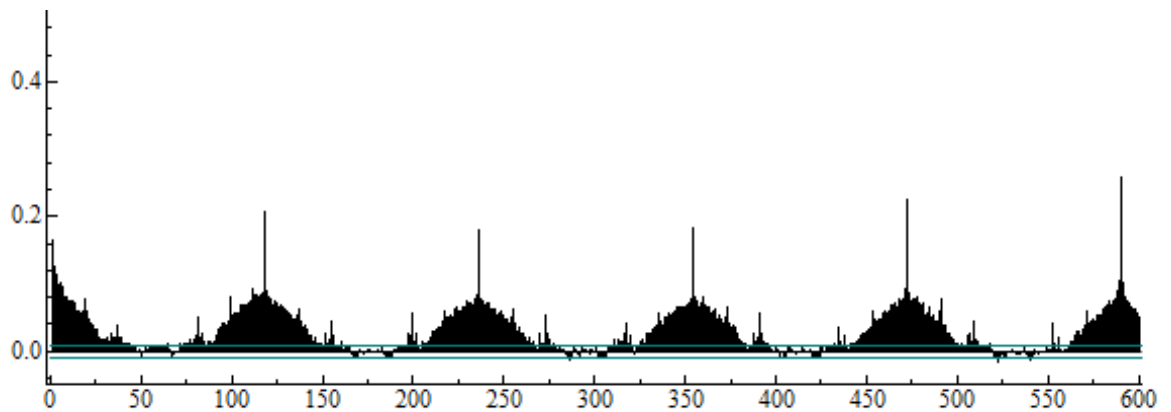
Rysunki 2.1-2.3 przedstawiają wykresy oszacowań wartości funkcji autokorelacji dla danych pięciominutowych. Widoczna na Rysunku 2.1 cykliczność dzienna zwrotów dla ropy naftowej uwidacznia się poprzez silne wartości autokorelacji dla opóźnień, będących wielokrotnością 279. Charakterystyczne piki w przypadku funkcji autokorelacji dla gazu i oleju opałowego dla opóźnień dobowych, odpowiadającym 118 zwrotom, również wskazują na występowanie cykliczności dziennej.



Rysunek 2.1. CL. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych



Rysunek 2.2. HO. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych



Rysunek 2.3. NG. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych

Aby możliwa była dalsza analiza należy usunąć wykrytą cykliczność z wykorzystaniem odpowiedniego filtra, który pozwoli na wyeliminowanie wykrytej autokorelacji, nie wpływając jednak znacząco na dynamikę badanego szeregu. Istniejące w literaturze filtry cykliczności można podzielić na dwie grupy. Są to parametryczne oraz nieparametryczne filtry cykliczności śróddziennej.

Założmy, że próba liczy T dni, w każdym z których wyznaczono $M \equiv \left\lfloor \frac{1}{\Delta} \right\rfloor$ zwrotów śróddziennych, gdzie Δ oznacza długość niewielkiego interwału czasowego, a $\left\lfloor \frac{1}{\Delta} \right\rfloor$ to część całkowita z liczby $\frac{1}{\Delta}$, to jest największą liczbą całkowitą nie większą niż $\frac{1}{\Delta}$. Niech $r_{t,i}$ oznacza i -ty zwrot logarytmiczny w dniu t . Założmy, że dla niewielkiego Δ zwroty $r_{t,i}$ mają warunkowy (pod warunkiem informacji dostępnej o jeden okres wcześniej) rozkład normalny ze średnią zero i wariancją $\sigma_{t,i}^2 = \int_{t+(i-1)\Delta}^{t+i\Delta} \sigma^2(s) ds$ [porównaj punkt 2.3]. Tygodniowy cykl wyznaczony przez godziny otwarcia, przerwy na lunch oraz zamknięcia światowych centrów finansowych przyczynia się do obecności w $\sigma_{t,i}^2$ składni-

ka cyklicznego $f_{t,i}^2$ [Boudt, Croux i Laurent 2011]. Wyznaczenie wartości $f_{t,i}$ pozwoliłoby zatem na usunięcie cykliczności z danych, na podstawie formuły:

$$r_{t,i}^* = \frac{r_{t,i}}{f_{t,i}}. \quad (2.28)$$

Przyjmijmy, że obserwujemy zwroty o tej samej godzinie i w tym samym dniu tygodnia, co $r_{t,i}$, które charakteryzują się takim samym składnikiem cyklicznym. Niech $r_{1;t,i}, r_{2;t,i}, \dots, r_{n_{t,i};t,i}$ będzie ciągiem takich zwrotów, składającym się z $n_{t,i}$ elementów.

Pierwszy i zarazem najprostszy z filtrów, f^{ABS} , wykorzystywany był między innymi przez Bauwensa i in. [2005] i wymaga wyznaczenia średniej zmienności śróddziennej rozumianej jako wartość bezwzględna dla każdego ze zwrotów występujących w przeciągu tygodnia giełdowego:

$$\hat{f}_{t,i}^{ABS} = \frac{1}{n_{t,i}} \sum_{j=1}^{n_{t,i}} |r_{j;t,i}|. \quad (2.29)$$

Istnieją filtry cykliczności konkurencyjne do (2.29), których konstrukcja opiera się na wykorzystaniu zwrotów standaryzowanych opisywaną wcześniej wariancją zrealizowaną lub wariacją dwupotęgową (w sytuacji, gdy w procesie generującym ceny występują skoki).

Niech $\bar{r}_{t,i} = \frac{r_{t,i}}{\hat{s}_t}$ oznacza i -ty zwrot standaryzowany w dniu t , gdzie s_t to zmienność charakteryzująca zwroty w dniu tygodnia odpowiadającym dniowi t , którą oszacować można jako:

$$\hat{s}_t = \sqrt{\frac{1}{M} RV_t} \quad (2.30)$$

lub

$$\hat{s}_t = \sqrt{\frac{1}{M-1} BV_t}. \quad (2.31)$$

Niech ponadto $(\bar{r}_{j;t,i}) = (\bar{r}_{1;t,i}, \bar{r}_{2;t,i}, \dots, \bar{r}_{n_{t,i};t,i})$ będzie ciągiem składającym się z $n_{t,i}$ zwrotów, które charakteryzują się takim samym składnikiem cyklicznym, co $\bar{r}_{t,i}$. Przyjmiemy, że są to zwroty obserwowane o tej samej godzinie i w tym samym dniu tygodnia, co $r_{t,i}$. Poniższe formuły definiują cztery nieparametryczne filtry cykliczności śróddziennej, które rekomendowane przez Laurenta [2009] oraz Boudt, Croux i Laurenta [2011]. Konstrukcja pierwszego z nich opiera się na wykorzystaniu jako estymatora skali empirycznego odchylenia standardowego zwrotów $\bar{r}_{1;t,i}, \bar{r}_{2;t,i}, \dots, \bar{r}_{n_{t,i};t,i}$:

$$\hat{f}_{t,i}^{SD} = \frac{SD_{t,i}}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SD_{t,i}^2}} , \quad (2.32)$$

gdzie SD (*Standard Deviation*) określone jest jako:

$$SD_{t,i} = \sqrt{\frac{1}{n_{t,i}} \sum_{j=1}^{n_{t,i}} \bar{r}_{j;t,i}^2} . \quad (2.33)$$

Obecność skoków w procesie cen powoduje jednak, że tak określony estymator skali jest obciążony. W takiej sytuacji wspomniani wcześniej autorzy proponują zastosowanie jednej z poniższych formuł, określających filtry cykliczności:

$$\hat{f}_{t,i}^{MAD} = \frac{MAD_{t,i}}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M MAD_{t,i}^2}} , \quad (2.34)$$

gdzie MAD (*Median Absolute Deviation*) oznacza medianowe odchylenie przeciętne:

$$MAD_{t,i} = 1,486 \cdot Me(\bar{r}_{j;t,i} - Me(\bar{r}_{j;t,i})) . \quad (2.35)$$

$$\hat{f}_{t,i}^{SH} = \frac{SH_{t,i}}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M SH_{t,j}^2}} , \quad (2.36)$$

gdzie SH (*Shortest Half*) oznacza tzw. najkrótszą połówkę:

$$SH_{t,i} = 0,741 \cdot \min(\bar{r}_{(h_{t,i});t,i} - \bar{r}_{(1);t,i}, \dots, \bar{r}_{(n_{t,i});t,i} - \bar{r}_{(n_{t,i}-h_{t,i}+1);t,i}), \quad (2.37)$$

$$h_{t,i} = \left\lfloor \frac{n_{t,i}}{2} \right\rfloor + 1,$$

$\bar{r}_{(1);t,i}, \bar{r}_{(2);t,i}, \dots, \bar{r}_{(n_{t,i});t,i}$ jest ciągiem wartości $\bar{r}_{1;t,i}, \bar{r}_{2;t,i}, \dots, \bar{r}_{n_{t,i};t,i}$ uporządkowanych od najmniejszej do największej: $\bar{r}_{(1);t,i} \leq \bar{r}_{(2);t,i} \leq \dots \leq \bar{r}_{(n_{t,i});t,i}$.

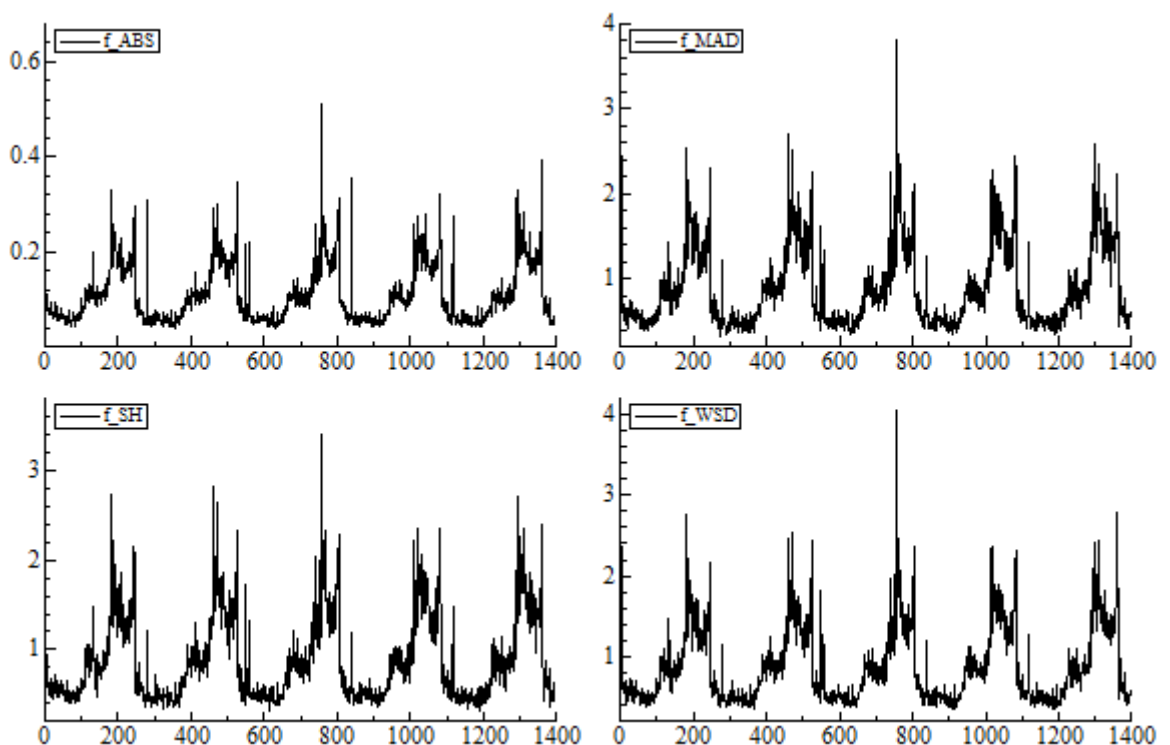
$$\hat{f}_{t,i}^{WSD} = \frac{WSD_{t,i}}{\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M WSD_{t,j}^2}} , \quad (2.38)$$

gdzie WSD (*Weighted Standard Deviation*) oznacza wężone odchylenie standardowe:

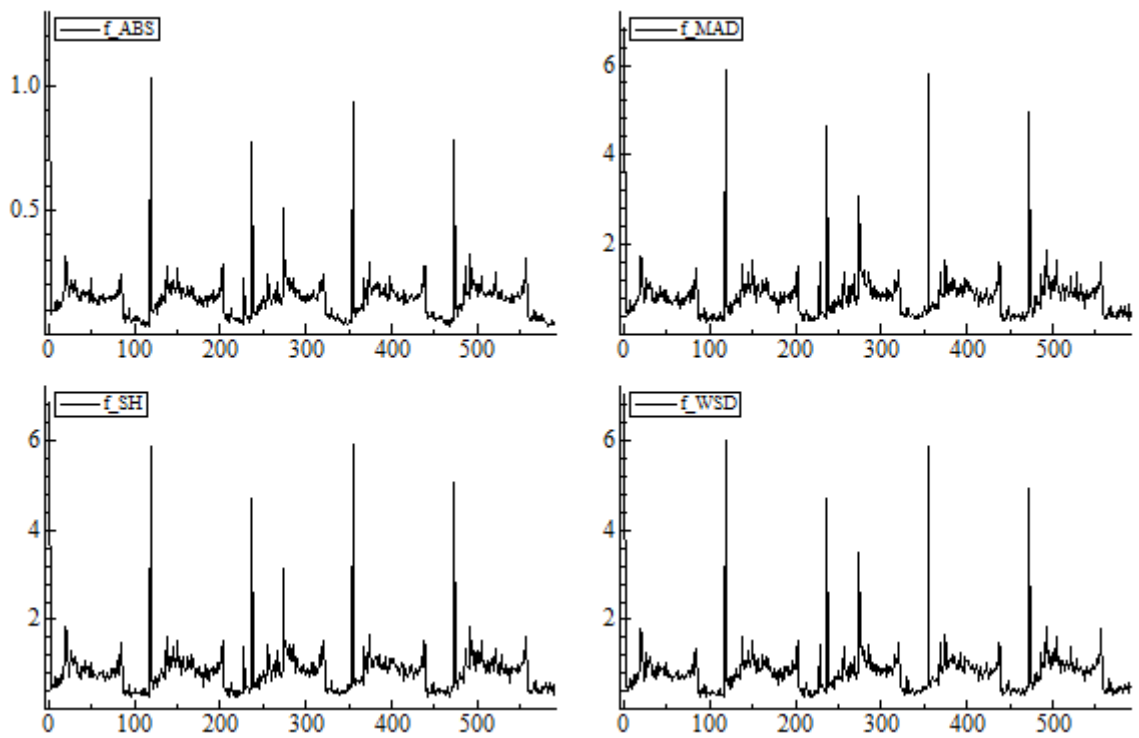
$$WSD_{t,i} = 1,081 \cdot \frac{\sum_{l=1}^{n_{t,i}} w \left[\left(\frac{\bar{r}_{l;t,i}}{\hat{f}_{t,i}^{SH}} \right)^2 \right] \bar{r}_{l;t,i}^2}{\sum_{l=1}^{n_{t,i}} w \left[\left(\frac{\bar{r}_{l;t,i}}{\hat{f}_{t,i}^{SH}} \right)^2 \right]} , \quad (2.39)$$

$$w[z] = \begin{cases} 1 & \text{gdy } z \leq 6.635 \\ 0 & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

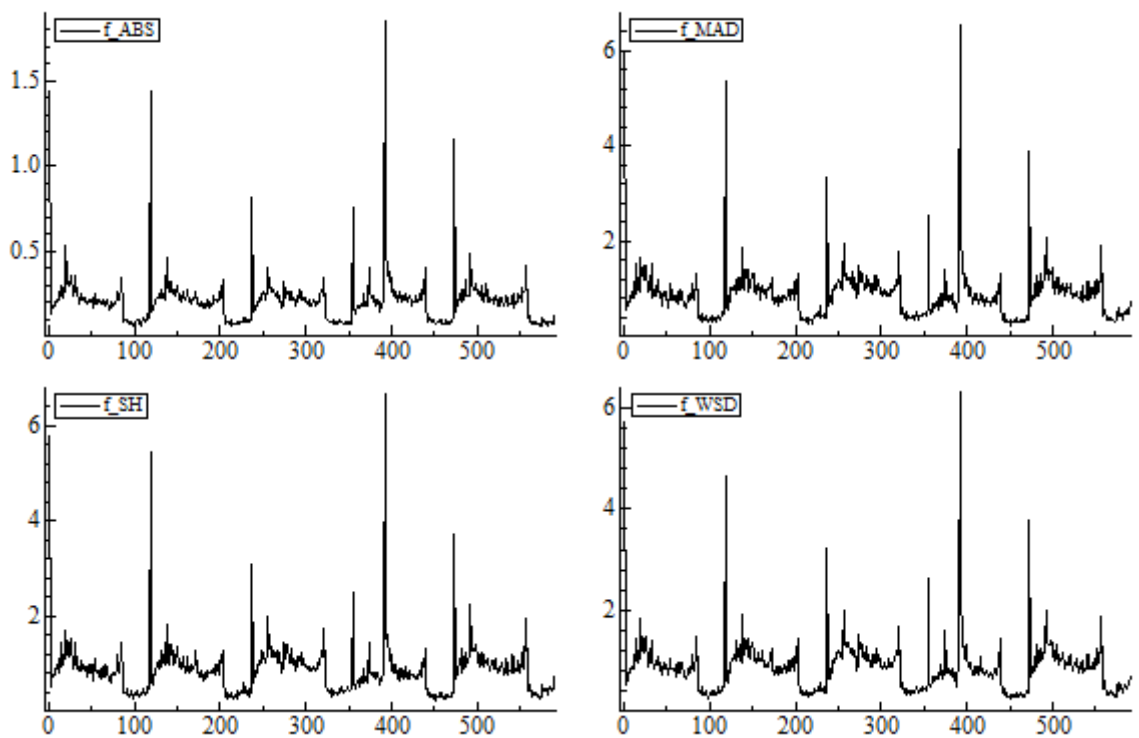
Rysunki 2.4-2.6 przedstawiają cztery filtry cykliczności oszacowane dla rozpatrywanych w badaniu zwrotów śróddziennych. Zasadniczo filtry w sposób zbliżony modelują periodyczny składnik zmienności dla danego kontraktu terminowego. Kryterium, na podstawie którego dokonamy wyboru filtra jest natomiast to, czy udało się usunąć obserwowaną cykliczną autokorelację. Rysunki 2.7-2.9 prezentują oszacowania autokorelacji dla przefiltrowanych zwrotów śróddziennych. Dla pierwszego z rozpatrywanych kontraktów terminowych, dla którego instrumentem bazowym jest ropa naftowa, wszystkie rozpatrywane filtry okazały się skuteczne. Wartości autokorelacji są wysokie, ale nie obserwujemy cykliczności. W przypadku zwrotów dla kontraktu na olej opałowy najskuteczniejszym okazał się być najprostszy filtr cykliczności ABS. Najtrudniejszym zadaniem okazało się być usunięcie periodyczności ze zwrotów dla gazu ziemnego. W zasadzie żaden z filtrów nie zrobił tego w pożądany sposób. Podsumowując, w dwóch przypadkach wszystkie filtry dały podobny efekt, a dla oleju opałowego najlepszy okazał się najprostszy w konstrukcji filtr ABS. Biorąc pod uwagę te wyniki, w dalszych analizach wykorzystywać będziemy zwroty pozbawione cykliczności, uzyskane za pomocą tego właśnie filtra.



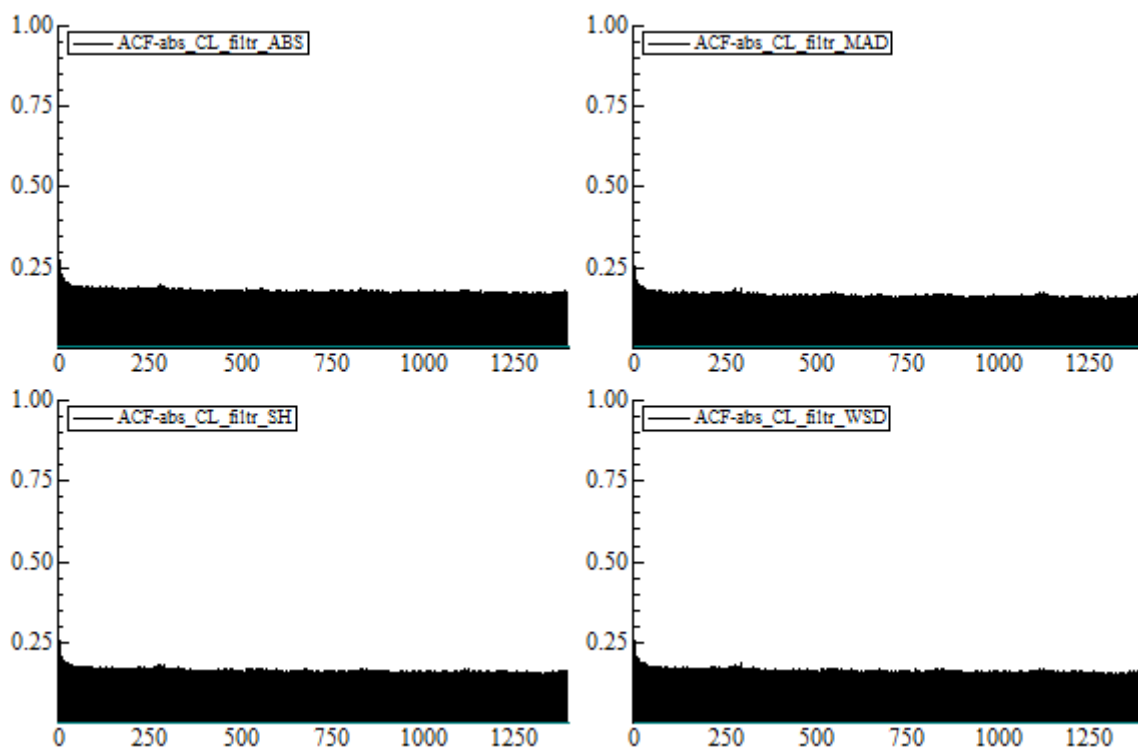
Rysunek 2.4. CL. Filtry cykliczności ABS, MAD, SH, WSD wyznaczone dla zwrotów pięciominutowych w okresie od 2 listopada 2008 r. do 29 października 2010 r.



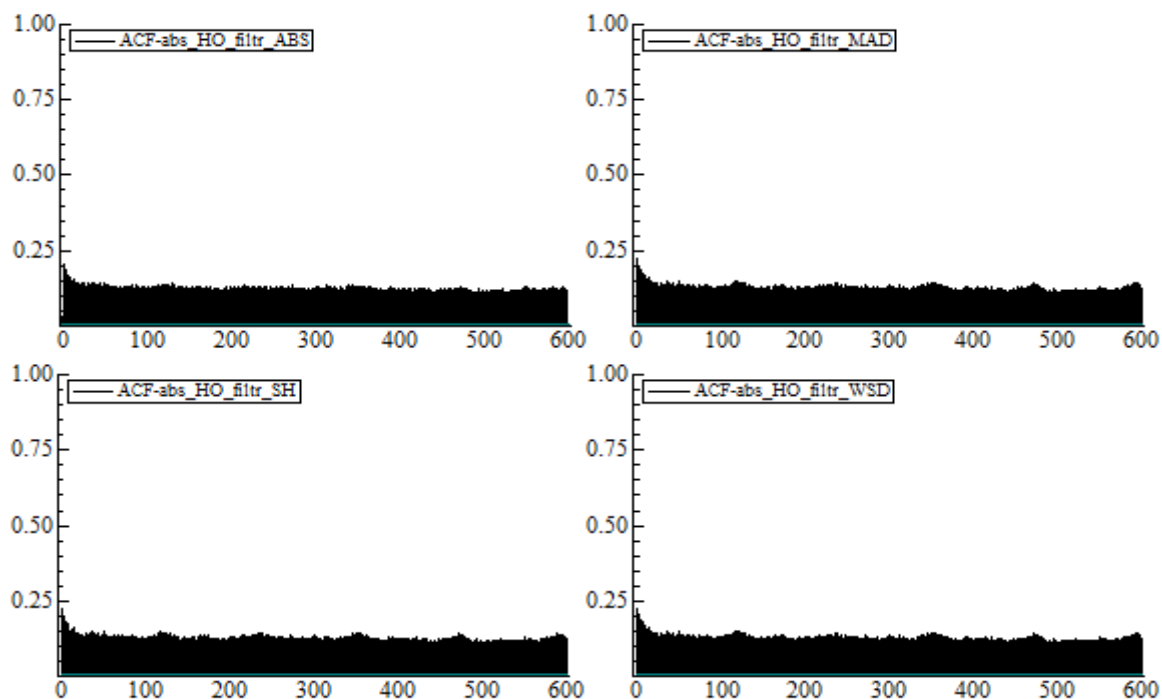
Rysunek 2.5. HO. Filtry cykliczności ABS, MAD, SH, WSD wyznaczone dla zwrotów pięciominutowych w okresie od 2 listopada 2008 r. do 29 października 2010 r.



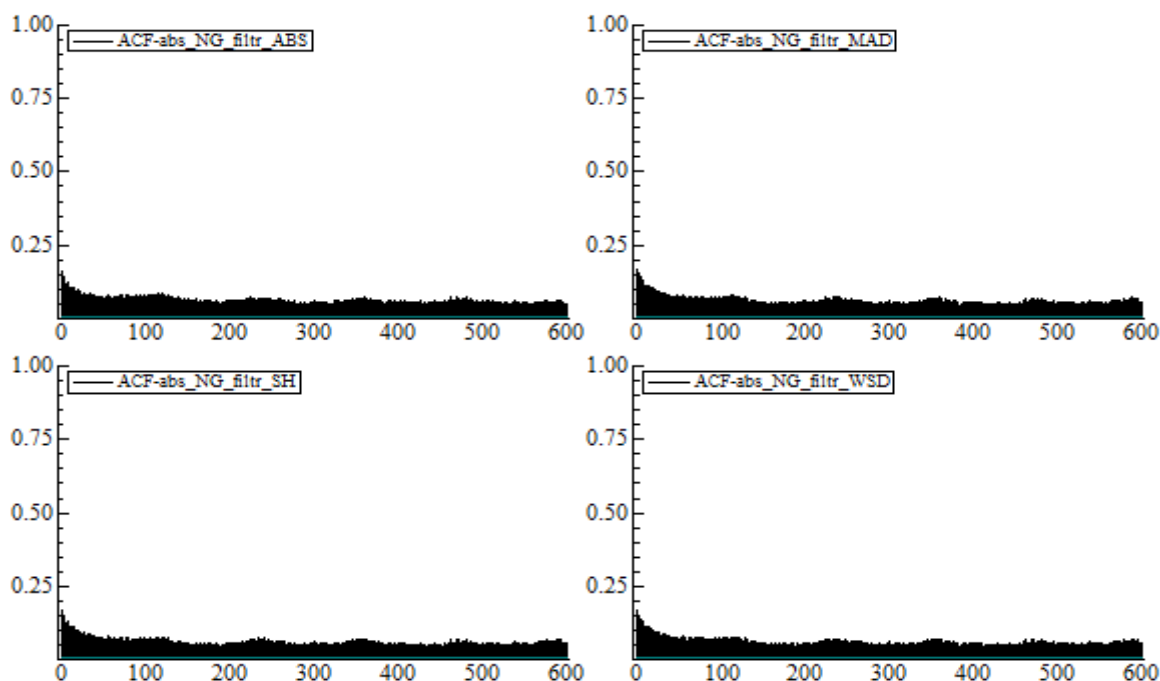
Rysunek 2.6. NG. Filtry cykliczności ABS, MAD, SH, WSD wyznaczone dla zwrotów pięciominutowych w okresie od 2 listopada 2008 r. do 29 października 2010 r.



Rysunek 2.7. CL. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych po usunięciu cykliczności za pomocą filtrów ABS, MAD, SH, WSD



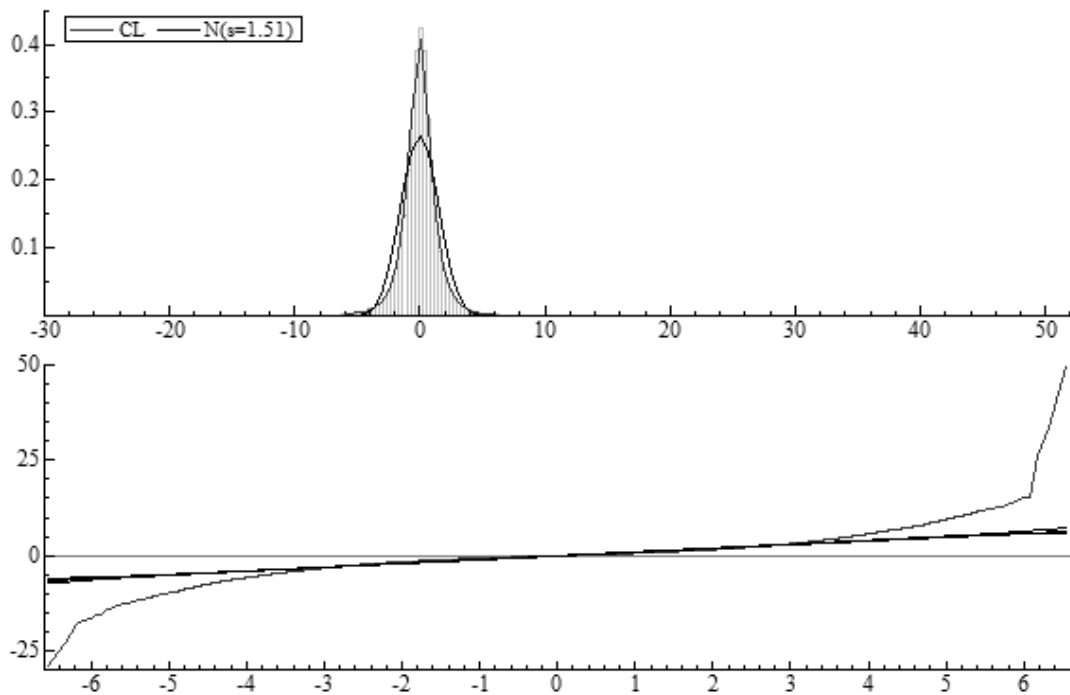
Rysunek 2.8. HO. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych po usunięciu cykliczności za pomocą filtrów ABS, MAD, SH, WSD



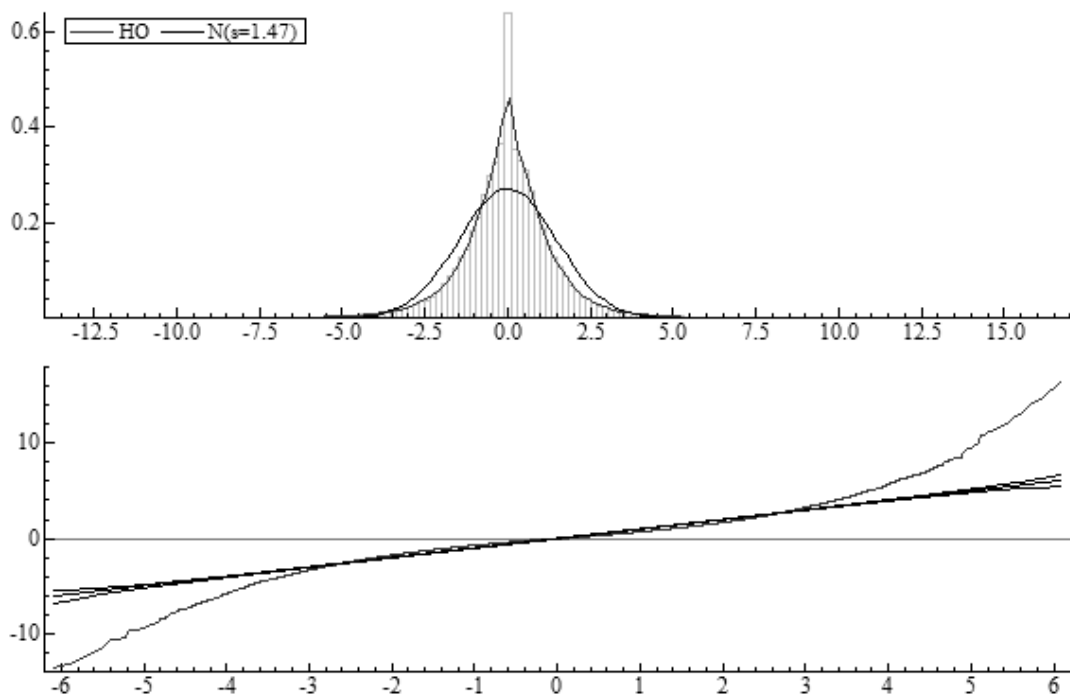
Rysunek 2.9. NG. Funkcja autokorelacji dla zwrotów pięciominutowych po usunięciu cykliczności za pomocą filtrów ABS, MAD, SH, WSD

Przeanalizujemy własności zwrotów pozbawionych cykliczności. W pierwszej kolejności przyjrzymy się ich rozkładowi empirycznemu. Rysunki 2.10-2.12 przedstawiają histogramy zwrotów pięciominutowych dla ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego. Dla porównania zaznaczono wykres rozkładu normalnego o średniej i odchyleniu standardowym oszacowanym z rozpatrywanej próby. Widać duże odstępstwa od rozkładu gaussowskiego w każdym przypadku. Wykresy kwantyl-kwantyl wskazują na grube ogony rozkładów.

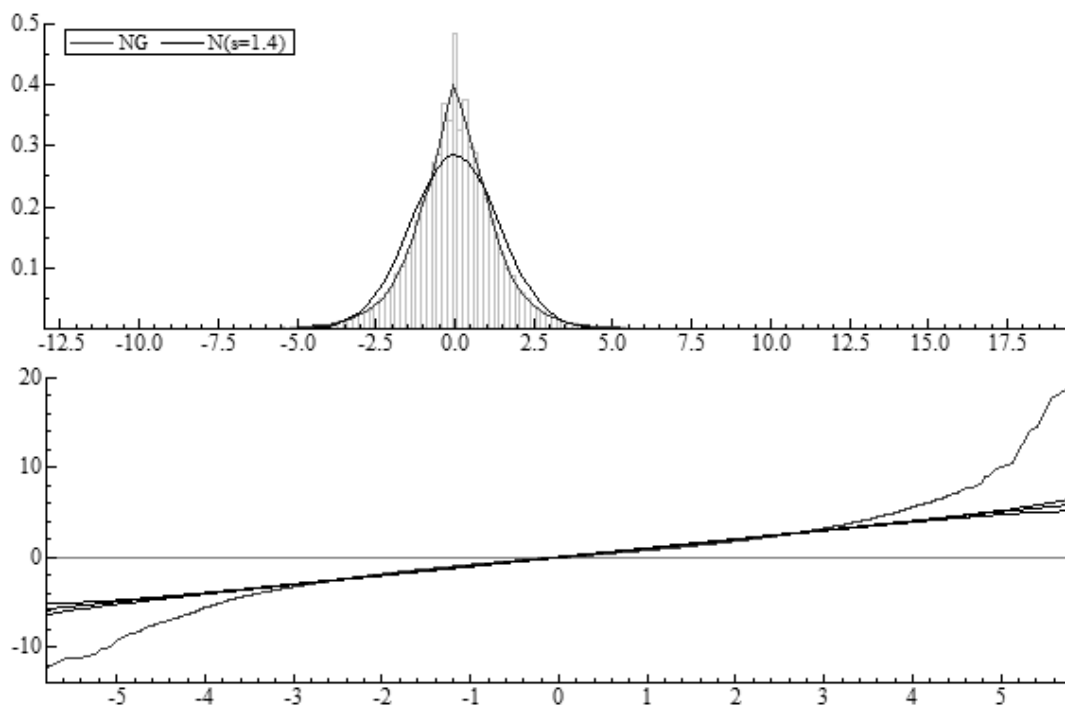
Tabela 2.3 przedstawia statystyki opisowe pięciominutowych procentowych zwrotów logarytmicznych po usunięciu cykliczności. Widać, że oszacowania wariancji, skośności i kurtozy nadwyżkowej zmieniły się znacząco w stosunku do oszacowań uzyskanych dla surowych danych niepoddanych filtracji. Wariancja wzrosła, natomiast skośność i kurtoza jest zdecydowanie niższa.



Rysunek 2.10. CL. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl



Rysunek 2.11. HO. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl

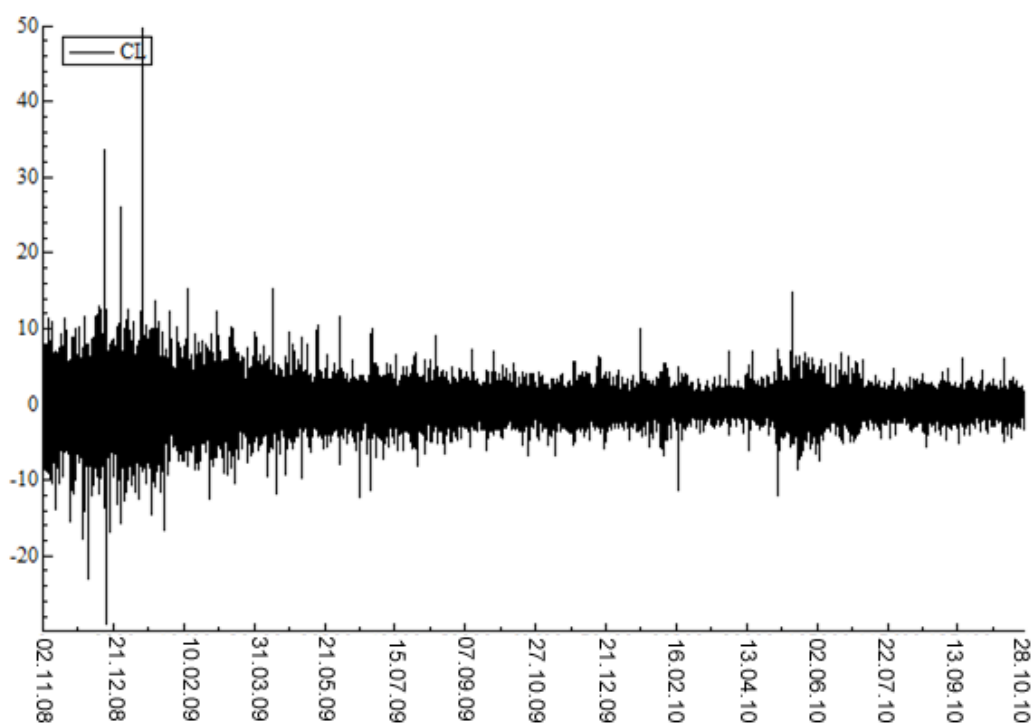


Rysunek 2.12. NG. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl

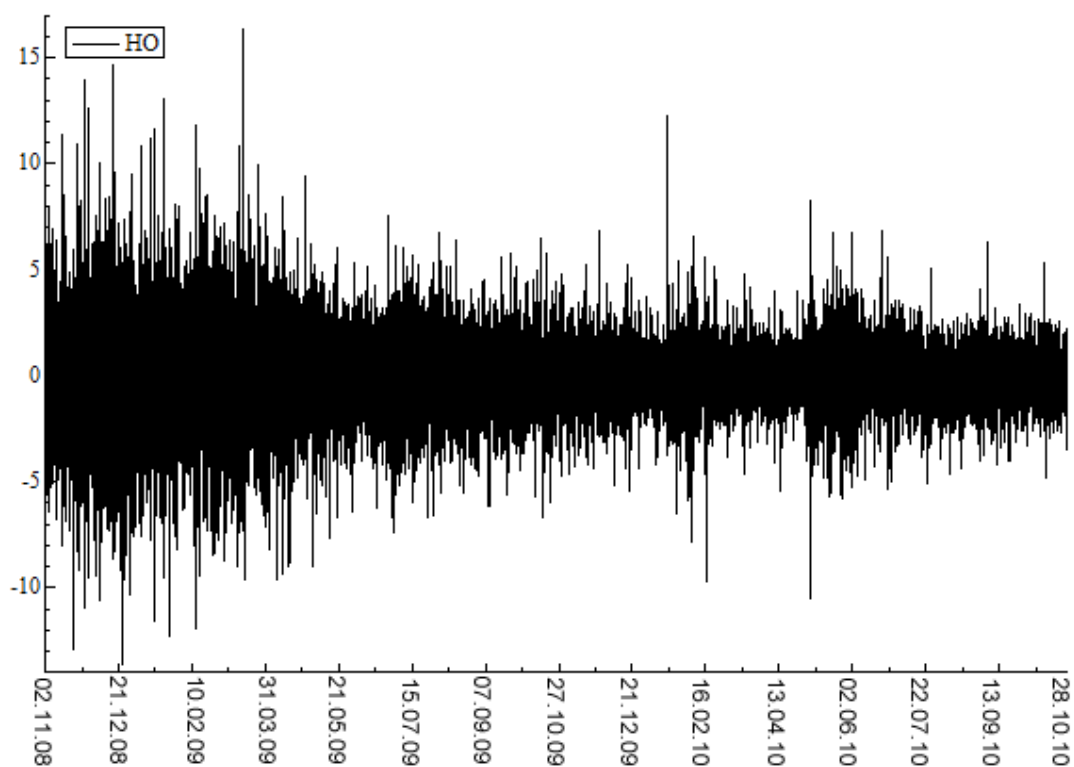
Rysunki 2.18-2.20 przedstawiają dynamikę zwrotów pozbawionych cykliczności dla trzech rozpatrywanych kontraktów terminowych. Obserwowane na tych wykresach zgrupowania zmienności charakterystyczne dla finansowych szeregów czasowych sugerują występowanie efektu ARCH. Wyniki testów autokorelacji dla kwadratów zwrotów, które zamieszczono w Tabeli 2.4 potwierdzają te spostrzeżenia.

Tabela 2.3. Statystyki opisowe zwrotów pięciominutowych po usunięciu cykliczności

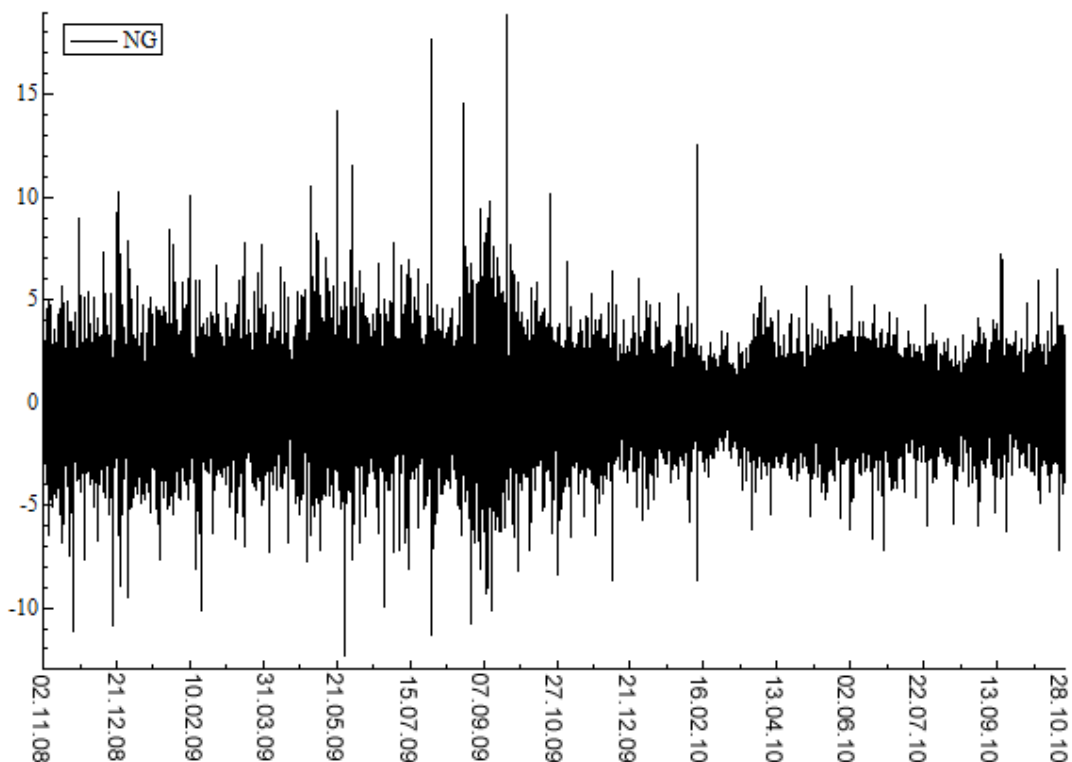
Nazwa kontraktu	Średnia	Wariancja	Skośność	Kurtoza (nadwyżkowa)
CL	-0,0022	2,2862	0,2176	19,4524
HO	0,0008	2,1564	0,0073	5,9678
NG	0,0006	1,9492	0,0753	5,0950



Rysunek 2.13. CL. Szereg pięciominutowych zwrotów logarytmicznych po usunięciu cykliczności za pomocą filtra ABS.



Rysunek 2.14. HO. Szereg pięciominutowych zwrotów logarytmicznych po usunięciu cykliczności za pomocą filtra ABS.



Rysunek 2.15. NG. Szereg pięciominutowych zwrotów logarytmicznych po usunięciu cykliczności za pomocą filtra ABS.

Tabela 2.4. Testy autokorelacji zwrotów i kwadratów zwrotów pięciominutowych po usunięciu cykliczności

	CL	HO	NG
	Test Boxa-Pierce'a dla zwrotów		
Opóźnienie			
5	130,113 (0,0000)	187,886 (0,0000)	254,914 (0,0000)
10	145,187 (0,0000)	194,866 (0,0000)	269,797 (0,0000)
20	185,081 (0,0000)	210,762 (0,0000)	292,265 (0,0000)
50	245,852 (0,0000)	244,420 (0,0000)	332,209 (0,0000)
	Test Boxa-Pierce'a dla kwadratów zwrotów		
5	5398,18 (0,0000)	6067,47 (0,0000)	3240,88 (0,0000)
10	9135,06 (0,0000)	9751,40 (0,0000)	4952,35 (0,0000)
20	14371,0 (0,0000)	14764,8 (0,0000)	7684,35 (0,0000)
50	28723,1 (0,0000)	26682,7 (0,0000)	12286,9 (0,0000)

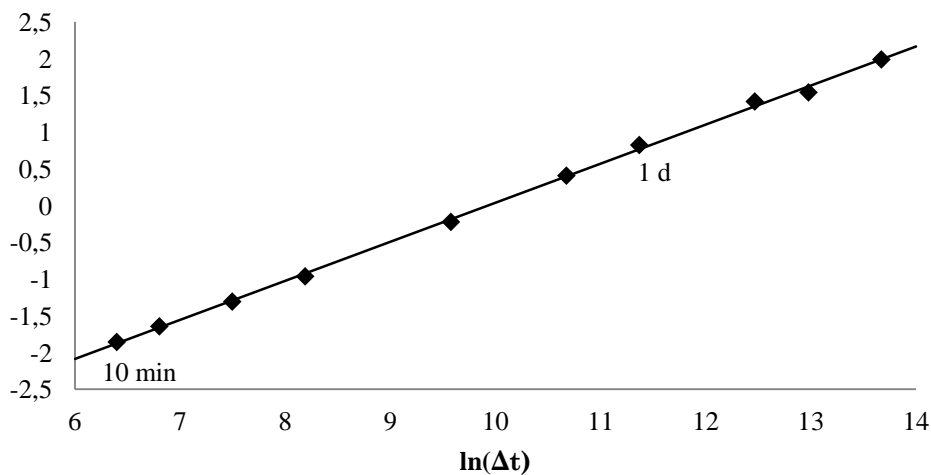
2.6.1.2. Własności danych a hipoteza rynku niejednorodnego

Badanie własności danych wysokiej częstotliwości rozpoczniemy od analizy praw skalowania. Metodą najmniejszych kwadratów uzyskaliśmy oszacowania współczynnika $D(p)$ oraz $C(p)$ z równania (2.1). Wyniki estymacji zamieściliśmy w Tabeli 2.5. Wartość współczynnika $D(p)$ dla $p = 1$ każdorazowo nieznacznie różni się od wartości $1/2$ odpowiadającej gaussowskiemu błędzeniu losowemu.

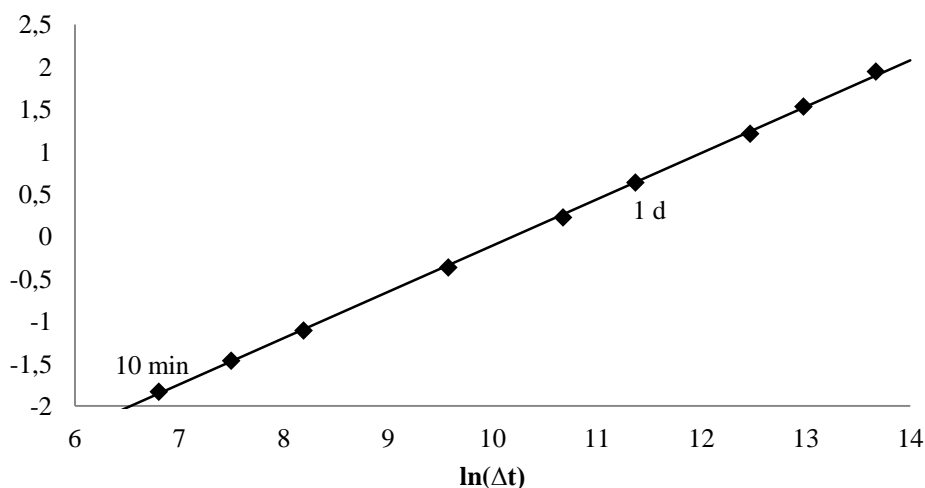
Tabela 2.5. Prawa skalowania dla kontraktów na nośniki energii. Wartości współczynników $D(p)$ i $\ln C(p)$ dla $p = 1$

	CL		HO		NG	
	$D(p)$	$\ln C(p)$	$D(p)$	$\ln C(p)$	$D(p)$	$\ln C(p)$
Oszacowanie	0,5317	-5,2775	0,5460	-5,5672	0,5354	-5,1676
Błąd std.	0,0060	0,0615	0,0036	0,0367	0,0099	0,1018

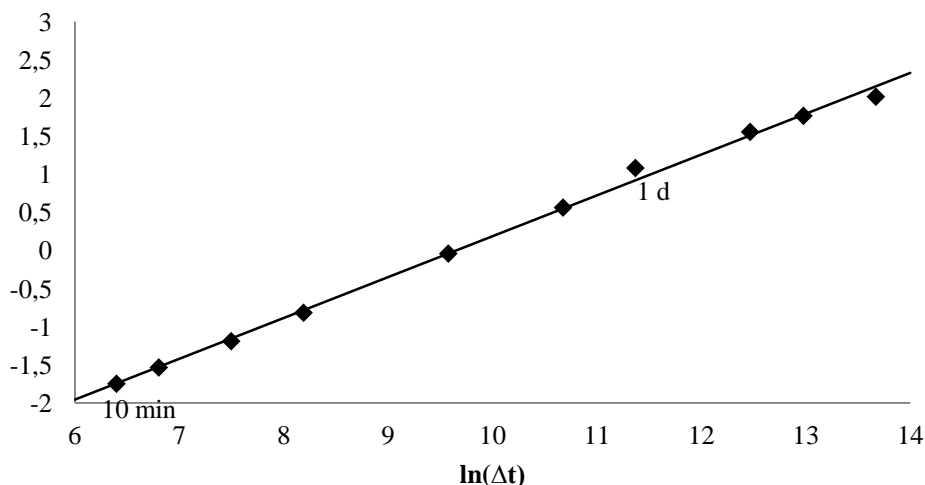
Rysunki 2.16-2.18 przedstawiają prawa skalowania dla trzech badanych kontraktów. Na wykresach zaznaczono prostą, której współczynnik kierunkowy jest równy oszacowaniu $D(p)$ przecinającą oś rzędnych w punkcie równym oszacowaniu $\ln C(p)$. Obecność praw skalowania, dla których oszacowanie dryfu jest większe od 0,5 może wskazywać na multifraktalną naturę badanych rynków [Dacorogna i in. 2001].



Rysunek 2.16. CL. Prawa skalowania



Rysunek 2.17. HO. Prawa skalowania



Rysunek 2.18. NG. Prawa skalowania

Zgodnie z hipotezą rynku niejednorodnego, uczestnicy rynku różnią się horyzontem inwestycyjnym, położeniem geograficznym oraz reakcją na napływające informacje. W celu wykrycia, czy rynek terminowy surowców energetycznych cechuje się niejednorodnością, przyjrzymy się aktywności inwestorów, dokonujących transakcji w różnych częściach świata i z odmienną częstotliwością.

Rysunki 2.19-2.21 przedstawiają wzorce aktywności tygodniowej, wyznaczone na podstawie zwrotów godzinnych z kursu terminowego ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego. Oszacowania aktywności w danej godzinie uzyskaliśmy zgodnie z metodologią zaproponowaną przez Dacorognę i in. [2001], którą opisano w podrozdziale 2.1.3. Na podstawie wykresu można stwierdzić obecność inwestorów, działających o innej porze dnia i pochodzących z różnych obszarów geograficznych. Najwyższą aktywność wykazują inwestorzy amerykańscy, którzy transakcje przeprowadzają zazwy-

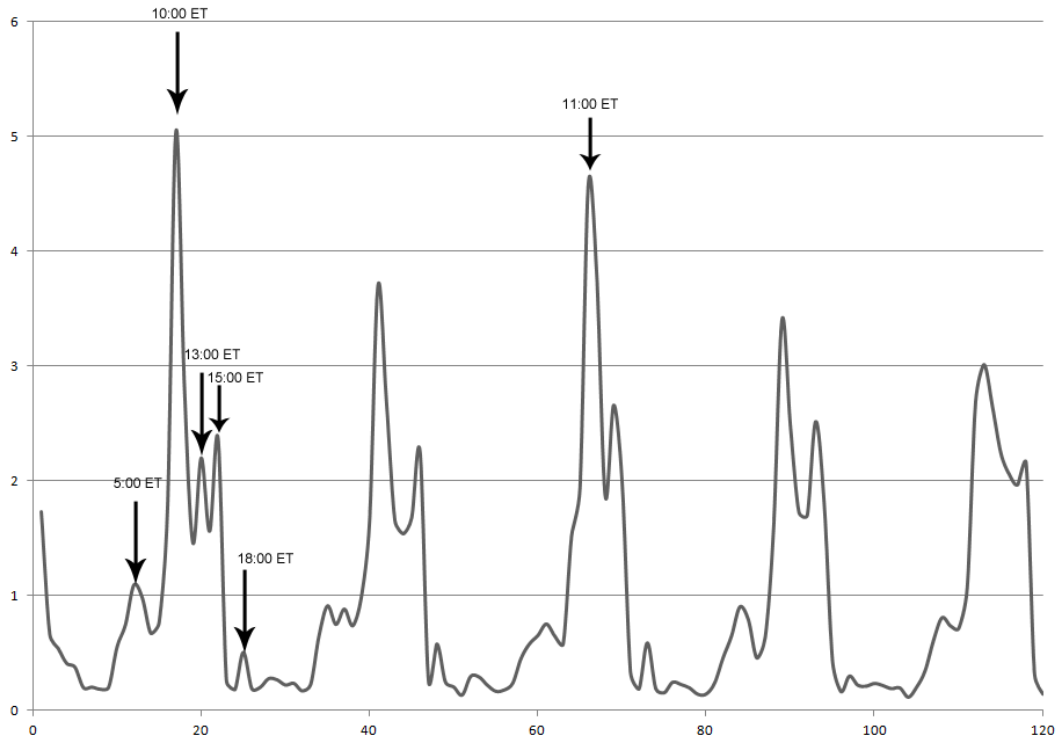
czas w czasie zbliżonym do godzin funkcjonowania danej giełdy: w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie czy w Brazylii. Na wykresach ujawnia się również aktywność inwestorów europejskich, którzy najaktywniej inwestują w godzinach funkcjonowania giełdy z tego regionu geograficznego. W niewielkim stopniu uwidacznia się również aktywność uczestników rynku z rejonu azjatyckiego. Szczegółowe informacje na temat godzin funkcjonowania ważniejszych giełd na świecie zamieszczamy w Tabeli 2.6.

Tabela 2.6. Godziny funkcjonowania ważniejszych giełd na świecie z uwzględnieniem podziału na trzy regiony geograficzne

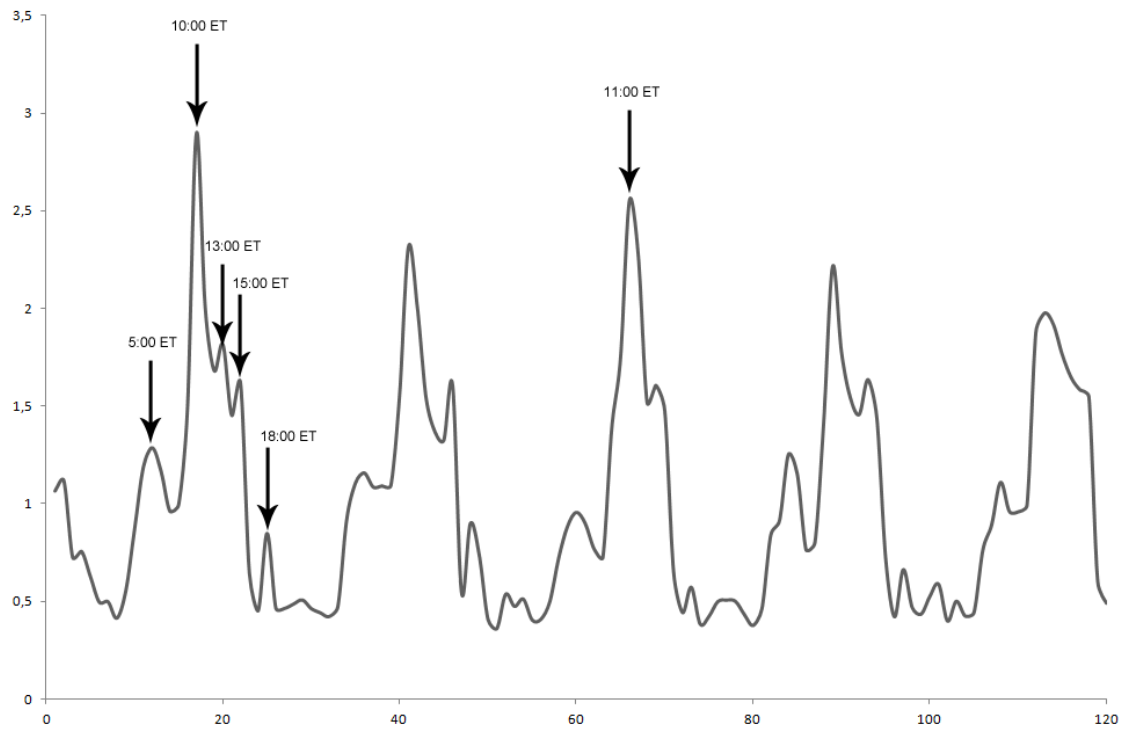
Region geograficzny	Kraj, giełda	Godziny sesji giełdowej (czas lokalny oraz czas nowojorski*)
Azja Pacyficzna	Australia (ASX: <i>Australian Stock Exchange</i>)	10:00-16:00 (AEST) [18:00-0:00 (EST)]
	Hong Kong (HKEX: <i>Hong Kong Stock Exchange</i>)	9:30-16:00 (HKT) [20:30-3:00 (EST)]
	Indie (BSE: <i>Bombay Stock Exchange</i>)	9:15-15:30 (IST) [22:45-5:00 (EST)]
	Japonia (TSE: <i>Tokyo Stock Exchange</i>)	9:00-15:00 (TSE) [19:00-1:00] (EST)]
Europa	Niemcy (FSX: <i>Frankfurt Stock Exchange</i>)	9:00-20:00 (CET) [3:00-14:00(EST)]
	Francja (EPA: <i>Euronext Paris</i>)	9:00-17:30 (CET) [3:00-11:30(EST)]
	Wielka Brytania (LSE: <i>London Stock Exchange</i>)	8:00-16:30 (GMT) [3:00-11:00 (EST)]
Ameryka	Stany Zjednoczone, (NYSE: <i>New York Stock Exchange</i>)	9:30-16:00 (EST)
	Kanada (TSX: <i>Toronto Stock Exchange</i>)	9:30-16:00 (EST)
	Brazylia (Bovespa: <i>Bolsa de Valores de São Paulo</i>)	10:00-17:00 (BRST) [7:00-14:00(EST)]

*Konwersja czasu lokalnego na czas nowojorski została dokonana na dzień 1 stycznia.

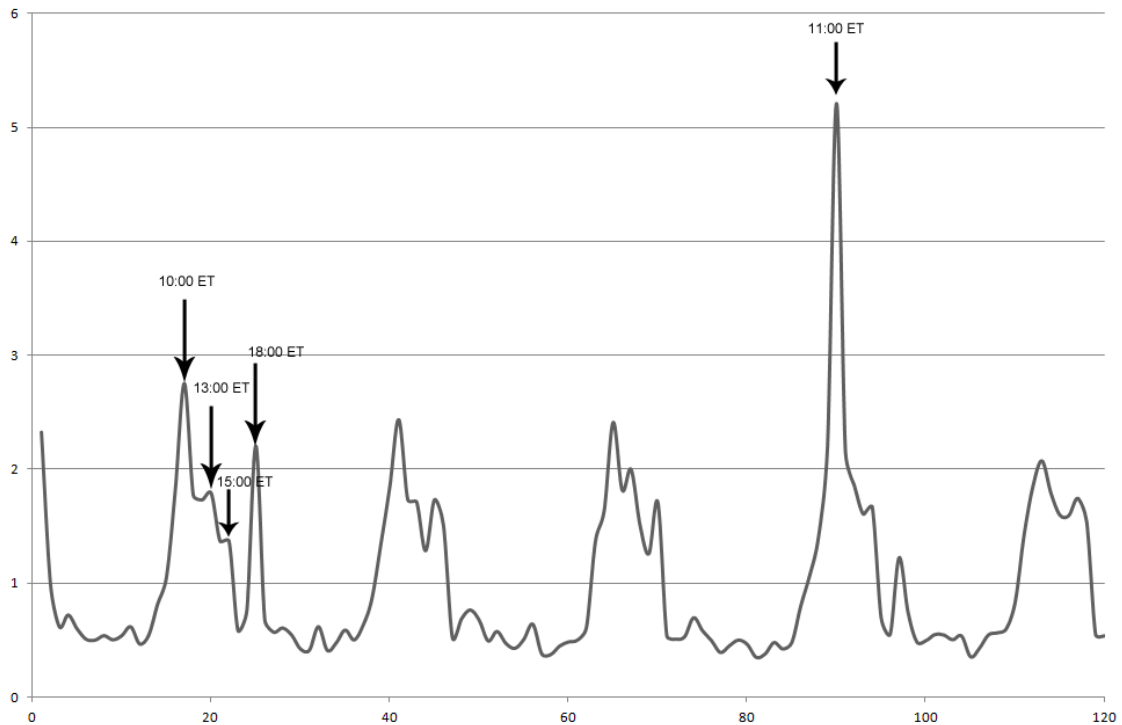
Ponadto, aktywność inwestorów w dwóch dniach tygodnia dla każdego kontraktu jest podwyższona. We wszystkich przypadkach taka sytuacja występuje w poniedziałki. Dodatkowo w przypadku kontraktów na ropę naftową i olej opałowy w środy występuje podwyższenie aktywności. Natomiast w przypadku kontraktu na gaz ziemny szczególnie mocno zaznacza się aktywność w czwartki. Odpowiada to terminom, w którym mają miejsce ogłoszenia o stanie zapasów ropy naftowej (środa 10:30 ET) i gazu ziemnego (czwartek 10:30 ET) podawane przez amerykańską Agencję ds. Energii.



Rysunek 2.19. CL. Wzorzec aktywności tygodniowej



Rysunek 2.20. HO. Wzorzec aktywności tygodniowej



Rysunek 2.21. NG. Wzorzec aktywności tygodniowej

Oprócz niejednorodności geograficznej, można wskazać różnice w reakcji uczestników rynku o różnych częstotliwości transakcji na występującą zmienność. W literaturze prezentowana jest opinia, że na rynku można zaobserwować asymetryczne propagowanie zmienności: zmienność w dłuższych odstępach czasowych ma silniejszy wpływ na zmienność mierzoną w krótszych interwałach czasowych, niż odwrotnie [Müller i in. 1997; Zumbach i Lynch 2001; Lynch i Zumbach 2003]. Podobną własność Cont [2001] zalicza do faktów stylizowanych, nazywając asymetrią w skalach czasowych sytuację, gdy zmienność wyznaczana dla długich interwałów lepiej prognozuje zmienność wyznaczaną dla krótkich interwałów niż odwrotnie. Ma to swoje odzwierciedlenie w oszacowaniach współczynnika korelacji pomiędzy zmiennościami, wyznaczanymi dla różnych interwałów czasu. Zastosujemy procedurę podobną do zastosowanej przez Lyncha i Zumbacha [2003], której celem będzie zweryfikowanie powyższych twierdzeń. Wyznamy zmienność zrealizowaną w pewnych interwałach czasu (w zakresie od czterech do czterystu osiemdziesięciu godzin). Zmierzymy siłę zależności liniowej pomiędzy zmiennością w każdym z tych interwałów czasu a przeszłą zmiennością zrealizowaną w pozostałych rozpatrywanych interwałach.

Niech δt_r oznacza interwał w (sztucznym) czasie biznesowym ϑ opisanym w punkcie 2.1.3, a $r_t(\delta t_r)$ oznacza procentowy zwrot logarytmiczny w chwili t , uzyskany

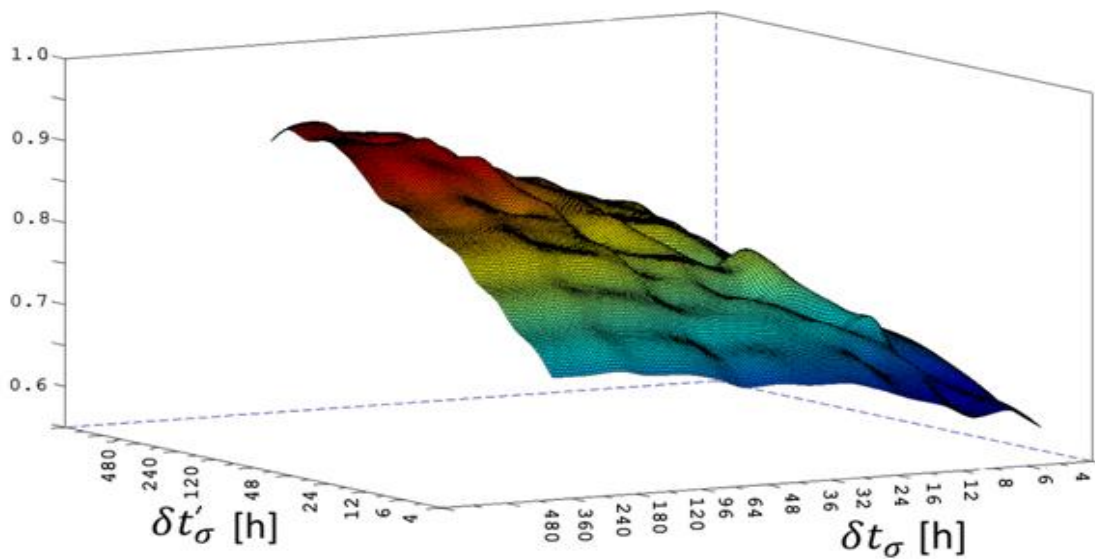
w czasie δt_r . Wówczas zmienność σ_t zrealizowaną w czasie δt_σ można wyznaczyć, korzystając z poniższej formuły [por. Lynch i Zumbach 2003]:

$$\sigma_t^2(\delta t_\sigma, \delta t_r) = \sum_{i=1}^n r_{t-\delta t_\sigma+i\delta t_r}^2(\delta t_r) \quad (2.40)$$

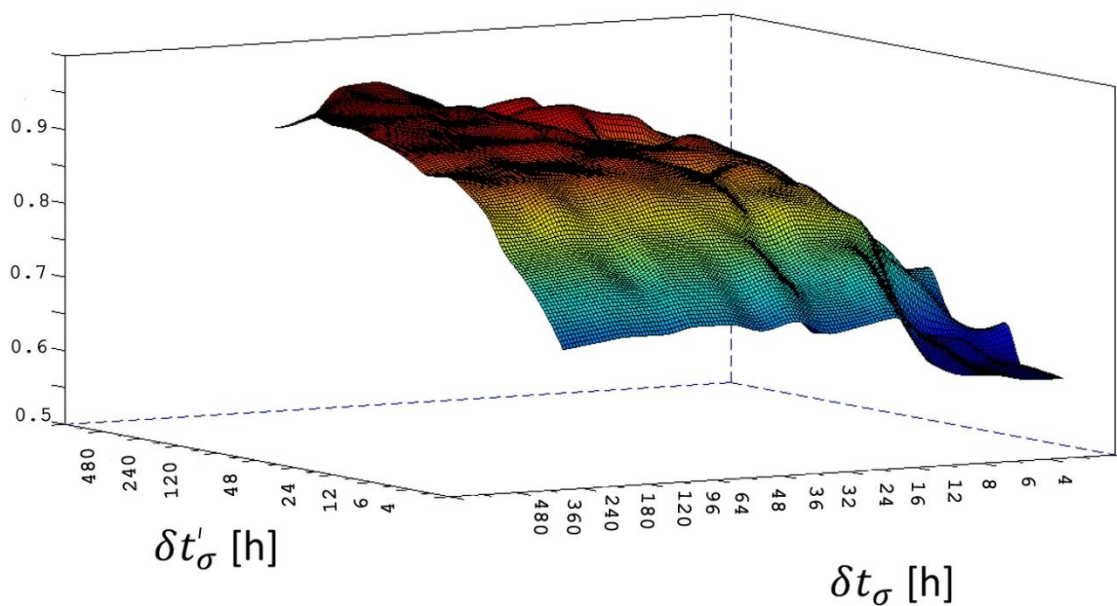
$$n = \frac{\delta t_\sigma}{\delta t_r}.$$

Oszacowania zmienności mierzonej w różnych interwałach czasu δt_σ można wykorzystać do wyznaczenia wzorca propagowania zmienności, badając korelacje między zmiennością σ_t zrealizowaną w czasie δt_σ , a opóźnioną zmiennością $\sigma_{t-\delta t_\sigma}$ zrealizowaną w czasie $\delta t_\sigma'$.

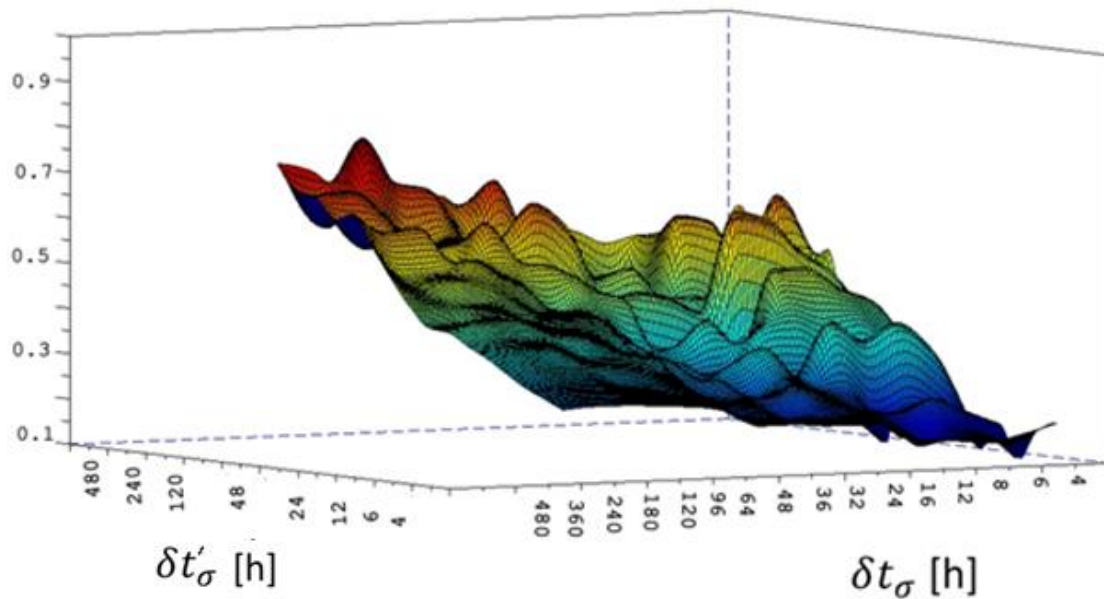
Na Rysunku 2.22 przedstawiliśmy wzorzec propagowania zmienności na rynku terminowym ropy naftowej. Zmienność, rozpatrywana w danym horyzoncie czasu jest skorelowana z opóźnioną zmiennością wyznaczoną dla wszystkich innych rozpatrywanych interwałów. Co więcej, korelacja jest tym silniejsza, im dłuższy interwał rozpatrujemy. Podobny wzorzec można zaobserwować w przypadku rynku terminowego oleju opałowego i gazu ziemnego (Rysunki 2.23 i 2.24). Jednak w przypadku gazu ziemnego oszacowania korelacji są znacznie niższe. Naprawdę wysokie wartości występują w przypadku długich interwałów, dla których wyznaczana była zmienność. Możemy zatem stwierdzić, że choć zmienność na rynku ropy naftowej i gazu ziemnego podlega podobnym zależnościom, to na rynku gazu ziemnego dominującą grupą są prawdopodobnie inwestorzy długoterminowi.



Rysunek 2.22. CL. Korelacje pomiędzy zmiennością σ_t wyznaczaną dla interwału δt_σ a opóźnioną zmiennością $\sigma_{t-\delta t_\sigma}$ wyznaczaną dla interwału $\delta t'_\sigma$. Rozpatrujemy interwały czasu δt_σ i $\delta t'_\sigma$ w zakresie od 4 do 480 godzin. Zmienność została wyznaczona z wykorzystaniem zwrotów dla interwału $\delta t_r = 10$ min.



Rysunek 2.23. HO. Korelacje pomiędzy zmiennością σ_t wyznaczaną dla interwału δt_σ a opóźnioną zmiennością $\sigma_{t-\delta t_\sigma}$ wyznaczaną dla interwału $\delta t'_\sigma$. Rozpatrujemy interwały czasu δt_σ i $\delta t'_\sigma$ w zakresie od 4 do 480 godzin. Zmienność została wyznaczona z wykorzystaniem zwrotów dla interwału $\delta t_r = 10$ min.



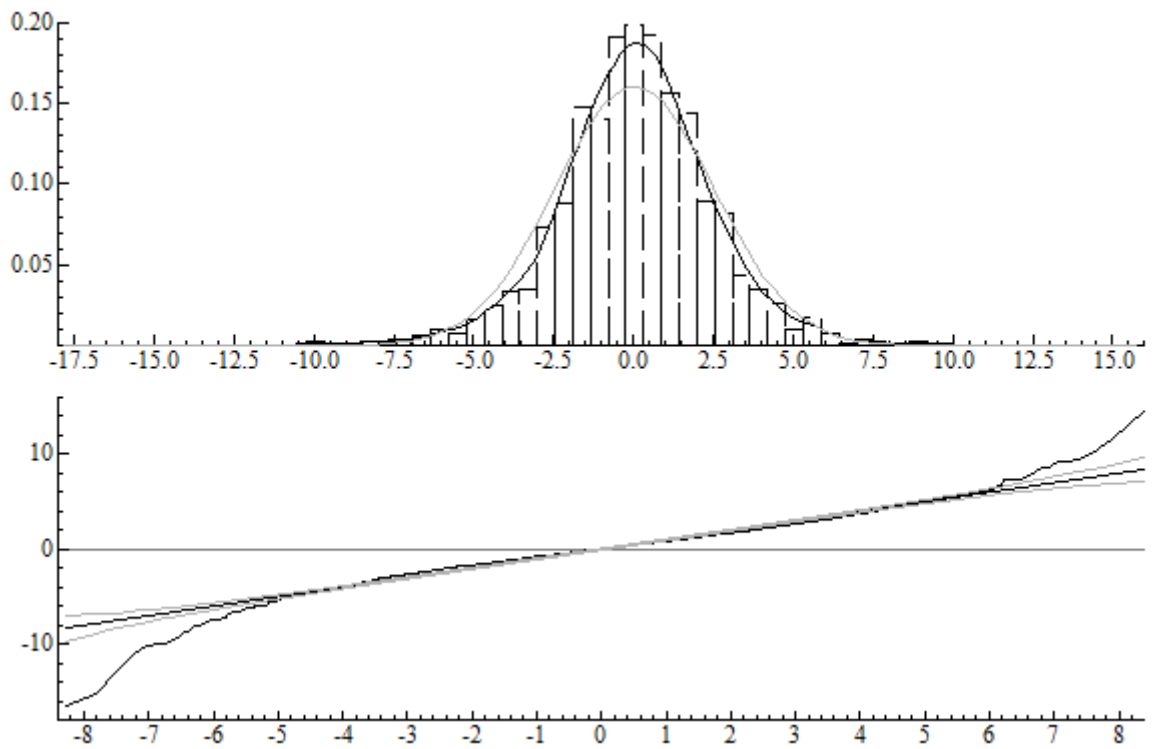
Rysunek 2.24. NG. Korelacje pomiędzy zmiennością σ_t wyznaczaną dla interwału δt_σ a opóźnioną zmiennością $\sigma_{t-\delta t'_\sigma}$ wyznaczaną dla interwału $\delta t'_\sigma$. Rozpatrujemy interwały czasu δt_σ i $\delta t'_\sigma$ w zakresie od 4 do 480 godzin. Zmienność została wyznaczona z wykorzystaniem zwrotów dla interwału $\delta t_r = 10$ min.

2.6.2. Własności danych dziennych

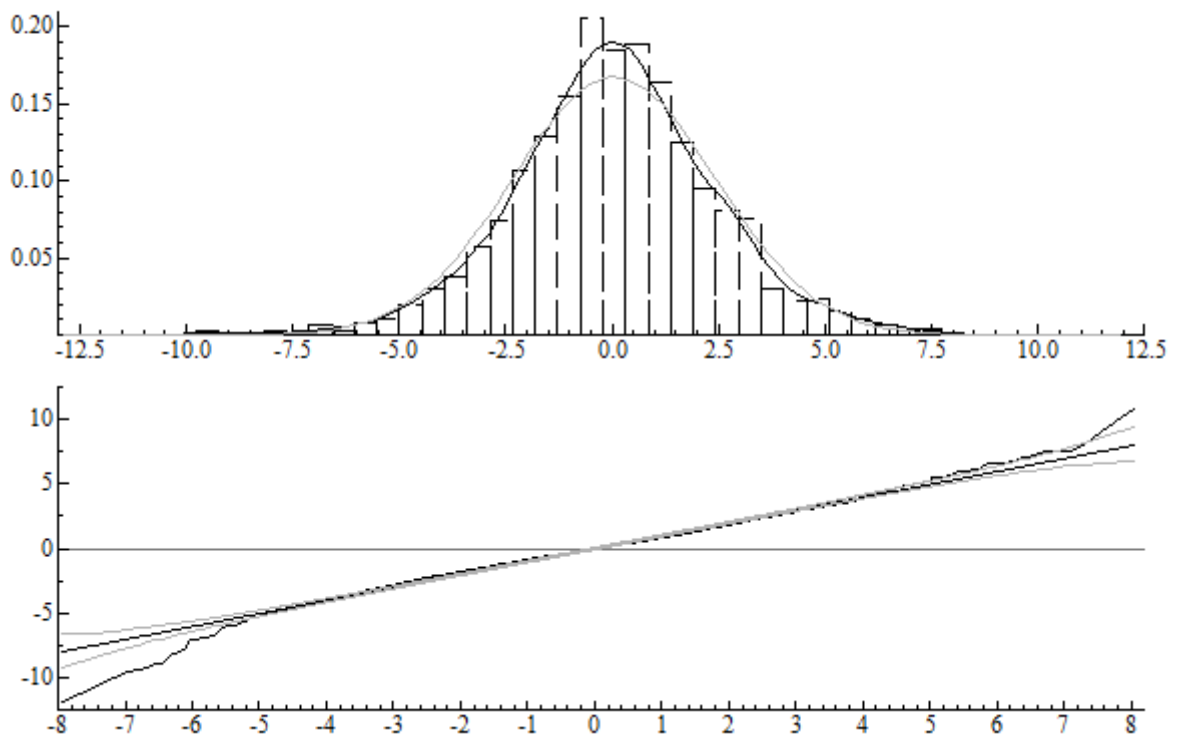
W odniesieniu do danych dziennych omówimy, podobnie jak dla danych wysokiej częstotliwości, własności rozkładów oraz zbadamy autokorelację dla zwrotów i ich kwadratów.

Rysunki 2.25-2.27 przedstawiają histogramy zwrotów dziennych dla ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego. Dla porównania zaznaczono wykres rozkładu normalnego o średniej i odchyleniu standardowym oszacowanym z rozpatrywanej próby. Nadal w każdym przypadku widać duże odstępstwa od rozkładu gaussowskiego, choć można stwierdzić, że dla danych śróddziennych odstępstwa były zdecydowanie silniejsze. Wykresy kwantyl-kwantyl również wskazują na grube ogony rozkładów.

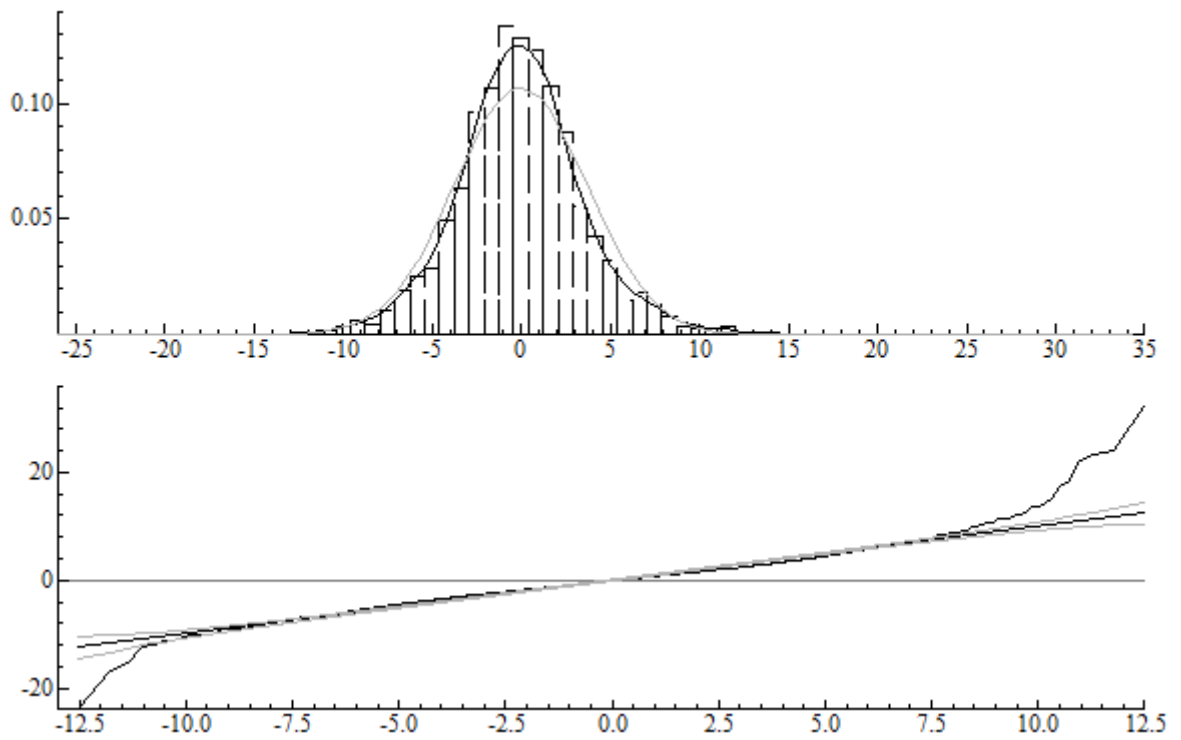
Tabela 2.7 przedstawia najważniejsze statystyki opisowe dziennych procentowych zwrotów logarytmicznych z rozpatrywanych kontraktów. Największą wariacją cechują się zwroty dla gazu ziemnego. Rozkład zwrotów tego nośnika energii jest daleki od normalnego, o czym świadczą oszacowania skośności i kurtozy. Spośród rozpatrywanych kontraktów rozkład zwrotów dla oleju opałowego jest najbliższy rozkładowi gaussowskiemu.



Rysunek 2.25. CL. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl



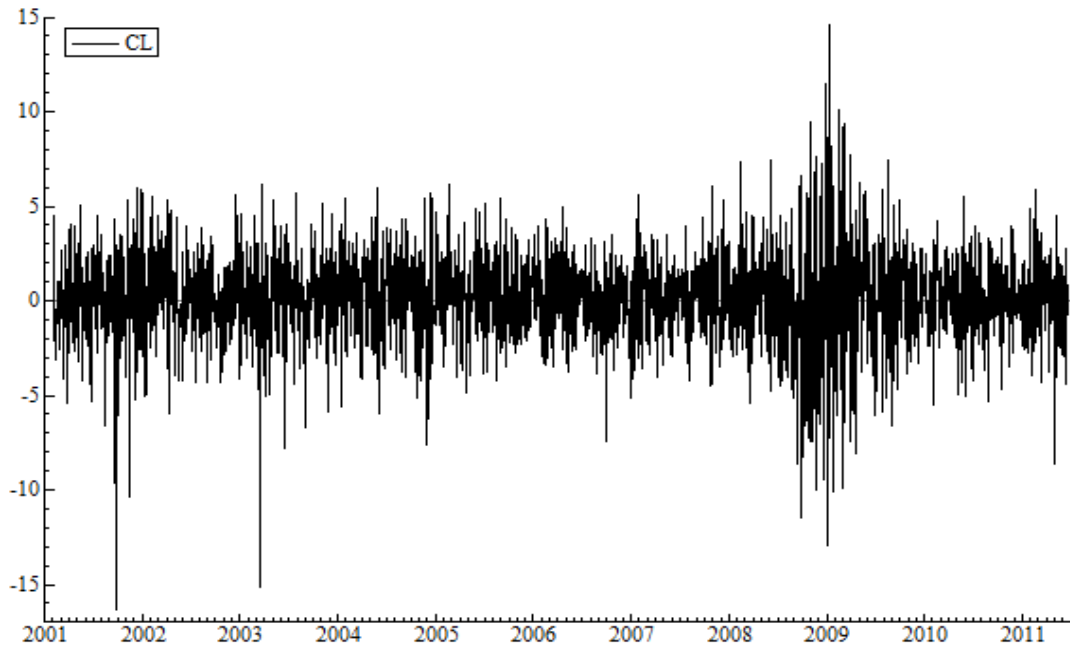
Rysunek 2.26. HO. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl



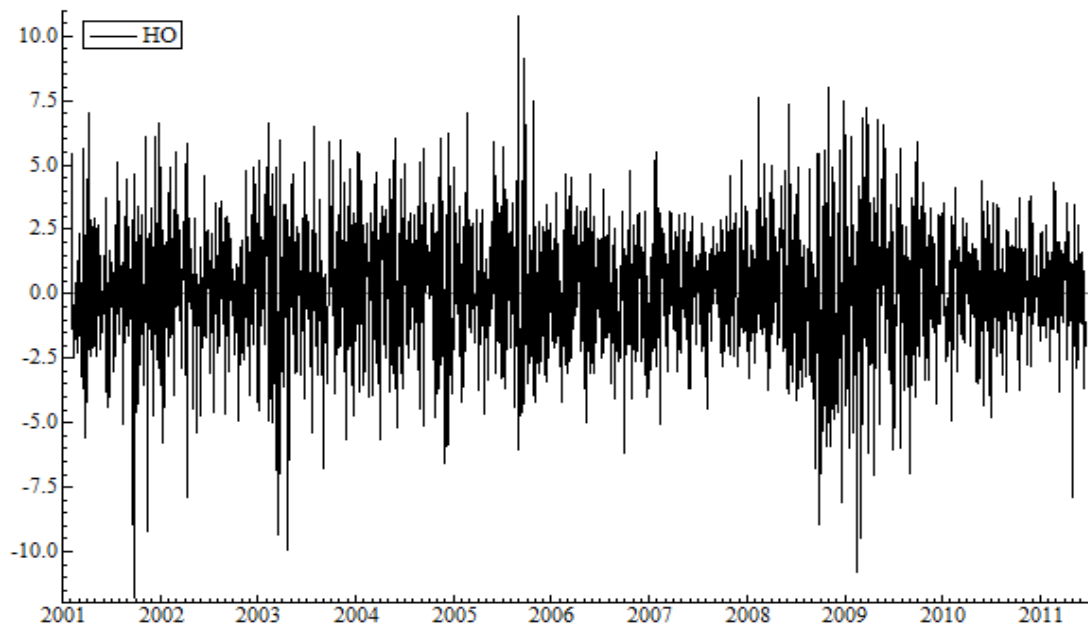
Rysunek 2.27. NG. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl

Tabela 2.7. Statystyki opisowe zwrotów dziennych

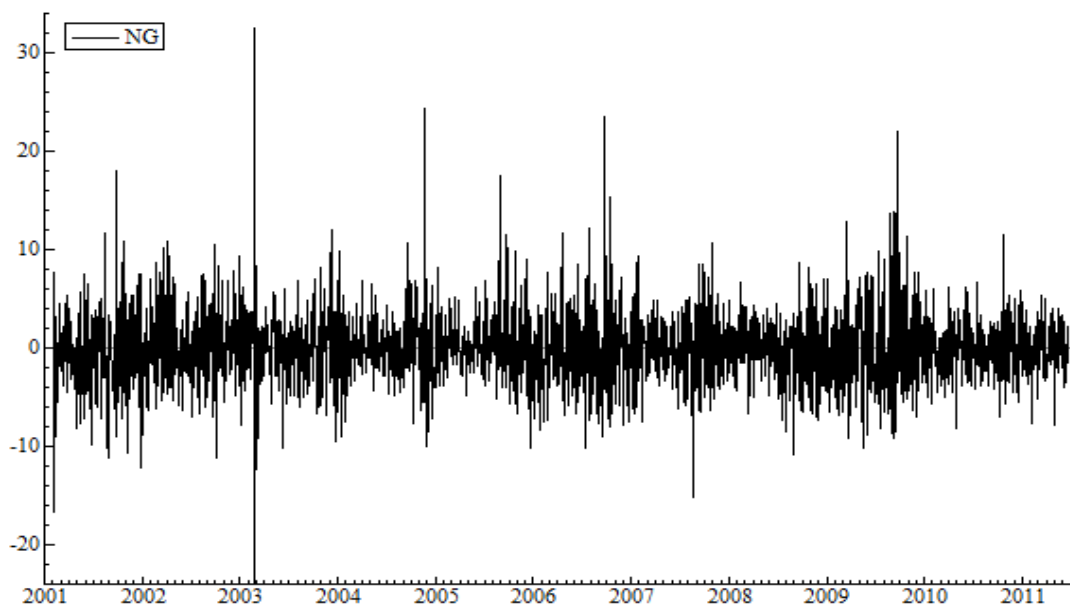
Nazwa kontraktu	Średnia	Wariancja	Skośność	Kurtoza (nadwyżkowa)
CL	0,0466	6,2031	-0,2976	3,3152
HO	0,0536	5,6873	-0,1181	1,3240
NG	-0,0152	13,9577	0,6399	5,5738



Rysunek 2.28. CL. Szereg dziennych procentowych zwrotów logarytmicznych



Rysunek 2.29. HO. Szereg dziennych procentowych zwrotów logarytmicznych



Rysunek 2.30. NG. Szereg dziennych procentowych zwrotów logarymicznych

Tabela 2.8. Testy autokorelacji zwrotów i kwadratów dziennych procentowych zwrotów logarymicznych

	CL	HO	NG
Opóźnienie	Test Boxa-Pierce'a dla zwrotów		
5	18,1290 (0,0028)	5,6135 (0,3457)	25,7180 (0,0001)
10	45,6465 (0,0000)	24,9234 (0,0055)	27,6967 (0,0020)
20	66,7630 (0,0000)	40,4716 (0,0043)	36,2586 (0,0143)
50	120,353 (0,0000)	64,3835 (0,0830)	55,8206 (0,2653)
	Test Boxa-Pierce'a dla kwadratów zwrotów		
5	344,975 (0,0000)	115,611 (0,0000)	119,003 (0,0000)
10	760,373 (0,0000)	202,583 (0,0000)	141,743 (0,0000)
20	1299,66 (0,0000)	304,772 (0,0000)	171,336 (0,0000)
50	2852,10 (0,0000)	600,868 (0,0000)	194,195 (0,0000)

Rysunki 2.28-2.30 przedstawiają dynamikę zwrotów dziennych dla trzech rozpatrywanych kontraktów terminowych. Obserwowane na tych wykresach zgrupowania zmienności charakterystyczne dla finansowych szeregów czasowych sugerują występowanie efektu ARCH. Wyniki testów autokorelacji dla kwadratów zwrotów, które zamieszczono w Tabeli 2.8 potwierdzają te spostrzeżenia. Warto również zauważyć, że

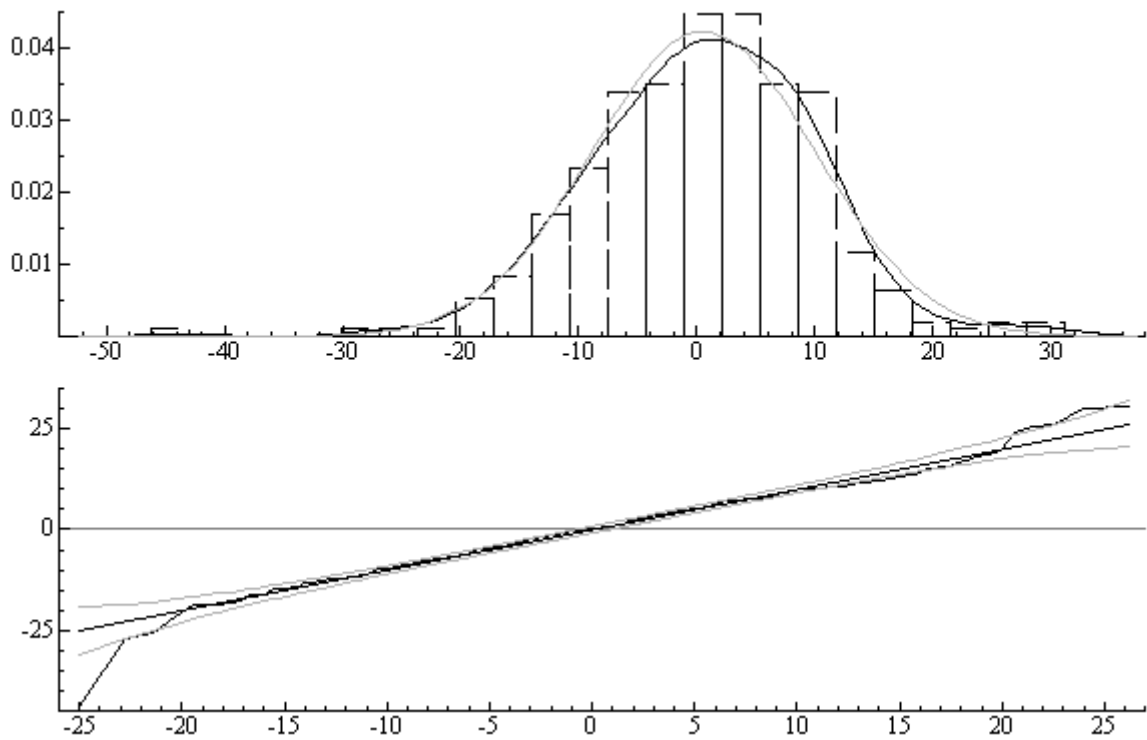
występuje asymetria spadków i wzrostów. Średnie wartości bezwzględne dużych spadków (przekraczające trzykrotność odchylenia standardowego) przekraczają przeciętne wartości znacznych wzrostów.

2.6.3. Własności danych miesięcznych

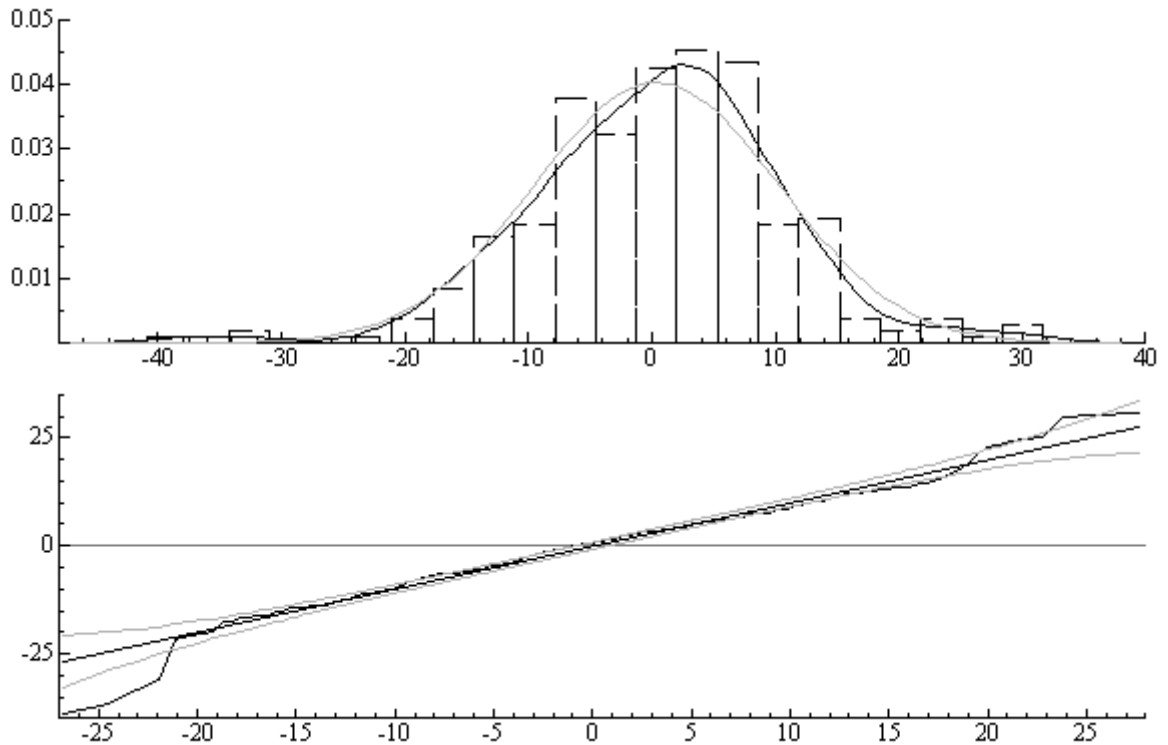
W odniesieniu do danych dziennych omówimy, podobnie jak dla danych wysokiej częstotliwości i dziennych, własności rozkładów oraz zbadamy autokorelację dla zwrotów i ich kwadratów.

Rysunki 2.31-2.33 przedstawiają histogramy zwrotów miesięcznych dla ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego. Dla porównania zaznaczono wykres rozkładu normalnego o średniej i odchyleniu standardowym oszacowanym z rozpatrywanej próby. W każdym przypadku odstępstwa od rozkładu gaussowskiego znacząco się zmniejszyły w porównaniu do wyników, uzyskanych do wyższych częstotliwości obliczania zwrotów. Wykresy kwantyl-kwantyl wskazują na mniejszą grubość ogonów rozkładów. Zwłaszcza w przypadku gazu ziemnego możemy stwierdzić, że rozkład zwrotów jest zbliżony do normalnego. Tabela 2.9 przedstawia najważniejsze statystyki opisowe miesięcznych procentowych zwrotów logarytmicznych z rozpatrywanych kontraktów. Największą wariancją cechują się zwroty dla gazu ziemnego.

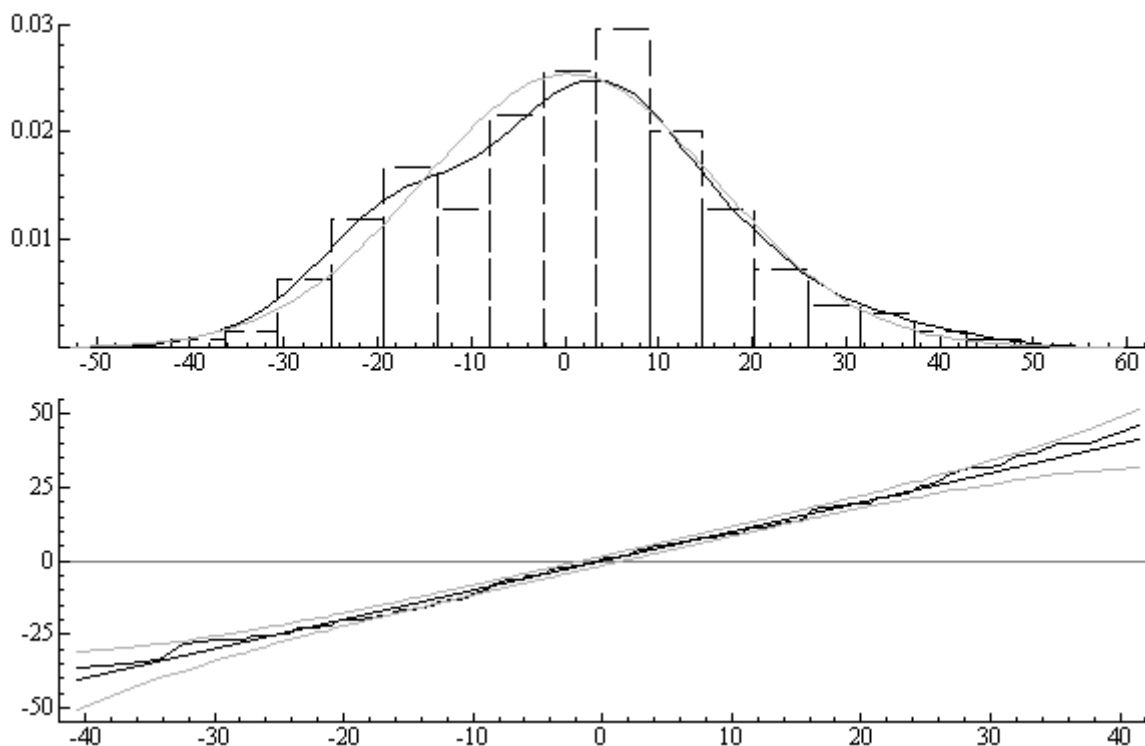
Biorąc pod uwagę własności rozkładów dla danych wysokiej częstotliwości, dziennych i miesięcznych możemy stwierdzić, że rzeczywiście wraz ze zwiększaniem skali czasowej, dla której obliczane są zwroty, rozkład zbliża się do normalnego.



Rysunek 2.31. CL. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl



Rysunek 2.32. HO. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl

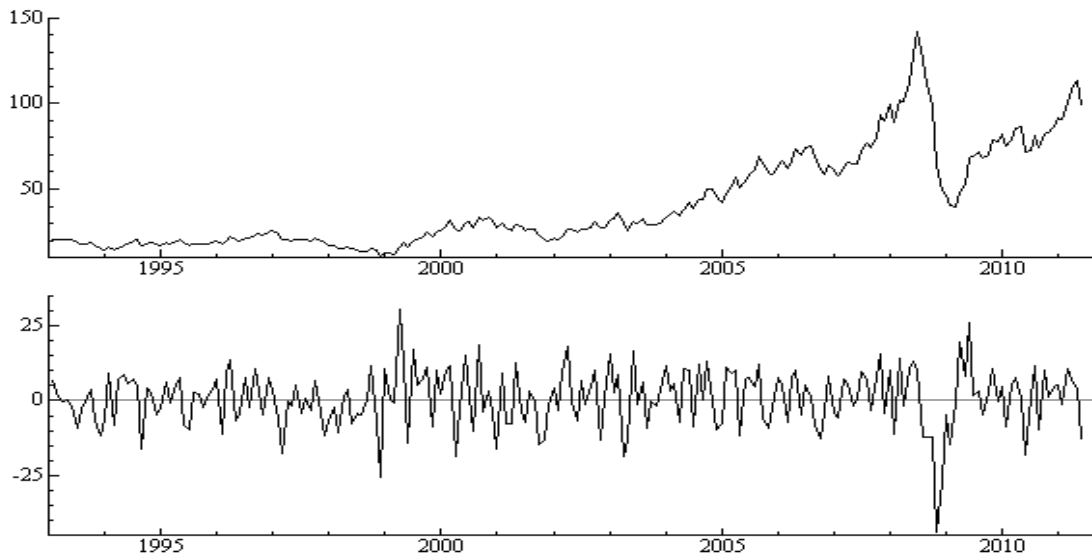


Rysunek 2.33. NG. Powyżej: histogram, empiryczna funkcja gęstości i funkcja gęstości rozkładu normalnego z empiryczną średnią i wariancją. Poniżej: wykres kwantyl-kwantyl

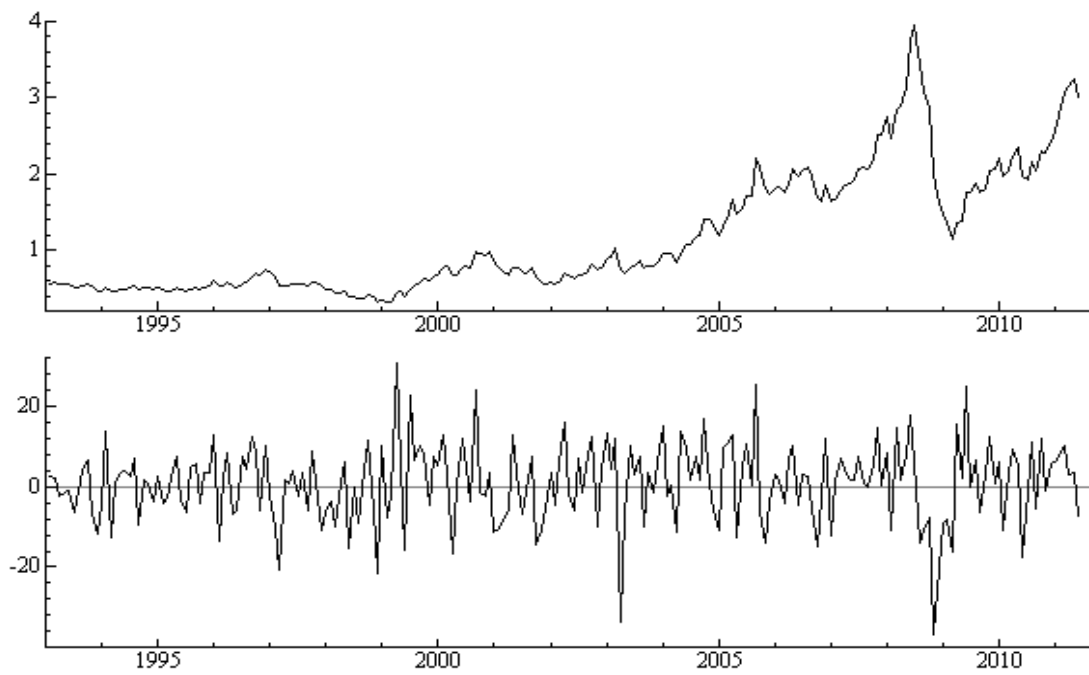
Tabela 2.9. Statystyki opisowe zwrotów miesięcznych

Nazwa kontraktu	Średnia	Wariancja	Skośność	Kurtoza (nadwyżkowa)
CL	0,5824	89,6127	-0,5236	1,7260
HO	0,3983	98,3330	-0,3255	1,2720
NG	0,4949	246,8669	0,1547	-0,2010

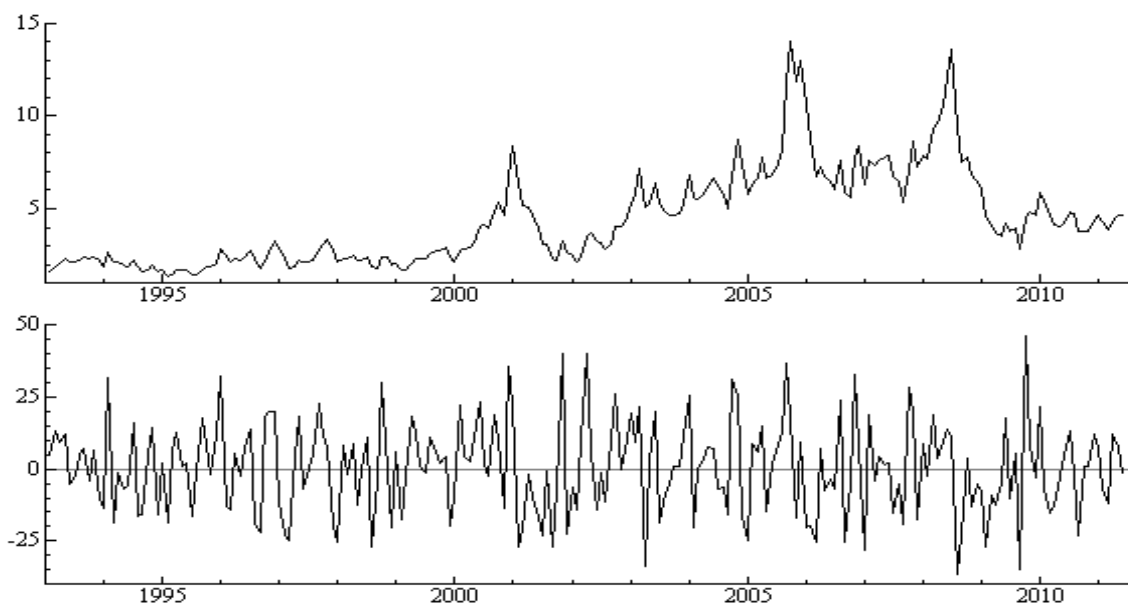
Rysunki 2.34-2.36 przedstawiają dynamikę poziomów oraz zwrotów miesięcznych dla trzech rozpatrywanych kontraktów terminowych. Nie obserwujemy na wykresach dla zwrotów zgrupowań zmienności sugerujących występowanie efektu ARCH. Wyniki testów autokorelacji dla kwadratów zwrotów, które zamieszczono w Tabeli 2.10 zasadniczo potwierdzają te spostrzeżenia, choć w przypadku ropy naftowej dla początkowych opóźnień możemy stwierdzić występowanie efektu ARCH.



Rysunek 2.34. CL. Szereg miesięcznych procentowych zwrotów logarytmicznych



Rysunek 2.35. HO. Szereg miesięcznych procentowych zwrotów logarytmicznych



Rysunek 2.36. NG. Szereg miesięcznych procentowych zwrotów logarytmicznych

Tabela 2.10. Testy autokorelacji zwrotów i kwadratów miesięcznych procentowych zwrotów logarytmicznych

	CL	HO	NG
Opóźnienie	Test Boxa-Pierce'a dla zwrotów		
5	9,0201 (0,1083)	2,6406 (0,7552)	12,3889 (0,0298)
10	15,4606 (0,1161)	9,0972 (0,5229)	27,5533 (0,0021)
20	30,3918 (0,0637)	24,2193 (0,2329)	42,5649 (0,0023)
50	78,2470 (0,0065)	66,2810 (0,0613)	78,5050 (0,0061)
	Test Boxa-Pierce'a dla kwadratów zwrotów		
5	13,7185 (0,0175)	5,82664 (0,3235)	3,1445 (0,6777)
10	20,8830 (0,0219)	8,8388 (0,5475)	6,6000 (0,7626)
20	25,7151 (0,1754)	16,0652 (0,7126)	26,6711 (0,1448)
50	35,7363 (0,9360)	37,2253 (0,9095)	74,0982 (0,0150)

Podsumowanie

W rozdziale przedstawiliśmy koncepcję badania czynników ryzyka, która uwzględnia niejednorodność uczestników rynku surowców energetycznych. Opisaliśmy, czym jest ryzyko w działalności inwestycyjnej oraz jakie czynniki ryzyka będą rozpatrywane. Ponieważ ryzyko inwestycji w instrument finansowy mierzy się zazwyczaj uwzględniając zmienność jego kursu, omówiliśmy, czym jest zmienność i jakie są metody jej szacowania. Przedstawiliśmy informacje na temat kontraktów terminowych, które będą poddawane dalszym analizom. Szczegółowo przedstawiliśmy schemat badania empirycznego. Ponadto, omówiliśmy najważniejsze własności analizowanych szeregów czasowych z uwzględnieniem podziału na dane wysokiej częstotliwości, dzienne i miesięczne.

3. Zmienność generowana przez uczestników rynku o wysokiej częstotliwości transakcji

Nasze badania rozpoczniemy od analizy zmienności występującej w zwrotach wyznaczanych dla krótkich interwałów czasu, która jest zasadniczo generowana przez inwestorów o wysokiej częstotliwości transakcji. W rozdziale przedstawimy wyniki dwóch ważnych badań. W pierwszej kolejności zastosujemy model zmienności śróddziennej nawiązujący do hipotezy rynku niejednorodnego w którym uwzględnia się wpływ zmienności historycznej, wyznaczonej dla różnych interwałów czasu. Ponadto wykorzystując dane wysokiej częstotliwości, zbadamy w jaki sposób inwestorzy na badanym rynku terminowym reagują na napływające informacje makroekonomiczne.

3.1. Zmienność śróddzienna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego

Zgodnie z hipotezą rynku niejednorodnego, zróżnicowanie wśród uczestników rynku może wynikać z różnic w horyzoncie inwestycyjnym, położeniu geograficznym, regulacjach instytucjonalnych, profilach ryzyka i innych. Konstrukcja modelu HARCH (*Heterogeneous Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), zaproponowanego przez Müllera i in. [1997] oraz opisywanego przez Dacorognę i in. [2001] nawiązuje do niejednorodności wynikającej z różnic w częstości zawierania transakcji. Animatorzy rynku i spekulanci śróddzienni charakteryzują się bardzo krótkim horyzontem inwestycyjnym, natomiast inwestorzy instytucjonalni zazwyczaj dokonują transakcji znacznie rzadziej. Twórcy modelu HARCH stosowali go do opisu dynamiki kursów walutowych. Jednak, jak wspomniano wcześniej, istnieją uzasadnione przesłanki, że również w odniesieniu do zmienności na rynku terminowym surowców energetycznych można zastosować model, skonstruowany w oparciu o niejednorodność rynku.

Müller i in. [1997] sugerują, by stosować model HARCH do danych wysokiej częstotliwości, z których usunięta została cykliczność. Model ten należy do rodziny modeli ARCH ale wyróżnia go fakt, że w równaniu zmienności uwzględnia się zwroty mierzone w różnych odstępach czasowych. Ponadto, model HARCH pozwala na uwzględnienie zjawiska długiej pamięci zmienności.

3.1.1. Model HARCH

Równanie procesu HARCH(n) zdefiniowane jest jako [Müller i in.1997]:

$$r_t = \sigma_t \varepsilon_t,$$

$$\sigma_t^2 = c_0 + \sum_{j=1}^n c_j \left(\sum_{i=1}^j r_{t-i} \right)^2, \quad (3.1)$$

gdzie $c_0 > 0, c_n > 0, c_j \geq 0$ dla $j = 1, \dots, n - 1$. Warunkiem na stacjonarność tak określonego procesu jest spełnienie nierówności $\sum_{j=1}^n j c_j < 1$.

Jak widać w modelu HARCH przyjmuje się założenie, że średnia warunkowa jest równa zero. Jest to zgodne z powszechnie panującą opinią, że w przypadku danych o wyższej częstotliwości zależności liniowe nie są istotne [Poon 2005, Figlewski 1997].

Równanie wariancji σ_t^2 modelu HARCH określone jest przez liniową kombinację kwadratów zagregowanych w czasie przeszłych zwrotów. W zależności od parametru n , mogą być brane pod uwagę zwroty z dłuższych bądź krótszych odstępów czasowych. Konstrukcja modelu nawiązuje do hipotezy, że na rynku istnieją różnego typu inwestorzy, którzy różnią się horyzontem czasowym oraz częstotliwością dokonywania transakcji. W nawiązaniu do tej hipotezy w równaniu występuje ciąg zróżnicowanych ze względu na długość, istotnych dla wariancji interwałów czasowych.

Wpływ I_j danej składowej na zmienność wyznaczony jest jako [Müller i in. 1997]:

$$I_j = j c_j. \quad (3.2)$$

Ponieważ często obserwowanym zjawiskiem jest długa pamięć zmienności, wysoka wartość parametru n jest pożądana, by możliwe było jak najlepsze oddanie dynamiki zwrotów. Prowadzi to do dużej liczby parametrów modelu. Z tego powodu Müller i in. [1997] proponują, by zmniejszyć ich liczbę poprzez wyodrębnienie kilku istotnych komponentów zmienności, odpowiadających określonym grupom inwestorów. W tym celu współczynniki, stojące przy zagregowanych zwrotach, obliczanych na podstawie interwałów czasowych, których długość byłaby zgodna z typową częstotliwością dokonywania transakcji tych uczestników rynku, są z założenia równe. Proponowany przez Müllera i in. [1997] podział wyróżnia m składowych rynku, którym odpowiada m parametrów, z których każdy powiązany jest ze współczynnikami c_j w pewnym zakresie wartości j . Rozpatrywane interwały czasu odpowiadające składowym rynku stopniowo się zwiększają, przy czym dany interwał jest p -krotnie dłuższy od poprzedniego:

$$c_j = C_i = C_{i(j)}, \quad (3.3)$$

$$i(j) = \max(k: k \in \mathbb{N}, k < \log_p j + 2), j = 1, \dots, p^{m-1}.$$

W ten sposób oszacowanych musi być tylko m różnych współczynników C_i , które określają $n = p^{m-1}$ współczynników c_j .

Wpływ I_i danej składowej rynku na zmienność liczony jest jako:

$$I_i = \sum_{j=p^{i-2}+1}^{p^{i-1}} j c_j. \quad (3.4)$$

Dobór parametru m i wartości p nie jest jednoznacznie określony. Autorzy zalecają, by wartości te pozwalały na uwzględnienie w modelu wpływu najistotniejszych składowych rynku. Ponieważ celem takiego grupowania jest jedynie zmniejszenie ilości estymowanych parametrów i wyróżnienie kilku ważnych składowych rynku, w niniejszej pracy proponujemy nieco inny sposób agregowania zwrotów.

3.1.2. Analiza empiryczna

Badanie przeprowadzone zostało dla danych z okresu od 1 listopada 2009 r. do 29 października 2010 r. Jak zaznaczono już wcześniej, notowania badanych kontraktów nie odbywają się przez całą dobę, gdyż występuje przerwa w godz. od 17.15 do 18.00. Ponieważ z punktu widzenia niniejszych analiz kluczowa jest kwestia interwału czasu, w obrębie którego wyznacza się zwrot, rozpatrujemy zwroty godzinne, które pozwolą na prześledzenie zależności dla zmienności śróddziennej, przy jednoczesnym konsekwentnym zachowaniu interwału czasu, w którym szacowany jest zwrot. Ze względu na występującą cykliczność śróddzienną, dane poddajemy filtracji. W tym celu zastosowaliśmy filtr f^{ABS} opisany w rozdziale drugim, który jak przekonaliśmy się w rozdziale drugim, jest dobrym narzędziem, pozwalającym usuwać cykliczność w badanych zwrotach. Proponujemy podział zagregowanych zwrotów zamieszczony w Tabeli 3.1, który pozwala na uwzględnienie kilku ważnych klas inwestorów, różniących się częstotliwością transakcji i generujących zmienność mierzoną w danym interwale czasu.

Tabela 3.1. Podział zwrotów w zastosowanym modelu HARCH

i	Zakres j	Interwał
1	1	Jedna godzina
2	2-3	Od dwóch do trzech godzin
3	4-24	Od czterech godzin do jednego dnia
4	25-120	Od jednego dnia do tygodnia
5	121-528	Od tygodnia do miesiąca

Tabela 3.2 przedstawia oszacowania parametrów modelu HARCH, dopasowanego do godzinnych zwrotów z kontraktu na ropę naftową dla maksymalnego opóźnienia odpowiadającego interwałowi miesięcznemu. Kierując się sugestią Müllera i in. [1997], oszacowaliśmy wpływ każdej ze składowych rynku, odpowiadających różnym horyzontom inwestycyjnym zgodnie z formułą (3.4). Ponieważ wszystkie oszacowania parametrów są statystycznie istotne, każda ze składowych rynku ma udział w kształtowaniu dynamiki zwrotów śróddziennych. Na szczególną uwagę zasługuje dominujący wpływ czynnika tygodniowego, najsilniej kształtującego dynamikę zwrotów śróddziennych, który uwidacznia się w oszacowaniu parametru C_4 . Zmienność, generowana przez uczestników rynku ropy naftowej o miesięcznym horyzoncie inwestycji ma bardzo niewielki, choć mimo wszystko istotny, wpływ na kształtowanie dynamiki zwrotów śróddziennych.

Tabela 3.2. CL. Oszacowanie modelu HARCH z rozkładem t Studenta dla błęd. W nawiasach podano błędy standardowe oszacowań parametrów

Parametr	Oszacowanie parametru	Wpływ składowej rynku
c_0	0,5890 (0,0206)	
C_1	0,0863 (0,0201)	0,0863
C_2	0,0059 (0,0024)	0,0297
C_3	0,0003 (8,9670e-005)	0,0927
C_4	2,3395e-005 (2,5872e-008)	0,1628
C_5	6,3298e-008 (5,0896e-009)	0,0084
v	5,4398 (0,0766)	

W Tabeli 3.3 zamieściliśmy oszacowania parametrów modelu HARCH, dopasowanego do godzinnych zwrotów z kontraktu terminowego na olej opałowy. Podobnie, jak wcze-

śniej, szacujemy wpływ każdej ze składowych rynku, odpowiadającej różnym horyzontom inwestycyjnym. Wszystkie oszacowania parametrów są statystycznie istotne, zatem dynamika zwrotów śróddziennych powiązana jest ze zmiennością w dłuższych interwałach czasu. Na szczególną uwagę zasługuje dominujący wpływ czynnika dziennego, który uwidacznia się w oszacowaniu parametru C_3 . Zmienność, generowana przez uczestników oleju opałowego o dłuższym (tygodniowym i miesięcznym) horyzoncie inwestycji ma znacznie mniejszy wpływ na kształtowanie dynamiki zwrotów wysokiej częstotliwości.

Tabela 3.3. HO. Oszacowanie modelu HARCH z rozkładem t Studenta dla błędu. W nawiasach podano błędy standardowe oszacowań parametrów

Parametr	Oszacowanie parametru	Wpływ składowej rynku
c_0	0,7428 (0,0271)	
C_1	0,0697 (0,0207)	0,0697
C_2	0,0146 (0,0029)	0,0730
C_3	0,0005 (8,7948e-005)	0,1446
C_4	4,3097e-006 (3,4879e-008)	0,0300
C_5	6,1833e-008 (7,9135e-009)	0,0082
v	5,3644 (0,0143)	

Tabela 3.4. NG. Oszacowanie modelu HARCH z rozkładem t Studenta dla błędu. W nawiasach podano błędy standardowe oszacowań parametrów

Parametr	Oszacowanie parametru	Wpływ składowej rynku
c_0	0,8839 (0,0368)	
C_1	0,0649 (0,0208)	0,0649
C_2	0,0040 (0,0057)	-
C_3	7,6876e-005 (5,8267e-005)	-
C_4	3,1701e-005 (3,5245e-008)	0,2206
C_5	5,6176e-007 (6,6854e-009)	0,0744
v	4,8751 (0,010743)	

Tabela 3.4 zawiera wyniki analogicznego badania dla rynku terminowego gazu ziemnego. Z uwagi na to, że oszacowania parametrów C_2, C_3 są statystycznie nieistotne, uznajemy, że odpowiadające im składowe rynku gazu mają niewielki udział w kształtowaniu dynamiki zwrotów śróddziennych. Dominujący wpływ na zmienność ma składnik tygodniowy, ponieważ oszacowania parametru C_4 są najwyższe. Zmienność, generowana przez uczestników rynku gazu ziemnego o miesięcznej częstotliwości transakcji ma niewielki, choć mimo wszystko istotny, wpływ na kształtowanie dynamiki zwrotów wysokiej częstotliwości.

Podsumowując, w badaniu udało się nam wykazać, że na dynamikę zwrotów śróddziennych na rynku terminowym surowców energetycznych ma wpływ występujący efekt ARCH oraz że jest ona kształtowana przez zmienność, generowaną przez uczestników rynku o dłuższym horyzoncie inwestycji. Dominujący wpływ na zmienność śróddzienną na rynku ropy naftowej i gazu ziemnego mają działania inwestorów o tygodniowej częstotliwości transakcji, natomiast w przypadku oleju opałowego największe znaczenie ma zmienność, która wystąpiła w przeciągu doby.

3.2. Reakcja surowcowych rynków terminowych na ogłoszenia makroekonomiczne

Jak sugeruje Fusaro [2008] ogłoszenia makroekonomiczne, niegdyś kluczowe głównie dla inwestorów z rynków finansowych, aktualnie mają również duże znaczenie dla uczestników rynku surowców energetycznych.

Wykorzystanie danych wysokiej częstotliwości stwarza możliwość weryfikacji, czy (oraz w jaki sposób) inwestorzy działający na danym rynku reagują na napływające informacje o najważniejszych wskaźnikach gospodarki.

Dotychczasowe badania związane z reakcją inwestorów na ogłoszenia makroekonomiczne na terminowym rynku surowców energetycznych są nieliczne. Ghura [1990] wykorzystał model liniowy dla dziennych procentowych zmian cen kontraktów *futures*, dla których instrumentami bazowymi są towary, w tym ropa naftowa i olej opałowy. Rezultaty tego badania wskazują, że reakcja inwestorów z rynku ropy naftowej i oleju opałowego na ogłoszenia makroekonomiczne zależy od fazy cyklu koniunkturalnego. Lin i Tamvakis [2004] zbadali wpływ dobrych i złych ogłoszeń makroekonomicznych na notowania kontraktów *futures* na ropę Brent. Wykorzystali dane o ultrawysokiej częstotliwości do konstrukcji modelu autoregresyjnego warunkowego czasu

trwania. Wyniki ich badań wskazały, że dni, podczas których pojawiały się złe informacje makroekonomiczne charakteryzowały się znacznie większą intensywnością zawieranych transakcji w porównaniu do tych, w których nie pojawiały się ogłoszenia o stanie gospodarki. Hess, Huang i Niessen [2008] analizowali efekt, jaki wywołują ogłoszenia makroekonomiczne na dwa indeksy towarowych kontraktów *futures*, w składzie których znajdują się między innymi kontrakty na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny. W badaniu wykorzystali autoregresyjny model z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi, które odpowiadały dobrym lub złym informacjom na temat stanu amerykańskiej gospodarki. Model zastosowali do dziennych zwrotów logarytmicznych z rozpatrywanych indeksów. Wyniki ich badań wskazały, że wpływ ogłoszeń makroekonomicznych jest istotny głównie w trakcie recesji. Roache i Rossi [2010] badali, w jaki sposób zmiany cen towarowych kontraktów terminowych, w tym kontraktów na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny związane są z ogłoszeniami makroekonomicznymi. W tym celu wykorzystaliienne zwroty logarytmiczne ze wspomnianych kontraktów oraz model AR-GARCH z dodatkowymi zmiennymi w równaniu dla średniej procesy. Rezultaty tego badania wskazały, że naienne zwroty z kontraktów na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny istotny wpływ miały wybrane informacje makroekonomiczne.

Przedstawimy badanie, którego celem będzie uzyskanie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób informacje makroekonomiczne wpływają na średnią stopę zwrotu oraz na zmienność na rynku surowców energetycznych. W tym celu wykorzystano dane wysokiej częstotliwości (pięciominutowe). Reakcję na ogłoszenia makroekonomiczne będziemy badać wykorzystując model zmienności z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi. Z uwagi na to, że w rozpatrywanym przedziale czasowym na badanych rynkach występowały okresy bardzo wysokiej i niskiej zmienności, za odpowiedni uznaliśmy model przełącznikowy Hamiltona, pozwalający na występowanie dwóch reżimów o odmiennej dynamice. Jeden z reżimów odpowiadać będzie okresom o bardzo wysokiej zmienności, a drugi o bardzo niskiej.

Model Hamiltona należy do szerszej grupy modeli przełącznikowych, które w sposób alternatywny w stosunku do klasy modeli GARCH opisują zjawisko występowania okresów wysokiej i niskiej zmienności (zgrupowań zmienności). Zgodnie z ideą modeli przełącznikowych, dynamika szeregów czasowych może być opisywana za pomocą modelu, którego parametry zmieniają się w zależności od aktualnego reżimu.

Przechodzenie układu od jednego reżimu do drugiego może powodować charakterystyczne dla finansowych szeregów czasowych zgrupowania zmienności, w których średnie stopy zwrotu różnią się od tych uzyskiwanych w okresach stabilizacji. Zaletą modelu jest możliwość modelowania skokowych i bardzo dużych (co do wartości bezwzględnej) zmian, przy czym proces może przełączać się gwałtownie, oraz możliwość opisu dynamiki procesu w szerokim zakresie, począwszy od częstych i stosunkowo umiarkowanych zmian, a skończywszy na rzadkich i gwałtownych zmianach [Włodarczyk i Zawada 2005].

Badanie podzieliliśmy na dwa etapy. W pierwszej kolejności dopasujemy modele zmienności nie uwzględniające ogłoszeń makroekonomicznych. Następnie wprowadzimy do równania modelu dodatkowe zmienne objaśniające, które będą miały za zadanie wychwycić efekt informacji makroekonomicznych na zmienność rozpatrywanych kontraktów terminowych.

3.2.1. Model przełącznikowy Hamiltona

Wśród modeli przełącznikowych można wyróżnić dwie klasy [Doman i Doman 2009]. W przypadku pierwszej grupy, to, który reżim występuje w momencie t , określone jest przez pewną zmienną obserwowalną. Druga grupa modeli charakteryzuje się natomiast tym, że przełączanie następuje pod wpływem nieobserwowalnego procesu stochastycznego. Należy do niej między innymi model Hamiltona oraz model przełącznikowy typu Markowa MS-AR-GARCH.

Model przełącznikowy Hamiltona typu Markowa, zastosowany w części empirycznej niniejszej pracy, stanowi połączenie modelu Hamiltona [1989] i Hamiltona - Susmela [1994]. Rozważana specyfikacja modelu zakłada występowanie dwóch reżimów, z których jeden odpowiada spokojnej, a drugi bardziej aktywnej fazie rynku. Przełączanie się pomiędzy reżimami oznacza, że w zależności od reżimu zmienia się specyfikacja średniej warunkowej i wariancji warunkowej, przy czym w równaniu wariancji warunkowej każdorazowo pojawia się specyfikacja modelu ARCH.

Rozważany w niniejszej pracy model Hamiltona typu Markowa ma postać [Doman i Doman 2009]:

$$r_t - m(s_t) = a_1(r_{t-1} - m(s_{t-1})) + \dots + a_p(r_{t-p} - m(s_{t-p})) + y_t, \quad (3.5)$$

$$y_t = \sigma_t \varepsilon_t,$$

$$\sigma_t^2 = (\omega(s_t)) \left(1 + \frac{\alpha_1 y_{t-1}^2}{\omega(s_{t-1})} + \dots + \frac{\alpha_p y_{t-p}^2}{\omega(s_{t-p})} \right),$$

gdzie ε_t są niezależnymi zmiennymi losowymi mającymi standaryzowany rozkład t Studenta z v stopniami swobody. Zakładamy, że proces stochastyczny s_t sterujący przełączeniami pomiędzy reżimami jest jednorodnym łańcuchem Markowa rzędu pierwszego, to znaczy:

$$P(s_t = k_t | s_{t-1} = k_{t-1}, \dots, s_1 = k_1) = P(s_t = k_t | s_{t-1} = k_{t-1}).$$

Przyjmijmy, że proces s_t może przyjmować tylko dwa stany: 1 i 2. Oznacza to, że dopasowanie modelu wymaga między innymi oszacowania parametrów zmieniających się w zależności od reżimu: $m(1), m(2), \omega(1), \omega(2)$ oraz prawdopodobieństw przejścia z jednego stanu do drugiego:

$$\begin{aligned} p_{12} &= P(s_t = 2 | s_{t-1} = 1), \\ p_{21} &= P(s_t = 1 | s_{t-1} = 2). \end{aligned} \tag{3.6}$$

Prawdopodobieństwo, że proces w chwili t pozostanie w tym samym reżimie, co w chwili $t - 1$ jest równe:

$$\begin{aligned} p_{11} &= 1 - P(s_t = 2 | s_{t-1} = 1), \\ p_{22} &= 1 - P(s_t = 1 | s_{t-1} = 2). \end{aligned} \tag{3.7}$$

Jeśli $p_{11} \neq 1$ i $p_{22} \neq 1$ to bezwarunkowe prawdopodobieństwo, że proces będzie przebywał w i -tym reżimie wyznaczone jest jednoznacznie ze wzorów:

$$\begin{aligned} P(s_t = 1) &= \frac{1 - p_{22}}{2 - p_{22} - p_{11}}, \\ P(s_t = 2) &= \frac{1 - p_{11}}{2 - p_{11} - p_{22}}. \end{aligned} \tag{3.8}$$

Niech $mtr(i)$ oznacza średni czas powrotu procesu do i -tego reżimu, który wyznacza się jako liczbę odwrotną do prawdopodobieństwa $P(s_t = i)$. Wielkość $d(i) = \frac{1}{1-p_{ii}} = \frac{1}{p_{ij}}$ informuje, jaki jest oczekiwany czas pozostania w i -tym reżimie. Tego typu informacja może być wykorzystana w praktyce inwestycyjnej, ponieważ pozwala ocenić, jaki będzie średni czas, gdy proces podlegać będzie niskiej lub wysokiej zmienności.

Estymacja modelu przełącznikowego Hamiltona może być przeprowadzona metodą największej wiarygodności, przy czym oszacowaniu podlegają parametry modelu, prawdopodobieństwa przejścia z jednego reżimu do drugiego oraz prawdopodobieństwa warunkowe przebywania procesu w każdym reżimie. Niech \mathcal{F}_{t-1} tradycyjnie oznacza zbiór informacji na temat procesu do momentu $t - 1$ włącznie,

$f(r_t | s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p, \mathcal{F}_{t-1}; \Theta)$, gdzie $j_k \in \{1, 2\}$ oznacza gęstość warunkową zwrotu r_t pod warunkiem realizacji reżimów $s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p$ oraz \mathcal{F}_{t-1} , a Θ oznacza wektor parametrów modelu, tj.

$$\Theta = (m(1), m(2), a_1, \dots, a_p, \omega(1), \omega(2), \alpha_1, \dots, \alpha_p, p_{11}, p_{22}).$$

Logarytm funkcji wiarygodności ma postać:

$$L = \sum_{t=1}^T \ln \left[\sum_{j_0=1}^2 \dots \sum_{j_p=1}^2 f(r_t | s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p, \mathcal{F}_{t-1}; \Theta) \cdot P(s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p | \mathcal{F}_{t-1}; \Theta) \right]. \quad (3.9)$$

Prawdopodobieństwa $P(s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p | \mathcal{F}_{t-1})$ wyznaczone są z zależności:

$$P(s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p | \mathcal{F}_{t-1}) = p_{j_1 j_0} \sum_{i_{p+1}=1}^2 P(s_{t-1} = j_1, \dots, s_{t-p-1} = j_p | \mathcal{F}_{t-1}),$$

$$P(s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p | \mathcal{F}_t) \quad (3.10)$$

$$= \frac{f(r_t | s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p, \mathcal{F}_{t-1}) P(s_t = j_0, \dots, s_{t-p} = j_p | \mathcal{F}_{t-1})}{\sum_{i_0=1}^2 \dots \sum_{i_p=1}^2 f(r_t | s_t = i_0, \dots, s_{t-p} = i_p, \mathcal{F}_{t-1}) P(s_t = i_0, \dots, s_{t-p} = i_p | \mathcal{F}_{t-1})},$$

przy czym często przyjmuje się za $P(s_1 = 1 | \mathcal{F}_0)$ i $P(s_1 = 2 | \mathcal{F}_0)$ bezwarunkowe prawdopodobieństwa, wyznaczone z równania (3.8).

Dodatkowo, w wyniku estymacji, uzyskiwane są oszacowania tak zwanych filtrowanych i wygładzonych prawdopodobieństw. Mając do dyspozycji obserwowalne dane dotyczące zmiennej r_t , można wskazać z określonym prawdopodobieństwem, iż obserwacja w chwili t została wygenerowana w nieobserwowalnym reżimie j . W zależności od zakresu zbioru informacji, w oparciu o który przeprowadza się powyższe wnioskowanie można wyróżnić dwa typy prawdopodobieństw [Włodarczyk i Zawada 2005]:

- prawdopodobieństwa filtrowane (*filtered probabilities*) $P(s_t = j | \mathcal{F}_t)$, wyznaczone na podstawie zbioru informacji \mathcal{F}_t dla $t < T$,
- prawdopodobieństwa wygładzone (*smoothed probabilities*) $P(s_t = j | \mathcal{F}_T)$ wyznaczone na podstawie wszystkich informacji zawartych w próbie.

Estymacja modelu Hamiltona może być problematyczna, z powodu występowania licznych lokalnych maksimum funkcji wiarygodności. Jednym ze sposobów, pozwalających na uzyskanie oszacowań parametrów modelu, prawdopodobieństw przejścia z jednego reżimu do drugiego oraz prawdopodobieństw warunkowych przebywania pro-

cesu w każdym reżimie jest wykorzystanie algorytmów losowych, decydujących o wyborze punktów startowych. Za skuteczną metodę uznawany jest na przykład algorytm symulowanego wyżarzania (*Simulated Annealing*), przy czym powodzenie estymacji zależy od odpowiedniego doboru parametrów tego algorytmu. Więcej na temat algorytmu symulowanego wyżarzania piszą na przykład Otten i Ginneken [1989].

3.2.2. Analiza empiryczna

Przed przystąpieniem do badania reakcji na ogłoszenia makroekonomiczne dopasowany zostanie model zmienności do każdego z badanych kontraktów. Ponieważ w badanym okresie występowały okresy bardzo wysokiej i niskiej zmienności dla rynku ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego, dopasowany zostanie model przełącznikowy Hamiltona zmienności opisany równaniem (3.5) pozwalający na występowanie dwóch reżimów o odmiennej dynamice. Oszacowania parametrów zostały uzyskane za pomocą programu TSM 4.32 [Davidson 2011]. W czasie estymacji wykorzystano algorytm symulowanego wyżarzania. Należy zaznaczyć, że dopasowanie modelu dla kontraktu na gaz ziemny wymagało zastosowania kilkukrotnych prób, gdyż mimo zastosowanego algorytmu pojawiły się problemy z estymacją.

Tabela 3.5. CL. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z rozkładem *t* Studenta dla błędu

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	<i>p</i> -wartość
$m(1)$	0,0073	0,0027	2,6900	0,0070
$m(2)$	-0,0173	0,0103	-1,6760	0,0940
$\omega(1)$	0,7908	0,0078	-	-
$\omega(2)$	4,6992	0,0652	-	-
α_1	0,1438	0,0050	28,5300	0,0000
ν	5,1709	0,0773	-	-
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9977		0,0053	
$P(2 \cdot)$	0,0023		0,9947	
$P(s_t = 1)$	0,7004			
$mtr(1)$	1,4278			
$mtr(2)$	3,3377			
$d(1)$	438,5965			
$d(2)$	187,6173			

Tabela 3.5 przedstawia oszacowania parametrów przełącznikowego modelu Hamiltona, który został dopasowany do szeregu zwrotów z kontraktu na ropę naftową po usunięciu cykliczności za pomocą filtra ABS.

W rozpatrywanym okresie badany szereg charakteryzował się dwoma reżimami różniącymi się poziomami zmienności i średniej. Pierwszy z nich, odpowiadający okresom niskiej zmienności na rynku ropy, charakteryzuje niewielka, ale istotna i dodatnia średnia. Drugi reżim charakteryzuje się wysoką zmiennością, niemal sześciokrotnie wyższą niż w reżimie pierwszym. Średnia stopa zwrotu jest w tym okresie ujemna. Reżim ten odpowiada zatem sytuacji niepewności na rynku, w czasie której dominują spadki. Model jest dobrze dopasowany, o czym świadczą bliskie jedności prawdopodobieństwa pozostania w reżimach, wskazujące na stabilność reżimów. Prawdopodobieństwa zmiany reżimu są bardzo małe ale przejście z fazy wysokiej aktywności do niskiej jest bardziej prawdopodobne niż sytuacja odwrotna. W badanym okresie dominował okres niskiej zmienności – bezwarunkowe prawdopodobieństwo przebywania w pierwszym reżimie jest wysokie. Istotną z punktu widzenia inwestora informacją jest oczekiwany czas trwania w danym reżimie. W tym przypadku średni okres przebywania w reżimie niskiej zmienności wynosi prawie półtora dnia.

Tabela 3.6. HO. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z rozkładem t Studenta dla błędu

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p -wartość
$m(1)$	0,0147	0,0046	3,1630	0,0020
$m(2)$	-0,0136	0,0118	-1,1600	0,2460
$\omega(1)$	0,8037	0,0143	-	-
$\omega(2)$	3,6104	0,0753	-	-
α_1	0,1047	0,0072	14,6240	0,0000
ν	5,0872	0,1217	-	-
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9954		0,0066	
$P(2 \cdot)$	0,0046		0,9934	
$P(s_t = 1)$	0,5893			
$mtr(1)$	1,6968			
$mtr(2)$	2,4351			
$d(1)$	216,4502			
$d(2)$	150,8296			

W Tabeli 3.6 zamieszczono oszacowania parametrów przełącznikowego modelu Hamiltona, dopasowanego do szeregu zwrotów z kontraktu na olej opałowy z dwoma reżimami różniącymi się poziomami zmienności i średniej.

Okresom niskiej zmienności na rynku ropy, towarzyszy istotna dodatnia średnia. Drugi reżim charakteryzuje się wysoką zmiennością, niemal cztery i półkrotnie wyższą niż w reżimie pierwszym. Średnia stopa zwrotu w tym okresie nie różni się istotnie od zera. Podobnie jak w przypadku modelu dla ropy naftowej model jest dobrze dopasowany. Prawdopodobieństwa pozostania w reżimach są bardzo wysokie, co świadczy o stabilności obydwu reżimów. W badanym okresie również dominował okres niskiej zmienności – bezwarunkowe prawdopodobieństwo przebywania w pierwszym reżimie jest wysokie, choć nieco niższe niż w przypadku ropy naftowej. Oczekiwany czas trwania w reżimie niskiej zmienności wynosi prawie dwa dni.

Tabela 3.7. NG. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z rozkładem t Studenta dla błędu

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p -wartość
$m(1)$	0,0049	0,0055	0,8920	0,3730
$m(2)$	0,0051	0,0105	0,4840	0,6290
$\omega(1)$	0,9387	0,0175	-	-
$\omega(2)$	2,8133	0,0565	-	-
α_1	0,0901	0,0063	14,3050	0,0000
v	6,0169	0,1599	-	-
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9921		0,0100	
$P(2 \cdot)$	0,0079		0,9900	
$P(s_t = 1)$	0,5567			
$mtr(1)$	1,7964			
$mtr(2)$	2,2557			
$d(1)$	125,9446			
$d(2)$	100,3009			

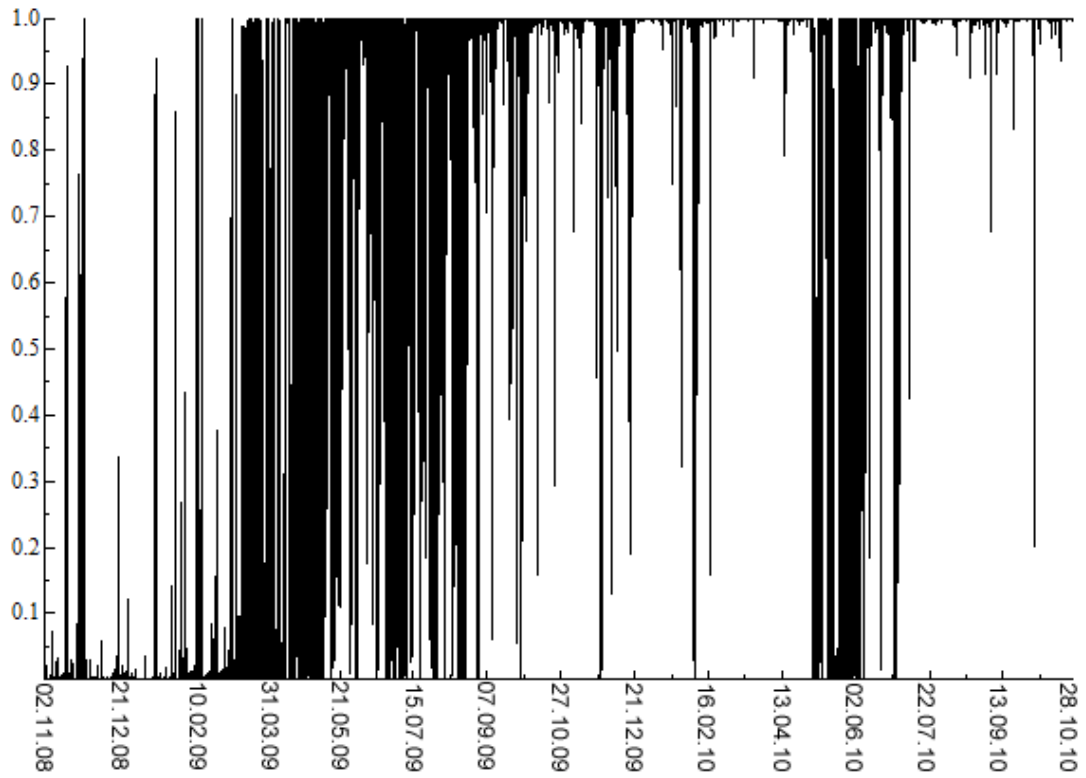
Tabela 3.7 przedstawia oszacowania parametrów przełącznikowego modelu Hamiltona, dopasowanego do szeregu zwrotów z kontraktu na gaz ziemny z dwoma reżimami różniącymi się poziomami zmienności.

Drugi reżim charakteryzuje się zmiennością trzykrotnie wyższą niż reżim pierwszy. Średnie stopy zwrotu nie różnią się istotnie od zera. Podobnie jak wcześniej model jest dobrze dopasowany. Prawdopodobieństwa pozostania w reżimach są bardzo wyso-

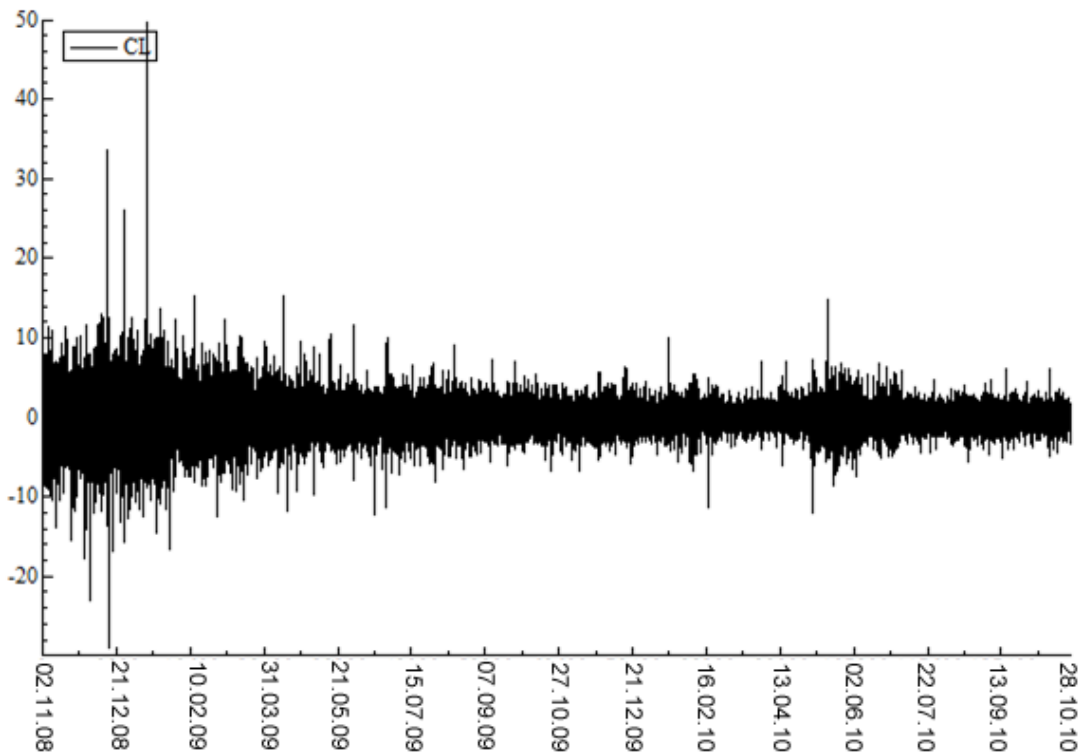
kie, co świadczy o stabilności obydwu reżimów. W badanym okresie fazy wysokiej zmienności występowały niemal równie często, co niskiej – bezwarunkowe prawdopodobieństwo przebywania w reżimach są bliskie 0,5. Oczekiwany czas trwania w obydwu reżimach wynosi około jednego dnia.

Rysunki 3.1 i 3.3 przedstawiają wygładzone prawdopodobieństwa przebywania w reżimie charakteryzującym się niską zmiennością, oszacowane na podstawie modelu przełącznikowego Hamiltona dla ropy naftowej i oleju opałowego.

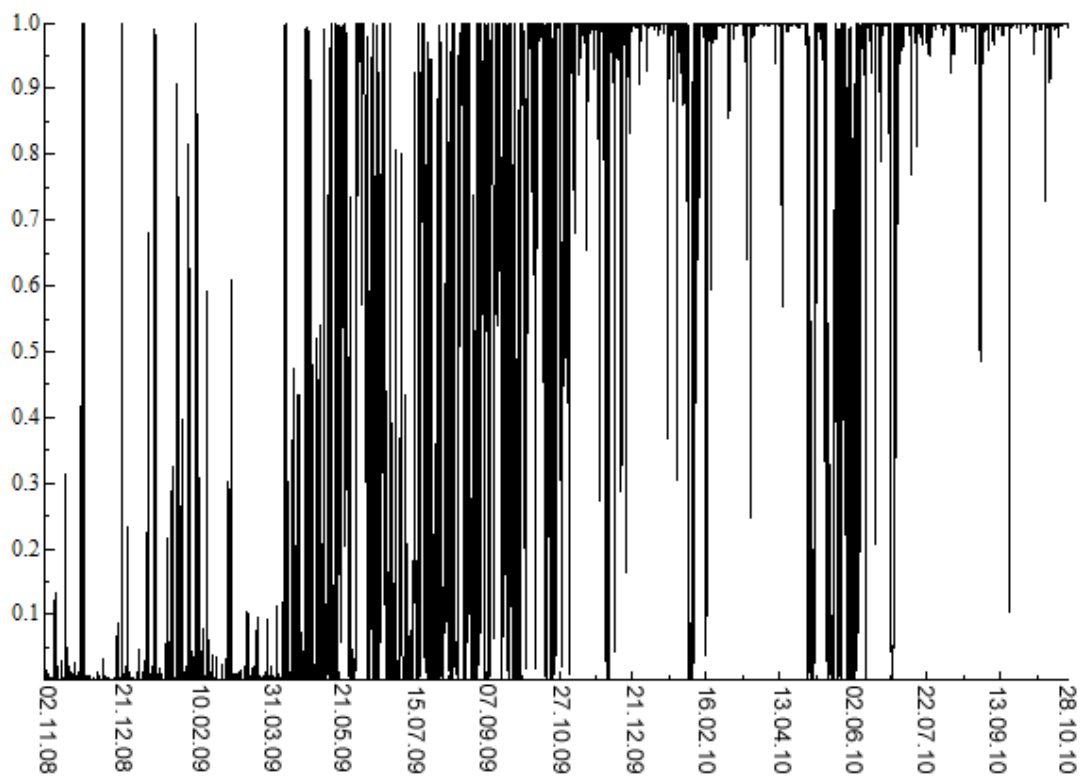
Na podstawie wykresów możemy stwierdzić, że rynki te rzeczywiście są ze sobą ściśle związane. Okresy uspokojenia i wysokiej aktywności pojawiają się niemal równoległe na obydwu rynkach. Fazy dużej niepewności dominowały w okresie od początku badania (początek listopada 2008) do drugiej połowy marca 2009. Od tego momentu następowało częste przełączanie pomiędzy dwoma reżimami, aż do początku października 2009 r., kiedy to znacznie częściej dominowała niska zmienność. Ponowne częste fazy wysokiej aktywności pojawiają się przez miesiąc od około 6 maja 2010. Od czerwca aż do końca okresu badania czyli do końca października 2010 r. przeważał reżim niskiej zmienności. Na Rysunkach 3.2 i 3.4 przedstawiamy szeregi procentowych zwrotów logarytmicznych z kontraktu na ropę i olej opałowy odpowiednio. Warto porównać omówione prawdopodobieństwa przebywania w reżimie charakteryzującym się niską zmiennością z dynamiką tych szeregów. Widać, że model dobrze wychwytuje okresy uspokojenia i zwiększonej zmienności.



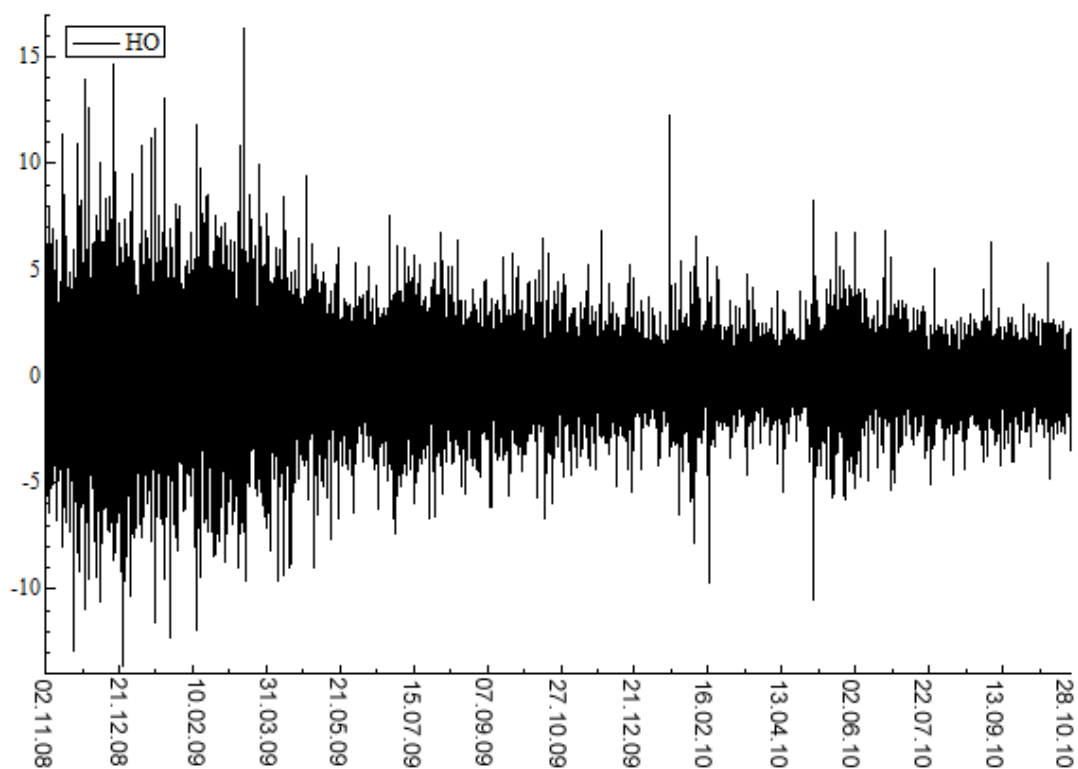
Rysunek 3.1. CL. Wyglądzone prawdopodobieństwa reżimu 1



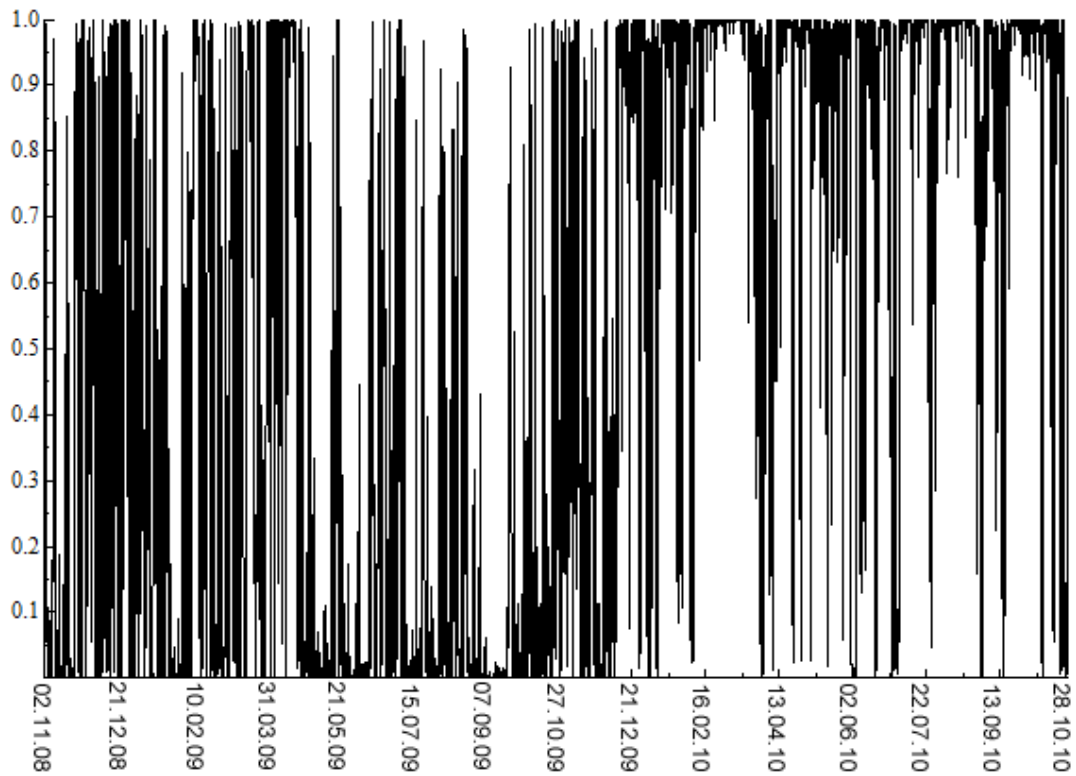
Rysunek 3.2. CL. Procentowe zwroty logarytmiczne w okresie 2.11.2008 r. - 28.10.2010 r.



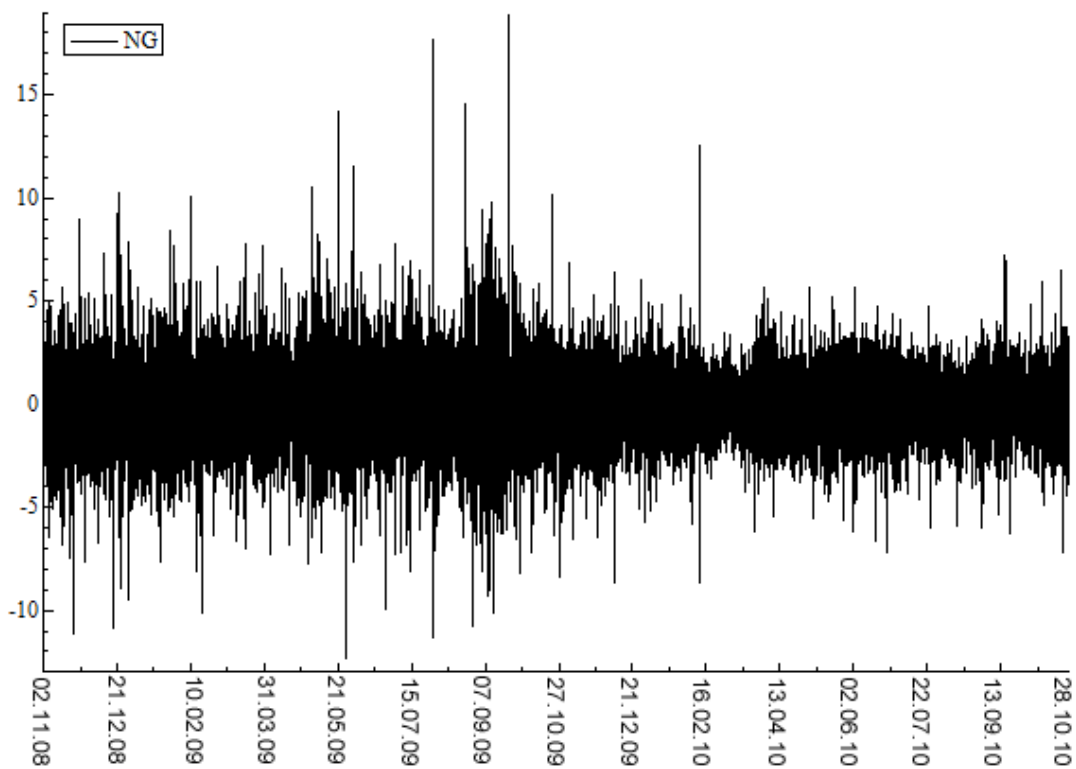
Rysunek 3.3. HO. Wygładzone prawdopodobieństwa reżimu 1



Rysunek 3.4. HO. Procentowe zwroty logarytmiczne w okresie 2.11.2008 r. - 28.10.2010 r.



Rysunek 3.5. NG. Wygładzone prawdopodobieństwa reżimu 1



Rysunek 3.6. NG. Procentowe zwroty logarytmiczne w okresie 2.11.2008 r. - 28.10.2010 r.

W przypadku rynku gazu ziemnego w badanym okresie następowało częste przełączanie pomiędzy reżimami. Faza wysokiej zmienności dominowała w okresie od

maja do października 2009 r., natomiast zdecydowane uspokojenie nastąpiło od połowy grudnia 2009 roku aż do końca badanego okresu. Oszacowania wygładzonych prawdopodobieństw przebywania w reżimie niskiej zmienności na rynku gazu ziemnego zaprezentowane na Rysunku 3.6.

Przedstawienie dopasowań modelu Hamiltona stanowi jedynie wstęp do dalszych rozważań związanych z modelowaniem reakcji uczestników rynku terminowego surowców energetycznych na ogłoszenia makroekonomiczne. Aby zbadać, czy reakcja rzeczywiście występuje, w specyfikacji modelu uwzględnimy dodatkowe zmienne objaśniające, odpowiadające terminom publikacji ogłoszeń. Warto zauważyć, po wprowadzeniu dodatkowych zmiennych do modelu, oszacowania pozostałych parametrów modelu są bardzo zbliżone do tych, które zamieściliśmy w Tabeli 3.5-3.7.

Zbadane zostaną reakcje na informacje makroekonomiczne dla gospodarki amerykańskiej na temat:

- wartości indeksu cen towarów i usług konsumpcyjnych **CPI** (*Consumer Price Index*),
- wartości indeksu cen dóbr produkcyjnych **PPI** (*Producer Price Index*),
- ilości zamówień na dobra trwałego użytku **DGO** (*Durable Goods Order*),
- poziomu bezrobocia **UN** (*Unemployment*),
- produkcji przemysłowej **IP** (*Industrial Production*),
- liczby rozpoczętych budów **NH** (*New Houses*),
- wartości indeksu zaufania konsumentów **CBCC** (*Conference Board Consumer Confidence*),
- wartości indeksu dla sektora usług **ISM** (*Institute for Supply Management Manufacturing Index*),
- dochodów ludności **PI** (*Personal Income*),
- produktu krajowego brutto **GDP** (*Gross Domestic Product*),
- sprzedaży detalicznej **RS** (*Retail Sales*).

Wymienione informacje są podawane zgodnie ze z góry określonym harmonogramem. Dokładna data i godzina komunikatu jest znana uczestnikom rynku wcześniej. W badanym okresie informacje makroekonomiczne pojawiały się w dniach wyszczególnionych w Dodatku A.

W badaniu poszukujemy odpowiedzi na następujące pytania:

- a) Czy występuje podwyższenie zmienności tuż po ogłoszeniach makroekonomicznych?
- b) Czy występuje zmiana (zmniejszenie się) zmienności w okresie poprzedzającym ogłoszenia? Czy podwyższona zmienność utrzymuje się po ogłoszeniach?
- c) Jaki wpływ na zwrot oraz na poziom zmienności mają "dobre" i "złe" informacje makroekonomiczne?

W celu udzielenia odpowiedzi na pierwsze z postawionych pytań do badanych szeregów dopasowano modele przełącznikowe Hamiltona z dodatkową zmienną objaśniającą "makro" w równaniu wariancji warunkowej, przyjmującą wartość 1 dla obserwacji odpowiadającym zwrotom tuż po ogłoszeniu makroekonomicznym.

Tabele 3.8-3.10 przedstawiają oszacowania parametrów tych modeli. Efekt ogłoszeń na poziom zmienności jest statystycznie istotny w przypadku ropy naftowej i oleju opałowego, natomiast dla gazu ziemnego nie zaobserwowano reakcji na rozpatrywane w badaniu informacje makroekonomiczne. Odpowiedź rynku ropy naftowej na ogłoszenia jest silniejsza niż w przypadku oleju opałowego. Należy jednak zwrócić uwagę, że poziom zmienności mierzony wariancją bezwarunkową w obydwu reżimach jest wyższy na rynku ropy naftowej.

Tabela 3.8. CL. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona ze zmienną objaśniającą w równaniu wariancji warunkowej (makro)

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
$m(1)$	0,0073	0,0027	2,6710	0,0080
$m(2)$	-0,0171	0,0103	-1,6520	0,0990
$\omega(1)$	0,7899	0,0078	-	-
$\omega(2)$	4,6982	0,0652	-	-
α_1	0,1438	0,0050	28,5290	0,0000
v	5,1732	0,0773	-	-
makro	0,9965	0,2668	3,7350	0,0000
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9977		0,0053	
$P(2 \cdot)$	0,0023		0,9947	
$P(s_t = 1)$	0,6997			
$mtr(1)$	1,4291			
$mtr(2)$	3,3304			
$d(1)$	440,5286			
$d(2)$	189,0359			

Tabela 3.9. HO. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona ze zmienną objaśniającą w równaniu wariancji warunkowej (makro)

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	<i>p</i> -wartość
$m(1)$	0,0145	0,0046	3,1410	0,0020
$m(2)$	-0,0137	0,0118	-1,1620	0,2450
$\omega(1)$	0,8020	0,0143	-	-
$\omega(2)$	3,6085	0,0755	-	-
α_1	0,1048	0,0072	14,6530	0,0000
v	5,0892	0,1219	-	-
makro	0,7732	0,2570	3,0090	0,0030
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9954		0,0066	
$P(2 \cdot)$	0,0046		0,9934	
$P(s_t = 1)$	0,5902			
$mtr(1)$	1,6943			
$mtr(2)$	2,4403			
$d(1)$	216,9197			
$d(2)$	150,6024			

Tabela 3.10. NG. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona ze zmienną objaśniającą w równaniu wariancji warunkowej (makro)

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	<i>p</i> -wartość
$m(1)$	0,0049	0,0065	0,7550	0,4500
$m(2)$	0,0051	0,0113	0,4500	0,6530
$\omega(1)$	0,9390	0,0152	-	-
$\omega(2)$	2,8134	0,0123	-	-
α_1	0,0901	0,0063	14,3010	0,0000
v	6,0182	0,0015	-	-
makro	-0,0956	0,1416	-0,6750	0,5000
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9921		0,0100	
$P(2 \cdot)$	0,0079		0,9900	
$P(s_t = 1)$	0,5567			
$mtr(1)$	1,7964			
$mtr(2)$	2,2557			
$d(1)$	125,9446			
$d(2)$	100,3009			

Tabela 3.11. CL. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu wariancji warunkowej (makro "przed" i "po")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	<i>p</i> -wartość
$m(1)$	0,0072	0,0027	2,6500	0,0080
$m(2)$	-0,0171	0,0103	-1,6550	0,0980
$\omega(1)$	0,7880	0,0078	-	-
$\omega(2)$	4,6926	0,0652	-	-
α_1	0,1435	0,0050	28,4790	0,0000
v	5,1746	0,0774	-	-
makro "przed"	0,0476	0,0741	0,6430	0,5210
makro "po"	0,5642	0,1173	4,8120	0,0000
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9977		0,0053	
$P(2 \cdot)$	0,0023		0,9947	
$P(s_t = 1)$	0,6996			
$mtr(1)$	1,4294			
$mtr(2)$	3,3289			
$d(1)$	438,5965			
$d(2)$	188,3239			

W następnej części badania postawiliśmy sobie za cel zweryfikowanie, czy zachodzi zjawisko tak zwanej "ciszy przed burzą", czyli uspokojenia się rynku w oczekiwaniu na informacje makroekonomiczne, które mają być za chwilę podane do publicznej wiadomości. Ponadto, chcemy ustalić, czy podwyższona zmienność utrzymuje się dłużej po ogłoszeniach. W tym celu do równania wariancji warunkowej dodano dwie zmienne objaśniające, przyjmujące wartość 1 dla trzech zwrotów przed i trzech zwrotów po każdym z ogłoszeń. Wyboru długości badanego okresu ewentualnej "ciszy przed burzą" i utrzymywania się zmienności dokonaliśmy uwzględniając literaturę przedmiotu. Stosujemy procedurę zaproponowaną przez Będowską-Sójkę [2010].

Tabele 3.11-3.13 zawierają oszacowania parametrów modeli przełącznikowych z wyżej wymienionymi zmiennymi objaśniającymi. Zarówno w przypadku ropy naftowej, jak i oleju opałowego nie zaobserwowano istotnych zmian zmienności przed ogłoszeniami. Wykryto natomiast utrzymującą się dłużej istotną reakcję zmienności tych kontraktów w okresie po ogłoszeniu. Wyniki badania przeprowadzonego w analogiczny sposób dla trzeciego badanego instrumentu wskazują, że uczestnicy rynku gazu nie zmniejszają swojej aktywności w oczekiwaniu na informacje makroekonomiczne oraz że wpływ na zmienność nie występuje w okresie po ogłoszeniu.

Tabela 3.12. HO. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu wariancji warunkowej (makro "przed" i "po")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
$m(1)$	0,0144	0,0046	3,1070	0,0020
$m(2)$	-0,0135	0,0118	-1,1510	0,2500
$\omega(1)$	0,8004	0,0143	-	-
$\omega(2)$	3,6034	0,0755	-	-
α_1	0,1048	0,0072	14,6300	0,0000
v	5,0899	0,1218	-	-
makro "przed"	-0,0783	0,0724	-1,0810	0,2800
makro "po"	0,3982	0,1151	3,4590	0,0010
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9954		0,0066	
$P(2 \cdot)$	0,0046		0,9934	
$P(s_t = 1)$	0,5893			
$mtr(1)$	1,6968			
$mtr(2)$	2,4351			
$d(1)$	216,4502			
$d(2)$	150,8296			

Tabela 3.13. NG. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu wariancji warunkowej (makro "przed" i "po")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
$m(1)$	0,0048	0,0065	0,7410	0,4580
$m(2)$	0,0051	0,0115	0,4400	0,6600
$\omega(1)$	0,9388	0,0153	-	-
$\omega(2)$	2,8132	0,0127	-	-
α_1	0,0901	0,0063	14,2630	0,0000
v	6,0177	0,0015	-	-
makro "przed"	0,0471	0,0943	0,5000	0,6170
makro "po"	-0,0425	0,0863	-0,4930	0,6220
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9921		0,0100	
$P(2 \cdot)$	0,0079		0,9901	
$P(s_t = 1)$	0,5568			
$mtr(1)$	1,7960			
$mtr(2)$	2,2563			
$d(1)$	126,2626			
$d(2)$	100,5025			

W następnym etapie badania informacje makroekonomiczne podzielono na dwie grupy, porównując wartość danego wskaźnika z prognozą, wyznaczoną przez anality-

ków rynku. Za dobre informacje uznajemy takie, dla których wartość wskaźnika okazywała się wyższa niż prognoza w przypadku informacji na temat następujących wskaźników: dobra trwałego użytku (DGO), produkcja przemysłowa (IP), liczba rozpoczętych budów (NH), indeks zaufania konsumentów Conference Board (CBCC), indeks ISM, dochody ludności (PI), produkt krajowy brutto (GDP), sprzedaż detaliczna (RS). Naszym celem jest udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy mają one wpływ na średni zwrot oraz na poziom zmienności.

Tabela 3.14. CL. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu średniej i wariancji warunkowej (makro "dobre" i "złe")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
Równanie dla średniej warunkowej				
$m(1)$	0,0073	0,0027	2,6550	0,0080
$m(2)$	-0,0171	0,0103	-1,6600	0,0970
makro "dobre"	0,4975	0,1273	3,9100	0,0000
makro "złe"	-0,4313	0,1225	-3,5200	0,0000
Równanie dla wariancji warunkowej				
$\omega(1)$	0,7897	0,0077	-	-
$\omega(2)$	4,6962	0,0651	-	-
α_1	0,1438	0,0050	28,5310	0,0000
v	5,1750	0,0773	-	-
makro "dobre"	0,9931	0,3753	2,6460	0,0080
makro "złe"	0,4415	0,2965	1,4890	0,1360
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9977		0,0053	
$P(2 \cdot)$	0,0023		0,9947	
$P(s_t = 1)$	0,7005			
$mtr(1)$	1,4275			
$mtr(2)$	3,3392			
$d(1)$	440,5286			
$d(2)$	188,3239			

W Tabelach 3.14-3.16 przedstawiono oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona zawierającego dwie dodatkowe zmienne objaśniające w równaniu średniej i wariancji warunkowej. Wyniki badania wskazują na to, że w przypadku ropy naftowej i oleju opałowego dobre i złe informacje mają istotny wpływ na poziom średniej warunkowej (znaki oszacowanych parametrów są zgodne z oczekiwanymi). Wariancja warunkowa zwiększa się w istotny sposób pod wpływem dobrych informacji, natomiast oszacowanie parametru dla zmiennej odpowiadającej wpływowi złych wiadomości na poziom zmienności nie jest statystycznie istotne. Wyjaśnienie tego dość

zaskakującego wyniku może być takie, że badamy reakcję w latach 2008-2010, czyli w okresie kryzysu na rynku finansowym. Dobre informacje są zatem zaskoczeniem dla rynku, który reaguje na nie bardzo pozytywnie, a siła reakcji przekłada się na wyższą wariancję warunkową. Niekorzystne dane nie wywołują tak silnej reakcji, ponieważ inwestorzy z góry spodziewają się pesymistycznych informacji.

Tabela 3.15. HO. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu średniej i wariancji warunkowej (makro "dobre" i "złe")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
Równanie dla średniej warunkowej				
$m(1)$	0,0144	0,0046	-1,1750	0,2400
$m(2)$	-0,0139	0,0118	-1,6600	0,0970
makro "dobre"	0,5338	0,1200	4,4470	0,0000
makro "złe"	-0,4563	0,1263	-3,6120	0,0000
Równanie dla wariancji warunkowej				
$\omega(1)$	0,8030	0,0143	-	-
$\omega(2)$	3,6152	0,0758	-	-
α_1	0,1044	0,0072	14,6030	0,0000
ν	5,0943	0,1220	-	-
makro "dobre"	0,5692	0,3283	1,7340	0,0830
makro "złe"	0,4570	0,3224	1,4180	0,1560
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9954		0,0067	
$P(2 \cdot)$	0,0046		0,9933	
$P(s_t = 1)$	0,7005			
$mtr(1)$	1,4275			
$mtr(2)$	3,3392			
$d(1)$	440,5286			
$d(2)$	188,3239			

Bardzo ciekawą informację uzyskujemy na podstawie oszacowań parametrów modelu dla kontraktu na gaz ziemny. Wpływ dobrych i złych informacji na poziom średniej warunkowej jest ewidentny (znaki oszacowanych parametrów również są zgodne z oczekiwanymi), natomiast nie zaobserwowano statystycznie istotnej zmiany wariancji warunkowej. Informacje makroekonomiczne mają zatem wpływ na decyzje uczestników rynku gazu ziemnego, ale nie zwiększają znacząco zmienności.

Tabela 3.16. NG. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu średniej i wariancji warunkowej (makro "dobre" i "złe")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
Równanie dla średniej warunkowej				
$m(1)$	0,0048	0,0055	0,8810	0,3790
$m(2)$	0,0053	0,0105	0,4990	0,6180
makro "dobre"	0,1644	0,1001	1,6420	0,1010
makro "złe"	-0,1805	0,1050	-1,7190	0,0860
Równanie dla wariancji warunkowej				
$\omega(1)$	0,9386	0,0175	-	-
$\omega(2)$	2,8129	0,0566	-	-
α_1	0,0899	0,0063	14,2990	0,0000
v	6,0138	0,1598	-	-
makro "dobre"	-0,1234	0,1973	-0,6250	0,5320
makro "złe"	-0,0665	0,2203	-0,3020	0,7630
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9920		0,0100	
$P(2 \cdot)$	0,0080		0,9900	
$P(s_t = 1)$	0,5562			
$mtr(1)$	1,7978			
$mtr(2)$	2,2535			
$d(1)$	125,4705			
$d(2)$	100,1001			

Podsumowując, można stwierdzić, że uczestnicy surowcowego rynku terminowego w odmienny sposób reagują na informacje na temat stanu gospodarki amerykańskiej. W przypadku ropy naftowej i oleju opałowego reakcja jest gwałtowna i przyczynia się do zwiększenia zmienności. Natomiast inwestorzy z rynku gazu ziemnego nie reagują zwiększoną aktywnością w odpowiedzi na informacje makroekonomiczne. Ponieważ poziom zmienności przekłada się na wielkość ryzyka, możemy stwierdzić, że informacje o wskaźnikach makroekonomicznych stanowią istotny czynnik ryzyka dla inwestorów, dokonujących transakcji terminowych na rynku ropy naftowej i oleju opałowego.

Oprócz informacji makroekonomicznych, istotne znaczenie dla rynku surowcowego mają ogłoszenia bezpośrednio związane z tym rynkiem. Wśród nich bez wątpienia kluczowymi są dane na temat stanu zapasów ropy naftowej oraz gazu ziemnego, publikowane raz w tygodniu, odpowiednio w środy i czwartki. Jednakże reakcja na te ogłoszenia jest już uwzględniona w zastosowanym filtrze cykliczności, który zaprezentowano na Rysunkach 2.4-2.6. Biorąc pod uwagę występujące charakterystyczne "piki"

na wykresach wszystkich filtrów, odpowiadające terminom publikacji ogłoszeń na temat stanu zapasów ropy naftowej oraz gazu ziemnego stwierdzamy, że reakcja zmienności jest ewidentna i nie wymaga dalszego modelowania.

Niewątpliwie, decyzje podejmowane przez Organizację Krajów Eksportujących Ropę również mają wpływ na notowania ropy naftowej i oleju opałowego. Spróbujemy udzielić odpowiedzi na pytanie, czy w przededniu oraz w dniu konferencji OPEC można zaobserwować zwiększoną "nerwowość" rynku w oczekiwaniu i w reakcji na informacje o poziomach wydobycia ropy naftowej. W tym celu do równania zmienności dodano dwie zmienne zero-jedynkowe przyjmujące wartość 1 odpowiednio w przeddzień i w dniu konferencji. W badanym okresie miało miejsce 8 konferencji OPEC: 17.12.2000 (decyzja o zmniejszeniu wydobycia), 15.03.2009 (nie uwzględniona w badaniu, gdyż miała miejsce w niedzielę), 28.05.2009, 9/10.09.2009, 22.12.2009, 17.03.2010, 14.10.2010, 11.12.2010 (limity bez zmian).

Tabela 3.17. CL. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu wariancji warunkowej ("OPEC" i "OPEC dzień przed")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	p-wartość
$m(1)$	0,0073	0,0027	2,6830	0,0070
$m(2)$	-0,0174	0,0103	-1,6820	0,0930
$\omega(1)$	0,7896	0,0078	-	-
$\omega(2)$	4,6983	0,0650	-	-
α_1	0,1438	0,0050	28,5350	0,0000
ν	5,1702	0,0772	-	-
OPEC dzień przed	0,0708	0,0485	1,4610	0,1440
OPEC	0,0156	0,0421	0,3710	0,7110
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9977		0,0053	
$P(2 \cdot)$	0,0023		0,9947	
$P(s_t = 1)$	0,7001			
$mtr(1)$	1,4283			
$mtr(2)$	3,3348			
$d(1)$	440,5286			
$d(2)$	188,6792			

Tabela 3.17 przedstawia oszacowania parametrów dla modelu przełącznikowego Hamiltona z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi, uwzględniającymi potencjalny wpływ konferencji OPEC na poziom zmienności na rynku ropy naftowej w przeddzień

oraz w dniu konferencji. Po przeanalizowaniu wyników estymacji nie można stwierdzić na zadowalającym poziomie istotności, by w przeddzień konferencji OPEC zachodziło zjawisko zwiększonej nerwowości uczestników rynku. W dniu konferencji również nie występował wzrost zmienności śróddziennej.

W Tabeli 3.18 zamieszczono oszacowania parametrów analogicznego modelu dla oleju opałowego. Wyniki estymacji wskazują na występowanie zwiększonego poziomu zmienności zarówno w przeddzień, jak i w dniu konferencji. Silniejszy efekt występuje, co ciekawe, w dzień przed konferencją OPEC. Wynik ten wskazuje zatem, że uczestnicy rynku oleju opałowego w oczekiwaniu na decyzje podejmowane w ramach konferencji działają w sposób bardziej nerwowo, co prowadzi do wzrostu niepewności na tym rynku.

Wyniki badania są zastanawiające, gdyż silniejsza reakcja uczestników rynku ropy naftowej na postanowienia OPEC wydawałaby się naturalna. Decyzje podejmowane podczas obrad OPEC są kluczowe bezpośrednio dla rynku ropy naftowej, wpływając na jej podaż oraz na poziom cen surowca wydobywanego na terenie krajów członkowskich. Natomiast implikacje tych decyzji mają wpływ na rynek oleju opałowego jedynie pośrednio.

Tabela 3.18. HO. Oszacowania parametrów modelu przełącznikowego Hamiltona z dwiema zmiennymi objaśniającymi w równaniu wariancji warunkowej ("OPEC" i "OPEC dzień przed")

Parametr	Oszacowanie parametru	Błąd standardowy	Statystyka testowa	<i>p</i> -wartość
$m(1)$	0,0147	0,0046	3,1790	0,0010
$m(2)$	-0,0138	0,0118	-1,1770	0,2390
$\omega(1)$	0,7984	0,0140	-	-
$\omega(2)$	3,6019	0,0735	-	-
α_1	0,1050	0,0072	14,6830	0,0000
v	5,0915	0,1218	-	-
OPEC dzień przed	0,2338	0,0944	2,4770	0,0130
OPEC	0,1634	0,0861	1,8980	0,0580
Prawdopodobieństwa przejścia				
Reżim	$P(\cdot 1)$		$P(\cdot 2)$	
$P(1 \cdot)$	0,9955		0,0064	
$P(2 \cdot)$	0,0045		0,9936	
$P(s_t = 1)$	0,5895			
$mtr(1)$	1,6963			
$mtr(2)$	2,4362			
$d(1)$	223,7136			
$d(2)$	155,7632			

Podsumowanie

W rozdziale omówiliśmy dwa ważne aspekty, związane z modelowaniem zmienności śróddziennej. Po pierwsze opisaliśmy model zmienności HARCH, który uwzględnia niejednorodność uczestników rynku. Wykorzystaliśmy tę specyfikację do modelowania zwrotów godzinnych do pomiaru wpływu uczestników rynku o różnych horyzontach inwestycji na kształtowanie się zmienności śróddziennej. Okazało się, że w przypadku rynku ropy naftowej i gazu ziemnego dominujący wpływ mają inwestorzy o tygodniowej częstotliwości transakcji, natomiast w przypadku oleju opałowego taką rolę spełniają inwestorzy o dziennym horyzoncie inwestycji. W drugiej części rozdziału omówiliśmy przełącznikowy model zmienności Hamiltona, który wykorzystaliśmy do zbadania reakcji uczestników rynku surowców energetycznych na informacje o stanie gospodarki amerykańskiej. Wyniki tego badania wskazują, że zmienność na rynku ropy naftowej i oleju opałowego wzrasta w okresie po ogłoszeniu informacji makroekonomicznych, natomiast w przypadku gazu ziemnego nie zaobserwowano takiej reakcji.

4. Zmienność generowana przez uczestników rynku o dziennej częstotliwości transakcji

W niniejszym rozdziale zbadamy własności zmienności występującej w zwrotach dziennych. Przedstawimy wyniki trzech badań. W pierwszej kolejności zastosujemy model dla wariancji zrealizowanej, którego konstrukcja nawiązuje do hipotezy rynku niejednorodnego, ponieważ uwzględnia wpływ zmienności wyznaczanej dla różnych interwałów czasu. Zbadamy ponadto, jakie zależności przyczynowe w sensie Grangera występują między różnymi kontraktami na surowce energetyczne. Zweryfikujemy, czy występuje przyczynowość w średniej, wariancji oraz w ryzyku. Analogiczne badanie przeprowadzimy pomiędzy rozpatrywanymi kontraktami a ważnymi indeksami giełdowymi. W trzeciej części rozdziału dokonamy dekompozycji wartości zagrożonej portfela zawierającego kontrakty na badane nośniki energii oraz indeksy giełdowe. Poddamy analizie ryzyko, na jakie narażony jest rozpatrywany portfel, wskazując jednocześnie, jakie zmiany w portfelu w danym momencie mogą być korzystne z punktu widzenia osoby zarządzającej ryzykiem.

4.1. Zmienność dzienna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego

Jak wspominaliśmy wcześniej, hipoteza rynku niejednorodnego jest równoważna z założeniem, że wśród uczestników rynku występuje zróżnicowanie, które może wynikać między innymi z odmiennych horyzontów inwestycyjnych. Konstrukcja modelu HAR-ARCH, wykorzystanego w poprzedniej części pracy uwzględniała wpływ zmienności generowanej przez różnych inwestorów na zmienność śróddzienną. Model zmienności, który zastosujemy w odniesieniu do dziennego horyzontu inwestycji jest podobny. Badanie, które przeprowadzimy stanowi zatem kontynuację wcześniejszych rozważań.

4.1.1. Model HAR-RV

Corsi [2009] zaproponował addytywny model kaskadowy HAR-RV (*Heterogeneous Autoregressive Model of Realized Volatility*) dla kilku składowych zmienności generowanych przez aktywność różnego typu agentów: krótkoterminowych inwestorów z dzienną lub wyższą częstością transakcji, średnioterminowych uczestników rynku, których charakteryzuje tygodniowy horyzont inwestycyjny i długoterminowych inwestorów, którzy zazwyczaj modyfikują swoje pozycje raz w miesiącu lub rzadziej. Wyróżnienie kilku składowych zmienności pozwala na otrzymanie ciekawej interpretacji eko-

nomicznej uzyskanych oszacowań. Mówiąc bardziej szczegółowo, można zaobserwować ogólny wzorzec polegający na tym, że długotrwała zmienność ma znaczenie dla uczestników rynku z wyższą częstotliwością inwestycji, natomiast krótkotrwałe wahania cen nie mają aż tak silnego wpływu na decyzje długoterminowych inwestorów. Tak więc, na rynku można zaobserwować asymetryczne propagowanie zmienności: zmienność w dłuższych odstępach czasowych ma silniejszy wpływ na zmienność mierzoną w krótszych interwałach czasowych, niż odwrotnie [Müller i in. 1997; Zumbach i Lynch 2001; Lynch i Zumbach 2003].

Corsi [2009] proponuje, by model HAR-RV określać mianem przybliżonego modelu z długą pamięcią, ze względu na to, że pozwala na uwzględnienie obserwowanej w danych długiej pamięci zmienności.

Model HAR-RV (*Heterogeneous Autoregressive Model of Realized Volatility*) to prosty model typu autoregresyjnego z wyróżnionymi różnymi składowymi zmienności zrealizowanej w kilku horyzontach czasowych. W równaniu modelu dla nieobserwowalnej częściowej zmienności na każdym poziomie kaskady, wyróżnia się składnik autoregresyjny i hierarchiczny (w nawiązaniu do asymetrycznego propagowania zmienności) wyrażony jako wartość oczekiwana zmienności w dłuższym horyzoncie czasowym. Równanie modelu ma postać:

$$RV_{t+h}^{(h)} = \alpha + \beta^d RV_t^{(d)} + \beta^w RV_t^{(w)} + \beta^m RV_t^{(m)} + \varepsilon_{t+h}, \quad (4.1)$$

gdzie h oznacza interwał czasu – zazwyczaj jeden dzień ($h = d$), tydzień ($h = w$) lub miesiąc ($h = m$), a $RV_t^{(h)}$ jest zagregowaną w tym okresie zmiennością zrealizowaną. Aby wielkości zmienności zrealizowanych w rozpatrywanych interwałach czasu były porównywalne, Corsi [2009] proponuje by wartości te uśredniać. Przeciętna zmienność tygodniowa $RV_t^{(w)}$ i miesięczna $RV_t^{(m)}$ wyznaczana jest wówczas zgodnie ze wzorem (4.2).

$$\begin{aligned} RV_t^{(d)} &= RV_{t,3}, \\ RV_t^{(w)} &= \frac{1}{5} \left(RV_t^{(d)} + RV_{t-1d}^{(d)} + \dots + RV_{t-4d}^{(d)} \right), \\ RV_t^{(m)} &= \frac{1}{22} \left(RV_t^{(d)} + RV_{t-1d}^{(d)} + \dots + RV_{t-21d}^{(d)} \right). \end{aligned} \quad (4.2)$$

Corsi [2009] wykorzystuje do estymacji parametrów modelu (4.1) metodę najmniejszych kwadratów, przy czym szacowane błędy standardowe powinny być odporne na występowanie autokorelacji i heteroskedastyczności składnika losowego. Estymacja

modelu HAR-RV dostarcza nie tylko prostego narzędzia prognostycznego do wyznaczania zmienności w różnych horyzontach czasowych. Można również sformułować interesujące wnioski na podstawie oszacowań parametrów β^d , β^w i β^m , które można interpretować jako szacunkową ocenę wpływu różnego typu inwestorów na ogólną aktywność na rynku.

4.1.2. Analiza empiryczna

Celem niniejszej analizy jest uzyskanie informacji na temat struktury zmienności rynku terminowego nośników energii.

Tabela 4.1 przedstawia oszacowania korelacji w próbie pomiędzy zmiennością dzienną, tygodniową i miesięczną, wyznaczoną zgodnie z równaniami (4.2). Z uwagi na to, że rozpatrywane zmienne są silnie skorelowane zastosujemy nieco zmodyfikowaną procedurę estymacji. Wykorzystamy metodę składowych głównych (PCA – *Principle Component Analysis*), polegającą na transformacji p -wymiarowej struktury skorelowanych obserwacji, doprowadzającej do wyznaczenia układu nowych zmiennych – składowych głównych – o wymiarze mniejszym lub równym p [Anderson 2003, Tsay 2002]. PCA pozwala na wyznaczenie nieskorelowanych składowych głównych, które wykorzystamy w procedurze estymacji modelu zmienności dziennej, tygodniowej i miesięcznej.

Tabela 4.1. Macierz korelacji zmienności zrealizowanych RV^d , RV^w , RV^m dla kontraktów na ropę naftową, olej opalowy i gaz ziemny

	CL			HO			NG		
	RV^d	RV^w	RV^m	RV^d	RV^w	RV^m	RV^d	RV^w	RV^m
RV^d	1			1			1		
RV^w	0,79	1		0,81	1		0,73	1	
RV^m	0,62	0,81	1	0,71	0,87	1	0,48	0,69	1

Transformacja zmiennych metodą składowych głównych jest zazwyczaj stosowana do redukcji wymiaru zmiennych, kosztem utraty niewielkiej części informacji zawartych w danych. Ponieważ kolejne składowe główne charakteryzuje coraz mniejsza wariancja, wystarczy wziąć pod uwagę kilka początkowych składowych, uwzględniających większość informacji z oryginalnych danych.

Z uwagi na to, że w naszej analizie wykorzystujemy metodę składowych głównych, jedynie po to, by wyeliminować skorelowanie zmiennych, estymacja modelu zmienności została przeprowadzona w najogólniejszym przypadku z wykorzystaniem

wszystkich trzech składowych, będących liniowymi transformacjami oryginalnych zmiennych, tj. zmienności dziennej, tygodniowej i miesięcznej. W Tabeli 4.2 zamieszczono formuły transformacyjne, które uzyskano w metodzie PCA zastosowanej do zmienności kontraktu na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny.

Tabela 4.2. PCA: liniowe przekształcenia zmiennych RV^d , RV^w , RV^m

CL
$PC1 = -0,2168(RV^d - 4,9114) - 0,2867(RV^w - 4,9517) - 0,2746(RV^m - 5,1513)$
$PC2 = -0,2812(RV^d - 4,9114) + 0,0142(RV^w - 4,9517) + 0,3342(RV^m - 5,1513)$
$PC3 = -0,1549(RV^d - 4,9114) + 0,3753(RV^w - 4,9517) - 0,2224(RV^m - 5,1513)$
HO
$PC1 = -0,2594(RV^d - 4,0658) - 0,3324(RV^w - 4,0997) - 0,3212(RV^m - 4,2663)$
$PC2 = -0,3609(RV^d - 4,0658) + 0,0746(RV^w - 4,0997) + 0,3442(RV^m - 4,2663)$
$PC3 = -0,1352(RV^d - 4,0658) + 0,4384(RV^w - 4,0997) - 0,3022(RV^m - 4,2663)$
NG
$PC1 = -0,0375(RV^d - 15,9974) - 0,0562(RV^w - 16,0104) - 1,2246(RV^m - 2,5418)$
$PC2 = 0,0450(RV^d - 15,9974) + 0,0039(RV^w - 16,0104) - 1,6455(RV^m - 2,5418)$
$PC3 = 0,0321(RV^d - 15,9974) - 0,0712(RV^w - 16,0104) + 0,8776(RV^m - 2,5418)$

Metoda estymacji jest następująca: dopasowujemy model HAR-RV dla dziennej, tygodniowej i miesięcznej zmienności zrealizowanej, przy tym jako regresory wykorzystywane są opóźnione składowe główne. W sytuacji, gdy oszacowanie któregoś z parametrów modelu nie jest statystycznie istotne na poziomie 10%, model jest reestymowany z pominięciem odpowiedniej zmiennej. Tabela 4.3 zawiera oszacowania parametrów modelu HAR-RV dopasowanego do zmienności dziennej badanych kontraktów. Jak się okazuje, w większości przypadków rzeczywiście wystarczy wziąć pod uwagę jedynie pierwszą składową główną, reprezentującą największą część zmienności oryginalnych zmiennych.

Uzyskane wyniki świadczą o dużym zróżnicowaniu wpływu uczestników rynku o dziennej, tygodniowej i miesięcznej częstotliwości transakcji na zmienność dzienną. W przypadku zmienności na rynku ropy naftowej i oleju opałowego dominuje składnik tygodniowy, choć różnice pomiędzy oszacowaniem wpływu zmienności tygodniowej (β^w) i miesięcznej (β^m) są nieznaczne.

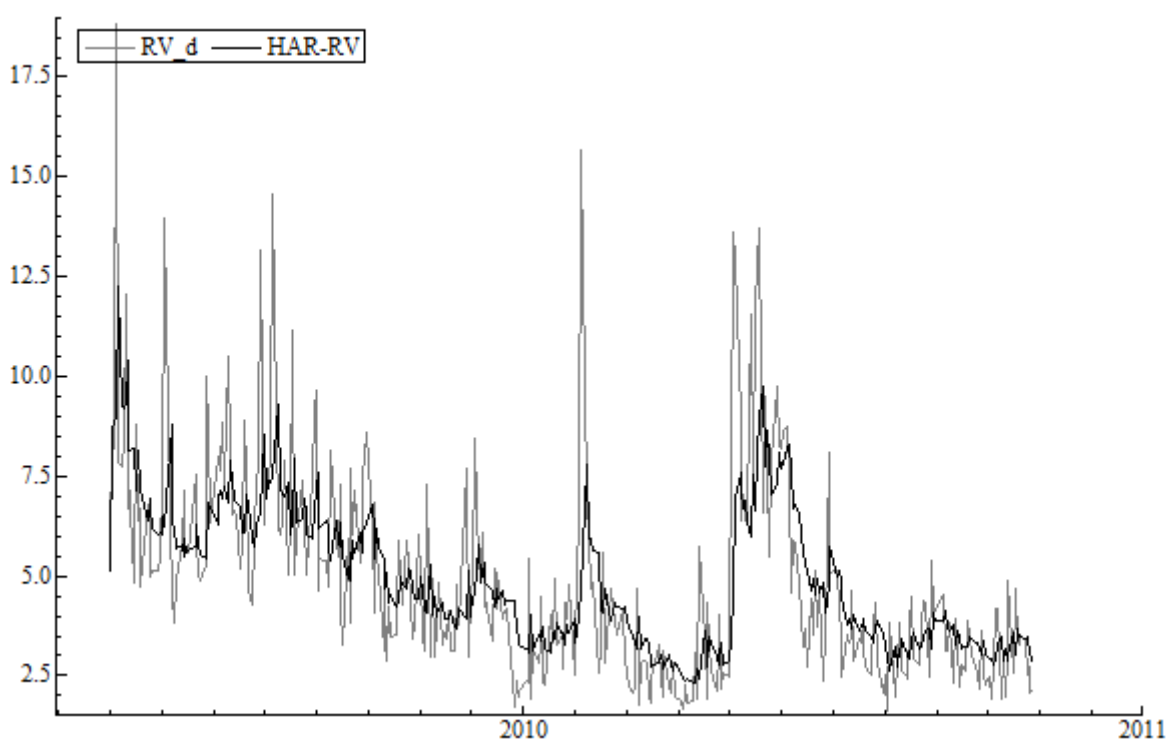
Wyniki estymacji modelu dla kursu terminowego gazu ziemnego nie pozostawiają wątpliwości, że dominujący wpływ na zmienność tego nośnika energii ma składnik długoterminowy, tj. zmienność miesięczna. Wskazywałoby to na dominującą pozycję inwestorów o niskiej częstotliwości transakcji.

Tabela 4.3. Oszacowania parametrów modelu HAR-RV dla dziennej zmienności zrealizowanej

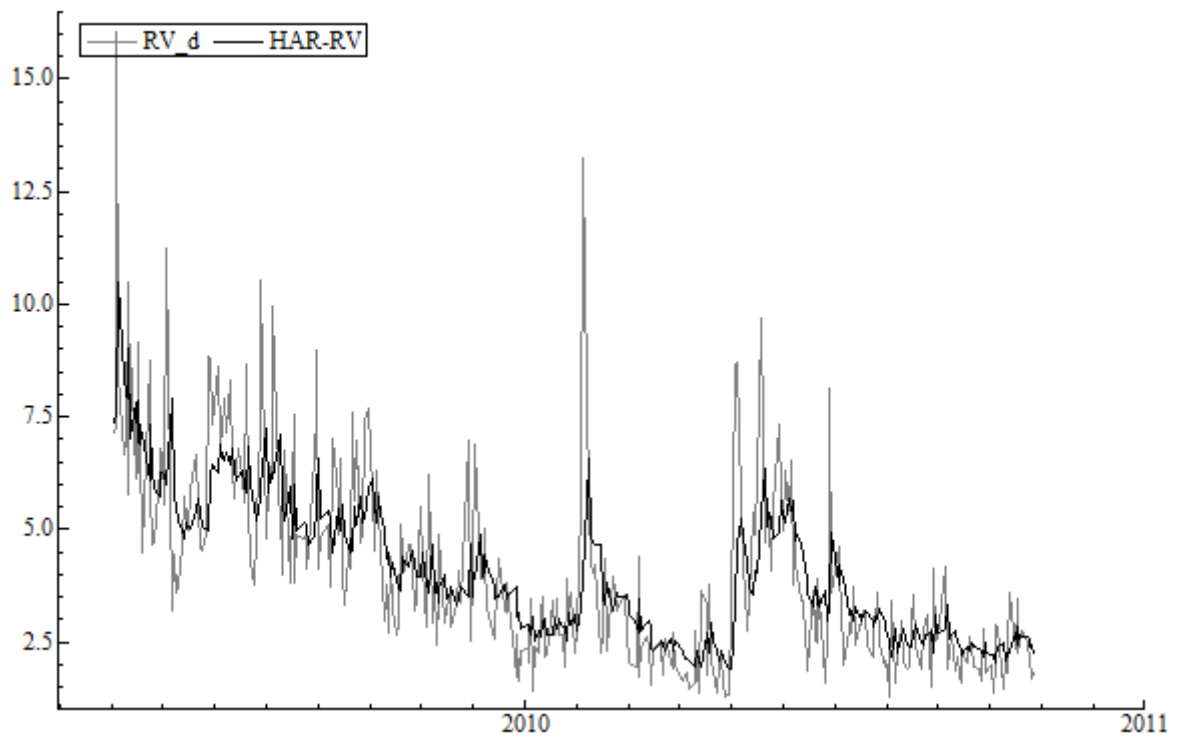
Parametr	CL	HO	NG
	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru
c HACSE	4,9049 (0,0983)	4,0554 (0,0779)	15,9872 (0,6526)
PC_1 HACSE	-1,1279 (0,0625)	-0,9698 (0,0483)	-5,5711 (0,4327)
β^d	0,2445	0,2516	0,2088
β^w	0,3234	0,3223	0,3133
β^m	0,3098	0,3115	6,8220

Uwaga: HACSE oznacza błąd standardowy odporny na autokorelację i heteroskedastyczność.

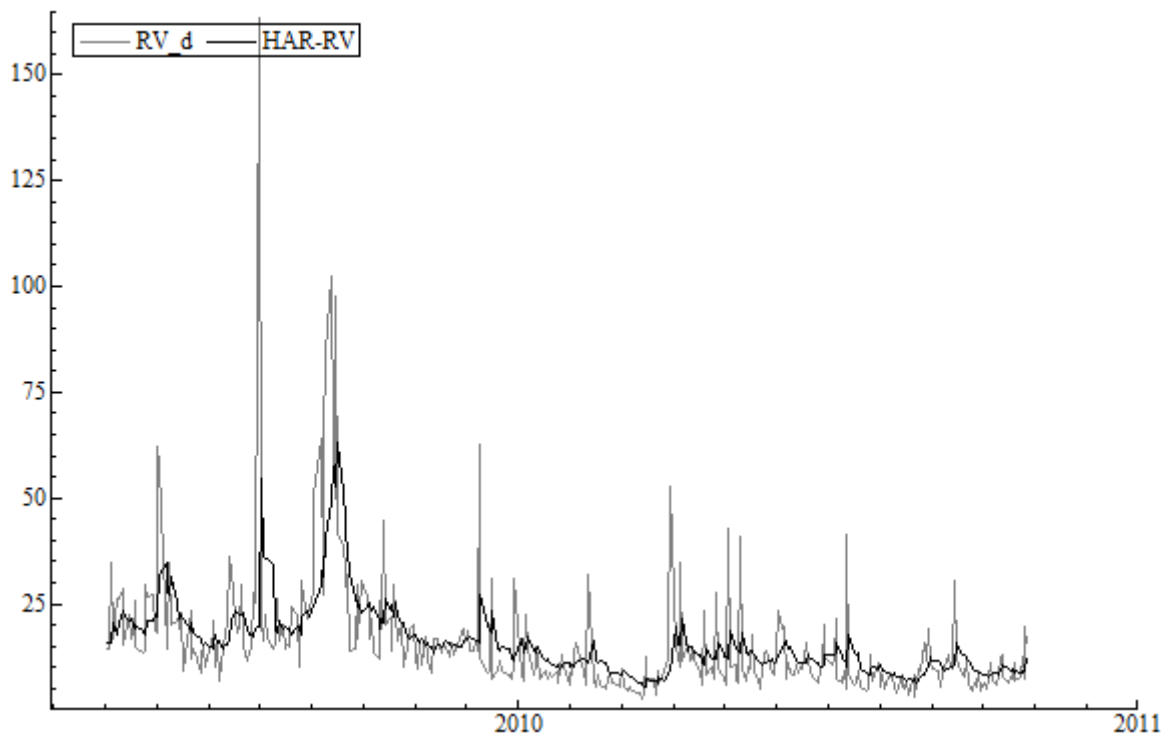
Rysunki 4.1-4.3 przedstawiają dzienną zmienność zrealizowaną i dopasowany model zmienności HAR-RV. Modele dobrze odwzorowują badaną zmienność. Warto zwrócić uwagę na fakt, że zarówno poziom, jak i dynamika zmienności kontraktu na ropę naftową i olej opałowy są podobne. Natomiast dzienna zmienność zrealizowana kontraktu na gaz ziemny jest bardzo wysoka i charakteryzuje się zupełnie odmienną dynamiką.



Rysunek 4.1. CL. Dzienna zmienność zrealizowana i dopasowanie modelu HAR-RV



Rysunek 4.2. HO. Dzienna zmienność zrealizowana i dopasowanie modelu HAR-RV



Rysunek 4.3. NG. Dzienna zmienność zrealizowana i dopasowanie modelu HAR-RV

4.2. Analiza zależności przyczynowych w średniej, wariancji i ryzyku: kontrakty terminowe na nośniki energii a instrumenty rynku finansowego

W tej części pracy podejmiemy próbę wskazania i formalnego zweryfikowania zależności przyczynowych w sensie Grangera pomiędzy rynkiem surowców energetycznych a rynkiem finansowym. W pierwszej kolejności omówimy koncepcję przyczynowości, która sięga czasów starożytnych. Następnie opiszemy, popularne wśród ekonometryków, pojęcie przyczynowości w sensie Grangera. Przedstawimy sposoby empirycznej weryfikacji występowania zależności przyczynowych. Wśród omówionych i wykorzystanych w części empirycznej metod, znajdują się testy przyczynowości w sensie Grangera w średniej, wariancji i, co szczególnie ważne z punktu widzenia rynków finansowych, w ryzyku.

4.2.1. Pojęcie przyczynowości

Pojęcie przyczyny rozpatrywane było już przez klasycznych filozofów, wśród których najsilniejszy wpływ na rozumienie tego pojęcia miał Arystoteles. Wskazuje on, że prawdziwa wiedza opiera się na znajomości przyczyn [Falcon 2011]. Zrozumienie natury otaczającego nas świata wymaga udzielenia odpowiedzi na zasadnicze pytanie: dlaczego? Mądrość, będąca najwyższą formą wiedzy wymaga zatem umiejętności wskazania praw i zasad, które wyjaśniają obserwowane zjawiska. Arystoteles wskazuje na istnienie czterech rodzajów przyczyn, objaśniających prawa natury:

- **przyczyna materialna** – to, z czego coś powstało; materia, która podlega zmianie;
- **przyczyna formalna** – to, według czegoś coś zostało uformowane; wzorzec, decydujący o kształcie;
- **przyczyna sprawcza** – to, dzięki czemu coś zaistniało; główne źródło zmiany lub jej braku;
- **przyczyna celowa** – to, ze względu na co coś zaistniało.

Równie ważny wkład w postrzeganie koncepcji przyczynowości miał Hume, będący w gruncie rzeczy czołowym krytykiem koncepcji arystoteleskiej przyczyny. Hume, uważany za najwybitniejszego przedstawiciela nowożytnego sceptycyzmu, stwierdza, że doświadczając ciągów zdarzeń, odruchowo ludzki umysł dąży do wskaza-

nia pewnych związków o charakterze przyczynowym. Jednakże, jak przekonuje, jest to jedynie niczym nie uzasadniony nawyk przenoszenia znanych doświadczeń z przeszłości na nieznaną przyszłość.

Do pojęcia przyczynowości odnoszono się również współcześnie. Przyczynowe postrzeganie zjawisk krytykowane było między innymi na gruncie fizyki (Ernst Mach), matematyki (Bertrand Russell) i statystyki (Karl Pearson). Russell postrzegał filozoficzną koncepcję, że wszystko ma swoją przyczynę, jako niepotrzebną. Właściwym podejściem, którym przyczynowość powinna być zastąpiona, jest określenie zależności funkcyjnej. Podobną koncepcję dostrzec można w pracach Macha, który stwierdza, że przyczynowość, rozumiana jako sposób na wyjaśnianie zjawisk, powinna być zastąpiona koncepcją relacji, która jest jedynie formą opisu zjawiska. Współczynnik korelacji Pearsona, stanowi również propozycję zastąpienia rozważań na temat zjawisk przyczynowych, określeniem miary intensywności liniowego powiązania pomiędzy zjawiskami.

Możliwość wskazania i zweryfikowania zależności przyczynowych w przypadku nauk społecznych i ekonomicznych jest kluczowe. Wykryte prawa stają się wówczas narzędziem, umożliwiającym zrozumienie, prognozowanie i właściwą interwencję w dane zjawisko.

Jedną z bardziej popularnych wśród ekonomistów, choć bardzo mocno krytykowaną, jest koncepcja przyczynowości, zaproponowana przez Grangera [1969, 1980], która swą popularność zawdzięcza możliwości jej łatwej weryfikacji. Szczegółowy opis tego pojęcia zamieszczamy w kolejnej części niniejszego rozdziału.

4.2.2. Przyczynowość w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku

Mówimy, że Y_t nie jest **przyczyną w sensie Grangera (G-przyczyną)** dla X_t , jeżeli dla każdego $k > 0$ zachodzi relacja [Granger 1969, 1980]:

$$F(X_{t+k}|\Omega_t) = F(X_{t+k}|\Omega_t \setminus Y_t), \quad (4.3)$$

gdzie Ω_t oznacza wszystkie informacje we wszechświecie dostępnych w chwili t , $\Omega_t \setminus Y_t$ to zbiór informacji Ω_t oprócz zawartych w Y_t , a $F(X|Y)$ jest warunkową dystrybuantą X przy danym zbiorze informacji Y .

Definicja (4.3) ma charakter nieoperacyjny i z tego powodu Granger [1969] zaproponował, by procedurze testowej poddawać jej zmodyfikowaną, nieco uproszczoną wersję.

Niech X_t i Y_t oznaczają stacjonarne procesy stochastyczne z czasem dyskretnym i niech $\mathcal{F}_t = \{X_{t-j}, Y_{t-j}; j > 0\}$ oznacza zbiór wszystkich informacji dostępnych w chwili t , a $\mathcal{F}_t \setminus Y_t$ podobny zbiór z wyłączeniem informacji na temat przeszłych wartości Y_t . Y_t jest G-przyczyną w średniej X_t , jeżeli

$$E\{X_t | \mathcal{F}_t \setminus Y_t\} \neq E\{X_t | \mathcal{F}_t\}, \quad (4.4)$$

Innymi słowy, Y_t jest przyczyną w sensie Grangera w średniej X_t , jeżeli bieżące wartości X_t możemy lepiej prognozować przy użyciu przeszłych wartości Y_t , niż bez ich użycia, tzn. $\sigma^2(X_t | \mathcal{F}_t) < \sigma^2(X_t | \mathcal{F}_t \setminus Y_t)$, gdzie $\sigma^2(X_t | \mathcal{F}_t)$ oznacza wariancję błędu predykcji X_t dokonywanej na podstawie informacji \mathcal{F}_t . Przyczynowość w średniej, określana również mianem przyczynowości systematycznej, odnosi się zatem do wariancji błędu prognozy, popełnianego w przypadku zastosowania modelu liniowego, takiego jak na przykład model wektorowej autoregresji [Osińska 2011]. Powyższa definicja ma charakter operacyjny i możliwa jest empiryczna weryfikacja tak określonych zależności przyczynowych.

Cheung i Ng [1996] uzupełnili koncepcję przyczynowości Grangera, proponując testowanie przyczynowości w wariancji, którą zdefiniowali analogicznie do definicji G-przyczynowości w średniej. Y_t jest przyczyną w wariancji X_t , jeżeli:

$$E\{(X_t - \mu_{X_t})^2 | \mathcal{F}_t \setminus Y_t\} \neq E\{(X_t - \mu_{X_t})^2 | \mathcal{F}_t\}, \quad (4.5)$$

gdzie $\mu_{X_t} = E(X_t | \mathcal{F}_t \setminus Y_t)$ jest warunkową wartością oczekiwaną X_t , przy założeniu zbioru informacji $\mathcal{F}_t \setminus Y_t$.

Przyczynowość w sensie Grangera w wariancji, jak podkreślają Cheung i Ng [1996], związana jest z przepływem informacji na rynkach finansowych. Z tego powodu określa się ją mianem przyczynowości informacyjnej [Osińska 2011]. Zmiany wariancji odzwierciedlają w jakim zakresie rynki przyswajają i oceniają nowe wiadomości. Jak wskazuje Ross [1989], przy założeniu braku arbitrażu, wariancja zmian cen jest związana bezpośrednio z tempem przepływu informacji. Inwestorzy, w reakcji na napływające informacje, podejmują decyzje, skutkujące ruchami kapitału finansowego pomiędzy rynkami [Osińska 2008]. W ten sposób zmienność jednego instrumentu finansowego może mieć wpływ na zmienność innych instrumentów. Wykrycie wzorców przyczynowych w wariancji, podobnie jak w średniej, może służyć przede wszystkim poprawieniu jakości prognoz tych wielkości, poprzez budowę modeli, które owe wzorce uwzględniają.

Hong, Liu i Wang [2009] wprowadzili pojęcie przyczynowości w ryzyku, które z punktu widzenia analizy rynków finansowych jest pojęciem kluczowym. Zmienność instrumentu finansowego stanowi adekwatną miarę ryzyka jedynie w warunkach mniejszej niepewności na rynku [Gourieroux i Jasiak 2001 za: Hongiem, Liu i Wangiem 2009]. Sama wariancja nie jest w stanie w dobry sposób oddać wielkości ryzyka, w przypadku ekstremalnych ruchów na rynkach finansowych [Hong, Liu i Wang 2009]. Ponadto, wariancja odzwierciedla zarówno oczekiwaną wartość ponadprzeciętnych strat, jak i zysków. Ryzyko związane jest jednak z niepewnością, co do możliwych strat, jakie może przynieść inwestycja w instrument finansowy. Pojęcie przyczynowości w ryzyku można zatem postrzegać jako ważne uzupełnienie koncepcji przyczynowości w wariancji i, jak zaznacza Osińska [2011], również wiąże się z przepływem informacji. Tym samym, mając na myśli wystąpienie przyczynowości informacyjnej, możemy odnieść się do przyczynowości w wariancji lub w ryzyku. W pierwszym przypadku badamy tempo przepływu informacji w normalnych warunkach rynkowych. Przyczynowość w ryzyku odnosi się natomiast do tempa przepływu informacji w przypadku ekstremalnych zmian cen.

Jak zaznaczają Hong, Liu i Wang [2009], wystąpienie zależności przyczynowych w ryzyku pomiędzy dwoma instrumentami, może wystąpić mimo odrzucenia podobnych hipotez w odniesieniu do średnich i wariancji warunkowych. Przyczynowość w ryzyku może pojawić się bowiem między innymi w sytuacji, gdy występują wspólne zmiany (ang. *comovements*) kurtozy lub skośności.

Hong, Liu i Wang [2009] proponują, by weryfikować hipotezę, że obecność dużej niepewności na jednym rynku pozwala lepiej prognozować wystąpienie podobnego ryzyka na innym. Mówimy, że Y_t nie jest przyczyną w ryzyku X_t , jeżeli:

$$P(X_t \leq -\text{VaR}_{X_t}^1(\alpha) | \mathcal{F}_{t-1} \setminus Y_{t-1}) = P(X_t \leq -\text{VaR}_{X_t}^1(\alpha) | \mathcal{F}_{t-1}), \quad (4.6)$$

gdzie $\text{VaR}_{X_t}^1(\alpha)$ oznacza wartość zagrożoną X_t dla pozycji długiej na poziomie tolerancji α . W analogiczny sposób możemy zdefiniować brak przyczynowości w ryzyku dla pozycji krótkiej.

Oprócz jednokierunkowych zależności przyczynowych w sensie Grangera, rozpatruje się czasami odpowiednie hipotezy dwukierunkowe. **Sprzężenie zwrotne** występuje, gdy X_t jest G-przyczyną dla Y_t oraz Y_t jest G-przyczyną dla X_t . Ponadto, pojęcie **przyczynowości jednoczesnej (natychmiastowej)** oznacza, że za pomocą bieżą-

cych wartości Y_t możemy lepiej prognozować wartości X_t , niż wtedy, gdy uwzględniamy tylko informacje z przeszłości.

4.2.3. Testowanie zależności przyczynowych

4.2.3.1. Test Cheunga i Ng

Procedura testowa zaproponowana przez Cheunga i Ng [1996] i rozszerzona przez Honga [2001], składa się z kilku etapów. Wymaga, między innymi dopasowania modelu dla średniej i wariancji warunkowej. Rozważamy dwa szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu z badanych instrumentów finansowych, które można przedstawić w postaci dekompozycji:

$$\begin{aligned} r_{X,t} &= \mu_{X,t} + \sigma_{X,t}\varepsilon_{X,t} \\ r_{Y,t} &= \mu_{Y,t} + \sigma_{Y,t}\varepsilon_{Y,t} \end{aligned} \quad (4.7)$$

gdzie $\varepsilon_t \sim \text{iid}(0,1)$, a $\mu_{X,t}$ i $\mu_{Y,t}$ oznaczają warunkowe wartości oczekiwane w chwili t , które mogą być wyznaczone na przykład za pomocą modelu autoregresyjnego MA(p, q), postaci:

$$a(L)r_t = a_0 + b(L)y_t \quad , \quad (4.8)$$

gdzie $a(L) \equiv 1 - a_1L - \dots - a_pL^p$, $b(L) \equiv 1 - b_1L - \dots - b_qL^q$, $L^k r_t = r_{t-k}$, $y_t = \sigma_t \varepsilon_t$. Model jest kowariancyjnie stacjonarny, jeżeli wszystkie pierwiastki wielomianu $a(L)$ mają moduły większe od 1.

Alternatywnie, możliwe jest również zastosowanie autoregresyjnego ułamkowo zintegrowanego modelu średniej ruchomej ARFIMA(p, d, q), [Granger i Joyeux 1980], przez który rozumie się model dla r_t , dla którego prawdą jest, że $(1 - L)^d r_t$ może być opisany za pomocą równania (4.8). Ułamkowa potęga operatora $(1 - L)^d$ jest określona wzorem:

$$(1 - L)^d = 1 - \sum_{j=1}^{\infty} d_j L^j,$$

gdzie $d_1 = d$, a dla $j > 1$ $d_j = \frac{j-1-d}{j} d_{j-1}$. Proces ARFIMA(p, d, q) jest kowariancyjnie stacjonarny, gdy $-0,5 < d < 0,5$.

Założmy, że warunkowe wariancje mają reprezentacje APARCH(p, q) [Ding, Granger i Engle 1993] :

$$\sigma_t^\delta = \delta + \sum_{i=1}^q \alpha_i (|y_{t-i}| - \gamma_i y_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\delta, \quad (4.9)$$

gdzie $\delta > 0$, $-1 < \gamma_i < 1$, $i = 1, \dots, q$.

Warunkiem stacjonarności procesu APARCH jest spełnienie nierówności $\omega > 0$ oraz $\sum_{i=1}^q \alpha_i E(|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1$, przy czym sposób wyznaczenia wartości oczekiwanej $E(|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta$ zależy od rozkładu zmiennej ε_t . Model APARCH jest elastyczny, ponieważ obejmuje jako szczególny przypadek między innymi model GARCH(p, q) Bollersleva [1986] (dla $\delta = 2$, $\gamma_i = 0$, $i = 1, \dots, q$) postaci:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i y_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2, \quad (4.10)$$

gdzie $y_t = \sigma_t \varepsilon_t$, $\omega > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$, $\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j < 1$. W sytuacji, gdy $\sum_{i=1}^q \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_j = 1$ otrzymujemy model IGARCH(p, q) [Engle i Bollerslev 1986].

Niech $z_{X,t}$, $z_{Y,t}$ oznaczają kwadraty reszt standaryzowanych:

$$z_{X,t} = \frac{(r_{X,t} - \mu_{X,t})^2}{\sigma_{X,t}^2} = \varepsilon_{X,t}^2$$

$$z_{Y,t} = \frac{(r_{Y,t} - \mu_{Y,t})^2}{\sigma_{Y,t}^2} = \varepsilon_{Y,t}^2. \quad (4.11)$$

Niech ponadto:

$$\rho(j) = \frac{E(z_{X,t-j}, z_{Y,t})}{\sqrt{E(z_{X,t}^2)E(z_{Y,t}^2)}}, \quad j = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4.12)$$

Omawiane testy bazują oczywiście na estymatorach współczynnika korelacji, to jest $r(j) = \hat{\rho}(j)$.

Rozpatrujemy następujące hipotezy:

$H_0: \rho(j) = 0$ dla $j > 0$, ($r_{X,t}$ nie jest G-przyczyną w wariancji $r_{Y,t}$)

$H_0: \rho(j) = 0$ dla $j < 0$, ($r_{Y,t}$ nie jest G-przyczyną w wariancji $r_{X,t}$)

Statystyka testowa testu Cheunga i Ng [1996] wyraża się wzorem:

$$CHN = T \sum_{j=1}^M r^2(j). \quad (4.13)$$

i ma rozkład $\chi^2(M)$.

4.2.3.2. Test Honga

Hong [2001] zaproponował, by przekształcić statystykę testową (4.13), przypisując wyższe wagi korelacjom odpowiadającym odstępom niższego rzędu. W tym celu wykorzystuje się różnego typu funkcje wagowe. Metodologia Honga pozwala uwzględnić istotny aspekt postarzania się napływających informacji, kształtujących reakcje inwestorów. Statystyka testu ma wówczas postać:

$$Q1 = \frac{T \sum_{j=1}^{T-1} k^2 \left(\frac{j}{M+1} \right) r^2(j) - C(k)}{\sqrt{2D(k)}}, \quad (4.14)$$

gdzie T oznacza liczebność próby, a wartości $C(k)$ i $D(k)$ wyznaczone są jako:

$$C(k) = \sum_{j=1}^{T-1} \left(1 - \frac{j}{T}\right) k^2 \left(\frac{j}{M+1} \right), \quad (4.15)$$

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

Rozkład statystyki $Q1$ jest zbieżny do standaryzowanego rozkładu normalnego, jeżeli M dąży do nieskończoności.

Ponadto, powyższe testy można z powodzeniem zastosować do weryfikacji hipotezy o braku przyczynowości w średniej biorąc pod uwagę korelacje wyznaczone pomiędzy $\varepsilon_{X,t}$ i $\varepsilon_{Y,t}$ [Hong 2001].

Funkcja $k(z)$, stosowana w rozpatrywanej procedurze testowej może być zdefiniowana na różne sposoby. Hong [2001] wskazuje możliwość zastosowania jednej z poniższych formuł dla funkcji wagowej:

$$\text{Równomierna} \quad k(z) = \begin{cases} 1, & |z| < 1 \\ 0, & |z| \geq 1 \end{cases} \quad (4.16)$$

$$\text{Bartletta} \quad k(z) = \begin{cases} 1 - |z|, & |z| < 1 \\ 0, & |z| \geq 1 \end{cases}, \quad (4.17)$$

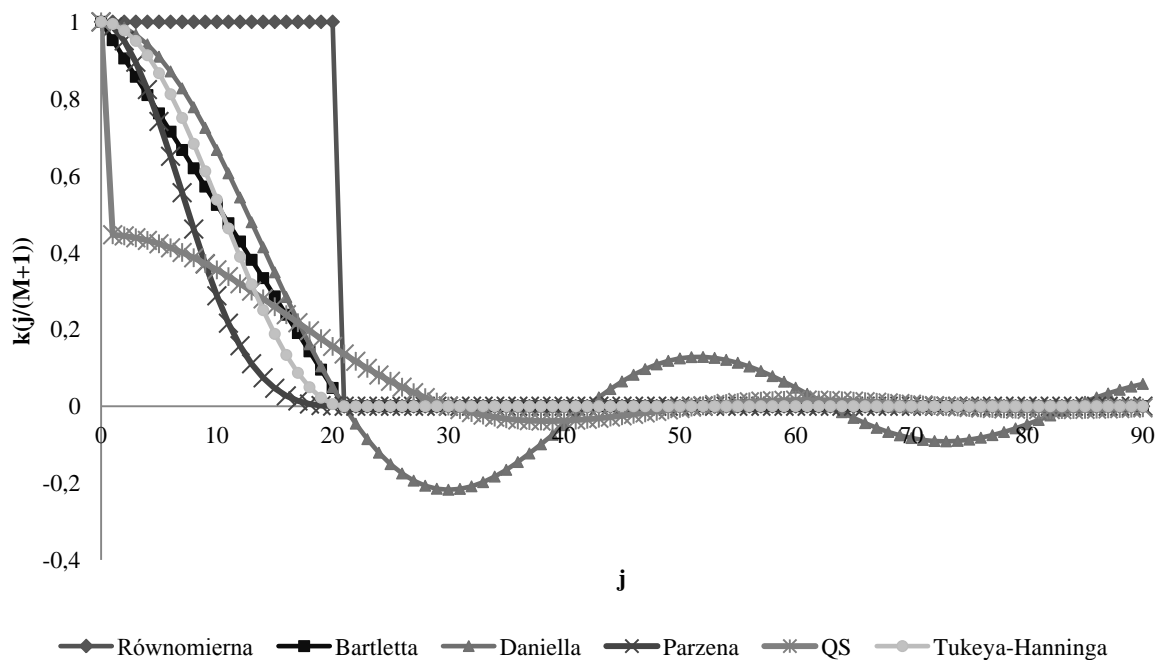
$$\text{Daniella} \quad k(z) = \begin{cases} 1, & z = 0 \\ \frac{\sin(\pi z)}{\pi z}, & z \neq 0 \end{cases} \quad (4.18)$$

$$\text{Parzena} \quad k(z) = \begin{cases} 1 - 6z^2 + 6|z|^3, & |z| < 0,5 \\ 2(1 - |z|)^3, & 0,5 \leq |z| < 1, \\ 0, & |z| \geq 1 \end{cases} \quad (4.19)$$

$$\text{QS} \quad k(z) = \begin{cases} 1, & z = 0 \\ \frac{3}{\sqrt{5}(\pi z)^2} \left\{ \frac{\sin(\pi z)}{\pi z} - \cos(\pi z) \right\}, & z \neq 0 \end{cases} \quad (4.20)$$

Tukeya-
Hanninga

$$k(z) = \begin{cases} \frac{1}{2}(1 + \cos(\pi z)), & |z| < 1 \\ 0, & |z| \geq 1 \end{cases} \quad (4.21)$$



Rysunek 4.4. Wykresy funkcji wagowych

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4.4 przedstawia wykresy odpowiadające wymienionym funkcjom wagowym, dla parametru $M = 20$. Możemy zwrócić uwagę, jak bardzo różnią się wagi przypisywane przez kolejne funkcje. Wśród nich w szczególności wyróżnia się odmienne zachowanie funkcji równomiernej, która jako jedyna nie zachowuje własności postarzania się napływających informacji, gdyż przypisuje równą wagę każdemu odstępowi czasowemu. W przypadku funkcji QS waga równa jeden przypisywana jest tylko zerowemu odstępowi czasowemu, dla pozostałych odstępów wagi zbliżają się stopniowo do zera, przy czym już dla pierwszego opóźnienia jest ona dość niska. Ciekawym zachowaniem charakteryzuje się również funkcja Daniella, która odstępom czasowym dalszym niż parametr M przypisuje stosunkowo wysokie, co do wartości bezwzględnej, wagi. Dla pozostałych funkcji – Bartletta, Parzena i Tukeya-Hanninga – opóźnienie równe M jest ostatnim spośród odstępów czasowych, dla których wagi są niezerowe, natomiast w początkowym zakresie opóźnień charakteryzują się podobnym przebiegiem.

Do często wykorzystywanych funkcji wagowych należy funkcja Bartletta, która zakłada, że starzenie się informacji przebiega w sposób liniowy. Parametr M odpowiada wówczas ilości branych pod uwagę opóźnień – korelacjom dla dalszych opóźnień przypisywana jest zerowa waga.

4.2.3.3. Testowanie przyczynowości w ryzyku

Niech

$$\begin{aligned} I_{r_t}^l &= \mathbf{1} \left(r_t \leq -VaR_{r_t}^l(\alpha) \right) = \begin{cases} 0 & r_t > -VaR_{r_t}^l(\alpha) \\ 1 & r_t \leq -VaR_{r_t}^l(\alpha) \end{cases}, \\ I_{r_t}^s &= \mathbf{1} \left(r_t \geq VaR_{r_t}^s(\alpha) \right) = \begin{cases} 0 & r_t < VaR_{r_t}^s(\alpha) \\ 1 & r_t \geq VaR_{r_t}^s(\alpha) \end{cases} \end{aligned} \quad (4.22)$$

oznacza funkcję wskaźnikową ryzyka dla pozycji długiej i krótkiej. Hong, Liu i Wang [2009] proponują poddać testowaniu następującą zmodyfikowaną wersję hipotezy (4.6):

$$E\{I_{r_{X,t}}|\mathcal{F}_t \setminus r_{Y,t}\} = E\{I_{r_{X,t}}|\mathcal{F}_t\}. \quad (4.23)$$

Przyczynowość w sensie Grangera w ryzyku pomiędzy $r_{X,t}$ i $r_{Y,t}$ może być zatem rozumiana, jako przyczynowość w średniej pomiędzy $I_{r_{X,t}}$ i $I_{r_{Y,t}}$. Hong, Liu i Wang [2009] proponują stosowanie statystyki testowej analogicznej do (4.14), gdzie oszacowania współczynników korelacji $r(j)$ dokonuje się pomiędzy szeregami $I_{r_{X,t}}$ oraz $I_{r_{Y,t}}$.

Warto zaznaczyć, że Hong, Liu i Wang (2009) proponują testowanie przyczynowości w ryzyku jedynie dla pozycji długiej. W przedstawionym badaniu zastosujemy jednak procedurę bardziej uniwersalną. Proponujemy, mianowicie, testowaniu poddać hipotezy o przyczynowości w ryzyku również dla pozycji krótkiej. Ponadto, przetestujemy relacje asymetryczne, przez które rozumiemy sytuacje, gdy ryzyko dla pozycji długiej zmiennej $r_{X,t}$ jest przyczyną w sensie Grangera w ryzyku pozycji krótkiej zmiennej $r_{Y,t}$ lub odwrotnie.

4.2.4. Analiza empiryczna

W niniejszej części pracy przedstawimy wyniki badania, mającego na celu wskazanie instrumentów finansowych związanych z kontraktami na nośniki energii zależnościami przyczynowymi w sensie Grangera. Motywacją do przeprowadzenia takiej analizy jest fakt, że występowanie tego typu związków stanowi cenną informację dla inwestorów pragnących uzyskać dobre prognozy zwrotów oraz ich wariacji, czy ryzyka.

Badanie dla każdej pary instrumentów przeprowadzamy w trzech etapach. W pierwszej kolejności do badanych szeregów dopasowujemy modele zmienności. Następnie weryfikujemy występowanie przyczynowości systematycznej (w średniej). Przeprowadzamy ponadto testy, weryfikujące przyczynowość informacyjną w wariancji oraz w ryzyku.

Badamy, czy pomiędzy kontraktami na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny występują zależności o charakterze przyczynowym w sensie Grangera. Ponadto weryfikujemy, czy przyczynowość w sensie Grangera występuje pomiędzy kontraktami na nośniki energii a kursem natychmiastowym i terminowym ważnych indeksów giełdowych takich, jak indeks S&P500, FTSE100, Hang Seng oraz U.S. Dollar Index.

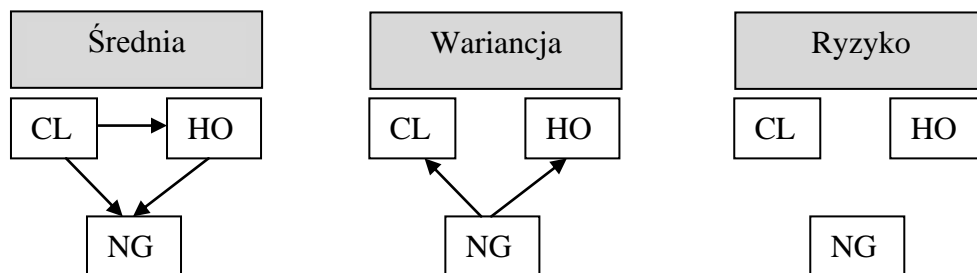
Ponieważ przedmiotem zainteresowania w niniejszej części pracy jest dzienna częstotliwość transakcji, będziemy odnosić się do wyników dla parametru opóźnienia $M = 1$. Wyniki dla dalszych opóźnień zinterpretujemy w dalszej części pracy, w odniesieniu do inwestorów o dłuższym horyzoncie inwestycji. Hipotezy o braku przyczynowości w sensie Grangera weryfikowano w oparciu o metodologię, zaproponowaną przez Cheunga i Ng [1996] (dla maksymalnego opóźnienia $M = 1, M = 5, M = 10$) oraz Honga [2001] (dla maksymalnego opóźnienia $M = 20, M = 50, M = 100$). Wyboru testu uzależnionego od wielkości parametru M dokonaliśmy na podstawie wyników badań Osińskiej [2008]. Wyniki estymacji modeli zmienności oraz wszystkich testów przyczynowości zamieszczono w Tabelach B.1-B.59 w Dodatku B zamieszczonym na końcu pracy.

4.2.4.1. Przyczynowość w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii

Podsumowanie wyników testu Cheunga i Ng, weryfikującego hipotezy o braku przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku dla jednodniowego opóźnienia pomiędzy badanymi kontraktami na surowce energetyczne zamieszczono na Rysunku 4.5. Biorąc pod uwagę jednodniowe opóźnienie wykryto przyczynowość w sensie Grangera w średniej pomiędzy ropą naftową a olejem opałowym i gazem ziemnym oraz olejem opałowym a gazem ziemnym. Prognozowanie poziomu zwrotu z inwestycji w gaz ziemny może zatem dać lepsze efekty, jeżeli wykorzystane zostaną informacje z dnia poprzedniego na temat kształtowania się cen ropy naftowej lub oleju opałowego. Co ciekawe, przyczynowość informacyjna w wariancji zachodzi w przeciwnym kierunku, niż systematyczna. Zmienność na rynku ropy naftowej może być zatem związana z przepływem

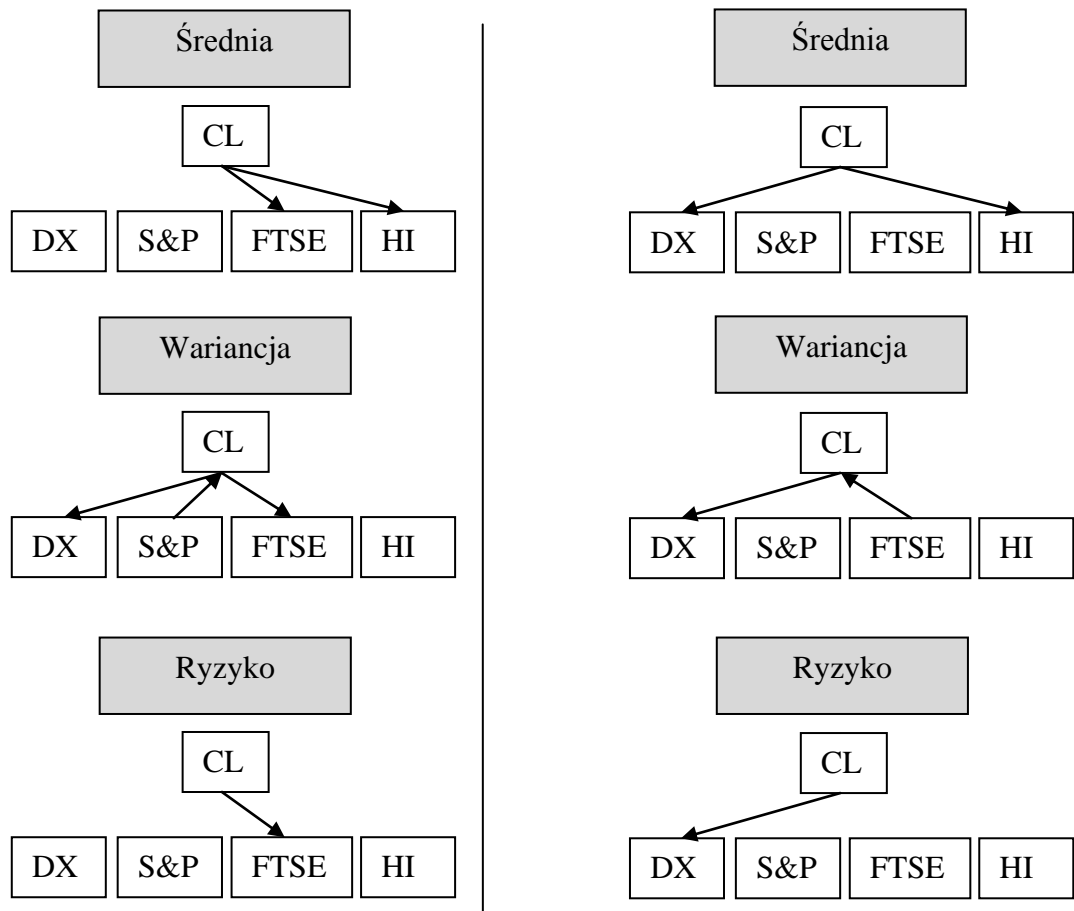
informacji na temat gwałtownych ruchów cen gazu ziemnego, które wystąpiły w dniu wcześniejszym. Jak przekonamy się później, tempo przepływu informacji w przeciwnym kierunku jest słabsze, gdyż przyczynowość w wariacji pomiędzy rynkiem gazu ziemnego i ropą naftową występuje dopiero dla tygodniowego opóźnienia.

Brak przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku dla jednodniowego opóźnienia może wydać się wynikiem zaskakującym. Ekstremalne spadki i wzrosty, powodujące przekroczenie wartości zagrożonej, nie mogą być lepiej prognozowane na podstawie informacji z poprzedniego dnia o podobnych wydarzeniach w odniesieniu do pozostałych kontraktów. Okazuje się jednak, że przekroczenia wartości zagrożonej, następowały w wielu przypadkach w tym samym dniu, zwłaszcza dla pary ropa – olej opałowy. Tak więc ryzyko ekstremalnych wzrostów bądź spadków cen towarzyszy inwestycji we wszystkie trzy kontrakty w tym samym czasie. Tempo przepływu informacji na rynku surowców w warunkach dużej niepewności jest szybsze niż w czasie umiarkowanego ruchu cen.



Rysunek 4.5. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla jednodniowego opóźnienia pomiędzy kontraktami na nośniki energii. Strzałka oznacza, że wykryto zależność przyczynową pomiędzy danymi instrumentami

4.2.4.2. Instrumenty rynku finansowego a kontrakty na nośniki energii



Rysunek 4.6. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla jednodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na ropę naftową a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI. Strzałka oznacza, że wykryto zależność przyczynową pomiędzy danymi instrumentami

Na Rysunku 4.6 prezentujemy podsumowanie wyników testu Cheunga i Ng, weryfikującego hipotezy o braku przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku dla jednodniowego opóźnienia pomiędzy kontraktem na ropę naftową a indeksami i kontraktami na indeks dolara amerykańskiego, S&P500, FTSE100 i Hang Seng.

Wśród wykrytych zależności przyczynowych na szczególną uwagę zasługują wyniki dla kontraktu na indeks wartości dolara amerykańskiego oraz dla indeksu akcji spółek giełdowych notowanych na giełdzie w Londynie. Wykryto jednokierunkową przyczynowość w średniej, wariancji i w ryzyku dla jednodniowego opóźnienia (przyczyną jest kontrakt na ropę). Przyczynowość systematyczna świadczy zatem o możliwości poprawienia prognoz poziomu kontraktu na indeks wartości dolara amerykańskiego i indeksu FTSE100, wykorzystując dane na temat poziomu ceny ropy naftowej. Przyczynowość w wariancji i ryzyku dla jednodniowego opóźnienia możemy traktować

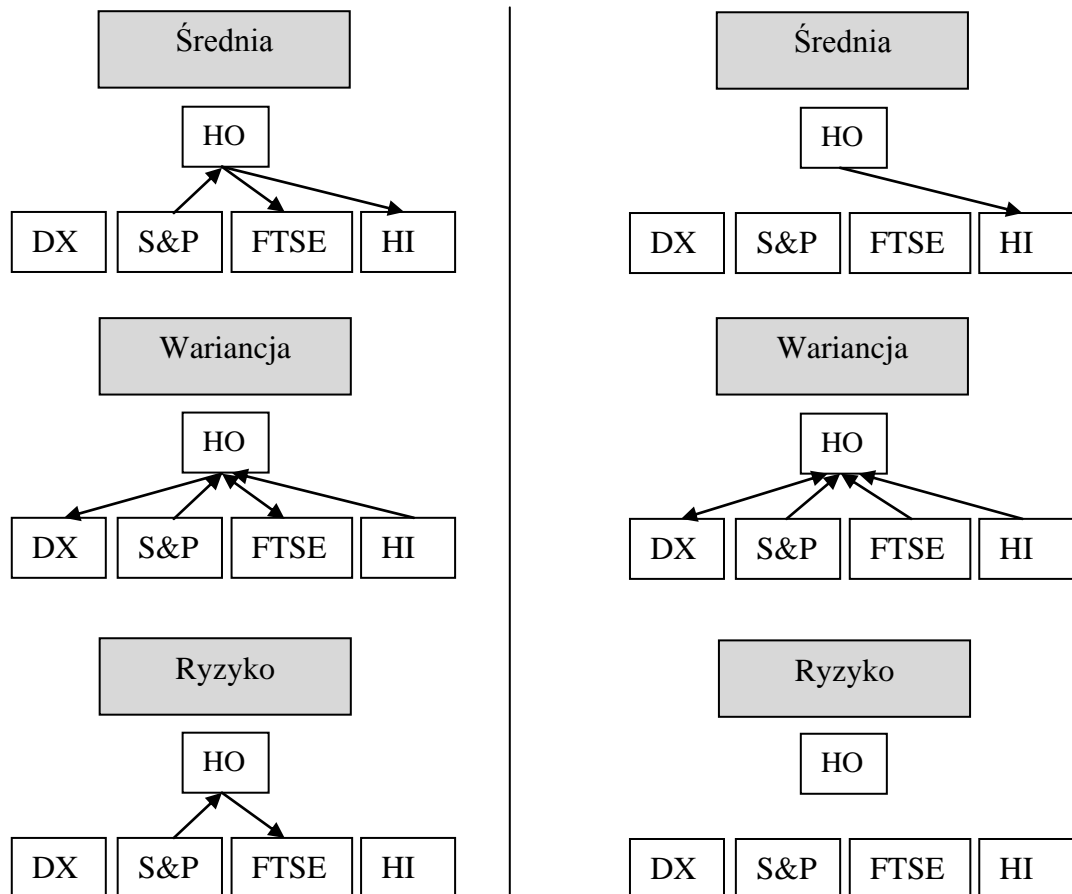
jako dowód na szybkie tempo przepływu informacji pomiędzy tymi rynkami zarówno w normalnych warunkach rynkowych, jak i w sytuacji ekstremalnych ruchów cen.

Warto zauważyć, że przyczynowość w ryzyku pomiędzy kontraktem na ropę naftową i kontraktem na indeks dolara ma charakter asymetryczny, tj. ekstremalne spadki kursu terminowego rozpatrywanego nośnika energii poprzedzają ponadprzeciętne wzrosty dla kontraktu na indeks dolara. Otrzymane wyniki mogą świadczyć o tym, że uczestnicy rynku surowców energetycznych w reakcji na ekstremalne spadki cen ropy naftowej zabezpieczają swoje przyszłe zyski, wykorzystując do tego celu kontrakty terminowe na indeks dolara amerykańskiego. Na skutek przepływu informacji, następuje gwałtowny wzrost kursu terminowego amerykańskiej waluty.

Uzasadnieniem zależności przyczynowych pomiędzy ceną ropy naftowej a indeksem londyńskiej giełdy mogą być dwa fakty. Po pierwsze, według danych zamieszczonych w BP Statistical Review of World Energy [2011] na temat poziomu produkcji i konsumpcji ropy na świecie, po 2005 roku Wielka Brytania stała się importerem netto ropy naftowej. Cena ropy na świecie ma zatem silny wpływ na gospodarkę Wielkiej Brytanii, której barometrem jest właśnie indeks FTSE100. Drugim powodem może być fakt, że w składzie indeksu FTSE100, wśród akcji firm o największej kapitalizacji, znajduje się kilka firm bezpośrednio związanych z rynkiem ropy naftowej i gazu, takich jak Royal Dutch Shell, BP czy BG Group. Kształtowanie się cen ropy naftowej ma wpływ na kondycję wymienionych spółek. Znajduje to swoje odzwierciedlenie w ocenie wartości akcji tych firm przez uczestników rynku oraz w poziomie i dynamice indeksu FTSE100.

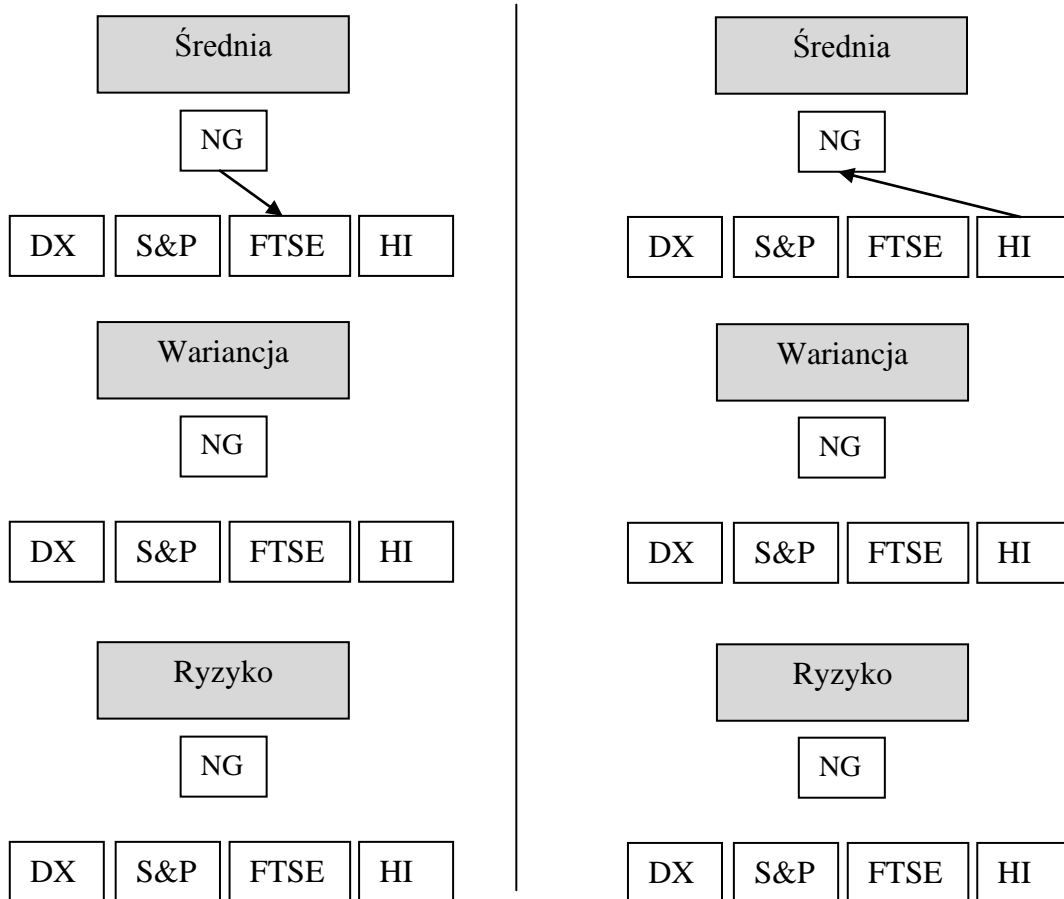
Na Rysunku 4.7 zamieściliśmy wyniki analogicznego testu przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku pomiędzy kontraktem na olej opałowy a indeksami i kontraktami na indeks dolara amerykańskiego, S&P500, FTSE100 i Hang Seng.

Szczególnie interesujące są wyniki testów dla przyczynowości informacyjnej w wariancji, które wskazują na szybkie tempo przepływu informacji pomiędzy rynkiem finansowym, którego barometrem są indeksy rozważanych najważniejszych giełd, a rynkiem terminowym oleju opałowego. Wykryto, podobnie jak w przypadku ropy naftowej, przyczynowość w średniej, wariancji i w ryzyku pomiędzy kontraktem na olej opałowy, a indeksem FSTE100. Wyjaśnienie wykrytych zależności może być podobne, jak w przypadku ropy naftowej.



Rysunek 4.7. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla jednodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na olej opałowy a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI. Strzałka oznacza, że wykryto zależność przyczynową pomiędzy danymi instrumentami

Rysunek 4.8 przedstawia zestawienie wyników testu Cheunga i Ng w średniej, wariancji i ryzyku dla jednodniowego opóźnienia pomiędzy kontraktem na gaz ziemny a indeksami i kontraktami na indeks dolara amerykańskiego, S&P500, FTSE100 i Hang Seng. Widać, że dla jednodniowego opóźnienia nie występuje przyczynowość informacyjna. Można ten wynik zinterpretować jako dowód na to, że inwestorzy w reakcji na napływające informacje nie podejmują natychmiast decyzji skutkujących ruchami kapitału finansowego pomiędzy rynkiem finansowym a rynkiem gazu ziemnego.



Rysunek 4.8. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla jednodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na gaz ziemny a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI. Strzałka oznacza, że wykryto zależność przyczynową pomiędzy danymi instrumentami

4.3. Dekompozycja wartości zagrożonej portfela zawierającego kontrakty terminowe na surowce energetyczne

Wartość zagrożona (*Value at Risk*, w skrócie VaR) jest jedną z najczęściej wykorzystywanych metod pomiaru ryzyka z uwagi na dyrektywę Bazylejskiego Komitetu Nadzoru Bankowego (*Basel Committee on Banking Supervision*), który w 1996 roku (Basel I), 2005 roku (Basel II) oraz 2011 roku (Basel III) określił wymagania ilościowe, które obowiązują przy pomiarze ryzyka przez banki i instytucje finansowe. VaR Pozwala oszacować ryzyko w rozpatrywanym horyzoncie czasowym za pomocą jednej liczby, oznaczającej potencjalną stratę przy danym poziomie istotności. Prostota takiego sposobu oceny ryzyka przyczyniła się do popularności wartości zagrożonej i do rozwoju metod jej wyznaczania. Jedną z nich jest metoda zastosowana w niniejszej pracy, polegająca na wyznaczeniu wektora warunkowych wartości oczekiwanych oraz macierzy warunkowej wariancji-kowariancji z wykorzystaniem wielowymiarowego modelu GARCH z rozkładem t Studenta.

Wśród dotychczasowych badań związanych z szacowaniem wartości zagrożonej w odniesieniu do rynków surowców energetycznych wskazać można głównie takie, które ograniczają się do wyznaczenia wartości narażonej na ryzyko dla pojedynczych instrumentów. Cabedo i Moya [2003] analizowali jakość prognoz wartości zagrożonej dla kursu gotówkowego ropy naftowej Brent, uzyskiwanych przy użyciu trzech metod: symulacji historycznej, symulacji historycznej z prognozami ARMA oraz metody wykorzystującej prognozy zmienności z modelu GARCH(1,1) z rozkładem normalnym dla błędu. Giot i Laurent [2003] porównali cztery modele zmienności do szacowania wartości zagrożonej dla długiej i krótkiej pozycji inwestora lokującego swoje środki w towary, między innymi ropę naftową WTI i Brent. Wśród badanych przez nich modeli zmienności najlepszym okazał się model APARCH ze skośnym rozkładem t Studenta, który zapewniał lepsze prognozy wartości zagrożonej w porównaniu do oszacowań, wyznaczonych w oparciu o model RiskMetrics, ARCH ze skośnym rozkładem t Studenta i APARCH z rozkładem t Studenta. Fan i in. [2008] przeprowadzili badanie dla tych samych nośników energii, wykorzystując model GARCH z uogólnionym rozkładem dla błędu (GED). Badania dla szerszego spektrum towarów przeprowadzili Hung i in. [2008], którzy do oszacowań wartości zagrożonej kursu natychmiastowego ropy WTI oraz Brent, oleju opałowego, propanu oraz benzyny (New York Harbor NYHC-GR) użyli prognoz zmienności z modelu GARCH. Marimoutou i in. [2009] wykorzysta-

li teorię wartości ekstremalnych (EVT) do szacowania wartości zagrożonej kursu nattychiastowego ropy naftowej WTI i Brent. Aloui i Mabrouk [2010] uzyskując prognozy zmienności z modelu FIGARCH, FIAPARCH i HYGARCH, wyznaczyli prognozy wartości zagrożonej kursu gotówkowego ropy WTI i Brent oraz benzyny New York Harbor Convetional Gasoline Regular (NYHCGR) oraz Rotterdam Conventional Gasoline Regular (RCGR). Žiković i Vlahenić-Dizdarević [2011] szacowali wartość zagrożoną oraz inną miarę ryzyka – oczekiwany niedobór – w odniesieniu do kontraktów terminowych *futures*, dla których instrumentem bazowym jest ropa naftowa, gaz ziemny i węgiel. W swoich analizach wykorzystywali metody nieparametryczne, semi-parametryczne i parametryczne modele zmienności. Lu i in. [2011] przedstawili wyniki badań, w których szacowali wartość zagrożoną dla portfela, w skład którego wchodziły kontrakty *futures* na ropę naftową i gaz ziemny, którymi obrót odbywa się na giełdzie w Nowym Jorku. Wykorzystali w tym celu modele AR-GARCH dla jednowymiarowych szeregów, a rozkład łączny dwuwymiarowego szeregu modelowany był za pomocą kopuli.

Układ tej części pracy jest następujący: podamy najważniejsze metody wyznaczania wartości zagrożonej. Omówione zostaną również narzędzia, służące do dekompozycji wartości zagrożonej portfela. W części empirycznej niniejszego rozdziału podamy analizie ryzyko portfela zawierającego kontrakty terminowe na surowce oraz indeksy giełdowe. Oszacowaną wartość zagrożoną dla portfela poddamy następnie dekompozycji wyznaczając wartości krańcowych, przyrostowych i składnikowych wartości narażonych na ryzyko dla każdej pozycji w portfelu. Pozwoli to w syntetyczny sposób poddać analizie ryzyko, na jakie narażony jest inwestor posiadający rozpatrywany portfel, wskazując jednocześnie, jakie zmiany w portfelu w danym momencie mogą być korzystne z punktu widzenia osoby zarządzającej ryzykiem.

4.3.1. Metody wyznaczania wartości zagrożonej

Popularność stosowania wartości narażonej na ryzyko jako miary ryzyka przyczyniła się do powstania bardzo wielu metod jej wyznaczania. Można wśród nich wyróżnić między innymi metody nieparametryczne (symulację historyczną, metodę wariancji-kowariancji) oraz parametryczne, bazujące na parametrycznych modelach zmienności. W przypadku wartości narażonej na ryzyko szacowanej dla pojedynczego instrumentu niezbędne jest zatem dopasowanie jakiegoś modelu zmienności, na przykład jednowymiarowego modelu z rodziny GARCH.

W praktyce inwestycyjnej znacznie częściej spotyka się sytuację wymagającą oszacowania wartości zagrożonej dla portfela składającego się z większej liczby aktywów. Niezbędne staje się zatem dopasowanie wielowymiarowego modelu GARCH, pozwalającego na uwzględnienie siły i dynamiki powiązań pomiędzy składnikami portfela.

Rozważamy wielowymiarowy szereg zwrotów $\mathbf{r}_t = (r_{1,t}, r_{2,t}, \dots, r_{n,t})'$, który można przedstawić w następującej postaci:

$$\mathbf{r}_t = \boldsymbol{\mu}_t + \mathbf{y}_t, \quad (4.24)$$

gdzie $\boldsymbol{\mu}_t$ jest warunkową wartością oczekiwaną wektora \mathbf{r}_t pod warunkiem zbioru informacji \mathcal{F}_{t-1} , dostępnych do momentu $t - 1$ włącznie. Wektor średnich warunkowych $\boldsymbol{\mu}_t = (\mu_{1t}, \mu_{2t}, \dots, \mu_{nt})'$ w uproszczony sposób może być modelowany przy pomocy jednowymiarowego modelu ARMA(p, q) dla każdej średniej μ_{it} z osobna:

$$\mu_{i,t} = a_{i,0} + \sum_{j=1}^p a_{i,j} r_{i,t-j} - \sum_{j=1}^q b_{i,j} y_{i,t-j}. \quad (4.25)$$

Przez \mathbf{H}_t oznaczmy macierz warunkowych kowariancji. Ogólny n -wymiarowy model GARCH dla procesu \mathbf{y}_t jest dany przez równanie

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}} \boldsymbol{\varepsilon}_t, \quad (4.26)$$

gdzie $\mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}}$ oznacza dodatnio określoną macierz, taką, że $\mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}} \cdot \mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}} = \mathbf{H}_t$, a ponadto $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ jest n -wymiarowym procesem niezależnych zmiennych losowych o zerowej średniej i identycznościowej macierzy kowariancji: $\boldsymbol{\varepsilon}_t \sim iid(\mathbf{0}, \mathbf{I}_n)$. Macierz $\mathbf{H}_t^{\frac{1}{2}}$ może być wyznaczona z wykorzystaniem dekompozycji Cholesky'ego macierzy \mathbf{H}_t . Konkretny model GARCH jest określony poprzez specyfikację macierzy \mathbf{H}_t , która musi być dodatnio określona.

Istnieje kilka sposobów na specyfikację macierzy \mathbf{H}_t . Można wyróżnić wśród nich bezpośrednie uogólnienia jednowymiarowego modelu GARCH oraz modele korelacji warunkowej.

Model dynamicznej korelacji warunkowej DCC (ang. *Dynamic Conditional Correlation*) jest uogólnieniem modelu Bollersleva [1990] stałej korelacji warunkowej (ang. *Constant Conditional Correlation*) CCC. Założenie, że korelacje warunkowe nie zmieniają się w czasie, jest nierealistyczne z punktu widzenia licznych zastosowań praktycznych. Model DCC jest znacznie bardziej użyteczny przy modelowaniu zależno-

ści występujących na rynku finansowym. Niewątpliwą zaletą tego modelu jest elastyczność wynikająca z możliwości dopasowania jednowymiarowych modeli z bogatej rodziny GARCH. Ponadto należy on do oszczędnych modeli parametrycznych opisujących korelacje warunkowe bezpośrednio.

W przedstawionym przez Engle'a [2002] modelu DCC o \mathbf{r}_t zakłada się, że ma warunkowy wielowymiarowy rozkład normalny z zerową wartością oczekiwaną i macierzą kowariancji \mathbf{H}_t :

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{D}_t \mathbf{R}_t \mathbf{D}_t, \quad (4.27)$$

gdzie \mathbf{D}_t jest macierzą diagonalną wymiaru $n \times n$, której elementami są $\sqrt{h_{11,t}}, \dots, \sqrt{h_{nn,t}}$ (zmiennie w czasie odchylenia standardowe z jednowymiarowych modeli GARCH). \mathbf{R}_t jest zmienną w czasie macierzą korelacji wymiaru $n \times n$, symetryczną i dodatnio określoną (na głównej przekątnej znajdują się oczywiście jedyńki).

Struktura dynamicznej korelacji warunkowej zadana jest następująco:

$$\begin{aligned} \mathbf{Q}_t &= (1 - \alpha - \beta) \bar{\mathbf{Q}} + \alpha \mathbf{u}_{t-1} \mathbf{u}'_{t-1} + \beta \mathbf{Q}_{t-1}, \\ \mathbf{R}_t &= (\text{diag}(\mathbf{Q}_t))^{-1/2} \mathbf{Q}_t (\text{diag}(\mathbf{Q}_t))^{-1/2}, \end{aligned} \quad (4.28)$$

gdzie $\bar{\mathbf{Q}}$ jest bezwarunkową macierzą kowariancji zmiennej $\mathbf{u}_t = (u_{1t}, \dots, u_{nt})'$, gdzie $u_{it} = \frac{y_{it}}{\sqrt{h_{ii,t}}}$. Ponadto zakład się, że parametry α i β są nieujemne oraz $\alpha + \beta < 1$.

Założenie o normalności rozkładu innowacji, które zostało przyjęte w zaproponowanym przez Engle'a modelu DCC nie jest realistyczne w przypadku finansowych szeregów czasowych, charakteryzujących się grubymi ogonami. Z tego względu Pelagatti i Rondena [2006] proponują, by rozszerzyć dopuszczalne rozkłady do klasy rozkładów eliptycznych.

Aielli [2011] pokazał, że estymator występującej w równaniu definiującym model DCC macierzy $\bar{\mathbf{Q}}$, w postaci empirycznej macierzy korelacji \mathbf{u}_t , nie jest zgodny [Aielli 2011]:

$$E(\mathbf{u}_t \mathbf{u}'_t) = E(E(\mathbf{u}_t \mathbf{u}'_t | \mathcal{F}_{t-1})) = E(\mathbf{R}_t) \neq E(\mathbf{Q}_t) \quad (4.29)$$

Z tego powodu zaproponował on w swojej pracy skorygowany model dynamicznych korelacji warunkowych cDCC (ang. *corrected Dynamic Conditional Correlation*). Niech $\mathbf{P}_t = \text{diag}(\sqrt{q_{11,t}}, \sqrt{q_{22,t}}, \dots, \sqrt{q_{nn,t}})$, a $\mathbf{u}_t^* = \mathbf{P}_t \mathbf{u}_t$. W modelu cDCC wprowadzona została następująca korekta:

$$\mathbf{Q}_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{\mathbf{Q}} + \alpha \mathbf{u}_{t-1}^* \mathbf{u}_{t-1}' + \beta \mathbf{Q}_{t-1}, \quad (4.30)$$

gdzie $\bar{\mathbf{Q}}$ jest bezwarunkową macierzą kowariancji zmiennej \mathbf{u}_t^* .

Po dopasowaniu modelu zmienności możliwe staje się wyznaczenie wartości zagrożonej dla portfela. Poniższa procedura pozwala na oszacowanie wielkości wartości zagrożonej w ujęciu kwotowym. Rozpatrzmy portfel o wartości W składający się z n instrumentów, niech ponadto $\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n)'$ oznacza wektor wag rozpatrywanego portfela ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$). Oznaczmy zaangażowanie w portfelu w daną pozycję jako x_i oraz wektor $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)'$. Wówczas $\mathbf{x} = W \cdot \mathbf{w}$.

Przez $\boldsymbol{\mu}_{t+1|t}$ i $\mathbf{H}_{t+1|t}$ oznaczmy jednodniową prognozę dla wektora średnich i dla macierzy kowariancji. Wówczas wartość zagrożona dla pozycji długiej i krótkiej w ujęciu procentowym może być oszacowana jako:

$$\begin{aligned} VaR_{P,t+1}^l(\alpha) &= -\boldsymbol{\mu}'_{t+1|t} \mathbf{w} - z_\alpha \sqrt{\mathbf{w}' \mathbf{H}_{t+1|t} \mathbf{w}} \\ &= -\mu_{P,t+1|t} - z_\alpha \sigma_{P,t+1|t} \\ VaR_{P,t+1}^s(\alpha) &= \boldsymbol{\mu}'_{t+1|t} \mathbf{w} + z_{1-\alpha} \sqrt{\mathbf{w}' \mathbf{H}_{t+1|t} \mathbf{w}} \\ &= \mu_{P,t+1|t} + z_{1-\alpha} \sigma_{P,t+1|t}, \end{aligned} \quad (4.31)$$

gdzie z_α będzie oznaczać kwantyl rzędu α standaryzowanego jednowymiarowego rozkładu brzegowego wielowymiarowego rozkładu eliptycznego ε_t , $\mu_{P,t+1|t}$ jest jednodniową prognozą średniej stopy zwrotu z portfela, a $\sigma_{P,t+1|t}$ jest jednodniową prognozą odchylenia standardowego dla portfela.

Jeżeli rozpatrujemy wartość zagrożoną portfela w ujęciu kwotowym, wówczas VaR dla pozycji długiej i krótkiej oszacujemy jako:

$$\begin{aligned} VaR_{P,t+1}^{*l}(\alpha) &= -\boldsymbol{\mu}^{*'}_{t+1|t} \mathbf{x} - z_\alpha \sqrt{\mathbf{x}' \mathbf{H}^*_{t+1|t} \mathbf{x}} \\ &= -W(\mu^*_{P,t+1|t} + z_\alpha \sigma^*_{P,t+1|t}) \\ VaR_{P,t+1}^{*s}(\alpha) &= \boldsymbol{\mu}^{*'}_{t+1|t} \mathbf{x} + z_{1-\alpha} \sqrt{\mathbf{x}' \mathbf{H}^*_{t+1|t} \mathbf{x}} \\ &= W(\mu^*_{P,t+1|t} + z_{1-\alpha} \sigma^*_{P,t+1|t}), \end{aligned} \quad (4.32)$$

gdzie

$$\boldsymbol{\mu}^*_{t+1|t} = \frac{1}{100} \boldsymbol{\mu}_{t+1|t},$$

$$\begin{aligned}
H^*_{t+1|t} &= \frac{1}{100^2} H_{t+1|t}, \\
\mu^*_{P,t+1|t} &= \frac{\mu_{P,t+1|t}}{100}, \\
\sigma^*_{P,t+1|t} &= \frac{\sigma_{P,t+1|t}}{100}.
\end{aligned}$$

4.3.2. Ocena jakości oszacowań wartości zagrożonej

Istotnym elementem analizy uzyskanych oszacowań wartości zagrożonej jest tak zwane testowanie wsteczne (*backtesting*). Przez I_t rozumiemy sytuację, gdy strata wartości portfela jest równa lub większa niż VaR dla pozycji długiej.

$$I_t = \begin{cases} 0 & p_{t+1} - p_t > -VaR^*_{P,t+1}(\alpha) \\ 1 & p_{t+1} - p_t \leq -VaR^*_{P,t+1}(\alpha) \end{cases} \quad (4.33)$$

Test przekroczeń Kupca [1995], jest testem ilorazu wiarygodności o następującym układzie hipotez:

$$H_0: E(I_t) = \alpha$$

$$H_1: E(I_t) \neq \alpha$$

Statystyka testowa ma postać:

$$L_{UC} = -2 \log \left[\frac{(1-\alpha)^{n_0} \alpha^{n_1}}{(1-\pi)^{n_0} \pi^{n_1}} \right] \sim \chi^2(1), \quad (4.34)$$

gdzie $\hat{\pi} = \frac{n_1}{n_0+n_1}$, a n_1 jest liczbą obserwacji, gdy strata wartości portfela jest równa lub większa niż VaR dla pozycji długiej, natomiast $n_0 + n_1$ jest liczbą wszystkich obserwacji. Powyższa statystyka testowa ma przy prawdziwej hipotezie zerowej asymptotyczny rozkład $\chi^2(1)$. Test ten pozwala zatem ocenić, czy udział obserwacji, gdy strata wartości portfela jest równa lub większa niż VaR dla pozycji długiej jest zgodny z założonym poziomem istotności.

Test Kupca zwany jest też testem bezwarunkowego pokrycia (*Unconditional Coverage Test*) i jest to pierwszy etap procedury testowania wstecznego zaproponowanego przez Christoffersena [1998]. Test niezależności przekroczeń (*Test of Independence*) stanowi drugi jej etap. Statystyka testowa dla niezależności przekroczeń ma postać:

$$L_{Ind} = -2 \log \left[\frac{(1 - \pi_2)^{(n_{00} + n_{10})} \pi_2^{(n_{01} + n_{11})}}{(1 - \pi_{01})^{n_{00}} \pi_{01}^{n_{01}} (1 - \pi_{11})^{n_{10}} \pi_{11}^{n_{11}}} \right] \sim \chi^2(1), \quad (4.35)$$

gdzie $\pi_{ij} = P(I_t = j | I_{t-1} = i)$, n_{ij} jest liczbą obserwacji, gdy I_t o wartości i poprzedza wartość j , natomiast $\hat{\pi}_2 = \frac{n_{01} + n_{11}}{n_{00} + n_{10} + n_{01} + n_{11}}$, $\hat{\pi}_{01} = \frac{n_{01}}{n_{00} + n_{01}}$, $\hat{\pi}_{11} = \frac{n_{11}}{n_{10} + n_{11}}$.

Test warunkowego pokrycia (*Conditional Coverage Test*) pozwala na łączne testowanie hipotez z dwóch wcześniejszych testów. Statystyka testowa ma postać:

$$L_{CC} = L_{UC} + L_{Ind} \sim \chi^2(2) \quad (4.36)$$

Ponadto duży walor informacyjny dla inwestora posiadają wartości oznaczane jako ESF1 i ESF2. ESF1 oznacza oczekiwany niedobór (*Expected Shortfall*), zdefiniowany jako wartość oczekiwana straty, pod warunkiem, że strata będzie większa niż VaR, natomiast ESF2 to średni stosunek zrealizowanej straty do straty oczekiwanej. Miary te zawierają cenne informacje dla inwestora, który wie, ile średnio może stracić w przypadku, gdy wykorzystywany model zawiedzie.

4.3.3. Analiza wartości zagrożonej dla składników portfela

Wartość zagrożona stanowić ma narzędzie, pozwalające na pomiar ryzyka portfela i odpowiedź na pytania nurtujące inwestorów na temat potencjalnych strat w rozpatrywanym horyzoncie inwestycyjnym. Istnieją jednak kolejne problemy, z którymi borykają się osoby zarządzające ryzykiem. Jednym z pytań, na które próbują udzielić odpowiedzi brzmi: W jaki sposób zmodyfikować pozycje w portfelu, by w efekcie zmniejszyć ryzyko? Potrzeba narzędzi do skutecznego zarządzania pozycjami w portfelu stała się przyczyną wprowadzenia przez Joriona [2007] pojęć takich, jak krańcowa, składnikowa i przyrostowa wartość zagrożona.

4.3.3.1. Krańcowa wartość zagrożona

Krańcowa wartość zagrożona (*Marginal Value at Risk*) składnika portfela oznacza zmianę w wartości zagrożonej całego portfela, jeżeli zwiększone zostanie zaangażowanie w dany instrument o jednostkę pieniężną. Jest to pochodna cząstkowa wartości zagrożonej portfela względem pozycji danego składnika [Jorion 2007].

$$VaR_{M_i}(\alpha) = \frac{\delta VaR_P^*(\alpha)}{\delta x_i} \quad (4.37)$$

Jeżeli wartość zagrożona dla portfela wyznaczona zostanie przy użyciu jednego z omawianych wcześniej parametrycznych modeli zmienności, wówczas krańcową wartość zagrożoną dla pozycji długiej dla i -tego składnika portfela w chwili $t + 1$ wyznaczmy na podstawie następującej formuły:

$$\begin{aligned} VaR_{M_{i,t+1}}(\alpha) &= \frac{\delta VaR_{P,t+1}^*(\alpha)}{\delta x_i} \\ &= -\mu_{i,t+1|t}^* - z_\alpha \frac{Cov_{t+1|t}(\tilde{r}_i, \tilde{r}_P)}{\sigma_{P,t+1|t}^*}, \end{aligned} \quad (4.38)$$

gdzie $\tilde{r} = \frac{r}{100}$.

4.3.3.2. Składnikowa wartość zagrożona

Składnikowa wartość zagrożona (*Component Value at Risk*) dla danej pozycji portfela oznacza przybliżoną zmianę w wartości zagrożonej całego portfela, jeżeli dany instrument zostałby z portfela usunięty [Jorion 2007]. Jest to przybliżona miara ryzyka wynikająca z zaangażowania w dany instrument w portfelu, przy uwzględnieniu efektu dywersyfikacji. Im mniejsza jest waga rozpatrywanego instrumentu w portfelu, tym przybliżenie jest dokładniejsze.

$$VaR_{C_i}(\alpha) = x_i VaR_{M_i}(\alpha) \quad (4.39)$$

Wartość zagrożona portfela jest sumą składnikowych wartości zagrożonych wszystkich pozycji w portfelu:

$$VaR_P^*(\alpha) = \sum_{i=1}^n VaR_{C_i}(\alpha) \quad (4.40)$$

4.3.3.3. Przyrostowa wartość zagrożona

Przyrostowa wartość zagrożona (*Incremental Value at Risk*) składnika portfela oznacza zmianę w wartości zagrożonej całego portfela, jeżeli zaangażowanie w czynniki ryzyka w portfelu zostałoby zmodyfikowane [Jorion 2007]. Jest to miara ryzyka wynikająca z zmian w portfelu, przy uwzględnieniu efektu dywersyfikacji.

$$VaR_I(\mathbf{a}, \alpha) = VaR_{P^*}^*(\alpha) - VaR_P^*(\alpha), \quad (4.41)$$

gdzie $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)'$, natomiast P^* oznacza portfel, w którym zaangażowanie w i -ty czynnik ryzyka w portfelu został zmieniony o a_i .

Niech $\mathbf{VaR}_M(\alpha) = (VaR_{M_1}(\alpha), VaR_{M_2}(\alpha), \dots, VaR_{M_n}(\alpha))$. Wówczas:

$$VaR_{I(a,\alpha)} \approx VaR_M(\alpha) \cdot \mathbf{a}, \quad (4.42)$$

przy czym przybliżenie jest tym dokładniejsze, im mniejsze są zmiany a_i w portfelu.

W szczególności, rozpatruje się sytuację, gdy zmiana o wartości a następuje jedynie na i -tej pozycji: $\mathbf{a} = (0, \dots, a_i = a, \dots, 0)'$,

$$VaR_{I_i}(a, \alpha) = VaR_{p^*}^*(\alpha) - VaR_p^*(\alpha), \quad (4.43)$$

Bardzo ciekawym zagadnieniem związanym z przyrostową wartością zagrożoną jest możliwość wyznaczenia najlepszej zmiany wartości składnika portfela z punktu widzenia zarządzania ryzykiem w celu zmniejszenia ryzyka dla całego portfela. Najlepsze zabezpieczenie (*best hedge*) wyznaczone jest zatem jako wartość a_{hedge} , o którą należy zwiększyć zaangażowanie w i -tą pozycję, by zminimalizować wariancję dla nowego portfela:

$$a_{hedge} = -W \frac{Cov(\tilde{r}_i, \tilde{r}_p)}{(\sigma_i^*)^2} \quad (4.44)$$

4.3.4. Analiza empiryczna

Naszym celem jest określenie czynników ryzyka inwestora o dziennej częstotliwości transakcji. Wykorzystując metodę dekompozycji wartości zagrożonej, opisaną w poprzedniej części tego rozdziału oszacujemy ekspozycję na ryzyko portfela, w którym znajdują się kontrakty na nośniki energii oraz inne instrumenty finansowe. Kontynuując rozważania podjęte w poprzednim badaniu, proponujemy przykładowy portfel, zawierający oprócz kontraktów na nośniki energii również kontrakty terminowe na ważne indeksy giełdowe.

Rozpatrzmy hipotetyczny portfel o wartości $W = 700$ tys.\$ składający się z siedmiu kontraktów *futures*: na ropę naftową (CL), olej opałowy (HO), gaz ziemny (NG), indeks dolara amerykańskiego (DX), indeks S&P500, indeks FTSE100 oraz indeks Hang Seng (HI). Z uwagi na to, że kontrakt na indeks FTSE100 jest denominowany w funtach brytyjskich, a na indeks Hang Seng w dolarach hongkońskich, każdorazowo notowania tych kontraktów zostały przewalutowane na dolary amerykańskie po kursie waluty na koniec danego dnia. Dane na temat notowań walut pochodzą z giełdy FOREX. Możemy w ten sposób wszystkie pozycje w portfelu wyrazić w jednej walucie. Ustalmy, że wagi w portfelu są sobie równe:

$$w_1 = \dots = w_7 = \frac{1}{7},$$

a więc $x_1 = \dots = x_7 = 100$ tys.\$

W pierwszej kolejności dopasujemy wielowymiarowy model GARCH dla danych z okresu od 2.02.2001 r. do 19.05.2009 r. Oszacujemy w ten sposób wartość zagrożoną dla całego portfela dla wszystkich dni w próbie. Poddamy ją dekompozycji wyznaczając krańcowe, przyrostowe i składnikowe wartości narażone na ryzyko dla wszystkich pozycji w portfelu. Pozwoli to nam wskazać, w jaki sposób rozkłada się ryzyko w rozpatrywanym przez nas portfelu. Ponieważ analizę przeprowadzamy w sposób dynamiczny, porównamy, jak zmieniał się w czasie ryzyko poszczególnych składowych portfela.

Równanie średniej warunkowej opisane zostało za pomocą modelu średniej ruchomej MA(1). Spośród omówionych wielowymiarowych modeli zmienności najlepszy dopasowanie uzyskano za pomocą skorygowanego modelu dynamicznych korelacji warunkowych cDCC z rozkładem t Studenta z modelem IGARCH dla procesów jednowymiarowych. Oszacowania parametrów modelu zamieszczono w Tabeli 4.4 i 4.5. W większości przypadków oszacowania parametrów modelu są statystycznie istotne. Oszacowania korelacji bezwarunkowych pomiędzy składowymi portfela pozwalają stwierdzić, że kontrakty terminowe, dla których instrumentem bazowym są ropa naftowa, olej opałowy i gaz ziemny, są ze sobą bardzo silnie związane.

W Tabeli 4.6 przedstawiono wyniki testów dla reszt standaryzowanych, które wskazują na bardzo dobre dopasowanie modelu opisującego dynamikę wszystkich zwrotów z wyjątkiem kontraktu na olej opałowy. W przypadku kontraktu na indeks Hang Seng, nie wychwycono wszystkich zależności liniowych.

Tabela 4.4. Oszacowania parametrów jednowymiarowych modeli IGARCH z rozkładem t Studenta (błędy standardowe w nawiasach)

Instrument	CL	HO	NG	DX	S&P500	FTSE100	HI
Parametr	Oszacowanie parametru						
a_0	0,0906 (0,0459)	0,0767 (0,0474)	-0,0119 (0,0694)	-0,0233 (0,0103)	0,0509 (0,0148)	0,0715 (0,0163)	0,0718 (0,0264)
b_1	-0,0125 (0,0177)	-0,0083 (0,0179)	-0,0371 0,0187	-0,0767 (0,0214)	-0,2243 (0,0217)	-0,2180 (0,0182)	-0,0689 (0,0199)
ω	0,0342 (0,0109)	0,0293 (0,0094)	0,1752 (0,0532)	0,0013 (0,0004)	0,0131 (0,0037)	0,0143 (0,0047)	0,02095 (0,0059)
α	0,0422 (0,0066)	0,0359 (0,0057)	0,0769 (0,0127)	0,0365 (0,0064)	0,0814 (0,0115)	0,0809 (0,01415)	0,0679 (0,0091)

Tabela 4.5. Oszacowania parametrów modelu cDCC z rozkładem t Studenta. W nawiasach okrągłych podano błędy standardowe

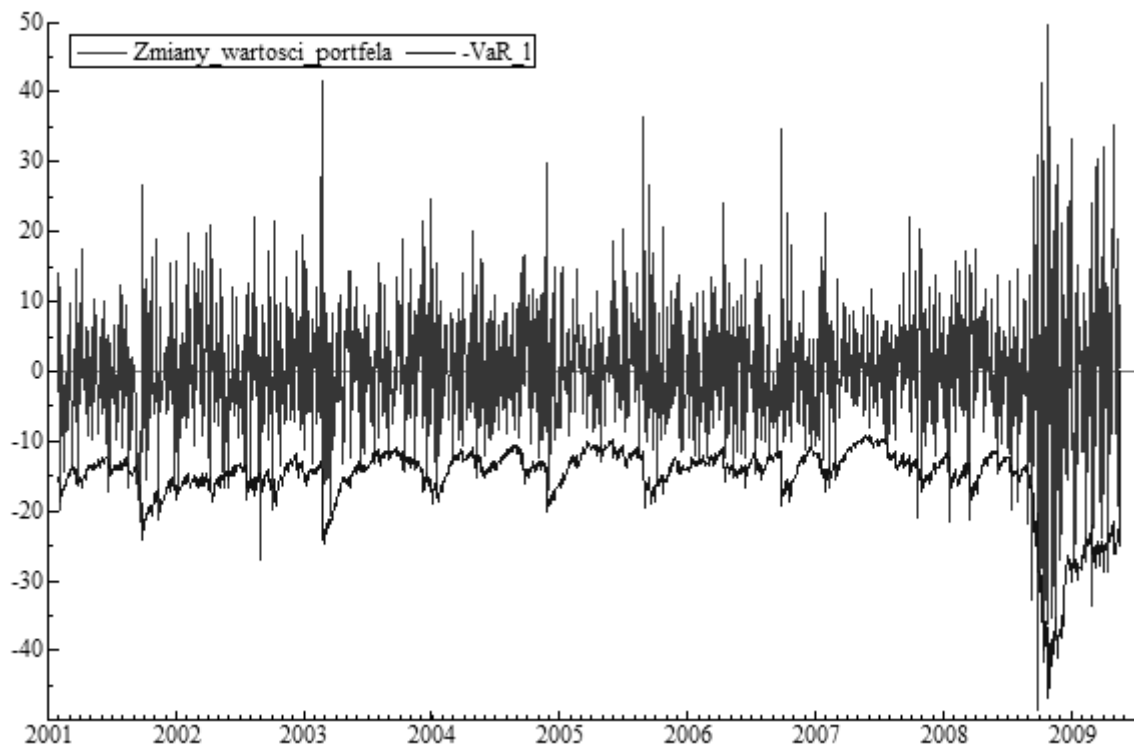
	HO	NG	DX	S&P500	FTSE100	HI	
ρ	0,8977 (0,0096)	0,4381 (0,0332)	-0,1609 (0,0413)	0,0678 (0,0424)	0,1612 (0,0428)	0,0459 (0,0414)	CL
		0,4466 (0,0329)	-0,1542 (0,0412)	0,0463 (0,0414)	0,1255 (0,0418)	0,0415 (0,0410)	HO
			-0,0927 (0,0387)	0,0349 (0,0402)	0,0749 (0,0423)	0,0349 (0,0400)	NG
				-0,0242 (0,0450)	-0,3259 (0,0394)	-0,0468 (0,0424)	DX
					0,5853 (0,0291)	0,2805 (0,0394)	S&P500
						0,3572 (0,0378)	FTSE100
α	0,0228 (0,0028)						
β	0,9560 (0,0067)						
ν	9,5782 (0,7383)						

Tabela 4.6. Wyniki testu Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych W nawiasach okrągłych podano p-wartości

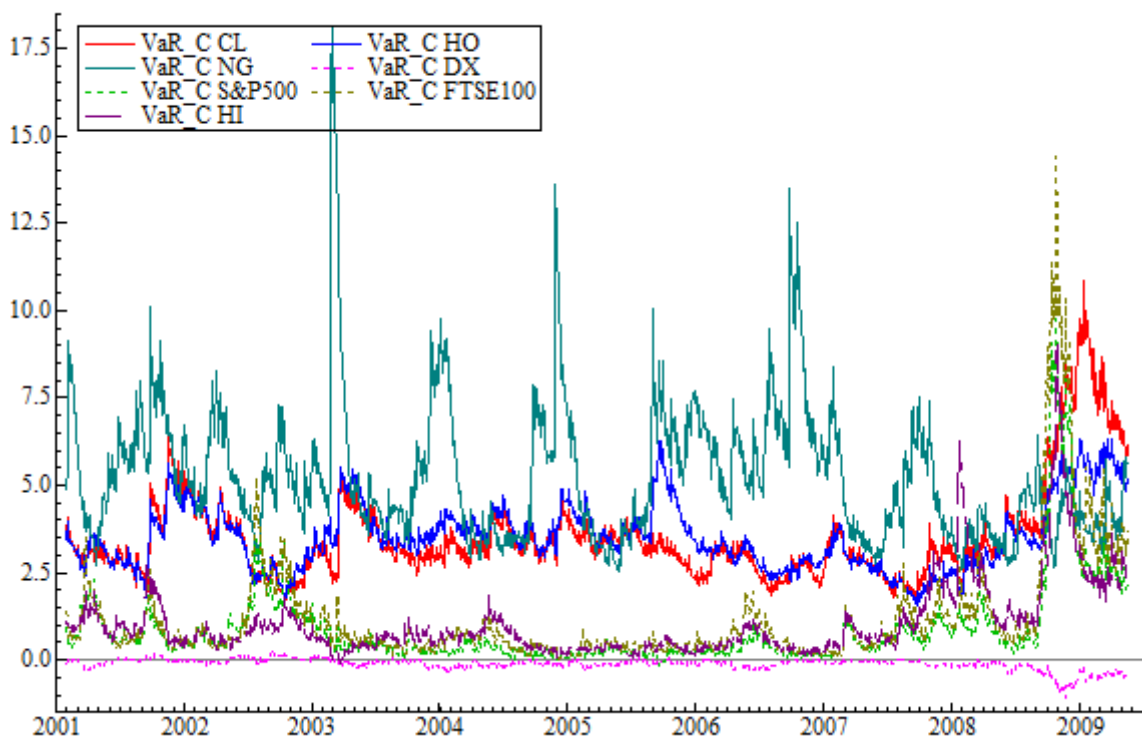
Składowa portfela	Test Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych			Test Boxa-Pierce'a dla kwadratów reszt standaryzowanych		
	$p = 5$	$p = 20$	$p = 50$	$p = 5$	$p = 20$	$p = 50$
CL	7,39396 [0,1929]	21,2319 [0,3836]	54,8590 [0,2956]	2,34420 [0,7998]	28,4369 [0,0995]	39,9135 [0,8456]
HO	15,1072 [0,0099]	49,4454 [0,0003]	78,4675 [0,0062]	23,9965 [0,0002]	45,5551 [0,0009]	69,3568 [0,0363]
NG	2,65889 [0,7524]	14,5259 [0,8029]	32,1580 [0,9765]	1,51622 [0,9112]	5,30953 [0,9996]	13,8441 [0,9999]
DX	5,86762 [0,3193]	12,4873 [0,8983]	39,7753 [0,8494]	4,01188 [0,5477]	23,3420 [0,2723]	52,0464 [0,3942]
S&P500	5,94847 [0,3112]	24,0071 [0,2421]	66,1830 [0,0623]	0,916760 [0,9689]	12,0979 [0,9127]	30,5747 [0,9862]
FTSE100	4,67993 [0,4562]	16,4162 [0,6905]	45,6883 [0,6469]	13,6942 [0,0177]	27,6192 [0,1187]	51,9117 [0,3990]
HI	11,9543 [0,03542]	31,4161 [0,0499]	63,2551 [0,0987]	6,51624 [0,2592]	13,3615 [0,8613]	4,9975 [0,9988]

Wyznaczono oszacowania jednodniowej wartości zagrożonej (w próbie) dla rozpatrywanego portfela przy poziomie tolerancji $\alpha = 0,05$. Rysunek 4.9 przedstawia, jak w rozpatrywanym okresie zmieniało się całkowite ryzyko inwestora zajmującego pozycję długą. Widzimy wyraźny wzrost wartości narażonej na ryzyko w okresie kryzysu począwszy od jesieni 2008 r. Oszacowania wartości zagrożonej dobrze dopasowują się do aktualnej dynamiki portfela.

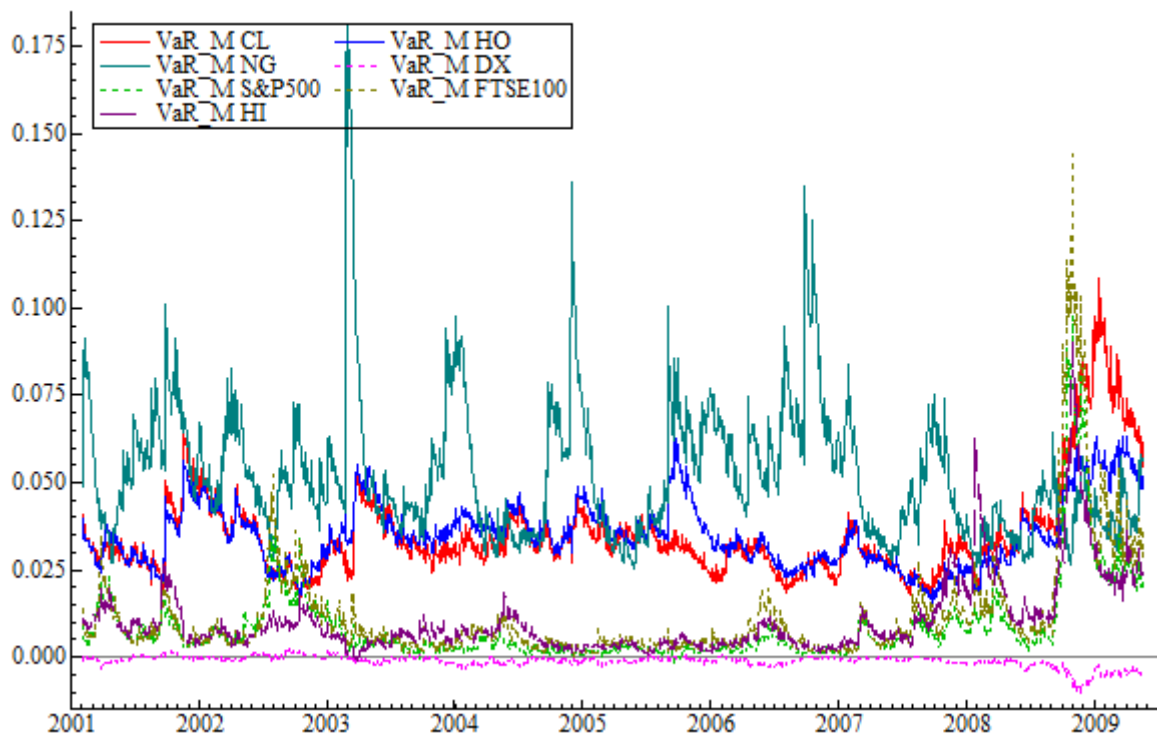
Jak wcześniej wspominaliśmy, wykorzystamy informacje na temat powiązań pomiędzy badanymi kontraktami w celu zdekomponowania ryzyka portfela. Ponieważ wartość narażoną na ryzyko dla portfela wyznaczyliśmy w sposób dynamiczny, również krańcowe, składnikowe oraz przyrostowe wartości zagrożone dla składników portfela zmieniają się w czasie, co przedstawiono na Rysunkach 4.10-4.12. Zwrócić należy uwagę na to, że udziały w całkowitym ryzyku portfela ulegały zmianom. Szczególnie mocno uwidacznia się to w przypadku kontraktu na gaz ziemny, który, co należy zaznaczyć, stanowi najbardziej zmienny instrument w tym portfelu, choć w okresie kryzysu finansowego na świecie udziały ryzyka przypadły na zupełnie inne instrumenty finansowe, to znaczy na kontrakt na ropę naftową oraz indeks największych spółek giełdowych w Wielkiej Brytanii.



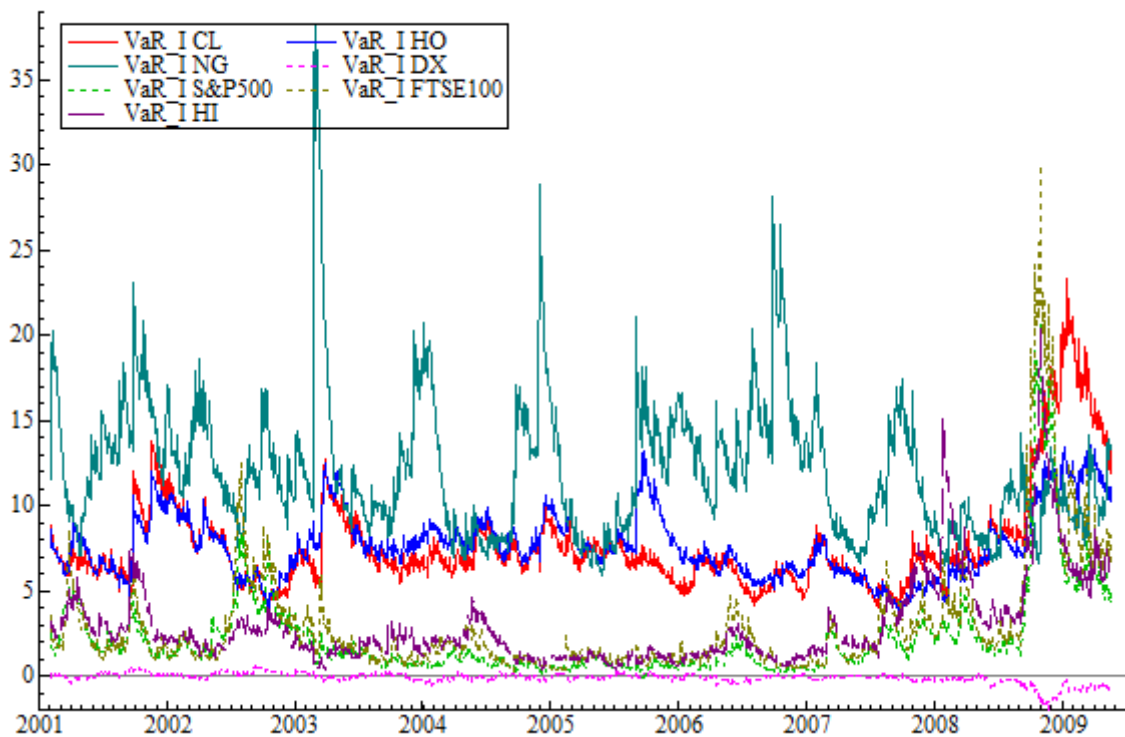
Rysunek 4.9. Oszacowania jednodniowej wartości zagrożonej portfela na poziomie tolerancji 0,05 oraz rzeczywiste zmiany jego wartości



Rysunek 4.10. Oszacowania jednodniowej składnikowej wartości zagrożonej składników portfela na poziomie tolerancji 0,05



Rysunek 4.11. Oszacowania jednodniowej krańcowej wartości zagrożonej składników portfela na poziomie tolerancji 0,05



Rysunek 4.12. Oszacowania jednodniowej przyrostowej wartości zagrożonej składników portfela na poziomie tolerancji 0,05 dla zmiany pozycji o 200 (tys. \$)

Ponieważ dynamika badanego portfela oraz, co za tym idzie, wartości zagrożonej silnie zmieniała się w rozpatrywanym okresie, porównamy oszacowania z początku próby ze sytuacją, która miała miejsce w dniu 28.10.2008 r., to znaczy w dniu, gdy wartość zagrożona dla portfela dla pozycji długiej była najwyższa. Przyczyną tego była bardzo silna zmienność poprzedzająca ten dzień, która wynikała z wydarzeń związanych z kryzysem finansowym na świecie.

Wyniki oszacowań wartości zagrożonych dla portfela oraz jego składowych w dniu 2.02.2001 oraz 28.10.2009 zostały przedstawione w Tabeli 4.7 i 4.8. Sporządzenie tego typu tabeli dla osoby zarządzającej ryzykiem stanowi ważny etap analizy zagrożeń. Informacje, które w ten sposób można uzyskać, są cenną wskazówką w odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób ryzyko rozkłada się na poszczególne pozycje oraz jakie decyzje inwestycyjne mogą prowadzić do zmniejszenia ogólnego ryzyka portfela.

W dniu 2.02.2001 r., a więc na początku okresu badania, największy udział w ryzyku portfela miały surowcowe kontrakty terminowe. W konsekwencji najlepszym zabezpieczeniem byłaby sprzedaż tych kontraktów. Korzystne dla zmniejszenia ryzyka byłoby natomiast zainwestowanie większych środków finansowych w kontrakt na indeks dolara amerykańskiego.

W dniu 28.10.2009 r., gdy ryzyko portfela dla pozycji długiej było największe, znacznie wyższe udziały w ryzyku portfela miały indeksowe kontrakty terminowe, z FTSE100 na czele. Co ciekawe, analizy wskazują, że wartość pozycji odpowiadającej kontraktowi na dolara amerykańskiego powinna zostać zwiększona aż dziesięciokrotnie.

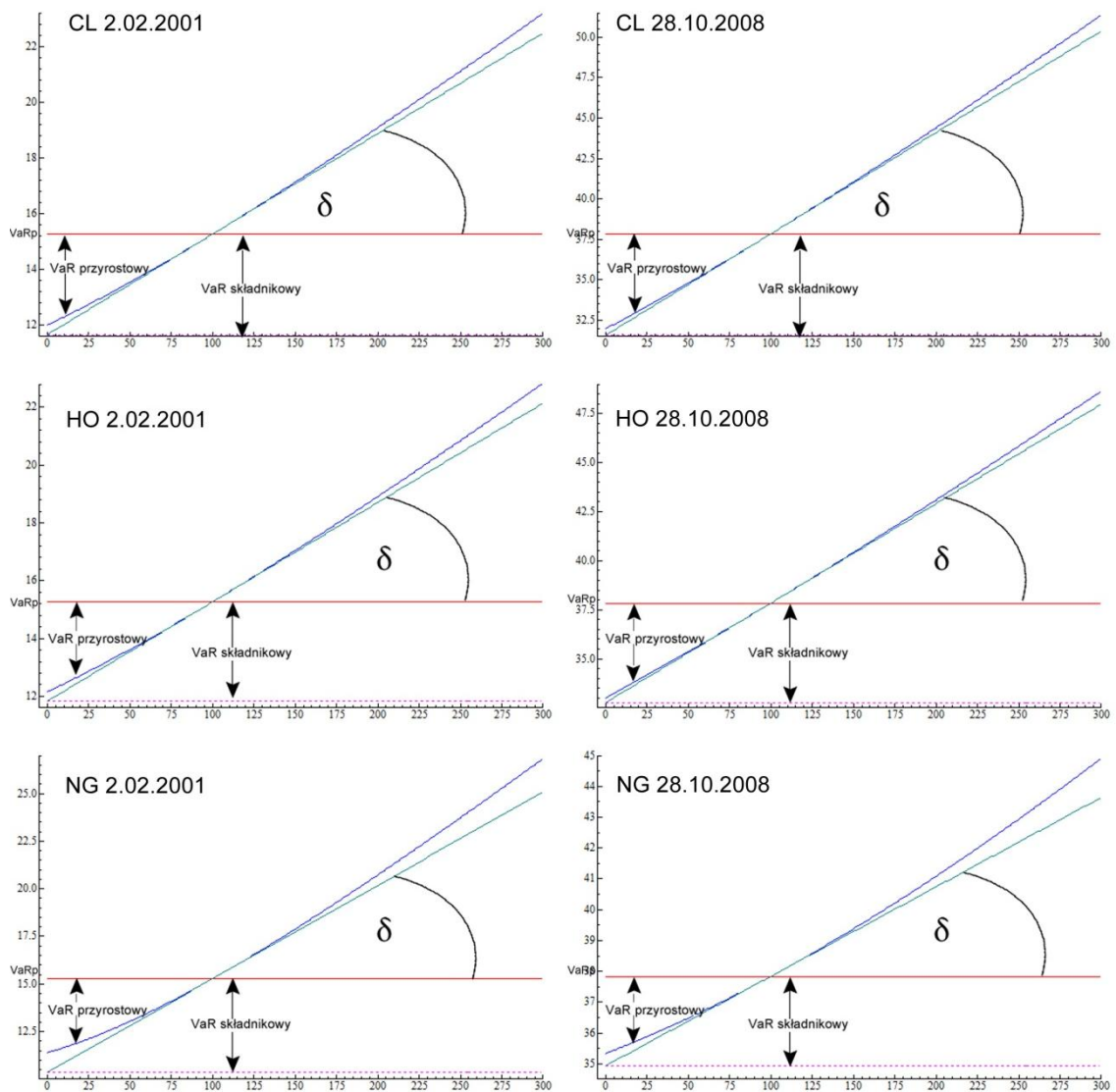
Tabela 4.7. Dekompozycja wartości zagrożonej dla portfela w dniu 2.02.2001 r.

Pozycja w portfelu	Składowy VaR	Udział w ryzyku portfela	Indywidualny VaR	Najlepsze zabezpieczenie
CL	3,6032	23,61%	4,5928	-262,40%
HO	3,4372	22,52%	4,4272	-269,27%
NG	4,9077	32,16%	6,8611	-162,22%
DX	-0,1084	-0,71%	1,0674	189,22%
S&P500	0,9425	6,18%	2,6093	-217,71%
FTSE100	1,3764	9,02%	3,1075	-222,90%
HI	1,1038	7,23%	3,2761	-162,91%
Suma	15,2626	100%	25,9413	

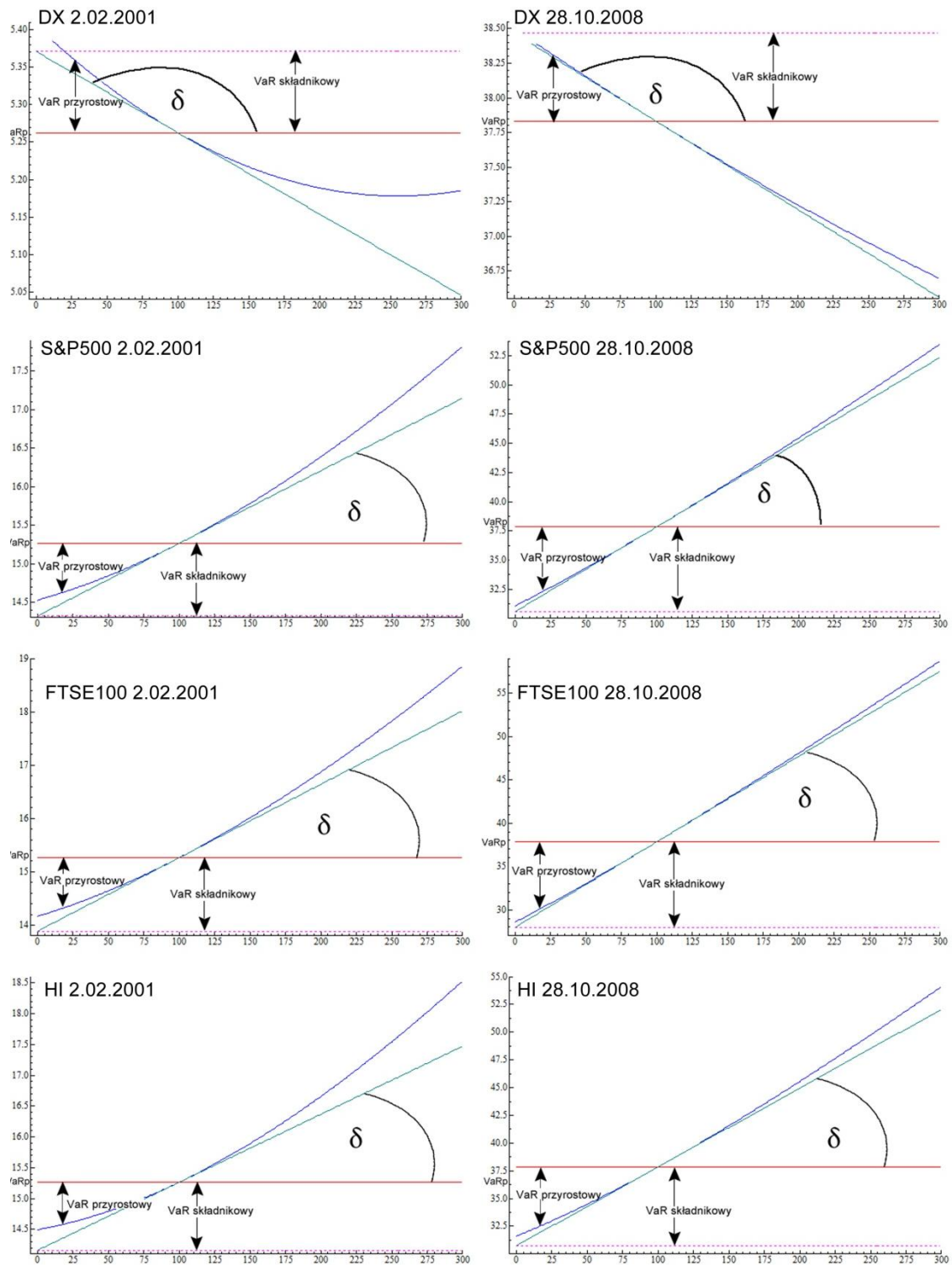
Tabela 4.8. Dekompozycja wartości zagrożonej dla portfela w dniu 28.10.2008 r.

Pozycja w portfelu	Składowy VaR	Udział w ryzyku portfela	Indywidualny VaR	Najlepsze zabezpieczenie
CL	6,4983	13,89%	8,4482	-406,96%
HO	4,9913	10,67%	6,5836	-508,82%
NG	3,0257	6,47%	6,2684	-340,12%
DX	-0,7466	-1,60%	1,7513	1027,04%
S&P500	9,7796	20,90%	11,6405	-335,43%
FTSE100	14,3771	30,72%	15,9746	-267,84%
HI	8,8694	18,95%	11,9646	-280,33%
Suma	46,7947	100%	62,6312	

Rysunki 4.13 i 4.14 przedstawiają szczegółowo, w jaki sposób w rozpatrywanym portfelu rozkłada się ryzyko oraz jak zmiany danej pozycji mogą wpłynąć na całkowitą wartość zagrożoną. Wykresy wykonaliśmy dokonując dekompozycji w dwóch omawianych dniach, to jest 2.02.2001 r. oraz 28.10.2010 r. W przypadku kontraktów na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny obserwujemy bardzo podobne zależności. Natomiast w przypadku kontraktów na badane indeksy diametralnie zmieniła się szybkość reakcji wartości zagrożonej na zmiany wartości danej pozycji. W dniu, gdy występowała mniejsza zmienność, to jest 2.02.2001 r. stosunkowo niewielka zmiana danej pozycji powodowała znaczną zmianę wartości zagrożonej całego portfela. Natomiast w czasie kryzysu, w dniu 28.10.2010 uzyskanie odpowiedniego efektu wymagało dużej zmiany zaangażowania w dany instrument.



Rysunek 4.13. Dekompozycja wartości zagrożonej dla portfela w dniu 2.02.2001 r. i 28.10.2008 r. Tangens zaznaczonego kąta δ równy jest końcowej wartości zagrożonej



Rysunek 4.14. Dekompozycja wartości zagrożonej dla portfela w dniu 2.02.2001 r. i 28.10.2008 r. cd.

Podsumowanie

W rozdziale omówiliśmy własności zmienności na rynku terminowym surowców energetycznych generowanej przez inwestorów o dziennej częstotliwości transakcji. Przeprowadziliśmy w tym celu trzy ważne badania.

W pierwszym z nich wykorzystaliśmy model zmienności HAR-RV, który pozwolił oszacować, jaki wpływ na zmienność dzienną mają uczestnicy rynku o dłuższym horyzoncie inwestycji. Wyniki badań wskazują, że w przypadku zmienności na rynku ropy naftowej i oleju opałowego dominuje składnik tygodniowy, natomiast na dynamikę kursu terminowego gazu ziemnego dominujący wpływ mają inwestorzy o niskiej częstotliwości transakcji.

Drugą część rozdziału poświęciliśmy na zbadanie zależności przyczynowych w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku. Zweryfikowaliśmy, czy istnieje przyczynowość pomiędzy rozpatrywanymi kontraktami na nośniki energii. Okazało się, że jeśli wziąć pod uwagę jednodniowe opóźnienie, to w pewnych przypadkach istnieje przyczynowość w średniej i wariancji. Przyczynowość w ryzyku nie występuje dla jednodniowego opóźnienia. Zmienność na rynku gazu ziemnego wyprzedza o jeden dzień zmienność na rynku ropy naftowej i gazu ziemnego. Tym samym, prognozując zmienność kursu terminowego ropy i oleju opałowego powinniśmy wziąć pod uwagę, co działo się poprzedniego dnia na rynku gazu. Zbadaliśmy również zależności przyczynowe pomiędzy kontraktami na nośniki energii a rynkiem finansowym. Okazało się, że najwięcej powiązań przyczynowych w sensie Grangera w zmienności wykryto dla kontraktu na olej opałowy. W przypadku gazu ziemnego przyczynowość informacyjna pomiędzy badanymi instrumentami nie występowała w żadnym przypadku.

W trzecim badaniu postanowiliśmy dokonać dekompozycji ryzyka inwestycji dla hipotetycznego portfela, w którym znajdują się kontrakty na ropę naftową, olej opałowy i gaz ziemny oraz kontrakty na indeks dolara amerykańskiego i ważne indeksy giełdowe. Aby oszacować krańcową, składnikową i przyrostową wartość zagrożoną dopasowaliśmy wielowymiarowy model GARCH. Estymacja tego modelu dostarczyła oszacowań korelacji pomiędzy rozpatrywanymi kontraktami. Jak się okazało, istnieją między nimi silne powiązania. Ma to duże znaczenie z punktu widzenia zarządzania ryzykiem portfela zawierającego wspomniane kontrakty – efekt dywersyfikacji jest

istotny. Mogliśmy się o tym przekonać porównując wartość zagrożoną całego portfela z sumą indywidualnych wartości zagrożonych pojedynczych instrumentów.

5. Zmienność generowana przez uczestników rynku o niskiej częstotliwości transakcji

Przeprowadzone w poprzednich rozdziałach analizy odnosiły się do kwestii związanych ze zmiennością, generowaną przez uczestników rynku o stosunkowo wysokiej częstotliwości transakcji. W niniejszej części pracy zaprezentujemy wyniki badań, które pozwolą przyjrzeć się wybranym zagadnieniom związanych ze zmiennością, rozpatrywaną dla dłuższych horyzontów inwestycji.

5.1. Zmienność tygodniowa i miesięczna w świetle hipotezy rynku niejednorodnego

Rozważania rozpoczniemy od uzupełnienia wyników badań omówionych w Rozdziałach 3.1 i 4.1. Tabela 5.1 i 5.2 przedstawia oszacowania parametrów modelu HAR-RV, opisanego w Rozdziale 4.1 i dopasowanego do tygodniowej i miesięcznej zmienności zrealizowanej dla rozpatrywanych nośników energii. Oszacowano wpływ każdej ze składowych głównej, odpowiadającej różnym horyzontom inwestycyjnym (dziennemu, tygodniowemu i miesięcznemu).

W przypadku modelu dla zmienności tygodniowej na rynku terminowym ropy naftowej na szczególną uwagę zasługuje dominujący wpływ czynnika tygodniowego, mierzonego oszacowaniem parametru β^w . Zmienność generowana przez uczestników rynku ropy naftowej o dziennej i miesięcznej częstotliwości transakcji ma podobny wpływ na kształtowanie dynamiki kursu terminowego ropy naftowej. Oszacowania parametrów modelu dla zmienności miesięcznej wskazują na zbliżony wpływ trzech grup inwestorów, z nieznaczną przewagą uczestników rynku o tygodniowej częstotliwości transakcji. Podsumowując uzyskane wyniki warto przypomnieć, że dominujący wpływ inwestorów o tygodniowym horyzoncie inwestycyjnym na rynku terminowym ropy naftowej wykryto również w badaniu dla zwrotów wysokiej częstotliwości (godzinnych), a także w przypadku zmienności dziennej. Stanowi to ciekawy przykład niezgodności z regułą asymetrycznego propagowania zmienności.

Tabela 5.1. Oszacowania parametrów modelu HAR-RV dla tygodniowej zmienności zrealizowanej

	CL	HO	NG
Parametr	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru
c HACSE	4,9304 (0,0752)	4,0231 (0,0541)	15,9156 (0,4352)
PC_1 HACSE	-0,9861 (0,0480)	-0,8759 (0,0336)	-4,9138 (0,2880)
PC_2 HACSE	-	0,2889 (0,0980)	15,9156 (0,4352)
PC_3 HACSE	0,5926 (0,2064)	-	-
β^d	0,1219	0,1230	0,1842
β^w	0,5051	0,3127	0,2763
β^m	0,1390	0,3808	6,0174

Uwaga: HACSE oznacza błąd standardowy odporny na autokorelację i heteroskedastyczność .

Tabela 5.2. Oszacowania parametrów modelu HAR-RV dla miesięcznej zmienności zrealizowanej

	CL	HO	NG
Parametr	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru	Oszacowanie parametru
c HACSE	5,0617 (0,0920)	3,9121 (0,0500)	2,5066 (0,0169)
PC_1 HACSE	-0,7072 (0,0599)	-0,6989 (0,0312)	-0,2063 (0,0112)
PC_2 HACSE	-	0,281 (0,0889)	-0,1701 (0,0231)
β^d	0,1942	0,0799	0,0001
β^w	0,2028	0,2532	0,0109
β^m	0,1942	0,3213	0,5325

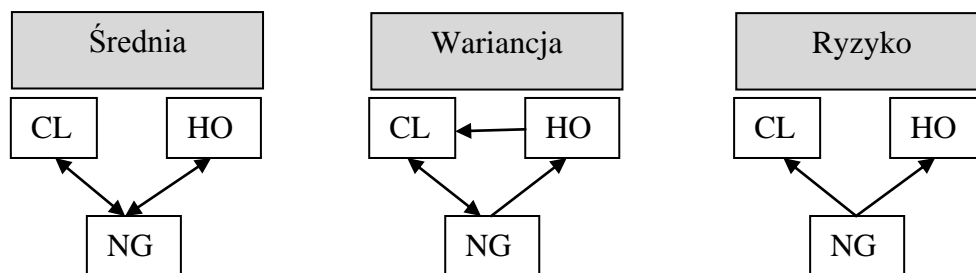
Uwaga: HACSE oznacza błąd standardowy odporny na autokorelację i heteroskedastyczność .

Co ciekawe, zupełnie odmienne wyniki badań uzyskano dla oleju opałowego i gazu ziemnego. Okazuje się, że w tym wypadku występuje wzorzec asymetrycznego propagowania zmienności. W przypadku pierwszego z wymienionych nośników energii wpływ danego składnika rynku rośnie równomiernie wraz ze zwiększaniem interwału czasowego. Natomiast wyniki estymacji modelu dla kursu terminowego gazu ziemnego ponownie wskazują, że dominujący wpływ na zmienność tego nośnika energii ma składnik długoterminowy, tj. zmienność miesięczna. Wskazywałoby to zatem na dominującą pozycję inwestorów o niskiej częstotliwości transakcji.

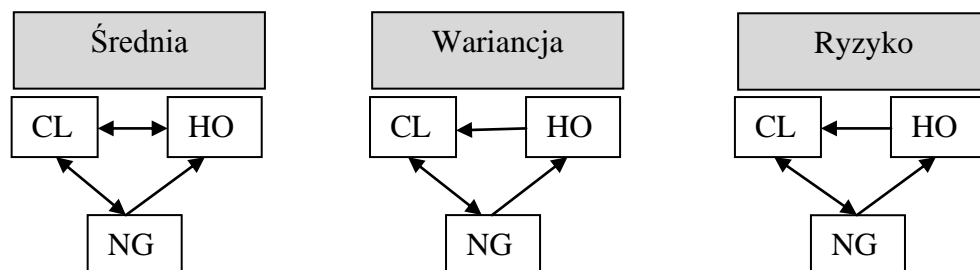
5.2. Analiza długoterminowych zależności przyczynowych

W niniejszej części pracy uwzględnimy wyniki testów przyczynowości dla dłuższych opóźnień i uzupełnimy sformułowane wcześniej wnioski dotyczące zależności przyczynowych w sensie Grangera na rynku surowców energetycznych oraz w powiązaniu z rynkiem finansowym.

5.2.1. Przyczynowość w sensie Grangera pomiędzy kontraktami na nośniki energii



Rysunek 5.1. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla tygodniowego opóźnienia pomiędzy kontraktami na nośniki energii



Rysunek 5.2. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla miesięcznego opóźnienia pomiędzy kontraktami na nośniki energii

Podsumowanie wyników testu Cheunga i Ng [1996] oraz testu Honga [2001, 2009], weryfikującego hipotezy o braku przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku dla tygodniowego ($M = 5$) i miesięcznego ($M = 20$) opóźnienia pomiędzy badanymi kontraktami na surowce energetyczne, zamieszczono na Rysunku 5.1 i 5.2. Biorąc pod uwagę tygodniowe opóźnienie wykryto sprzężenie zwrotne w sensie Grangera w średniej pomiędzy ropą naftową a gazem ziemnym oraz olejem opałowym a gazem ziemnym. Dla miesięcznego opóźnienia zależności raczej się utrzymują. Dodatkowo w tym przypadku występuje również sprzężenie zwrotne w średniej pomiędzy ropą naftową a olejem opałowym. Prognozowanie poziomu zwrotu z inwestycji w kontrakty na nośniki

energetyczne może zatem dać lepsze efekty, jeżeli wykorzystane zostaną informacje z dłuższego okresu na temat kształtowania się cen terminowych innych nośników.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę tygodniowe i miesięczne opóźnienie, pojawia się taki sam wzorzec zależności przyczynowych w wariancji. Warto przypomnieć, że dla jednodniowego opóźnienia wykryto jedynie, że zmienność na rynku gazu ziemnego poprzedza zmienność kursu terminowego oleju opałowego i ropy naftowej. Okazuje się, że tempo przepływu informacji w przeciwnym kierunku jest słabsze, przy czym znaczenie mają jedynie informacje związane z kursem terminowym ropy naftowej. Wydaje się, że tak znaczne opóźnienie może wiązać się z wykrytą na rynku gazu dominującą pozycją inwestorów długoterminowych.

Wyniki badań przyczynowości w sensie Grangera w ryzyku jeszcze silniej uwiadcniają omówione zależności. Ekstremalne zmiany cen terminowych na rynku gazu poprzedzają podobne wydarzenia na rynku pozostałych badanych nośników energii w odstępie tygodniowym. Przyczynowość w ryzyku w przeciwnym kierunku występuje, podobnie jak w przypadku zmienności, jeżeli weźmie się pod uwagę dłuższe opóźnienia.

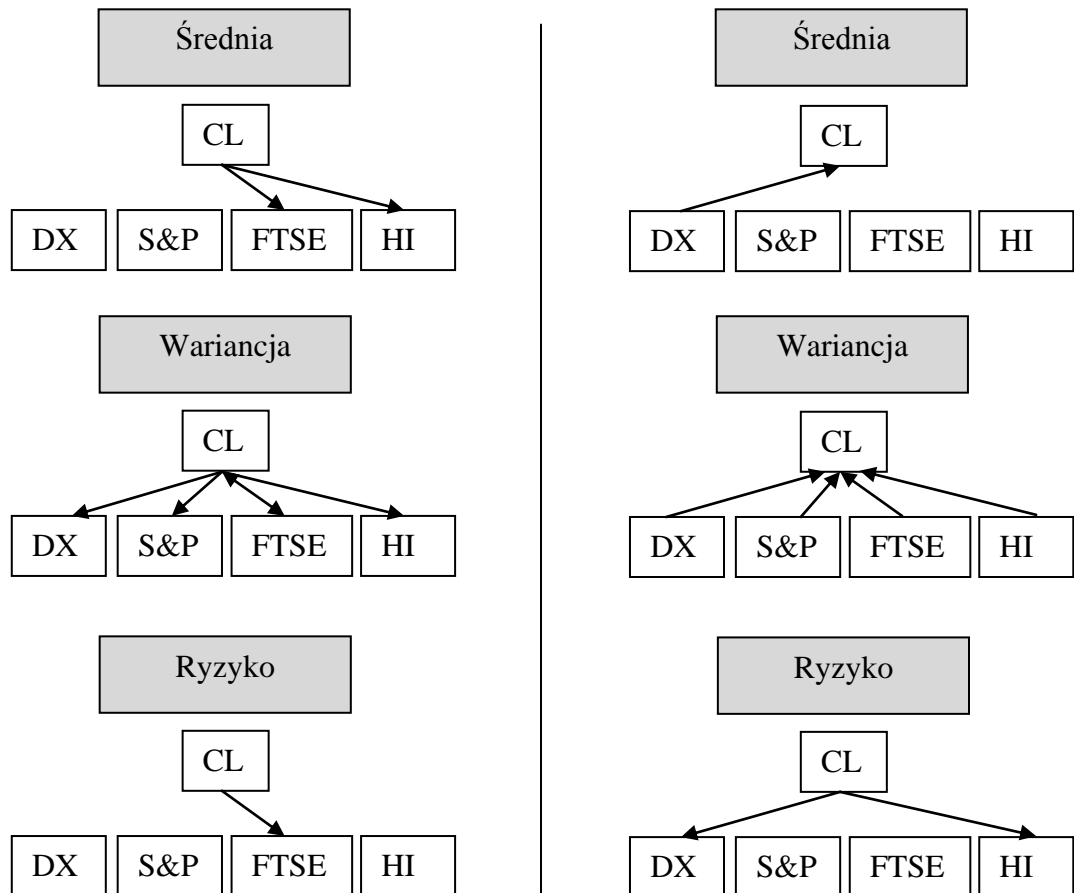
5.2.2. Instrumenty rynku finansowego a kontrakty na nośniki energii

Wyniki testów Cheunga i Ng, przeprowadzonych w celu weryfikacji hipotezy o braku przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku dla tygodniowego ($M = 5$) opóźnienia pomiędzy kontraktem na ropę naftową a indeksem dolara amerykańskiego oraz indeksami giełdy w Nowym Jorku, Londynie i Hong Kongu, zamieszczono na Rysunku 5.3.

Zgodnie ze wskazaniem testów, przyczynowość w średniej została wykryta w trzech przypadkach. Średnie zwroty z indeksu Hang Seng mogą być lepiej prognozowane, jeżeli uwzględni się informacje na temat kształtowania się zwrotów z inwestycji w kontrakty terminowe na ropę naftową. Warto zwrócić uwagę, że taki wniosek uzyskaliśmy już wcześniej, biorąc pod uwagę dzienne opóźnienie. Również wtedy zwracaliśmy uwagę na szczególnie interesujące wyniki wszystkich testów przyczynowości dla indeksu FTSE100.

Wyniki testów przyczynowości informacyjnej w wariancji wskazują, że zmienność na rynku terminowym ropy naftowej poprzedza zmienność badanych indeksów, przy czym w dwóch przypadkach – dla indeksu S&P500 i Hang Seng – dopiero tygodniowe opóźnienie pozwoliło taką zależność wychwycić. Warto zwrócić również uwagę na to, że zmienność kontraktów terminowych na wszystkie badane indeksy poprze-

dza wahania obserwowanego kursu (a tym samym także stóp zwrotu) terminowego ropy naftowej. Uwzględnienie informacji na temat zmienności tych kontraktów z dostatecznie dużym opóźnieniem może zatem poprawić prognozy wariancji warunkowej kontraktów terminowych na ropę naftową.

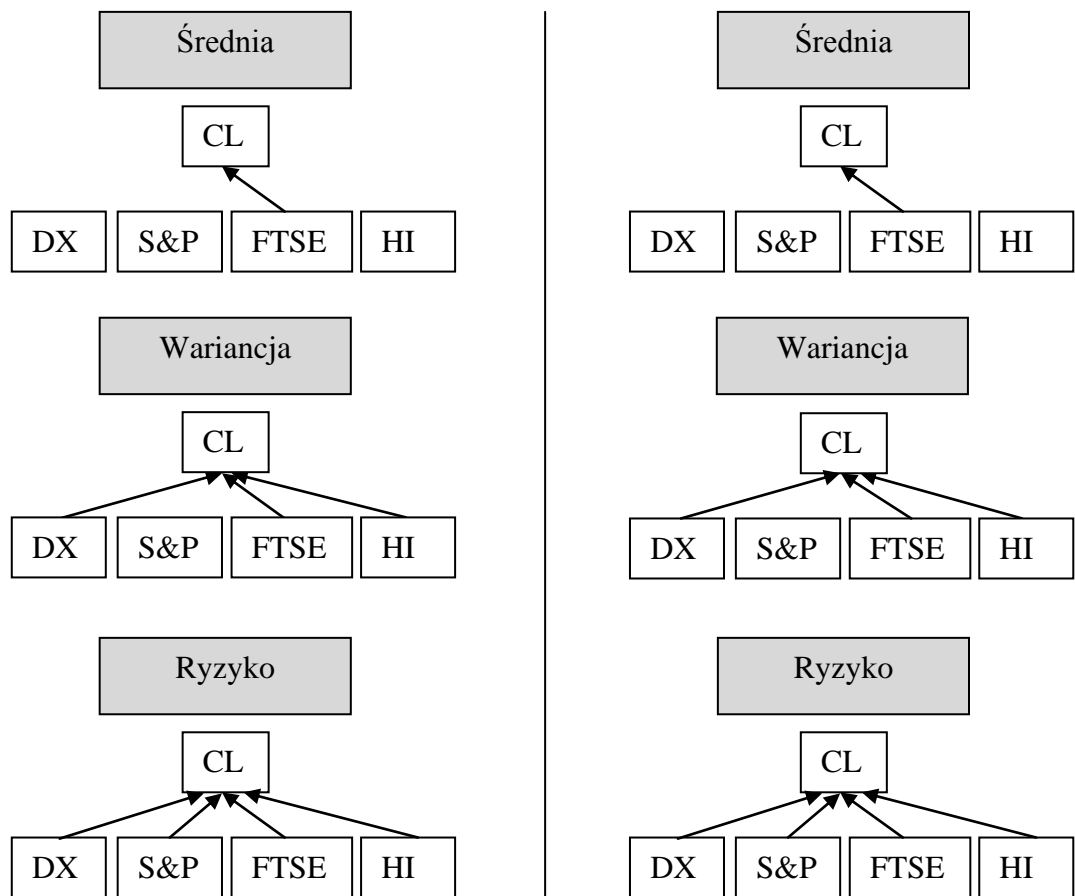


Rysunek 5.3. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla tygodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na ropę naftową a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI

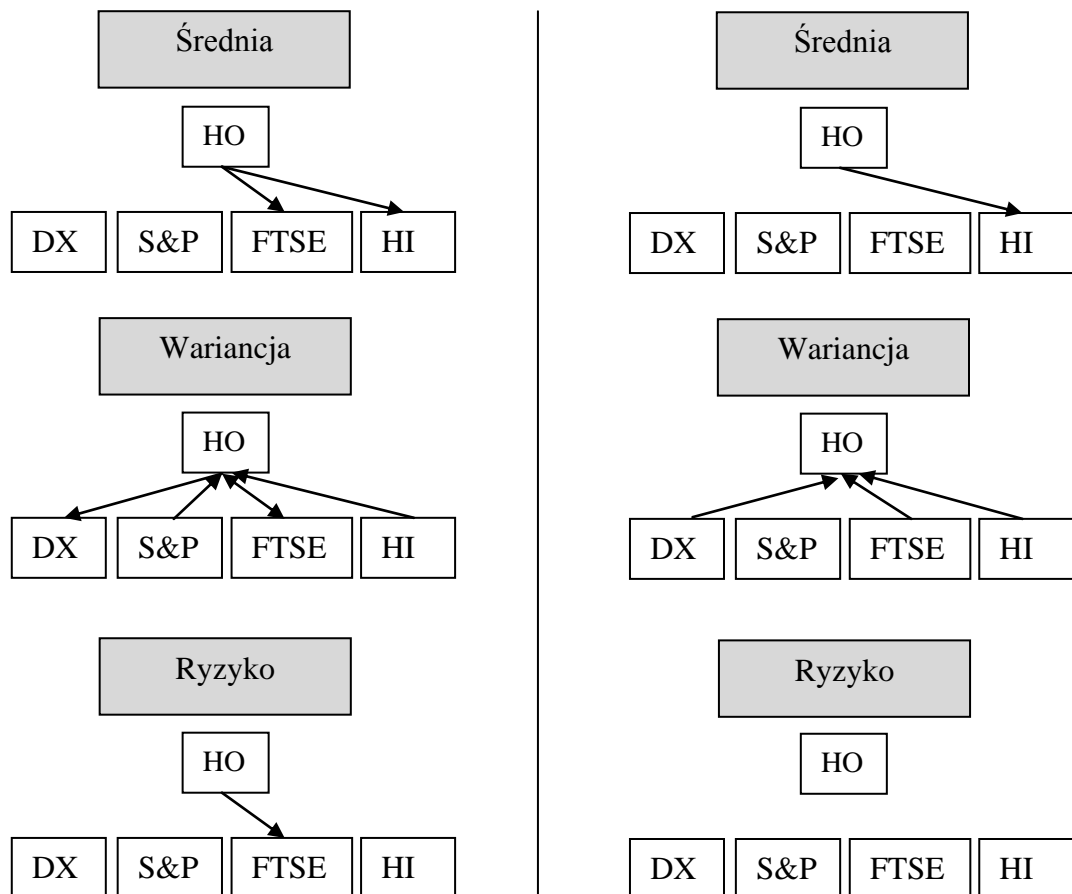
Podsumowanie wyników testów Honga dla miesięcznego ($M = 20$) opóźnienia pomiędzy kontraktem na ropę naftową a indeksem dolara amerykańskiego oraz indeksami giełdy w Nowym Jorku, Londynie i Hong Kongu, zamieszczono na Rysunku 5.4.

Co ciekawe, wyniki dla miesięcznego opóźnienia są identyczne, jeśli weźmie się pod uwagę zależności między kursem terminowym ropy i indeksami lub kontraktami na te indeksy. We wszystkich przypadkach, jeżeli wykryto zależność przyczynową, to była to zależność jednokierunkowa. Zmienność indeksu (i kontraktu na indeks) dolara amerykańskiego, giełdy w Londynie i Hong Kongu poprzedza zmienność kontraktu terminowego na ropę naftową WTI. Podobny wniosek można sformułować w przypadku

ekstremalnych ruchów cen, uwzględnionych w przypadku przyczynowości w ryzyku, przy czym dodatkowo wykryto zależności z indeksem i kontraktem na indeks S&P500.



Rysunek 5.4. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla miesięcznego opóźnienia między kontraktem terminowym na ropę naftową a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI

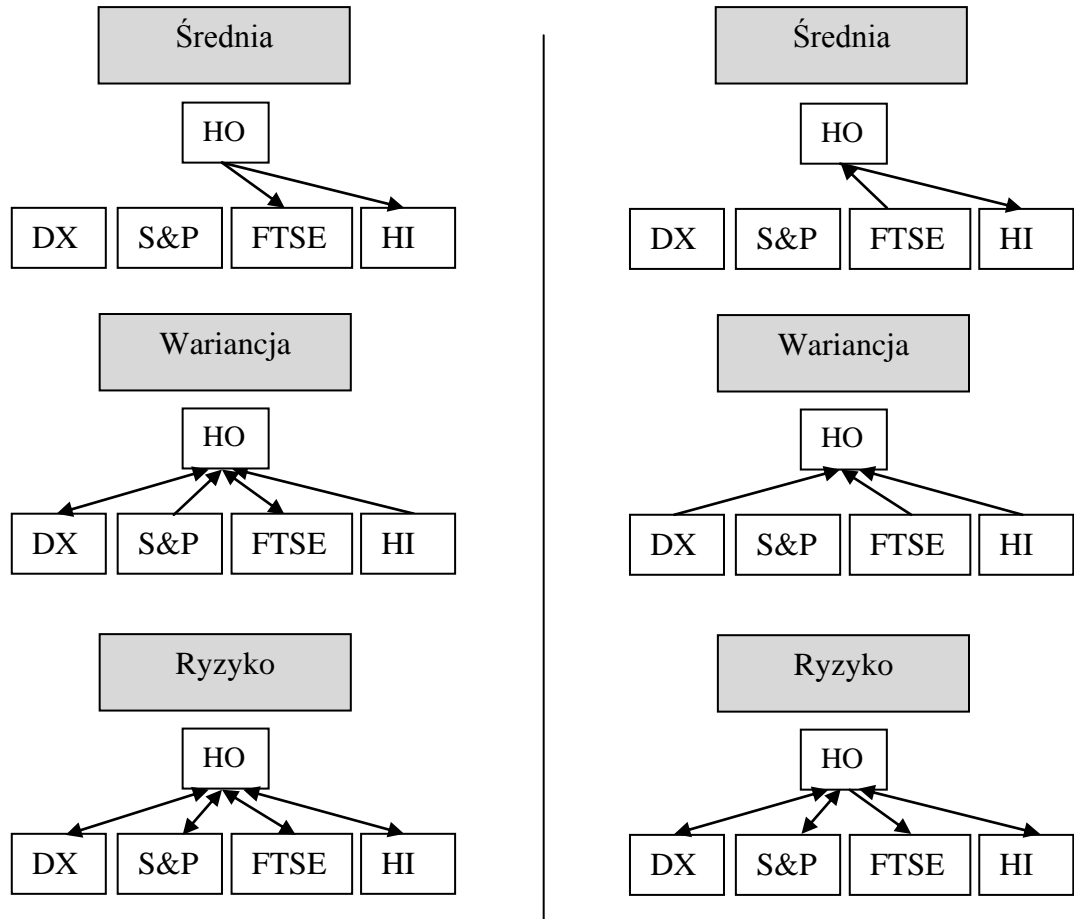


Rysunek 5.5. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla tygodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na olej opałowy a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI

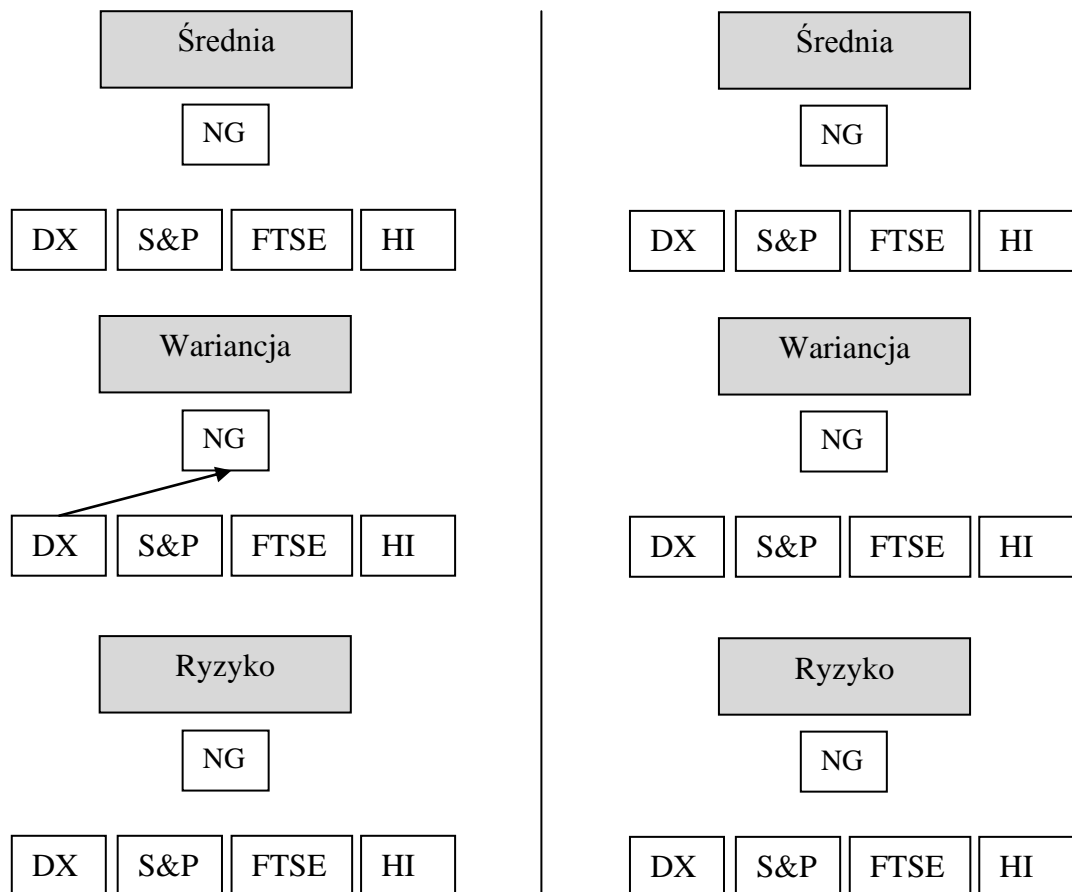
Przeanalizujemy, analogicznie jak wcześniej, wyniki testów przyczynowości w średniej, wariancji i ryzyku biorąc pod uwagę kolejny nośnik energii. Na Rysunku 5.5 zamieszczono schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera, wykrytych pomiędzy kontraktem na olej opałowy a indeksami (i kontraktami na indeksy) wartości dolara amerykańskiego, S&P500, FTSE100 i Hang Seng. Wyniki testów kolejny raz potwierdzają, że kurs kontraktów terminowych na olej opałowy podlega podobnej dynamice, co kurs terminowy ropy naftowej. W wielu przypadkach wykryto takie same zależności przyczynowe. Zmienność indeksów S&P500, FTSE100 i Hang Seng poprzedza zmienność badanego kontraktu, przy czym warto zauważyć, że wykryliśmy taką zależność już dla dziennego opóźnienia. Również zależności, gdzie przyczyną jest kurs terminowy oleju opałowego a skutkiem – indeks giełdy w Londynie, utrzymują się.

Bardzo ciekawych informacji dostarczają wyniki testów uwzględniające miesięczne opóźnienie. Wykryto zależności przyczynowe w sensie Grangera w ryzyku dla wszystkich analizowanych indeksów i kontraktów na te indeksy. Ekstremalne ruchy

wahania cen powodują przepływ informacji pomiędzy rynkiem terminowym oleju opałowego a rynkiem finansowym, przy czym przepływ informacji skutkujących ruchami kapitału finansowego następuje aż z miesięcznym opóźnieniem.



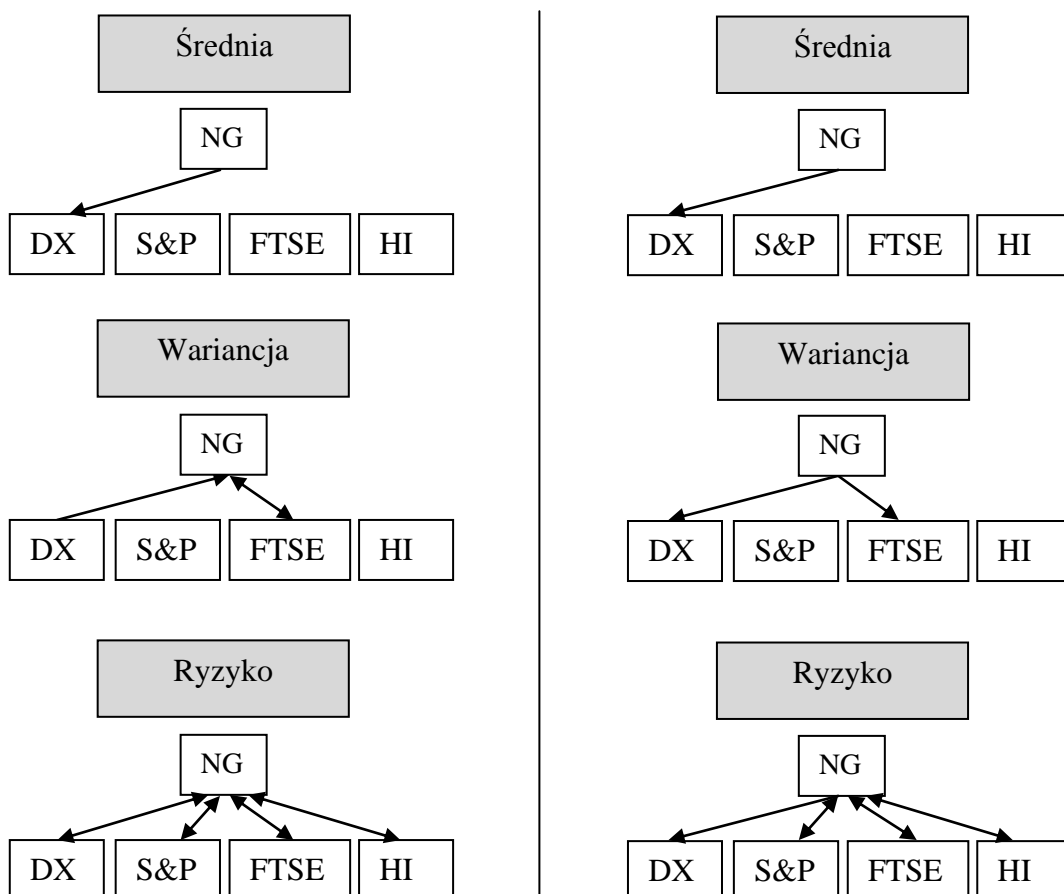
Rysunek 5.6. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla miesięcznego opóźnienia między kontraktem terminowym na olej opałowy a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI



Rysunek 5.7. Schemat zależności przyczynowych w sensie Grangera dla tygodniowego opóźnienia między kontraktem terminowym na gaz ziemny a indeksami (po lewej) i kontraktami terminowymi na indeksy (po prawej) DX, S&P500, FTSE100, HI

Podobnie jak wcześniej, wyniki testów dla kontraktu na gaz ziemny dla tygodniowego opóźnienia wskazują, że w większości przypadków nie występują zależności przyczynowe w sensie Grangera z indeksami lub kontraktami na indeksy giełdowe. Zgodnie z Rysunkiem 5.7 jedyny wyjątek stanowi wykryta przyczynowość w wariancji, gdzie przyczyną jest indeks wartości dolara amerykańskiego a skutkiem kontrakt na gaz. Zmienność wartości dolara amerykańskiego wyprzedza o tydzień zmienność na rynku gazu.

Okazuje się, że dopiero uwzględnienie większego opóźnienia pozwala na wychwycenie zależności przyczynowych w ryzyku. Na Rysunku 5.8 zamieściliśmy wyniki testów przyczynowości dla miesięcznego opóźnienia. Wykryliśmy sprzężenie zwrotne w ryzyku pomiędzy rynkiem terminowym gazu ziemnego a rynkiem finansowym.



5.3. Analiza makroekonomicznych czynników ryzyka

Celem niniejszego podrozdziału jest zbadanie, w jaki sposób kształtowanie się cen terminowych na rynku surowców jest powiązane z otoczeniem makroekonomicznym. Tym samym, staramy się zweryfikować, na ile uzasadnione są reakcje uczestników rynku surowców energetycznych na ogłoszenia makroekonomiczne, które zbadano we wcześniejszej części pracy.

Wykorzystując modele wieloczynnikowe zbadamy, w jaki sposób dynamika badanych kontraktów związana jest z wybranymi czynnikami ryzyka. Badanie przeprowadzimy dla dwóch podokresów: od lutego 1993 r. do grudnia 2002 r. oraz od stycznia 2003 r. do czerwca 2011 r. Wprowadzenie podziału rozpatrywanej próby argumentujemy chęcią porównania w dwóch okresach siły reakcji badanych kontraktów na wybrane czynniki ryzyka. Jako uzasadniony moment zmiany tej reakcji wybrano rok 2003, który jest uznawany za początek kryzysu na rynku surowców energetycznych.

Rozpatrujemy prosty model wieloczynnikowy postaci:

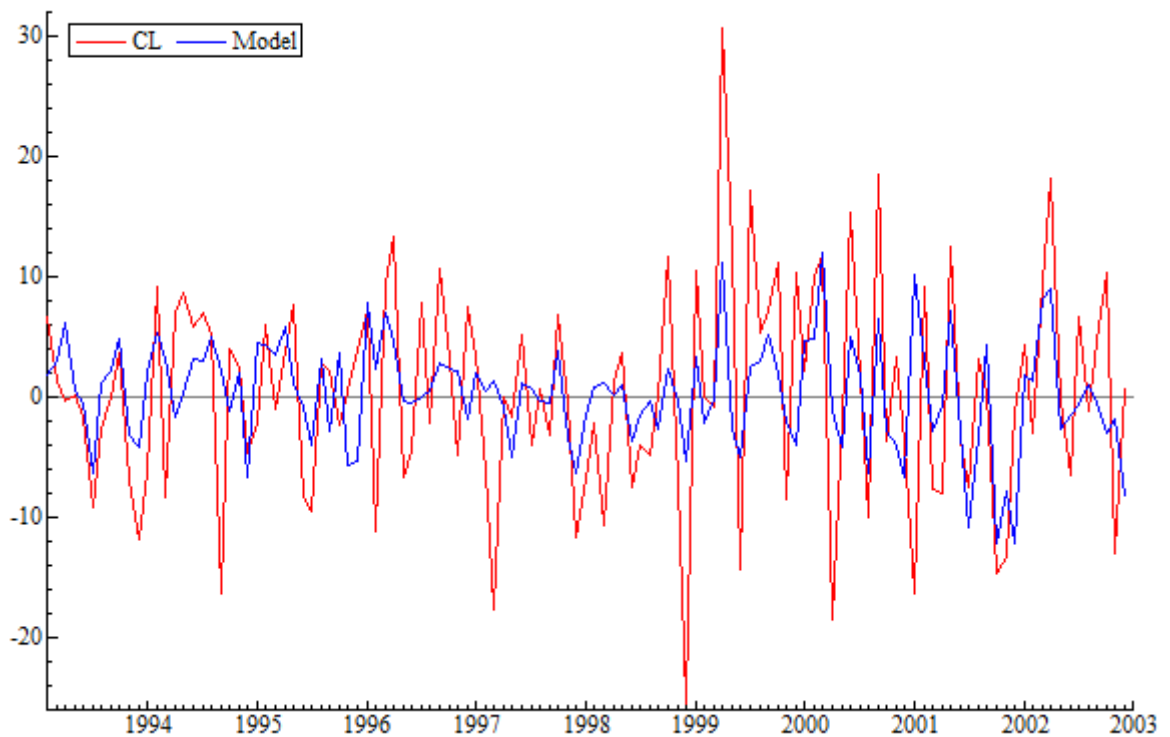
$$r_t = \beta_0 + \beta_{MSCI} r_{MSCI,t} + \beta_{B_{10Y}} x_{B_{10Y},t} + \beta_{IP} x_{IP,t} + \beta_{CPI} x_{CPI,t} + \beta_{DX} x_{DX,t} + \varepsilon_t, \quad (5.1)$$

który szacujemy metodą najmniejszych kwadratów. Współczynnik β mierzy wrażliwość zwrotu z inwestycji na dany czynnik ryzyka. Wśród rozpatrywanych czynników znajdują się zwroty z portfela rynkowego r_{MSCI} , za który uznano w badaniu globalny indeks akcji MSCI (*Morgan Stanley Capital International Index*), zwroty z inwestycji w amerykańskie obligacje długoterminowe (dziesięcioletnie) $x_{B_{10Y}}$, zmiany produkcji przemysłowej x_{IP} , zmiany inflacji x_{CPI} oraz zmiany wartości dolara amerykańskiego x_{DX} . Dane pochodzą z serwisu Thomson Reuters.

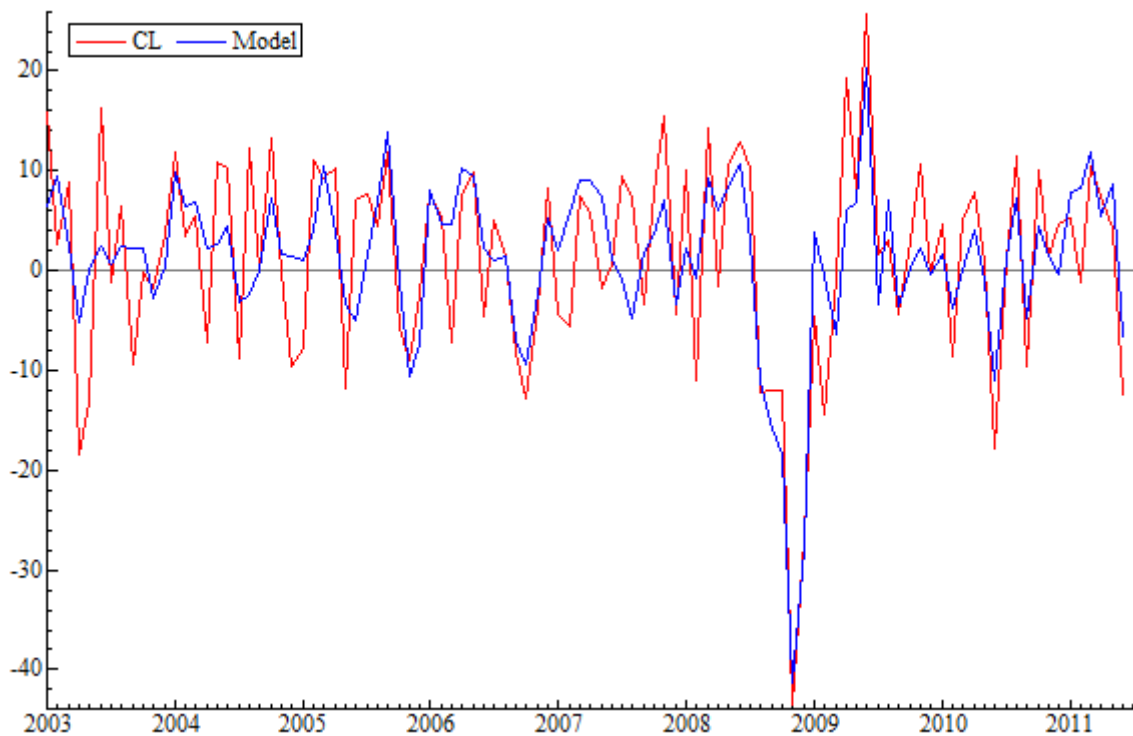
W Tabeli 5.3 zamieszczono oszacowania parametrów modelu dla kontraktów terminowych na ropę naftową WTI. Wyniki badania wskazują na stosunkowo słabe dopasowanie modelu w pierwszym z badanych okresów, tj. od lutego 1993 r. do grudnia 2002 r. Mimo wszystko, istotny wpływ na dynamikę zwrotów z kontraktów terminowych na rynku ropy naftowej miały zmiany inflacji (CPI) oraz wartości dolara amerykańskiego (DX). Znaki oszacowanych współczynników wrażliwości są zgodne z intuicją: wzrosty inflacji, mierzone zmianami indeksu CPI występują równocześnie ze wzrostem zwrotu z inwestycji na rynku terminowym ropy. Natomiast powiązanie z wartością dolara amerykańskiego jest odwrotne. Wraz ze spadkiem wartości amerykańskiej waluty cena terminowa ropy naftowej rośnie. W drugim okresie, przypadającym na czas kryzysu na rynku surowców energetycznych oraz częściowo na rynku finansowym, model znacznie lepiej oddaje dynamikę zmian wartości kontraktów terminowych na ropę WTI. Do istotnych czynników ryzyka w drugim okresie dołączyły zwroty z indeksu MSCI oraz zmiany produkcji przemysłowej (IP). Uzyskane oszacowania parametrów β_{MSCI} i β_{IP} mierzących wrażliwość na omawiany czynnik oznaczają, że wraz ze wzrostem produkcji przemysłowej oraz wzrostem cen akcji na światowych giełdach ceny terminowe ropy naftowej również rosły. Taki stan rzeczy jest zgodny z oczekiwanym.

Tabela 5.3. CL. Modele wieloczynnikowe w dwóch badanych okresach. W nawiasie podano błędy odporne na autokorelację i heteroskedastyczność składnika losowego. Wyróżniono oszacowania parametrów istotne na poziomie 1% (***), 5% (**) i 10% (*)

Parametr	Oszacowanie parametru (2.1993-12.2002)	Oszacowanie parametru (1.2003-6.2011)
β_0	-3,9411*** (0,9333)	-1,7734*** (0,6479)
β_{MSCI}	0,2098 (0,1872)	0,2828* (0,1536)
β_{B_10Y}	0,0207 (0,1591)	0,0859 (0,0856)
β_{IP}	0,963176 (1,322)	1,1673* (0,5957)
β_{CPI}	19,4945*** (4,247)	12,5003*** (1,6020)
β_{DX}	-0,6319* (0,3561)	-0,9574*** (0,3154)
R^2	0,2560	0,6092



Rysunek 5.8. CL. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od lutego 1993 r. do grudnia 2002 r.

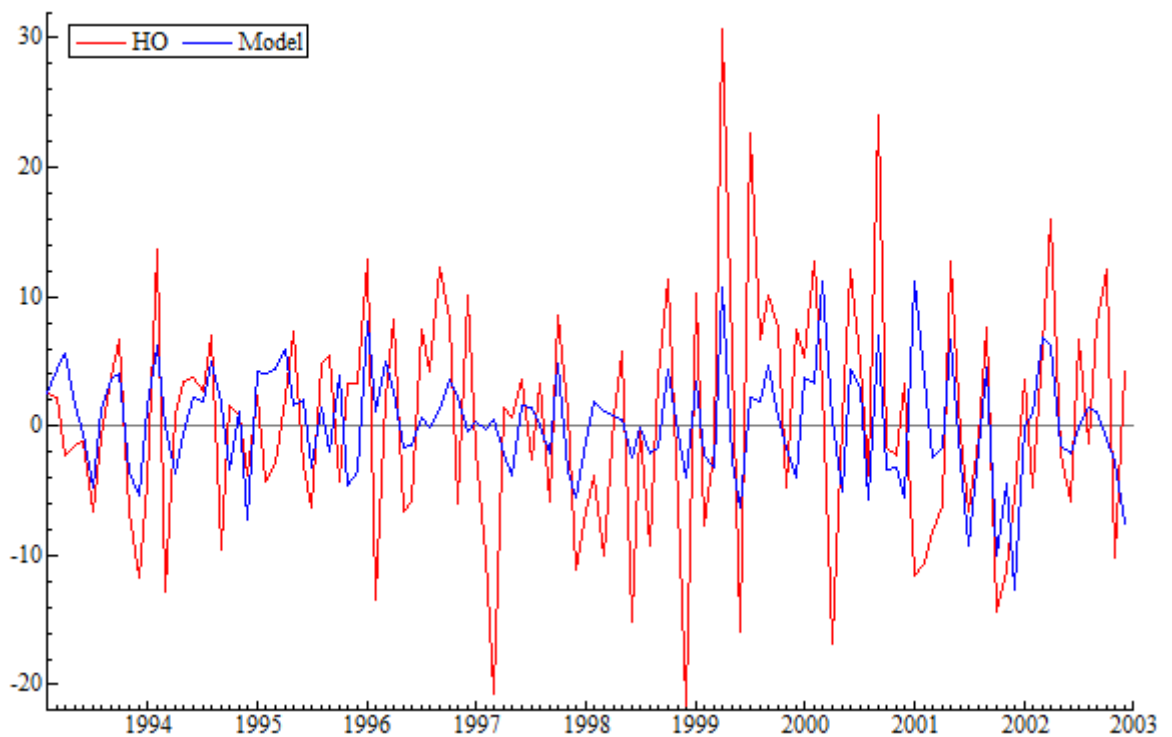


Rysunek 5.9. CL. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od stycznia 2003 r. do czerwca 2011 r.

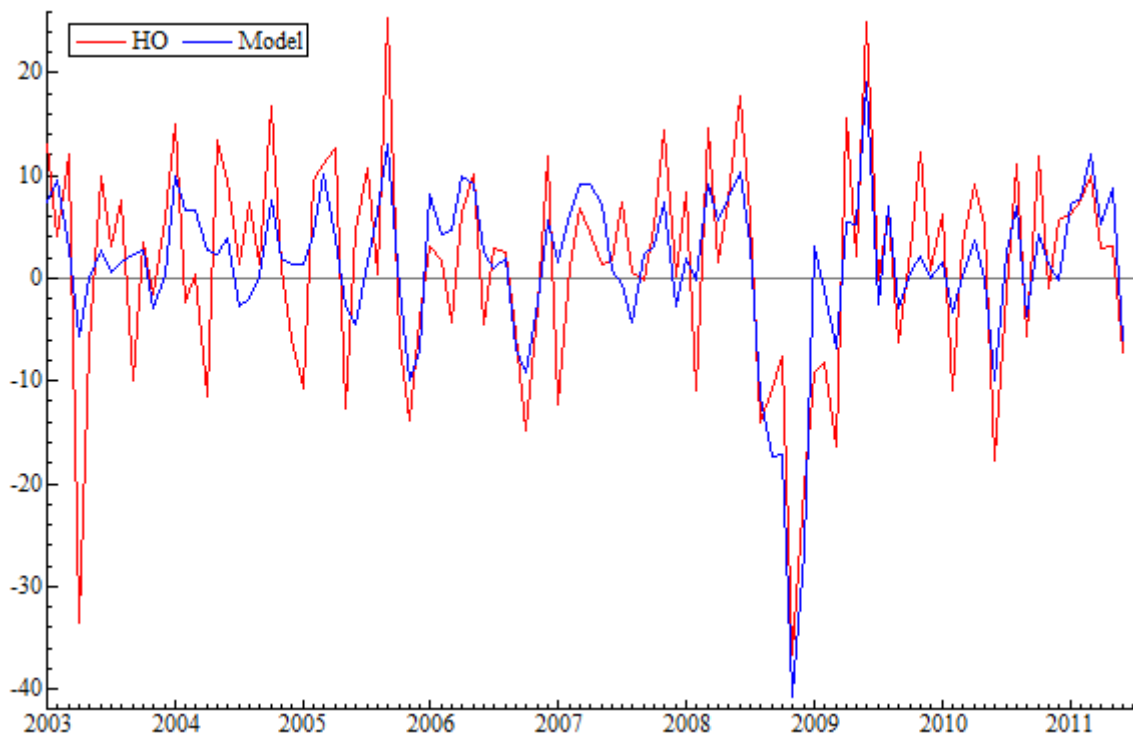
W Tabeli 5.4 zamieszczono oszacowania parametrów modelu dla kontraktów terminowych na olej opałowy. Wyniki badania są zbliżone do tych, które uzyskano dla poprzedniego nośnika energii. Okazuje się zatem, że biorąc pod uwagę zależności długoterminowe, wrażliwość kursu ropy naftowej i oleju opałowego na badane makroekonomiczne czynniki ryzyka jest podobna. Warto przy tym zauważyć, że uzyskane wyniki są spójne z tymi, które otrzymaliśmy badając reakcję uczestników tych rynków na ogłoszenia makroekonomiczne.

Tabela 5.4. HO. Modele wieloczynnikowe w dwóch badanych okresach. W nawiasie podano błędy odporne na autokorelację i heteroskedastyczność składnika losowego. Wyróżniono oszacowania parametrów istotne na poziomie 1% (***), 5% (**) i 10% (*)

Parametr	Oszacowanie parametru (2.1993-12.2002)	Oszacowanie parametru (1.2003-6.2011)
β_0	-3,3985*** (0,9581)	-1,6766** (0,8054)
β_{MSCI}	0,3018 (0,1838)	0,2427 (0,1803)
β_{B_10Y}	-0,1907 (0,1592)	0,04489 (0,1032)
β_{IP}	0,1704 (1,6290)	1,61722* (0,9015)
β_{CPI}	17,1720*** (4,5880)	12,2762*** (2,1710)
β_{DX}	-0,5469 (0,3593)	-0,9588*** (0,2806)
R^2	0,2258	0,5630



Rysunek 5.10. HO. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od lutego 1993 r. do grudnia 2002 r.

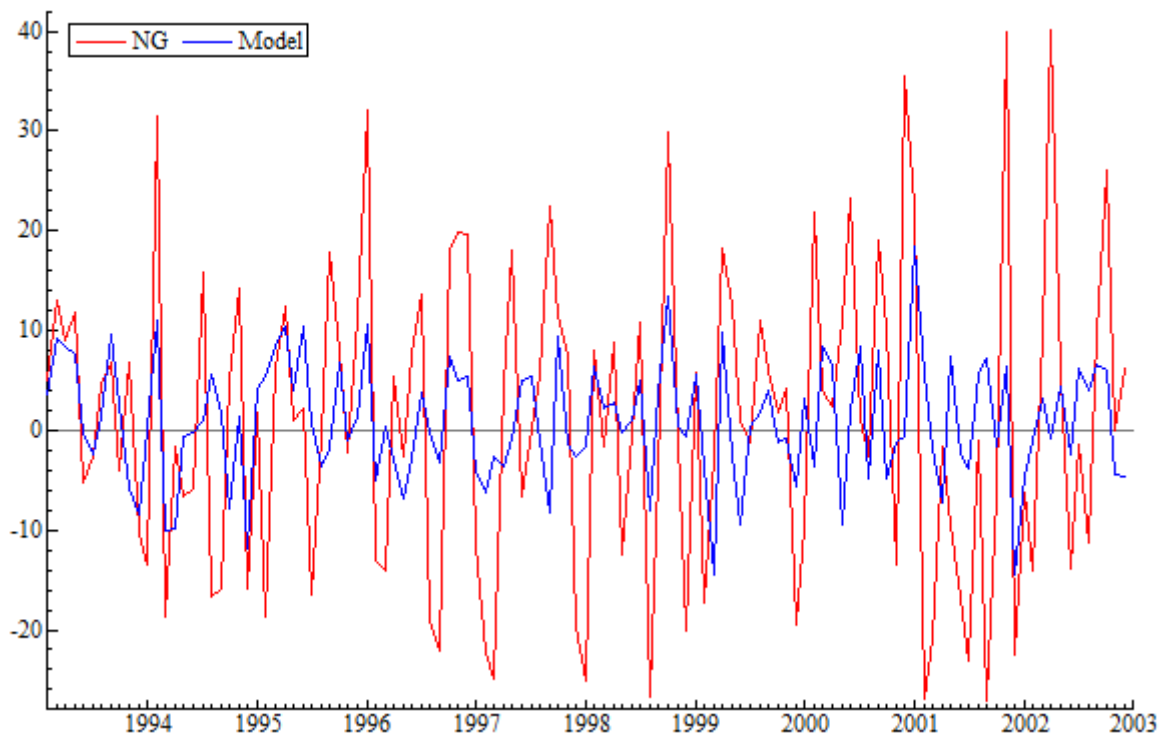


Rysunek 5.11. HO. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od stycznia 2003 r. do czerwca 2011 r.

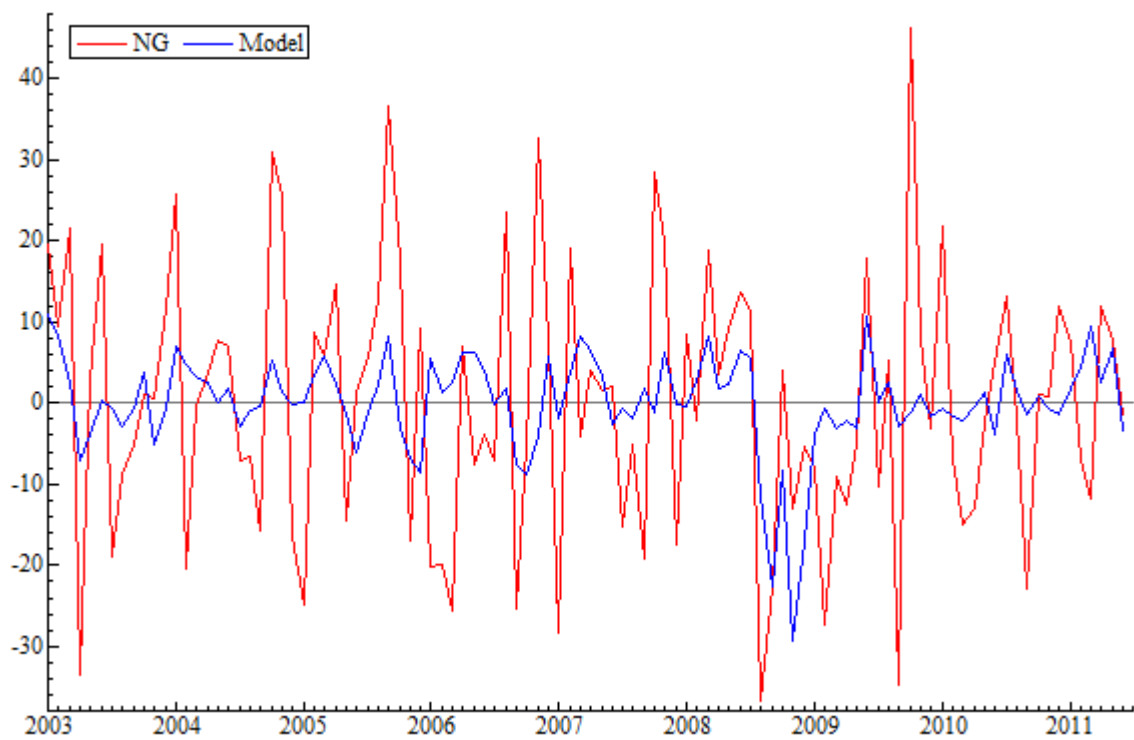
W Tabeli 5.5 zamieszczono oszacowania parametrów modelu dla kontraktów terminowych na gaz ziemny. Model w niewielkim stopniu wyjaśnia całkowitą dynamikę kursu terminowego gazu ziemnego. W pierwszym z badanych okresów dynamika kursu terminowego była istotnie powiązana jedynie ze zmianami wartości długoterminowych obligacji amerykańskich. W drugim z badanych okresów, przypadającym na okres kryzysu na rynku surowców energetycznych, wrażliwość na badane czynniki ryzyka była niemal identyczna, jak w przypadku ropy naftowej i oleju opałowego.

Tabela 5.5. NG. Modele wieloczynnikowe w dwóch badanych okresach. W nawiasie podano błędy odporne na autokorelację i heteroskedastyczność składnika losowego. Wyróżniono oszacowania parametrów istotne na poziomie 1% (***), 5% (**) i 10% (*)

Parametr	Oszacowanie parametru (2.1993-12.2002)	Oszacowanie parametru (1.2003-6.2011)
β_0	-0,8326 (1,9690)	-2,2772* (1,3160)
β_{MSCI}	0,6075 (0,3811)	-0,2689 (0,2683)
β_{B_10Y}	-0,8388*** (0,2813)	-0,0478 (0,1909)
β_{IP}	-2,8019 (2,9750)	2,6385** (1,4110)
β_{CPI}	9,4895 (6,8450)	9,8002** (4,0740)
β_{DX}	-1,0763 (0,7098)	-1,1578** (0,4836)
R^2	0,1566	0,1351



Rysunek 5.12. NG. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od lutego 1993 r. do grudnia 2002 r.



Rysunek 5.13. NG. Dopasowanie modelu wieloczynnikowego w okresie od stycznia 2003 r. do czerwca 2011 r.

Podsumowanie

Omówiliśmy własności zmienności na rynku terminowym surowców energetycznych związanej z aktywnością inwestorów o niskiej częstotliwości transakcji.

W pierwszej części rozdziału przedstawiliśmy wyniki badania wykorzystującego model zmienności HAR-RV dopasowanego do zmienności tygodniowej i miesięcznej. Okazało się, że w przypadku zmienności zrealizowanej w dłuższym okresie na rynku ropy naftowej dominował wpływ inwestorów o tygodniowej częstotliwości transakcji, natomiast na dynamikę kursu terminowego oleju opałowego i gazu ziemnego dominujący wpływ mieli uczestnicy rynku o długim horyzoncie inwestycji.

Drugie badanie dotyczyło zależności przyczynowych w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku. Uwzględniliśmy tygodniowe i miesięczne opóźnienie w zastosowanych testach przyczynowości. Wyniki badań wskazują, że wraz ze wzrostem rozpatrywanego opóźnienia zwiększa się ilość wykrytych zależności przyczynowych, zwłaszcza w przypadku testów przyczynowości w ryzyku.

W trzeciej części rozdziału wykorzystaliśmy modele wieloczynnikowe dla miesięcznych zwrotów z kontraktów na nośniki energii, w których zmiennymi objaśniającymi były czynniki ryzyka z otoczenia finansowego i makroekonomicznego. Badanie podzieliliśmy na dwa okresy. Otrzymaliśmy szczególnie interesujące wyniki dla drugiego z nich, który przypadł na lata kryzysu na rynku surowców energetycznych. Wrażliwość na makroekonomiczne czynniki ryzyka była bardzo podobna dla wszystkich badanych kontraktów.

6. Zestawienie przeprowadzonych analiz

Zaprezentowane w poprzednich rozdziałach wyniki badań dostarczają wielu ciekawych wniosków odnośnie funkcjonowania rynku terminowego nośników energii.

Myślą przewodnią, przyświecającą wszystkim przeprowadzonym analizom, była koncepcja, iż wykorzystując nowoczesne metody ekonometryczne można określić własności szeregów procentowych zwrotów logarytmicznych z wybranych kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych, związane z pewnymi czynnikami ryzyka na tym rynku. W swoich rozważaniach skoncentrowaliśmy się na czynnikach związanych z otoczeniem finansowym i makroekonomicznym, zwracając tym samym uwagę na zjawisko finansjalizacji rynku surowców energetycznych.

Badanie ryzyka, występującego na rynku surowców energetycznych okazało się być zadaniem dość złożonym. Szczególnie istotnym w niniejszej pracy zagadnieniem była analiza czynników ryzyka. Celem pracy było określenie najważniejszych czynników wpływających na zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych. Wśród nich zidentyfikowaliśmy czynniki wewnętrzne i zewnętrzne, które kształtują ryzyko na tym rynku. W pracy poszukiwaliśmy odpowiedzi na następujące pytania:

Jakie własności charakteryzują szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych? Czy można stwierdzić, że występują tu własności obserwowane dla typowych instrumentów finansowych? Czy wnioski są podobne dla wszystkich towarów, czy też występują w tej materii znaczące różnice?

Jakie czynniki, wewnętrzne wpływają w istotny sposób na zmienność kontraktów terminowych na badane towary? Czy można stwierdzić występowanie silnych powiązań pomiędzy kontraktami terminowymi na rynku surowców energetycznych?

Jakie czynniki, zewnętrzne wpływają w istotny sposób na zmienność kontraktów terminowych na badane towary? Czy można stwierdzić, że występują istotne powiązania pomiędzy zmiennością kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych a zmiennością na rynkach finansowych? W jaki sposób zmienność rozpatrywanych kontraktów powiązana jest z kształtowaniem się kursu dolara amerykańskiego?

Biorąc pod uwagę tak postawione pytania, sformułowaliśmy cztery hipotezy cząstkowe. Pierwsza z nich odnosiła się do stwierdzenia, że *szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych cha-*

rakteryzują własności podobne do tych, które cechują tradycyjne instrumenty rynku finansowego.

Przeanalizowaliśmy własności szeregów procentowych zwrotów logarytmicznych z wybranych kontraktów terminowych na nośniki energii wykorzystując dane wysokiej częstotliwości, dzienne i miesięczne. Przeprowadzone badania, wykorzystujące tak szerokie spektrum danych, pozwalają na stworzenie spójnego obrazu rynku terminowego surowców energetycznych.

Szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu z kontraktów terminowych na nośniki energii częściowo cechują własności podobne do tych, które obserwuje się dla typowych instrumentów finansowych. Badania własności danych wysokiej częstotliwości, dziennych i miesięcznych w większości przypadków potwierdzają zgodność z faktami stylizowanymi. Nie zaobserwowano znaczących różnic w podstawowych własnościach szeregów dla ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego. Różnice zaobserwowano dopiero w trakcie dalszych (zaawansowanych) analiz, wykraczających poza fakty stylizowane.

Wśród najistotniejszych własności tych szeregów warto zwrócić uwagę na grube ogony rozkładów warunkowych i bezwarunkowych. Jednakże wraz ze zwiększaniem skali czasowej, dla której obliczane są zwroty, rozkłady zbliżają się do normalnego. Ponadto, w szeregach zwrotów wysokiej częstotliwości oraz dziennych zwrotów logarytmicznych wykryto zgrupowania zmienności, świadczące o występowaniu efektu autokorelacyjnej heteroskedastyczności warunkowej.

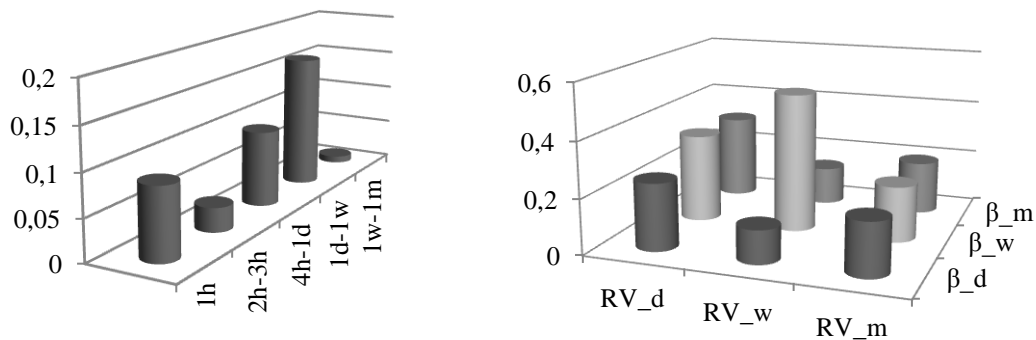
Podsumowując, hipotezę dotyczącą własności szeregów czasowych logarytmicznych stóp zwrotu zweryfikowano pozytywnie. Występowanie omówionych własności wskazuje na zasadność stosowania metod i modeli współczesnej ekonometrii finansowej, które wykorzystuje się zazwyczaj do opisu dynamiki szeregów z rynku akcyjnego czy walutowego również podczas badania rynku terminowego nośników energii. Z punktu widzenia osób zarządzających ryzykiem jest to bardzo optymistyczna informacja. Możliwe jest wykorzystanie wielu zaawansowanych metod ekonometrycznych, pozwalających w lepszy sposób prognozować ryzyko na rynku nośników energii.

W drugiej hipotezie cząstkowej postulowaliśmy, że *zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych generowana jest przez uczestników rynku różniących się horyzontem inwestycyjnym.*

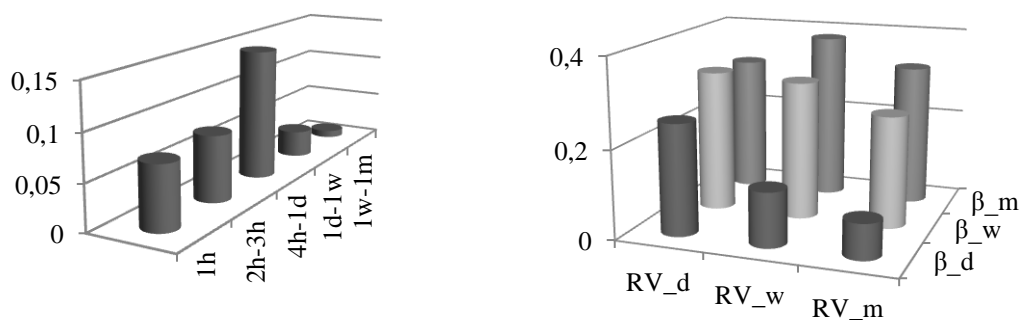
Jak wielokrotnie podkreślaliśmy w pracy, istnieją przesłanki, że rynek terminowy nośników energii ma niejednorodny charakter. Obrót kontraktami na nośniki energii, który odbywa się aktualnie niemal przez całą dobę, umożliwia zawieranie transakcji inwestorom z różnych szerokości geograficznych. Ponadto, w ostatnich latach coraz większy udział w przeprowadzanych transakcjach na rynku nośników energii mają inwestorzy niezwiązani bezpośrednio z rynkiem surowcowym. W szczególności liczba funduszy hedgingowych, będących uczestnikami rynku terminowego na ropę jest aktualnie znacznie większa niż inwestorów komercyjnych. Decyzje inwestycyjne spekulantów w coraz większym stopniu wpływają na zmienność na tych rynkach.

Zainspirowani hipotezą rynku niejednorodnego wykorzystaliśmy dane śróddzienne do przeprowadzenia analizy zmienności na rynku surowców energetycznych, uwzględniając określony typ inwestorów, różniących się częstotliwością dokonywania transakcji.

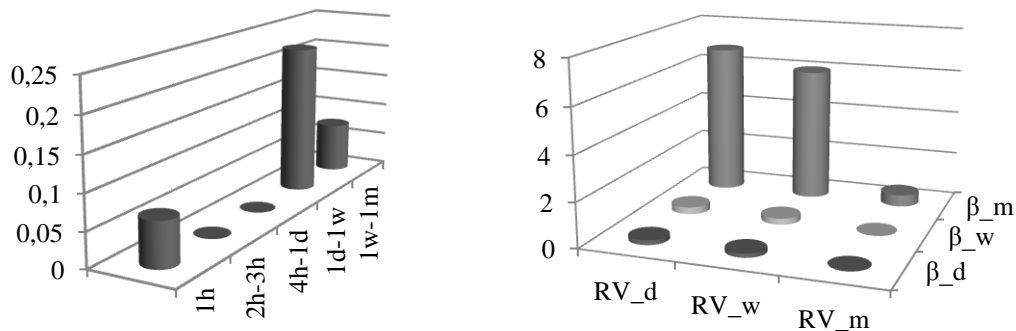
Wykorzystaliśmy do tego celu modele zmienności HARARCH oraz HAR-RV. Poniżej w graficzny sposób prezentujemy oszacowania siły wpływu poszczególnych składowych rynku na zmienność, uzyskane z modelu HARARCH i HAR-RV.



Rysunek 6.1. CL. Oszacowanie wpływu poszczególnych składowych rynku na zmienność godzinną (wykres po lewej) i dzienną, tygodniową i miesięczną zmienność zrealizowaną (wykres po prawej)



Rysunek 6.2. HO. Oszacowanie wpływu poszczególnych składowych rynku na zmienność godzinną (wykres po lewej) i dzienną, tygodniową i miesięczną zmienność zrealizowaną (wykres po prawej)



Rysunek 6.3. NG. Oszacowanie wpływu poszczególnych składowych rynku na zmienność godzinną (wykres po lewej) i dzienną, tygodniową i miesięczną zmienność zrealizowaną (wykres po prawej)

Zgodnie z wnioskami Müllera i in. [1997], Zumbacha i Lyncha [2001], Lyncha i Zumbacha [2003] rynki charakteryzuje zazwyczaj asymetryczne propagowanie zmienności: zmienność w dłuższych odstępach czasowych ma silniejszy wpływ na zmienność mierzoną w krótszych interwałach czasowych, niż odwrotnie. Ponadto, uczestnicy ryn-

ku biorą pod uwagę, reagują i przyczyniają się do powstawania różnych składowych zmienności, co skutkuje występowaniem kaskady zmienności od niskich do wysokich częstotliwości inwestycyjnych.

Wagi składowych rynku, odpowiadające wpływowi zmienności dziennej, tygodniowej i miesięcznej, wyznaczone są jako oszacowania parametrów β^d , β^w , β^m z modelu HAR-RV. Wyniki naszych badań wskazują, że postulat asymetrycznego propagowania zmienności jest spełniony dla kontraktu na olej opałowy i gaz ziemny. W przypadku kontraktu na olej opałowy asymetria ta występuje, a siła wpływu poszczególnych składowych rynku zwiększa się stopniowo. Kontrakt na gaz ziemny charakteryzuje natomiast bardzo silna asymetria. Wpływ inwestorów o niskiej częstotliwości transakcji na ogólną aktywność i zmienność na tym rynku jest znamieny. Może to świadczyć o tym, że rynek gazu ziemnego nadal jest ściśle zdominowany przez inwestorów, podejmujących decyzje w oparciu o fundamentalne czynniki popytu i podaży.

Zupełnie inny wzorzec propagowania zmienności można zaobserwować w przypadku kontraktów, dla których instrumentem bazowym jest ropa naftowa. Wagi składowych rynku odpowiadające różnym składowym zmienności zrealizowanej są bardzo zbliżone w modelu dla zmienności dziennej i miesięcznej. Natomiast najsilniejszy wpływ na rynek ma zmienność tygodniowa, która reaguje głównie na swoje przeszłe wartości. Stosunkowo wysoka częstotliwość transakcji dominujących na tym rynku może świadczyć o silniejszym niż w przypadku gazu ziemnego wpływie inwestorów niekomercyjnych, niezwiązanych bezpośrednio z rynkiem natychmiastowym ropy naftowej.

Podsumowując, hipoteza postulująca, że zmienność kontraktów terminowych na rynku surowców energetycznych generowana jest przez uczestników rynku różniących się horyzontem inwestycyjnym została zweryfikowana pozytywnie. Wykryte wzorce propagowania zmienności kontraktów na nośniki energii odzwierciedlają dużą złożoność struktury tego rynku. Reakcje uczestników rynku o różnych horyzontach inwestycyjnych dla każdego kontraktu są inne, gdyż występują zasadnicze różnice w sile oddziaływania poszczególnych grup inwestorów w zależności od badanego kontraktu. Hipoteza rynku niejednorodnego i wykorzystanie modelu HARCH i HAR-RV pozwala w pewnym stopniu wyjaśnić złożoność rynku surowców energetycznych. Wnioski uzyskane dzięki temu badaniu dostarczają cennych informacji na temat dynamiki kursów

poszczególnych kontraktów, które mogą być wykorzystane podczas prognozowania zmienności i ryzyka dla określonego horyzontu prognozy.

Warto zaznaczyć, że omówione badanie przeprowadzone zostało dla danych z okresu kryzysu na rynkach finansowych (od listopada 2008 r. do końca października 2010 r.). Zdajemy sobie sprawę, że sformułowane wnioski mogą być z tego względu niepełne, gdyż nie opisują struktury zmienności kontraktów na nośniki energii w "normalnych" warunkach rynkowych. Bez wątpienia przeprowadzenie w przyszłości analogicznego badania w odniesieniu do okresu mniejszej niepewności na rynkach będzie stanowiło ciekawe uzupełnienie opisanych wyników.

Twierdziliśmy również, że *istnieją silne powiązania pomiędzy kontraktami na nośniki energii*, co było treścią czwartej hipotezy cząstkowej.

Dane dzienne wykorzystaliśmy do wykrycia zależności przyczynowych w sensie Grangera w średniej, wariancji i ryzyku. Wnioski z badań nad występowaniem przyczynowości w sensie Grangera pomiędzy badanymi kontraktami sugerują, iż średnia, wariancja i częściowo ryzyko danego kontraktu na nośnik energii może być lepiej prognozowane, jeżeli weźmie się pod uwagę przeszłe wartości analogicznych wielkości, charakteryzujących pozostałe kontrakty z rynku surowców energetycznych. W szczególności warto zwrócić uwagę, że wraz ze zwiększeniem branego pod uwagę maksymalnego opóźnienia intensywność zależności przyczynowych w sensie Grangera wzrasta, zwłaszcza w odniesieniu do zmienności i ryzyka. Ponadto wykryto, że tempo uwzględniania informacji, które docierają do inwestorów z rynku ropy naftowej i oleju opałowego na temat zmienności i ryzyka na rynku gazu ziemnego, jest szybsze niż w kierunku przeciwnym. Wynika to, być może, z wykrytej na rynku gazu dominującej pozycji inwestorów długoterminowych. Uzyskane wyniki są bez wątpienia szczególnie istotne z punktu widzenia prognoz zmienności oraz ryzyka na rynku surowców energetycznych.

Wykorzystując wielowymiarowy model GARCH, zbadaliśmy siłę powiązań pomiędzy instrumentami w portfelu, zawierającym, między innymi, kontrakty na nośniki energii. Biorąc pod uwagę wyniki estymacji wielowymiarowego modelu GARCH stwierdziliśmy również istnienie silnych, mierzonych korelacją warunkową, powiązań pomiędzy badanymi kontraktami. Wyniki tego badania posłużyły nam również do wyznaczenia wartości zagrożonej omawianego portfela i zdekomponowania jej na cząstkowe wartości zagrożone dla wszystkich czynników ryzyka portfela. Określenie tych

wielkości pozwoliło nam wyeksponować efekt dywersyfikacji ryzyka w portfelu, zawierającym kontrakty na nośniki energii.

Reasumując, hipoteza postulująca, że istnieją silne powiązania pomiędzy kontraktami na nośniki energii również została zweryfikowana pozytywnie.

Czwarta hipoteza głosiła, że *rynek terminowy jest silnie powiązany z rynkiem finansowym. Inwestorzy, kształtujący dynamikę kontraktów, dla których instrumentami bazowymi są nośniki energii, podejmują decyzje, uwzględniając sytuację na rynku akcyjnym, walutowym oraz w otoczeniu makroekonomicznym.*

Wyniki badań przyczynowości w sensie Grangera pomiędzy badanymi kontraktami a rynkiem finansowym pozwoliły stwierdzić, iż przede wszystkim wariancja i ryzyko danego kontraktu na nośnik energii może być lepiej prognozowane, jeżeli weźmie się pod uwagę przeszłe wartości analogicznych wielkości, charakteryzujących badane indeksy giełdowe lub kontrakty na te indeksy. Szczególnie silne zależności przyczynowe w sensie Grangera wykryto pomiędzy badanymi kontraktami na nośniki energii a kontraktem na indeks dolara amerykańskiego oraz indeksem FTSE100. Należy podkreślić duże zróżnicowanie otrzymanych wyników dla niskich opóźnień. W przypadku gazu ziemnego potwierdziła się najmniejsza ilość związków przyczynowych w sensie Grangera. Wraz ze wzrostem rozpatrywanego opóźnienia, wykryte zależności przyczynowe w sensie Grangera w zmienności a zwłaszcza w ryzyku stają się podobne. Uzyskane wyniki uzupełniają wiedzę dotyczącą prognozowania zmienności oraz ryzyka na rynku surowców energetycznych.

Biorąc pod uwagę wyniki estymacji wielowymiarowego modelu GARCH stwierdziliśmy również istnienie silnych, mierzonych korelacją warunkową, powiązań pomiędzy badanymi kontraktami a rynkiem finansowym. Wyznaczono wartość zagrożoną portfela i zdekomponowano ją na cząstkowe wartości zagrożone dla wszystkich czynników ryzyka portfela. Warto podkreślić szczególną rolę, jaką odgrywa w takim portfelu kontrakt na indeks dolara amerykańskiego. Uwzględnienie tej składowej w portfelu pozwala zmniejszyć ryzyko inwestycji w kontrakty na nośniki energii.

Dane wysokiej częstotliwości posłużyły nam do zbadania reakcji uczestników badanego rynku na napływające informacje makroekonomiczne (zewnętrzny czynnik ryzyka). Wykorzystaliśmy w tym celu model przełącznikowy Hamiltona z dodatkowymi zmiennymi objaśniającymi.

Rezultaty badań nad reakcją uczestników rynku na napływające informacje makroekonomiczne z wykorzystaniem danych wysokiej częstotliwości wskazują, że inwestorzy związani z rynkiem ropy naftowej silnie reagują na nowe informacje makroekonomiczne, co istotnie wpływa na zmienność. Nie zaobserwowano natomiast równie silnej reakcji wśród uczestników rynku terminowego gazu ziemnego. Wyniki badania, biorącego pod uwagę osobno pozytywne, jak i negatywne informacje gospodarcze wskazują, iż takowe informacje w pewnym stopniu wpływają na kurs terminowy gazu, ale reakcja nie jest na tyle silna, by istotnie wpłynąć na zmienność. Co ciekawe, wykryto, że zmienność na rynku ropy naftowej i oleju opałowego zwiększała się pod wpływem dobrych informacji makroekonomicznych. Ten, dość zaskakujący wynik, tłumaczyć należy specyfiką okresu badania, przypadającego na czas kryzysu na rynkach finansowych. W okresie dużej niepewności, któremu towarzyszą spektakularne spadki na rynkach akcji i zawirowania na rynkach walutowych, niekorzystne informacje makroekonomiczne nie stanowią zaskoczenia dla inwestorów. Natomiast na dobre informacje reagują ożywieniem i wzrostem aktywności, powodując wzrost zmienności.

Dostępne dane miesięczne posłużyły nam do budowy wieloczynnikowego modelu wyceny omawianych kontraktów terminowych przez rynek, przy czym skoncentrowaliśmy się na czynnikach rynkowych i makroekonomicznych. Ponieważ celem badania było między innymi zweryfikowanie, czy uczestnicy rynku traktują kontrakty terminowe na nośniki energii jak klasyczne instrumenty finansowe i wyceniają ryzyko, biorąc pod uwagę wyżej wymienione czynniki, w badaniu pominęliśmy wielkości o charakterze fundamentalnym dla surowców, takie jak wielkość produkcji i konsumpcji danego surowca, czy aktualny stan zapasów.

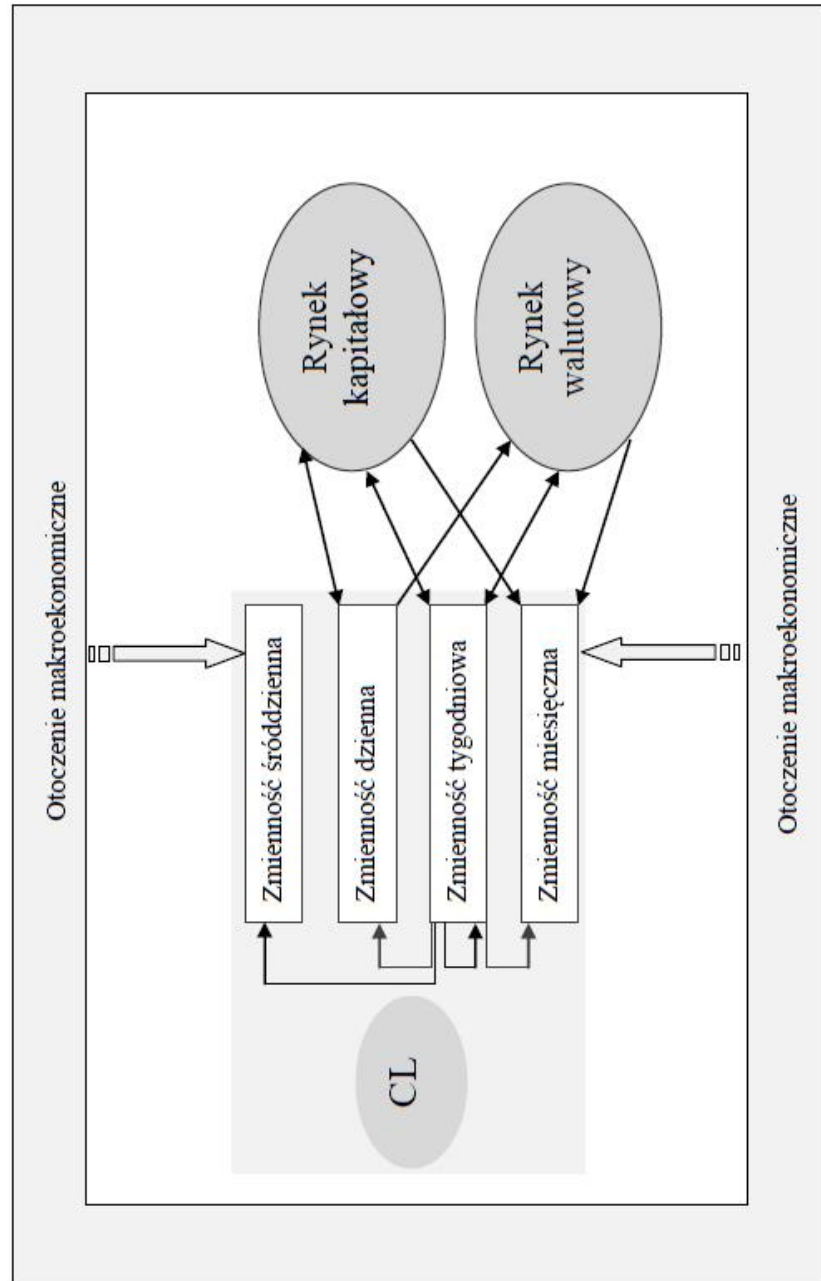
Na podstawie analizy danych miesięcznych stwierdziliśmy, że w ostatnich latach, w których stwierdza się występowanie kryzysu na rynku surowców energetycznych, zachodzą istotne powiązania dynamiki badanych stóp zwrotów ze zmiennymi makroekonomicznymi (zmianami inflacji i produkcji przemysłowej) oraz ze zmianami wartości dolara amerykańskiego. Co istotne, wykryte zależności są bardzo podobne dla wszystkich badanych kontraktów. Mimo wielu różnic, które zaobserwowano wcześniej w odniesieniu do innych aspektów dynamiki kursów terminowych nośników energii, wrażliwość na makroekonomiczne czynniki ryzyka inwestycji długoterminowych jest w ostatnich latach taka sama.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe własności pozytywnie zweryfikowaliśmy tym samym hipotezę badawczą, głoszącą, że rynek terminowy jest silnie powiązany z rynkiem finansowym. Inwestorzy, kształtujący dynamikę kontraktów, dla których instrumentami bazowymi są nośniki energii, podejmują decyzje, uwzględniając sytuację na rynku akcyjnym, walutowym oraz w otoczeniu makroekonomicznym.

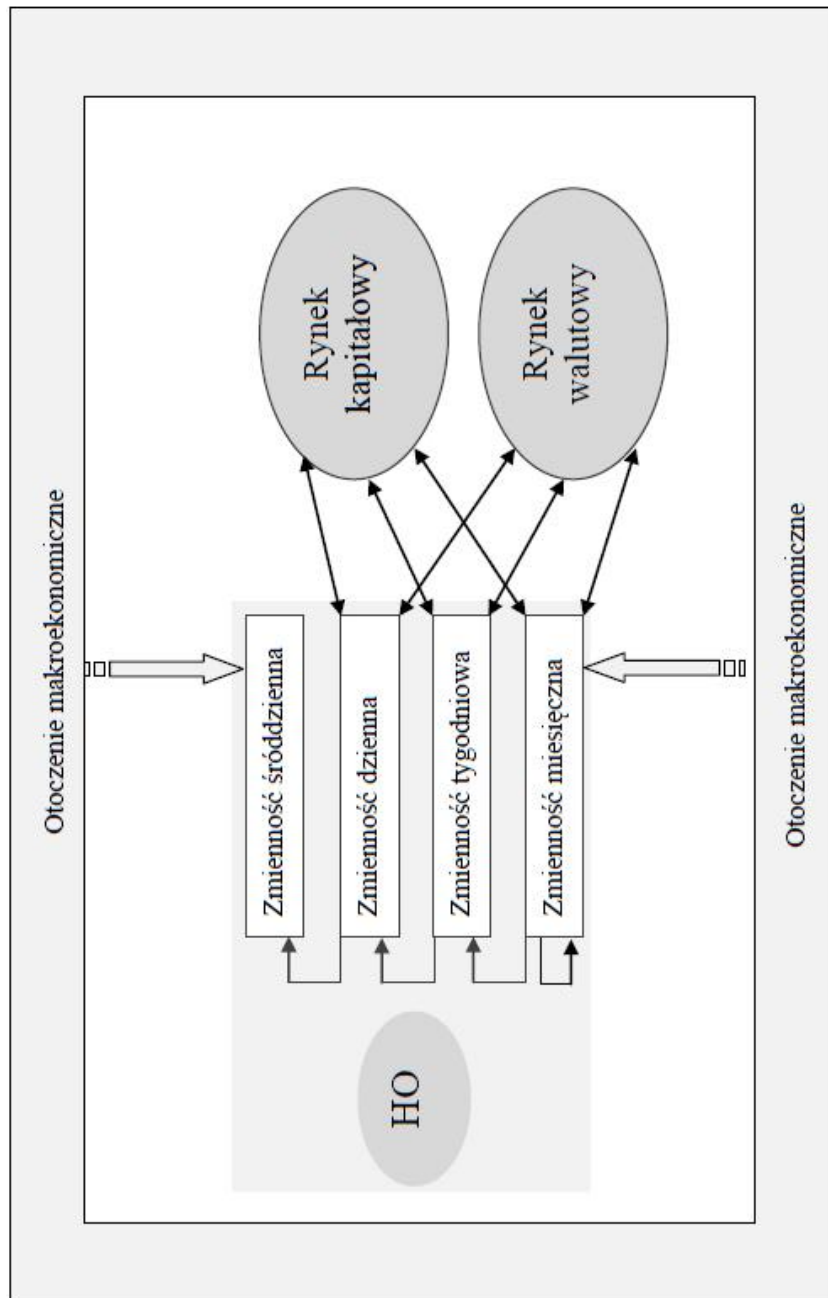
Jako podsumowanie wszystkich analiz związanych z propagowaniem zmienności pomiędzy uczestnikami rynku terminowego ropy naftowej, oleju opałowego i gazu ziemnego o różnych horyzontach inwestycji zamieszczamy Rysunki 6.4-6.6. Zaznaczyliśmy na nich dominujące czynniki, które najsilniej wpływają na zmienność dla danego horyzontu inwestycji. Ponadto zaznaczamy wykryte powiązania z rynkiem kapitałowym i walutowym oraz otoczeniem makroekonomicznym.

Wykryte własności, które omówiliśmy odnosząc się do poszczególnych hipotez cząstkowych wskazują, że należy również potwierdzić słuszność głównej hipotezy badawczej. Istotnymi czynnikami ryzyka, kształtującymi zmienność na rynku surowców energetycznych są interakcje pomiędzy inwestorami o różnych horyzontach inwestycji, którzy w odmienny sposób reagują na napływające informacje z otoczeniach makroekonomicznego oraz z rynku finansowego.

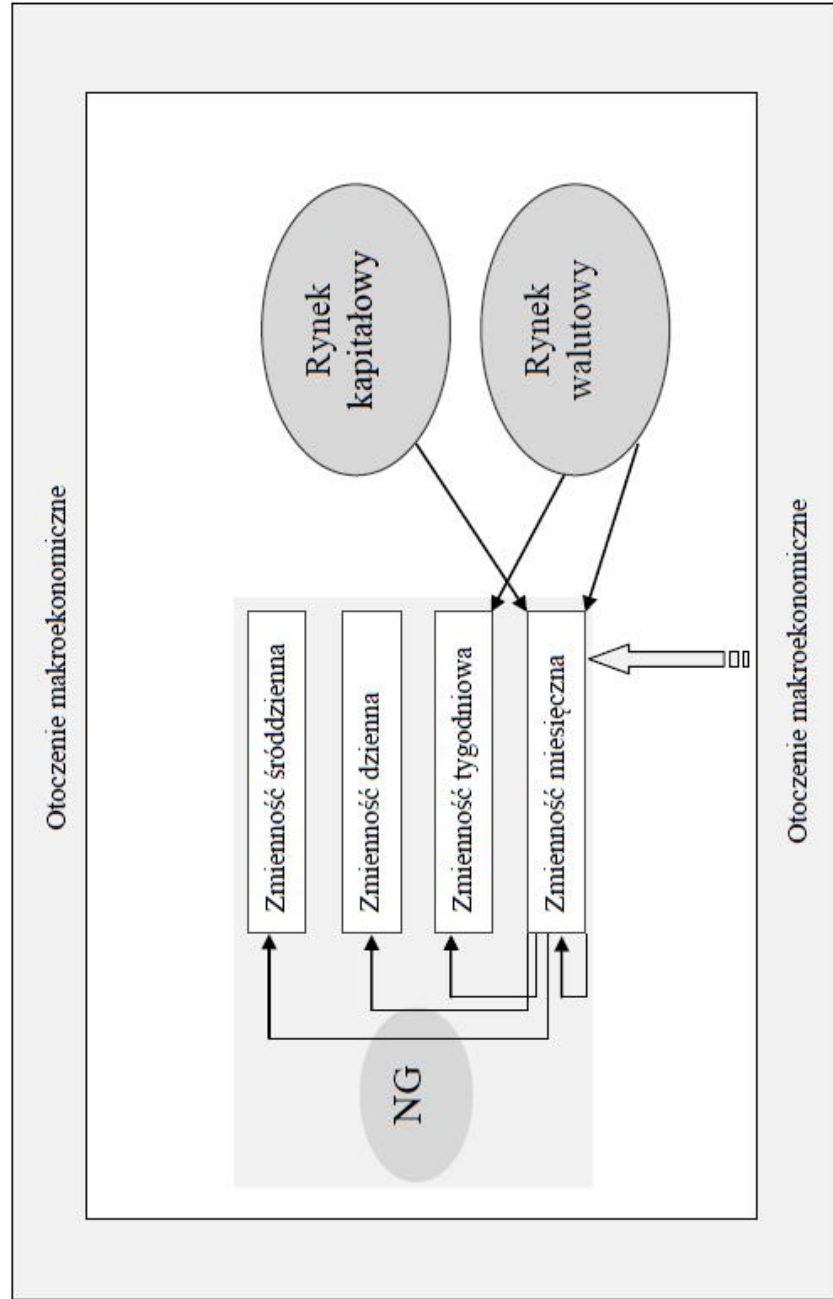
Warto zwrócić uwagę na wnioski płynące z badania, które powinny być uwzględnione przez inwestorów. Po pierwsze prognozy zmienności, które stanowią kluczowy element niezbędny do oszacowania ryzyka, mogą być uzyskane za pomocą modeli ekonometrycznych opisanych w niniejszej pracy. Dobór modelu powinien uwzględniać horyzont prognoz i częstotliwość dokonywania transakcji przez inwestora. Z punktu widzenia zarządzania ryzykiem szczególnie ważne są również wnioski, które uzyskaliśmy dekomponując wartość zagrożoną portfela zawierającego kontrakty na surowce energetyczne. Okazuje się, że rola dolara amerykańskiego jest szczególna – inwestycja na rynku terminowym ropy naftowej, oleju opałowego lub gazu ziemnego może zostać zabezpieczona, poprzez wykorzystanie kontraktu terminowego na indeks dolara.



Rysunek 6.4. CL. Schemat propagowania zmienności



Rysunek 6.5. HO. Schemat propagowania zmienności



Rysunek 6.6. NG. Schemat propagowania zmienności

Zakończenie

Rynki inwestycyjne są skomplikowane – nie da się wyjaśnić całej złożoności rynku, wykorzystując jedynie analizę szeregów czasowych. Mimo wszystko, wykorzystanie narzędzi współczesnej ekonometrii finansowej pozwoliło rzucić nieco światła na zależności, które wpływają na zmienność występującą na rynku terminowym surowców energetycznych.

Analiza dynamiki kontraktów terminowych prowadzona w ramach hipotezy rynku niejednorodnego na rynku surowców energetycznych dostarczyła wielu cennych informacji, które mogą być wykorzystane w procesie zarządzania podwyższonym ryzykiem, występującym na tym rynku. Wspomniana hipoteza zakłada występowanie niejednorodności na rynku, która polega na tym, że inwestorzy różnią się częstotliwością zawierania transakcji i horyzontem inwestycji. W odniesieniu do badanego rynku uwzględnienie tych różnic jest szczególnie istotne. Wnioski, które uzyskaliśmy pozwolą przede wszystkim w lepszy sposób prognozować zmienność i ryzyko dla określonego horyzontu prognoz.

Jak wielokrotnie podkreślaliśmy w pracy, na decyzje inwestorów z rynku surowców energetycznych mają wpływ nie tylko fundamentalne czynniki związane z popytem lub podażą danego surowca. Część uczestników tego rynku związana jest bezpośrednio z otoczeniem finansowym. Aktywność inwestorów niekomercyjnych, takich jak fundusze hedgingowe czy banki centralne wzrosła w ostatnich latach znacząco. Mówi się wręcz o finansjalizacji rynków surowcowych. Z tego powodu kondycja rynków finansowych ma duży wpływ na dynamikę notowań kontraktów na tym rynku, w szczególności na ropę naftową. Nie jest to jednak jednokierunkowa zależność. Rynki finansowe również reagują na sytuację na rynku surowcowym. W najbliższych latach pod wpływem coraz silniejszej globalizacji taka tendencja może się nasilać. Ponieważ od pewnego czasu wykorzystanie gazu ziemnego wzrasta, można przypuszczać, że również rynek terminowy tego surowca będzie się rozwijał oraz że wzrośnie zainteresowanie transakcjami wśród inwestorów niekomercyjnych. Za cel dalszych badań stawiamy sobie zatem zweryfikowanie, czy rynek terminowy gazu ziemnego będzie w przyszłości podlegać podobnym tendencjom, co rynek ropy naftowej.

DODATEK A. Terminy publikacji informacji na temat stanu gospodarki amerykańskiej

Tabela A.1. Terminy publikacji amerykańskich informacji makroekonomicznych. Godzina komunikatu podana w nawiasach odnosi się do czasu nowojorskiego (EST/EDT).

CPI (8:30)	PPI (8:30)	DGO (8:30)	UN (8:30)	IP (9:15)	NH (8:30)
19.11.2008	18.11.2008	26.11.2008	7.11.2008	17.11.2008	19.11.2008
16.12.2008	12.12.2008	24.12.2008	5.12.2008	15.12.2008	16.12.2008
16.01.2009	15.01.2009	29.01.2009	9.01.2009	16.01.2009	22.01.2009
20.02.2009	19.02.2009	26.02.2009	6.02.2009	18.02.2009	18.02.2009
18.03.2009	17.03.2009	25.03.2009	6.03.2009	16.03.2009	17.03.2009
15.04.2009	14.04.2009	24.04.2009	3.04.2009	15.04.2009	16.04.2009
15.05.2009	14.05.2009	28.05.2009	8.05.2009	15.05.2009	19.05.2009
17.06.2009	16.06.2009	24.06.2009	5.06.2009	16.06.2009	16.06.2009
15.07.2009	14.07.2009	29.07.2009	2.07.2009	15.07.2009	17.07.2009
14.08.2009	18.08.2009	26.08.2009	7.08.2009	14.08.2009	18.08.2009
16.09.2009	15.09.2009	25.09.2009	4.09.2009	16.09.2009	17.09.2009
15.10.2009	20.10.2009	28.10.2009	2.10.2009	16.10.2009	20.10.2009
18.11.2009	17.11.2009	25.11.2009	6.11.2009	17.11.2009	18.11.2009
16.12.2009	15.12.2009	24.12.2009	4.12.2010	15.12.2010	16.12.2009
15.01.2010	20.01.2010	28.01.2010	8.01.2010	15.01.2010	20.01.2010
19.02.2010	18.02.2010	25.02.2010	5.02.2010	17.02.2010	17.02.2010
18.03.2010	17.03.2010	24.03.2010	5.03.2010	15.03.2010	16.03.2010
14.04.2010	22.04.2010	23.04.2010	2.04.2010	15.04.2010	16.04.2010
19.05.2010	18.05.2010	26.05.2010	7.05.2010	14.05.2010	18.05.2010
17.06.2010	16.06.2010	24.06.2010	4.06.2010	16.06.2010	16.06.2010
16.07.2010	15.07.2010	28.07.2010	2.07.2010	15.07.2010	20.07.2010
13.08.2010	17.08.2010	25.08.2010	6.08.2010	17.08.2010	17.08.2010
17.09.2010	16.09.2010	24.09.2010	3.09.2010	15.09.2010	21.09.2010
15.10.2010	14.10.2010	27.10.2010	8.10.2010	18.10.2010	19.10.2010

Tabela A.2. Terminy publikacji amerykańskich informacji makroekonomicznych. Godzina komunikatu podana w nawiasach odnosi się do czasu nowojorskiego (EST/EDT) cd.

CBCC (10:00)	ISM (10:00)	PI (8:30)	GDP (8:30)	RS (8:30)
25.11.2008	3.11.2008	26.11.2008	25.11.2008	14.11.2008
30.12.2008	1.12.2008	24.12.2008	23.12.2008	12.12.2008
27.01.2009	2.01.2009	2.02.2009	30.01.2009	14.01.2009
24.02.2009	2.02.2009	2.03.2009	27.02.2009	12.02.2009
31.03.2009	2.03.2009	27.03.2009	26.03.2009	12.03.2009
28.04.2009	1.04.2009	30.04.2009	29.04.2009	14.04.2009
26.05.2009	1.05.2009	1.06.2009	29.05.2009	13.05.2009
30.06.2009	1.06.2009	26.06.2009	25.06.2009	11.06.2009
28.07.2009	1.07.2009	4.08.2009	31.07.2009	14.07.2009
25.08.2009	3.08.2009	28.08.2009	27.08.2009	13.08.2009
29.09.2009	1.09.2009	1.10.2009	30.09.2009	15.09.2009
27.10.2009	1.10.2009	30.10.2009	29.10.2009	14.10.2009
24.11.2009	2.11.2009	25.11.2009	24.11.2009	16.11.2009
29.12.2009	1.12.2009	23.12.2009	22.12.2009	11.12.2009
26.01.2010	4.01.2010	1.02.2010	29.01.2010	14.01.2010
23.02.2010	1.02.2010	1.03.2010	26.02.2010	12.02.2010
30.03.2010	1.03.2010	29.03.2010	26.03.2010	12.03.2010
27.04.2010	1.04.2010	3.05.2010	30.04.2010	14.04.2010
25.05.2010	3.05.2010	28.05.2010	27.05.2010	14.05.2010
29.06.2010	1.06.2010	28.06.2010	25.06.2010	11.06.2010
27.07.2010	1.07.2010	3.08.2010	30.07.2010	14.07.2010
31.08.2010	2.08.2010	30.08.2010	27.08.2010	13.08.2010
28.09.2010	1.09.2010	1.10.2010	30.09.2010	14.09.2010
26.10.2010	1.10.2010		29.10.2010	15.10.2010

DODATEK B.

B.1. Dopasowane modele zmienności

Tabela B.1. Wyniki estymacji parametrów modeli zmienności dla kontraktu CL, HO, NG

Szereg czasowy i model			CL: AR(1)-GARCH(1,1)			
Parametr	a_0	a_1	ω	α_1	β_1	ν
Oszacowanie parametru	0,1013 (0,0404)	-0,0639 (0,0195)	0,0746 (0,0245)	0,0397 (0,0070)	0,9467 (0,0094)	9,2839 (1,8360)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		2,6165	15,7500	30,7754*	62,4040	
$Q^2(j)$		1,9036	2,0438	13,9102	39,0179	
Szereg czasowy i model			HO: GARCH(1,1)			
Parametr	a_0	ω	α_1	β_1	ν	
Oszacowanie parametru	0,0962 (0,0435)	0,0594 (0,0288)	0,0367 (0,0079)	0,9527 (0,0114)	10,6332 (2,0895)	
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		2,9737	17,5517	31,3356	60,0134	
$Q^2(j)$		7,5164	10,4305	25,2300	57,3715	
Szereg czasowy i model			NG: AR(1)-GARCH(1,1)			
Parametr	a_1	ω	α_1	β_1	ν	$\ln \xi$
Oszacowanie parametru	-0,0577 (0,0188)	0,2959 (0,0815)	0,0581 (0,0087)	0,9205 (0,0103)	6,3188 (0,8532)	0,0892 (0,0274)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		8,5114	9,1593	16,0300	31,6751	
$Q^2(j)$		2,8778	4,6327	7,6863	21,3640	

Błędy standardowe podano w nawiasach. Statystyki testowe $Q(j)$ i $Q^2(j)$ obliczone zostały na potrzeby testów autokorelacji Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych i ich kwadratów. Gwiazdką wyróżniono wyniki testu, wskazujące na odrzucenie hipotezy zerowej o braku autokorelacji w szeregach reszt standaryzowanych (lub ich kwadratów) przy poziomie istotności testu 5%. Parametr ν oznacza liczbę stopni swobody, a ξ współczynnik asymetrii w skośnym rozkładzie t Studenta.

Tabela B.2. Wyniki estymacji parametrów modeli zmienności dla indeksu DX_S i kontraktu DX_F

Szereg czasowy i model			DX_S: IGARCH(1,2)			
Parametr	a_0	ω	α_1	α_2	β_1	ν
Oszacowanie parametru	-0,0182 (0,0099)	0,0006 (0,0003)	-	0,0408 (0,0061)	0,9592	19,0341 (6,3534)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		3,8050	6,9277	17,3789	37,2228	
$Q^2(j)$		4,6571	13,8288	19,3557	34,3922	
Szereg czasowy i model			DX_F: AR(1)-IGARCH(1,1)			
Parametr	a_0	a_1	ω	α_1	β_1	ν
Oszacowanie parametru	-0,0245 (0,0099)	-0,0399 (0,0195)	0,0006 (0,0003)	0,0349 (0,0055)	0,9651	13,0675 (3,0585)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		2,5394	6,7854	15,1616	41,2531	
$Q^2(j)$		6,0149	15,3872	21,9607	43,6549	

Błędy standardowe podano w nawiasach. Statystyki testowe $Q(j)$ i $Q^2(j)$ obliczone zostały na potrzeby testów autokorelacji Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych i ich kwadratów. Gwiazdką wyróżniono wyniki testu, wskazujące na odrzucenie hipotezy zerowej o braku autokorelacji w szeregach reszt standaryzowanych (lub ich kwadratów) przy poziomie istotności testu 5%. Parametr ν oznacza liczbę stopni swobody w skośnym rozkładzie t Studenta.

Tabela B.3. Wyniki estymacji parametrów modeli zmienności dla indeksu S&P500_S i kontraktu S&P500_F

Szereg czasowy i model			S&P500_S: ARMA(2,0)-IGARCH(1,2)			
Parametr	a_1	a_2	ω	α_1	α_2	β_1
Oszacowanie parametru	-0,0769 (0,0183)	-0,0642 (0,0209)	0,0118 (0,0042)	-	0,1102 (0,0164)	0,8898
Parametr	ν	$\ln \xi$				
Oszacowanie parametru	9,0825 (1,815)	-0,1508 (0,0237)				
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		1,41994	14,9776	22,9061	54,1736	
$Q^2(j)$		1,9503	7,6164	15,2328	37,4871	
Szereg czasowy i model			S&P500_F: ARFIMA(0,d,0)-IGARCH(1,1)			
Parametr	d	ω	α_1	β_1	ν	$\ln \xi$
Oszacowanie parametru	-0,0599 (0,0157)	0,0091 (0,0032)	0,0911 (0,0124)	0,9089	8,9095 1,9011	-0,1747 0,0251
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		2,0638	13,8665	25,1726	56,1871	
$Q^2(j)$		3,65343	12,8513	19,5354	38,8679	

Błędy standardowe podano w nawiasach. Statystyki testowe $Q(j)$ i $Q^2(j)$ obliczone zostały na potrzeby testów autokorelacji Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych i ich kwadratów. Gwiazdką wyróżniono wyniki testu, wskazujące na odrzucenie hipotezy zerowej o braku autokorelacji w szeregach reszt standaryzowanych (lub ich kwadratów) przy poziomie istotności testu 5%. Parametr ν oznacza liczbę stopni swobody, a ξ współczynnik asymetrii w skośnym rozkładzie t Studenta.

Tabela B.4. Wyniki estymacji parametrów modeli zmienności dla indeksu FTSE100_S i kontraktu FTSE100_F

Szereg czasowy i model		FTSE100_S: GARCH(1,1) (okres I: 2.02.2001-29.12.2006) GARCH(1,2) (okres II: 3.01.2007-21.06.2011)				
Parametr	a_0	ω	α_1	β_1	ν	$\ln \xi$
Oszacowanie parametru	0,0396 (0,0201)	0,0110 (0,0047)	0,0962 (0,0206)	0,8936 (0,0215)	19,7994 (9,5073)	-0,1342 (0,0385)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		4,5115	5,5536	14,7801	39,2157	
$Q^2(j)$		7,1766	11,7013	20,4740	48,8802	
Parametr	ω	α_1	α_2	β_1	ν	$\ln \xi$
Oszacowanie parametru	0,0439 (0,0202)	0,0419 (0,0308)	0,0873 (0,0449)	0,8547 (0,0328)	9,0094 (2,2935)	-0,0812 (0,0402)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		4,0389	8,8155	19,2580	48,1979	
$Q^2(j)$		4,4792	13,5741	19,4117	54,8810	
Szereg czasowy i model		FTSE100_F: ARFIMA(0,d,0)- IGARCH(1,1)				
Parametr	d	ω	α_1	β_1	ν	$\ln \xi$
Oszacowanie parametru	-0,0793 (0,0167)	0,0129 (0,0035)	0,1104 (0,0124)	0,8896	9,9457 (1,9359)	-0,1540 (0,0299)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$		2,3353	11,4132	23,0653	56,2160	
$Q^2(j)$		5,3660	12,9155	18,1531	41,1756	

Błędy standardowe podano w nawiasach. Statystyki testowe $Q(j)$ i $Q^2(j)$ obliczone zostały na potrzeby testów autokorelacji Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych i ich kwadratów. Gwiazdką wyróżniono wyniki testu, wskazujące na odrzucenie hipotezy zerowej o braku autokorelacji w szeregach reszt standaryzowanych (lub ich kwadratów) przy poziomie istotności testu 5%. Parametr ν oznacza liczbę stopni swobody, a ξ współczynnik asymetrii w skośnym rozkładzie t Studenta.

Tabela B.5. Wyniki estymacji parametrów modeli zmienności dla indeksu HI_S i kontraktu HI_F

Szereg czasowy i model			HI_S: GARCH (1,1) (okres I: 2.02.2001-29.12.2006) APARCH(1,1) (okres II: 3.01.2007-21.06.2011)			
Parametr	ω	α_1	β_1	ν		
Oszacowanie parametru	0,0089 (0,0056)	0,0384 (0,0100)	0,9552 (0,0114)	7,2869 (1,6560)		
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$ $Q^2(j)$		3,15448 8,57045*	8,25523 10,2265	18,6455 17,2456	41,3198 34,7049	
Parametr	ω	α_1	β_1	γ_1	δ	ν
Oszacowanie parametru	0,0300 (0,0119)	0,0919 (0,0159)	0,9122 (0,0166)	0,4610 (0,1257)	0,9903 (0,2631)	12,6149 (5,0482)
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$ $Q^2(j)$		2,6122 7,5414	12,1283 8,9616	23,0271 11,0518	50,7903 37,2132	
Szereg czasowy i model			HI_F: IGARCH(1,1)			
Parametr	a_0	ω	α_1	β_1	ν	
Oszacowanie parametru	0,0596 (0,0247)	0,0089 (0,0039)	0,0553 (0,0087)	0,9447	7,5424 (1,2358)	
Testy autokorelacji	j	5	10	20	50	
$Q(j)$ $Q^2(j)$		4,52477 9,77066*	6,40141 11,4106	22,0776 18,5054	48,6486 34,9679	

Błędy standardowe podano w nawiasach. Statystyki testowe $Q(j)$ i $Q^2(j)$ obliczone zostały na potrzeby testów autokorelacji Boxa-Pierce'a dla reszt standaryzowanych i ich kwadratów. Gwiazdką wyróżniono wyniki testu, wskazujące na odrzucenie hipotezy zerowej o braku autokorelacji w szeregach reszt standaryzowanych (lub ich kwadratów) przy poziomie istotności testu 5%. Parametr ν oznacza liczbę stopni swobody, a ξ współczynnik asymetrii w skośnym rozkładzie t Studenta.

B.2. Wyniki testów przyczynowości

Dla opóźnień od $M = 1$ do $M = 10$ zastosowano test Cheunga i Ng, dla $M = 20$ do $M = 100$ test Honga z wagami równomiernymi i wagami z funkcji Bartletta. Szara pogrubiona czcionka oznacza odrzucenie hipotezy o braku przyczynowości na poziomie istotności 10% , czarna pogrubiona czcionka – poziom 5%. Wyniki testu przyczynowości w ryzyku przedstawiono z uwzględnieniem zależności związanych z pozycją długą (L) i krótką (S) na dwóch poziomach tolerancji dla wartości zagrożonej: 5% i 1%.

G-przyczyny dla CL

Tabela B.6. HO->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,1471	2,6697	16,9591	2,8790	1,8279	1,2527	
						1,2268	2,2979	2,0849	
	wariancja		0,1541	34,5696	36,8588	4,2328	2,4464	1,4939	
						6,6257	5,3033	4,1229	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,9960	2,8440	3,6570	-1,2214	-2,0279	-0,2559
							-0,3451	-1,1772	-1,3395
		$L \rightarrow S$ 5%		0,6476	2,3330	4,9557	2,4613	0,4811	-0,8263
							2,4486	2,2355	1,0514
		$L \rightarrow L$ 1%		0,3986	1,8329	3,4707	-0,9256	-0,1565	-0,5002
							-0,1824	-0,5161	-0,2992
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0432	0,2646	0,8482	-1,3391	-0,8022	0,2551
							-1,1961	-1,6505	-1,3323
		$S \rightarrow S$ 5%		0,1377	1,0421	1,9104	0,4550	0,7422	0,9809
							-0,1976	0,3698	0,9673
		$S \rightarrow L$ 5%		0,1250	0,6493	1,8082	-0,2288	0,2443	1,1599
							-0,4924	-0,3667	-0,0440
		$S \rightarrow S$ 1%		0,0315	0,1928	0,4024	-1,7674	-1,7984	-1,4989
							-2,0357	-2,2086	-1,7672
$S \rightarrow L$ 1%			0,0574	0,6294	1,9328	-0,8272	-0,0373	0,1441	
						-0,7056	-0,4996	-0,1915	

Tabela B.7. NG->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,1708	10,6995	15,1410	1,1731	1,6067	1,1795	
						1,7820	1,8542	1,7677	
	wariancja		2,8165	21,0707	23,3677	29,6576	16,9143	11,1585	
						7,9113	21,1140	20,3375	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0018	0,4682	2,5721	0,6256	0,7961	1,1040
							0,7720	1,2199	1,5900
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0562	0,6955	1,8897	-1,1568	-1,3617	-0,2784
							-0,9255	-1,1796	-0,9788
		$L \rightarrow L$ 1%		0,5804	7,5504	11,7047	2,5882	2,4919	3,2291
							3,9348	3,1414	3,4353
$L \rightarrow S$ 1%			0,0349	0,2133	0,4898	-0,9897	-1,5085	-1,1363	
						-1,4637	-1,4255	-1,5627	
$S \rightarrow S$ 5%		0,5021	2,2490	4,3428	0,1675	-0,2543	-0,4702		
					0,6990	0,3292	-0,0788		
$S \rightarrow L$ 5%		0,3804	1,1341	1,7847	0,8604	0,6210	1,6650		
					-0,8218	0,4604	0,7838		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0315	0,1928	0,4024	-2,7563	-3,7019	-2,8228		
					-2,0824	-3,0779	-3,5347		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0574	10,1594	20,8070	3,9000	2,5453	1,1080		
					8,3642	5,7158	4,0338		

Tabela B.8. DX_F->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		1,6189	9,9688	12,4396	-0,1578	0,5744	1,5749	
						0,4626	0,5252	0,9079	
	wariancja		1,2390	19,5113	49,4605	5,8022	4,9087	2,6097	
						5,3313	6,2471	5,6757	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,1001	1,4673	3,9271	0,3852	0,8328	0,1449
							0,5675	0,8115	0,7606
		$L \rightarrow S$ 5%		1,1059	3,4539	5,5452	0,8475	-0,0765	3,1637
							1,4873	0,9674	0,6888
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0544	1,3634	11,9385	4,3093	2,1444	0,5400
							6,5891	5,3737	3,6893
$L \rightarrow S$ 1%			0,0819	0,9181	2,3708	-1,2365	-1,1443	-0,4273	
						-0,6186	-1,0899	-0,9123	
$S \rightarrow S$ 5%		0,2244	1,9313	4,1305	0,5347	0,5064	-0,1308		
					0,3826	0,4840	0,4235		
$S \rightarrow L$ 5%		0,8805	2,5639	3,5784	0,4565	1,0183	1,6104		
					-0,0396	0,3765	1,0920		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0449	0,2746	0,8531	-1,3987	-0,9527	-0,8958		
					-1,3459	-1,6946	-1,4913		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0298	0,9182	3,0619	-0,6640	-2,3474	-0,1706		
					-0,4819	-1,0892	-1,4036		

Tabela B.9. DX_S->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		1,1866	8,2367	9,7833	0,1260	0,3768	1,2345	
						-0,0072	0,2809	0,5599	
	wariancja		0,3696	12,0668	21,6613	0,7483	1,0914	-0,0438	
						1,4650	0,9830	0,8478	
	ryzyko	L->L 5%		0,0223	0,6070	3,3059	-0,0514	1,0172	0,4233
							0,6104	0,6474	0,8179
		L->S 5%		0,2394	1,2864	2,3003	-0,0902	-0,7722	2,2097
							-0,2257	-0,4674	-0,1176
		L->L 1%		0,0513	1,4150	12,7735	5,2455	3,5170	2,2022
							7,4201	6,4962	4,9702
		L->S 1%		0,0282	0,9642	4,1899	-0,5333	-2,2277	-0,3115
							0,7680	-0,6256	-1,2090
	S->S 5%		0,1500	0,9420	2,6277	0,1556	-0,4749	-0,3388	
						-0,1439	-0,2832	-0,3213	
S->L 5%		1,2276	4,8257	6,3591	-0,7163	0,5025	1,5429		
					0,6890	-0,2892	0,2438		
S->S 1%		0,0466	1,8574	3,2235	-0,2997	-0,7590	1,9251		
					-0,2997	-0,6917	-0,3540		
S->L 1%		0,3456	2,8877	6,5420	0,5712	-0,4638	-0,3069		
					1,5926	0,6462	0,1480		

Tabela B.10. S&P500_F->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,2444	3,2310	12,8876	0,0729	-0,0188	0,3961	
						-0,1073	-0,2113	-0,1421	
	wariancja		2,0004	10,2169	13,9749	-0,3094	-0,3689	-1,5600	
						0,5772	-0,1716	-0,6597	
	ryzyko	L->L 5%		0,0383	0,8007	1,7263	1,7111	1,4319	2,7319
							0,0069	1,0191	1,6577
		L->S 5%		0,0274	0,5426	1,6652	-0,9389	-0,0865	1,5897
							-0,9697	-0,8358	0,0582
		L->L 1%		0,2441	1,0930	2,3311	-0,1353	-1,4960	-0,0214
							-0,0549	-0,4288	-0,8942
		L->S 1%		0,7293	2,2098	2,9319	0,8076	-0,9567	-0,5631
							-0,3377	-0,1283	-0,4607
	S->S 5%		0,0662	0,3742	1,0506	-0,5687	-0,3666	-1,2020	
						-0,6691	-0,2411	-0,4132	
S->L 5%		0,5374	2,3665	4,1955	-0,7306	0,2929	0,9395		
					0,0345	-0,4139	0,0912		
S->S 1%		0,0383	0,8007	1,7263	0,9281	-0,9233	4,3959		
					0,8815	1,0928	1,6895		
S->L 1%		1,4784	4,2175	6,3995	0,0311	-1,3454	-2,6359		
					1,1230	-0,0681	-1,0140		

Tabela B.11. S&P500_S->CL

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,6250	2,3377	10,0565	-0,3976	-0,3304	0,0831
						-0,5899	-0,7022	-0,5879
	wariancja		3,3460	11,6238	15,3420	0,1648	-0,1535	-1,5876
						1,0584	0,2339	-0,3533
	ryzyko	L->L 5%	0,1250	0,4700	1,1212	-1,3948	-1,0160	0,8510
						-1,2978	-1,6210	-0,9920
		L->S 5%	0,0843	0,9946	3,0404	-0,0021	-0,0966	0,9495
						0,1396	0,0743	0,3483
		L->L 1%	0,4615	1,7411	3,6808	-0,2583	-1,2902	0,1511
						0,3624	-0,2924	-0,7828
		L->S 1%	0,0399	0,2441	0,5093	1,6072	-1,0277	-0,8966
						-1,0893	0,1072	-0,4288
		S->S 5%	0,0147	0,3883	1,2527	-1,2890	-0,2438	-1,2264
						-0,9861	-0,7980	-0,7317
	S->L 5%	0,2742	1,5646	3,1165	-0,8750	0,5993	1,7319	
					-0,5321	-0,4344	0,4272	
S->S 1%	0,0298	0,1826	1,7507	-0,6677	-1,6646	4,5056		
				-0,4063	-0,7425	-0,5175		
S->L 1%	0,7417	3,2359	6,1067	-0,2726	-1,6143	-2,3475		
				1,0604	-0,3136	-1,3535		

Tabela B.12. FTSE_F->CL

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,3487	3,5642	24,0972	2,1012	0,4144	0,4536
						1,5591	1,7925	1,1645
	wariancja		3,4870	16,3042	32,6706	40,3319	25,2622	18,5346
						81,6837	54,6728	39,2752
	ryzyko	L->L 5%	0,1404	0,5546	1,2772	-0,3393	0,0610	0,5630
						-0,9557	-0,6564	-0,3118
		L->S 5%	0,1113	1,1088	2,4923	-1,1560	-0,2890	-0,4571
						-0,6257	-0,7844	-0,3545
		L->L 1%	0,0150	7,2821	26,9004	9,7257	3,3870	4,9637
						15,1688	11,3630	7,6619
		L->S 1%	0,0082	0,0505	0,1053	1,6042	-1,8615	-0,2598
						-2,2822	-1,1432	-1,4565
		S->S 5%	0,0334	1,2481	3,1038	0,4804	0,2305	0,5896
						0,2564	0,4024	0,4541
	S->L 5%	0,0708	0,6299	1,5140	-0,9270	-0,8555	-1,1132	
					-0,8783	-0,9708	-1,0293	
S->S 1%	0,0198	0,1214	0,2534	-1,1618	2,5632	4,4905		
				-1,4532	1,2675	2,6785		
S->L 1%	0,0362	1,5060	3,2224	0,5877	0,5095	0,1783		
				0,0300	0,3092	0,3446		

Tabela B.13. FTSE_S->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,7910	0,8678	19,0686	2,0169	0,3073	-0,1477	
						1,1959	1,4720	0,8119	
	wariancja		0,0757	76,5147	83,5062	11,5822	8,9804	5,1869	
						16,1889	14,1858	11,6693	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0298	0,1826	1,7507	-0,0975	-0,0406	1,8177
							-0,4063	-0,7425	-0,5175
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0109	0,9259	4,0550	0,0065	1,9816	0,7150
							0,8511	0,9250	1,5387
		$L \rightarrow L$ 1%		0,3456	6,7009	13,7409	1,7128	2,6249	3,6818
							4,8647	2,7843	2,9235
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0466	0,2852	0,5952	0,2681	-1,1250	0,2962
							-1,0915	-0,5548	-0,4095
	$S \rightarrow S$ 5%		0,1583	2,2975	4,5508	-0,9743	0,4005	-0,2753	
						0,2692	-0,2080	-0,1283	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,2629	1,7885	3,2039	1,0475	0,9737	0,3829	
						0,0580	0,8205	1,0668	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0282	0,1724	1,3041	-0,5278	0,7262	0,1978		
					-0,3514	-0,5050	-0,1744		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0513	2,5041	5,1926	0,4014	-0,5334	-0,4121		
					0,6120	0,3870	-0,3724		

Tabela B.14. HI_F->CL

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,1364	3,1329	5,1637	-0,0096	-1,2532	-1,0806	
						-1,0079	-0,7713	-1,0619	
	wariancja		1,1875	118,0141	123,6659	17,9082	11,7081	7,1917	
						24,1326	20,6898	16,0691	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,3201	1,9688	3,9159	1,1049	0,0539	-1,1075
							0,5974	0,6891	0,1178
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0357	0,1788	0,6605	-0,2544	0,2111	1,0420
							-1,4716	-0,9314	-0,2445
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0666	0,6690	2,2358	-1,4058	-0,0565	-0,7812
							-0,6626	-0,4379	-0,2791
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0365	0,2235	1,3038	0,5330	-0,0955	-0,6715
							-0,0478	0,2898	-0,0557
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0986	1,5737	2,9588	-0,4089	-0,7803	-1,1328	
						-0,4728	-0,4784	-0,7021	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,3485	1,0770	1,8336	-1,1246	-0,5024	-0,1600	
						-0,9837	-0,8949	-0,6438	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0315	0,1928	4,2121	5,7669	4,2665	9,1831		
					3,5741	5,5571	5,4291		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0574	0,6989	3,1949	-0,4320	-1,2371	-1,3883		
					0,2289	-0,5199	-1,1234		

Tabela B.15. HI S->CL

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,0002	1,7928	5,6727	-0,0405	-1,5447	-1,1576
						-1,1587	-0,8059	-1,1879
	wariancja		0,3718	133,1279	137,0712	19,9236	12,9451	7,7116
						26,9332	23,0523	17,8802
	ryzyko	L-> L 5%	0,3600	2,0739	3,7093	0,0045	-1,5055	-0,4102
						0,2905	-0,3100	-0,7799
		L-> S 5%	0,0041	0,5662	1,4451	0,2975	0,3098	0,4957
						-0,9715	-0,3758	0,2080
		L-> L 1%	0,0696	0,6640	2,0926	-1,7203	-0,2289	-0,8818
						-0,9370	-0,8269	-0,6150
		L-> S 1%	0,0382	0,2338	1,2744	0,3589	-0,7992	-0,9282
						-0,1522	-0,1186	-0,6279
	S-> S 5%	0,4294	1,8971	3,5730	-0,2010	-0,7423	-1,5937	
					-0,0752	-0,1416	-0,6914	
S-> L 5%	0,0028	0,4731	1,2795	-1,0362	-0,0137	0,7031		
				-1,0261	-0,7598	-0,1292		
S-> S 1%	0,0315	0,3642	6,0481	9,3856	5,9299	8,1575		
				4,6783	7,9580	7,6168		
S-> L 1%	0,0574	0,6294	2,4502	-1,2288	-1,4866	-0,8756		
				-0,4077	-1,1997	-1,4250		

G-przyczyny dla HO

Tabela B.16. CL->HO

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		4,2336	7,6436	19,1407	1,4509	0,8359	0,8224
						1,8364	1,3596	1,2816
	wariancja		0,0520	5,3798	6,0468	-0,9642	1,2082	-0,0295
						-0,6949	-0,3359	0,4204
	ryzyko	L-> L 5%	0,1341	2,0416	4,1810	-0,5088	-1,2394	-1,0118
						0,3159	-0,5288	-0,9946
		L-> S 5%	0,7387	0,6781	0,6603	-0,4414	0,3571	0,5197
						-0,2196	-0,1825	0,0733
		L-> L 1%	0,3986	1,6907	2,7830	-1,1286	1,6271	2,3840
						-0,6731	0,0841	1,2220
		L-> S 1%	0,0574	0,3514	0,9197	0,6344	-0,8218	-2,3396
						-1,0511	-0,5251	-1,1015
	S-> S 5%	0,3376	1,2469	2,3567	-1,4407	-1,0509	-0,3554	
					-0,7385	-1,3012	-1,2924	
S-> L 5%	0,0065	0,2408	1,2998	-0,5626	-0,9337	-0,9340		
				-1,0724	-0,9629	-0,9357		
S-> S 1%	1,5701	4,4666	5,4885	0,1935	-0,5526	-0,1132		
				0,4863	0,0140	-0,0688		
S-> L 1%	0,0432	0,2646	0,6839	-0,0668	-1,2465	-1,3181		
				-1,1890	-0,9731	-1,1439		

Tabela B.17. NG->HO

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,1114	13,4409	16,7069	1,3227	1,8458	1,6851
						2,5144	2,4707	2,3124
	wariancja		4,7474	17,3274	22,1966	6,5572	3,4055	1,2369
						4,4423	5,2621	4,2335
	ryzyko	L->L 5%	0,1516	0,8517	2,6117	-0,0225	-0,3803	-1,1938
						0,1628	0,0340	-0,3589
		L->S 5%	0,0012	2,1298	3,4355	0,2103	-0,2540	-0,4237
						0,2094	0,0226	-0,1938
		L->L 1%	0,0569	0,3480	0,9290	3,0924	3,9984	3,8629
						0,6445	2,7035	3,9576
		L->S 1%	0,0414	0,2536	0,5292	-1,9547	-1,9846	-2,3650
						-1,6333	-2,0517	-2,3017
	S->S 5%	0,5101	3,2451	5,5167	0,5870	-1,1916	-2,1835	
					1,3473	0,4128	-0,7815	
	S->L 5%	0,5142	1,7399	3,1804	1,2887	0,3969	1,5203	
					0,7265	0,8928	0,9187	
S->S 1%	0,0375	0,2293	0,4784	-1,9003	-1,2296	-2,3467		
				-1,7634	-1,5320	-1,5571		
S->L 1%	0,0514	11,5225	23,5510	5,6983	3,4751	1,4082		
				9,8674	7,1119	5,1459		

Tabela B.18. DX_F->HO

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,1124	7,3050	7,9637	-0,0176	1,0668	0,7444
						-0,3001	0,2903	0,9046
	wariancja		6,9189	11,5323	29,3791	4,3831	2,1750	1,3205
						4,4135	4,2542	3,3910
	ryzyko	L->L 5%	0,8010	3,5389	6,3682	1,1859	2,3255	1,7644
						1,5153	2,0567	2,4188
		L->S 5%	0,1004	0,2630	0,5264	0,1717	0,4681	1,5889
						-0,3391	-0,1146	0,3090
		L->L 1%	0,8732	3,0693	9,4299	2,3203	0,8190	-0,3759
						3,9746	2,5191	1,2831
		L->S 1%	0,0355	0,2171	0,4531	-1,8653	-2,6821	-1,3695
						-1,6873	-1,8550	-1,7266
	S->S 5%	0,2108	1,3472	3,4897	0,6029	0,1714	-0,9127	
					0,1366	0,0722	-0,1384	
	S->L 5%	1,2366	3,5302	4,9610	3,0141	2,7978	2,4123	
					0,8363	2,4369	3,0195	
S->S 1%	0,7614	2,3741	3,8762	-1,1560	1,6325	0,6786		
				-0,1330	1,1657	1,4721		
S->L 1%	0,0733	0,4480	6,3702	2,4001	3,0759	2,1350		
				3,4194	3,5312	3,6354		

Tabela B.19. DX_S->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,0467	5,7205	6,8205	0,4269	1,0311	0,9115	
						-0,5415	0,3088	0,8795	
	wariancja		1,5850	6,2937	16,5809	0,9420	0,5921	0,0165	
						1,3015	0,9817	0,8012	
	ryzyko	L-> L 5%		0,0013	0,6840	4,0472	0,9384	1,5880	1,5202
							1,1488	1,3319	1,5288
		L-> S 5%		0,2455	1,0033	2,1075	-0,3737	-0,2785	0,2797
							-0,5182	-0,3813	-0,2546
		L-> L 1%		0,9486	3,3044	9,3659	2,1086	1,5520	1,0916
							3,7449	2,7276	1,9837
		L-> S 1%		0,0335	0,8368	2,7305	-0,9201	-1,3681	-1,3541
							-0,2177	-1,1202	-1,4590
	S-> S 5%		1,1070	3,4717	5,3129	0,3167	0,1430	0,3695	
						1,2375	0,6345	0,5184	
	S-> L 5%		0,6879	3,1672	4,8352	-0,2555	0,1714	0,0035	
					0,2647	-0,2737	-0,0707		
S-> S 1%		0,0554	1,5972	3,2915	-1,1942	-1,1486	-1,2051		
					-0,3017	-0,7544	-1,1402		
S-> L 1%		0,4255	2,0567	8,2592	3,6121	5,4737	2,9749		
					4,2753	5,4619	5,4827		

Tabela B.20. S&P500_F->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		2,2496	3,3420	12,6372	0,2663	-0,5660	-0,6578	
						-0,0414	-0,2307	-0,4903	
	wariancja		4,1340	8,0910	13,0130	-0,1573	-0,1855	-1,0871	
						0,6886	-0,0183	-0,3141	
	ryzyko	L-> L 5%		1,2933	4,1718	5,5028	1,4429	1,1910	0,9094
							1,0086	1,5650	1,3481
		L-> S 5%		0,0231	0,4595	2,2203	-0,0518	-0,3506	1,2503
							0,1921	-0,0198	0,1719
		L-> L 1%		1,9931	5,8609	8,8386	3,1287	0,5604	-0,1192
							3,5075	2,8736	1,5608
		L-> S 1%		0,5532	1,7554	3,1107	-0,7616	-1,4718	-1,6199
							-0,3534	-0,8350	-1,4630
	S-> S 5%		0,0379	0,9566	2,7246	0,7370	1,9305	0,8791	
						-0,0560	0,7097	1,3901	
	S-> L 5%		0,1819	0,6640	1,1684	-1,5133	0,2230	-0,5314	
					-1,4071	-1,0223	-0,2505		
S-> S 1%		0,0216	0,1323	0,2761	-2,8839	-2,5400	-0,4390		
					-2,1777	-2,3814	-1,8133		
S-> L 1%		0,0297	0,1816	0,3789	-2,7801	-2,9930	-3,1226		
					-2,1001	-3,0485	-3,3227		

Tabela B.21. S&P500_S->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		2,7646	3,3009	10,8930	0,0554	-0,6216	-0,5404	
						-0,2498	-0,4520	-0,6479	
	wariancja		5,9507	11,1722	19,0371	1,1657	0,3704	-0,7896	
						2,0961	1,2375	0,6130	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		1,8949	5,3538	6,6895	-0,0213	0,1417	1,0619
							0,8571	0,2786	0,3248
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0770	0,4907	1,2453	-0,7346	-1,3923	0,4152
							-0,9513	-1,1111	-0,9930
		$L \rightarrow L$ 1%		3,0556	8,7601	11,7769	1,1346	0,6050	0,5260
							3,5268	1,6048	0,8961
		$L \rightarrow S$ 1%		0,9067	2,6770	3,9021	-0,3456	-1,6007	-2,9472
							-0,1036	-0,5908	-1,5437
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0762	0,5856	1,6179	0,5844	1,3595	0,6129	
						-0,6232	0,3094	0,9959	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0052	0,2495	1,1740	-1,1592	-0,7289	-1,2495	
					-1,2849	-1,0444	-0,7909		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0355	0,2171	0,4531	-2,7051	-0,6381	0,2446		
					-2,0441	-0,9983	-0,4478		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0487	0,6650	2,6429	-1,4846	-1,9472	-1,5368		
					-0,5011	-1,4883	-1,9083		

Tabela B.22. FTSE100_F->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,0210	4,0021	19,8469	1,6674	-0,2393	-0,0291	
						0,8684	1,0836	0,4567	
	wariancja		5,4063	10,6886	28,2623	2,8667	1,7449	0,5962	
						3,6781	3,3960	2,3390	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,2794	1,5178	2,8601	-0,1367	-0,6327	-0,8231
							-0,2007	-0,1480	-0,4455
		$L \rightarrow S$ 5%		0,1022	1,6017	3,1119	-1,2980	-1,4666	0,1129
							-0,5984	-1,2693	-0,8686
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0135	0,0823	0,7400	-0,2594	-2,9806	5,4871
							-0,1939	-0,8777	-1,8175
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0098	0,0600	0,1252	0,8170	-2,3536	-5,0524
							-0,6540	-0,3580	-2,0380
	$S \rightarrow S$ 5%		0,1593	1,1636	3,3181	-0,0527	-1,0081	-0,2940	
						0,1476	-0,3309	-0,7989	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0295	1,1701	2,3403	-1,1409	-1,0977	-1,0890	
					-0,7501	-1,2009	-1,3803		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0236	0,1444	0,3013	-2,8585	1,4336	2,0032		
					-2,1587	-1,9381	-0,0929		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0324	0,1981	1,6474	-0,8410	1,8173	-0,3031		
					-0,8741	-0,2332	0,4193		

Tabela B.23. FTSE100_S->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		2,5121	3,9161	16,3698	1,2098	-0,3420	-0,6633	
						0,9683	0,8667	0,1835	
	wariancja		7,3189	37,9246	43,5526	6,5181	4,7461	3,3952	
						8,7781	7,7222	6,5752	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		1,2624	3,7101	5,4119	0,6065	-0,1594	0,1851
							0,9688	0,5457	0,2229
		$L \rightarrow S$ 5%		0,2742	1,6183	3,7261	-0,6411	-1,1174	-0,0150
							-0,0775	-0,7273	-0,2041
		$L \rightarrow L$ 1%		0,4255	1,4749	4,5501	0,4739	-0,5725	2,1671
							1,0755	0,5131	-0,0928
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0554	1,0046	2,6664	1,6028	-0,7505	1,9972
							0,8626	1,0710	0,0674
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0007	2,0790	4,6739	1,3899	0,6208	1,0971	
						1,2030	1,2725	1,1476	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,3895	1,4864	2,3091	0,0777	0,5415	-0,8206	
						-0,5822	-0,0321	0,1260	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0335	1,6256	3,4334	-1,8282	-1,9929	-2,2444		
					-0,5290	-1,3885	-1,9430		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0460	1,7008	8,0243	2,1110	2,2878	1,3408		
					3,2430	3,2680	2,8850		

Tabela B.24. HI_F->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,8396	4,7169	5,1091	-0,5995	-1,1648	-0,8495	
						-0,8020	-0,8862	-0,9640	
	wariancja		28,6260	53,9856	56,7768	9,1220	5,6062	3,1174	
						14,1935	10,8289	8,0373	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0611	0,6388	2,2921	0,4942	0,8575	0,3416
							-0,0827	0,1177	0,3701
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0012	0,2565	1,1580	-0,0341	-0,6791	0,1310
							-0,9147	-0,7676	-0,9442
		$L \rightarrow L$ 1%		0,6425	2,6321	5,1774	-0,5390	-1,3699	-1,0593
							0,8128	-0,2578	-1,0507
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0434	0,2658	1,2070	6,9076	2,7503	1,2507
							2,3945	5,1357	3,7593
	$S \rightarrow S$ 5%		0,2719	2,0581	3,1518	-1,4468	-0,8325	-0,5462	
						-0,6641	-1,0736	-0,8810	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0913	0,4301	0,9699	-1,3158	-0,1983	-0,2895	
						-1,3782	-1,0067	-0,6217	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0375	0,2293	0,4784	-0,3400	1,7163	2,7484		
					-1,3387	0,5949	1,5679		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0514	0,7346	3,4061	-0,0934	-1,1405	-0,9737		
					0,4272	-0,3512	-0,9269		

Tabela B.25. HI S->HO

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,2827	3,6374	4,5756	-0,4634	-1,3575	-0,8464	
						-1,0640	-0,9529	-1,0832	
	wariancja		28,3973	54,8078	57,3468	8,8782	5,4140	3,0330	
						14,1522	10,5907	7,7840	
	ryzyko	L-> L 5%		0,0056	0,1433	0,7871	-0,9628	-1,1861	-1,1666
							-1,3933	-1,5310	-1,5686
		L-> S 5%		0,0179	0,9875	1,7643	0,3631	0,3031	0,0576
							-0,6573	-0,1916	0,0355
		L-> L 1%		0,5979	2,4647	4,7825	-0,6535	-1,5060	-0,4991
							0,4128	-0,5256	-1,2734
		L-> S 1%		0,0454	1,1974	3,1349	7,0222	3,1699	3,1922
							3,1752	5,6669	4,6246
	S-> S 5%		0,0561	0,6625	1,9392	-0,0088	-0,7232	-0,6978	
						-0,5884	-0,2236	-0,4975	
S-> L 5%		0,0565	0,9409	1,8388	-0,5254	0,4686	0,8743		
					-0,8000	-0,2734	0,1137		
S-> S 1%		0,0375	0,2293	0,4784	-1,1181	-0,1864	0,7170		
					-1,7469	-1,1472	-0,5278		
S-> L 1%		0,0514	0,6505	2,5062	-1,0566	-1,7541	-0,6401		
					-0,3421	-1,2399	-1,5367		

G-przyczyny dla NG

Tabela B.26. CL-> NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		8,2709	13,0548	16,5915	1,2347	1,0462	0,6852	
						2,2091	1,3099	1,3753	
	wariancja		1,3808	15,3171	17,3595	0,8662	-1,2454	-1,9649	
						2,2724	0,8516	-0,5620	
	ryzyko	L-> L 5%		0,1318	0,8909	2,3248	-0,1870	1,2155	1,4446
							-0,3892	0,3897	0,8460
		L-> S 5%		0,0485	1,8694	5,1471	1,4575	0,9937	2,1887
							1,1139	1,2008	1,4584
		L-> L 1%		0,0635	0,9106	2,3495	-1,3803	-2,0382	-1,8146
							-0,8293	-1,3866	-1,6488
		L-> S 1%		0,0574	0,9765	2,3252	1,4372	0,4735	-1,3263
							-0,4582	0,2748	0,1925
	S-> S 5%		0,2501	1,0919	1,9220	-0,9931	-1,5623	-0,5067	
						-0,9678	-1,3408	-1,2306	
S-> L 5%		1,5726	5,0308	8,6795	0,8948	-1,0893	0,4214		
					2,6252	1,0042	-0,0718		
S-> S 1%		0,0315	0,1928	1,7295	4,8149	3,0296	1,0508		
					0,0549	2,5385	2,7416		
S-> L 1%		0,0349	0,8121	2,6364	-1,8814	-1,5086	-1,1506		
					-0,7557	-1,7318	-1,7526		

Tabela B.27. HO->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		5,1513	9,2822	12,1719	0,6450	0,8737	1,3601	
						1,0451	0,5218	1,0478	
	wariancja		0,0389	2,9724	12,9478	0,0245	-1,1829	-0,2336	
						-0,4877	-0,5430	-0,7275	
	ryzyko	L->L 5%		0,0611	0,3517	1,5803	-0,6671	-0,9546	-0,1324
							-0,7423	-0,8319	-1,1363
		L->S 5%		0,0911	1,5193	3,5660	2,3546	2,3130	2,1592
							0,4915	1,5126	2,2034
		L->L 1%		0,0569	0,9900	2,6398	-1,2345	-2,0661	-2,1940
							-0,4069	-0,9292	-1,4308
		L->S 1%		0,0514	1,0700	2,9808	0,3901	-1,1748	-2,1664
							0,4129	0,2570	-0,6856
		S->S 5%		0,0103	0,6523	1,5483	-1,1215	-0,5053	-0,4135
							-1,0701	-1,4176	-1,1155
	S->L 5%		0,6389	2,8102	5,0895	0,0415	-0,2496	0,4207	
						0,8574	0,2902	-0,0385	
S->S 1%		0,0375	0,3648	2,1327	1,2123	1,2876	2,4043		
					0,3627	0,9476	1,5753		
S->L 1%		0,0414	0,2407	0,4928	-1,2960	0,6308	2,1529		
					-1,4940	-0,5319	0,5694		

Tabela B.28. DX_F->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,8059	8,1372	12,1102	-0,2754	0,6370	1,0014	
						0,5113	0,0609	0,4644	
	wariancja		0,0388	4,3093	6,9401	-0,7506	-0,5870	-1,6242	
						-0,6210	-0,8703	-0,9841	
	ryzyko	L->L 5%		0,1153	0,7692	3,2195	0,8909	0,0088	1,9110
							0,6743	0,4145	0,4924
		L->S 5%		0,0736	0,4433	1,4460	0,2725	-0,9695	-0,2460
							-0,1674	-0,1818	-0,5340
		L->L 1%		0,0392	1,3935	3,2805	-1,2179	-1,8664	0,9461
							-0,1207	-0,9474	-0,5042
		L->S 1%		1,3477	3,8623	5,1833	-0,1941	-1,5765	-1,2653
							0,8050	0,0403	-0,8135
		S->S 5%		0,2983	3,0291	4,9987	-0,8653	0,5182	1,9167
							0,4446	-0,0707	0,7069
	S->L 5%		0,0061	1,3422	3,5283	-0,3357	0,1206	-0,9084	
						0,2533	-0,1048	-0,2423	
S->S 1%		0,0534	0,4074	1,5356	-1,6055	-1,8818	-2,3123		
					-1,1194	-1,7964	-2,0676		
S->L 1%		0,0591	0,3428	0,6890	-2,1222	-0,6654	-0,1707		
					-1,7849	-1,9282	-1,0632		

Tabela B.29. DX_S->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,4884	9,9714	15,2046	0,7462	1,2412	1,4111	
						0,9738	1,0224	1,2488	
	wariancja		0,0102	16,0529	19,0885	0,7483	1,0914	-0,0438	
						1,4650	0,9830	0,8478	
	ryzyko	L->L 5%		0,0083	0,8771	4,4446	1,2444	-0,1844	1,1704
							1,4977	0,8504	0,4751
		L->S 5%		0,0623	0,8408	2,0315	-0,7983	-0,8311	-0,2762
							-0,5852	-0,6257	-0,8384
		L->L 1%		0,0370	1,6178	5,2843	0,4893	-0,1668	2,5744
							1,4183	1,0431	0,7314
		L->S 1%		0,0335	0,2050	0,8518	3,3915	0,7773	1,3744
							-0,6938	1,0871	1,1225
	S->S 5%		0,0394	0,9726	1,8516	-1,0068	-0,4040	-0,6548	
						-1,1036	-1,2502	-0,7172	
	S->L 5%		0,1544	0,8693	2,0717	-0,1583	1,7098	0,3132	
					-0,5600	0,0384	0,7075		
S->S 1%		0,0554	0,7106	2,5890	-1,1936	-1,6820	-2,8331		
					-0,4996	-1,1448	-1,7723		
S->L 1%		0,0613	1,6402	3,5173	-0,6071	-0,7516	-0,4041		
					-0,0720	-0,6183	-0,5268		

Tabela B.30. S&P500_F->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		1,1811	1,7268	12,4414	0,1257	-0,7498	0,5490	
						0,0710	-0,1322	-0,0899	
	wariancja		0,0847	2,9196	5,7040	-1,7871	-2,3767	-3,2068	
						-1,1105	-1,9293	-2,6117	
	ryzyko	L->L 5%		0,2889	1,3052	2,5006	0,4869	-0,6247	-0,9178
							-0,4394	-0,1281	-0,5503
		L->S 5%		0,0498	2,0400	4,7837	-0,7531	0,6391	1,4043
							0,4779	-0,5717	0,0701
		L->L 1%		0,0724	1,3483	2,6552	-1,5225	-1,9255	-1,9566
							-0,8182	-1,6471	-1,7861
		L->S 1%		0,0654	0,4548	1,8213	-1,0827	-1,0110	-2,1820
							-0,7184	-1,4232	-1,7336
	S->S 5%		0,0344	0,8592	1,5567	-1,4392	-1,5699	-0,7079	
						-1,3237	-1,7761	-1,5804	
	S->L 5%		0,3314	3,9209	6,5826	2,0926	2,1879	0,6714	
					2,4374	2,4490	2,2703		
S->S 1%		0,0216	0,1323	0,2761	-2,8839	-1,4820	-2,7084		
					-2,1777	-2,5884	-2,3424		
S->L 1%		0,0239	1,1218	3,8667	-1,4766	-3,6494	0,6732		
					-0,0437	-1,6934	-2,3009		

Tabela B.31. S&P500_S->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		1,4506	1,7705	12,6698	0,1675	-0,6435	0,3777	
						0,2349	-0,1057	-0,0813	
	wariancja		0,2513	3,2912	7,3148	-1,4633	-1,8759	-2,8386	
						-0,7546	-1,4177	-2,0599	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,7940	2,2495	3,2823	-0,4071	-1,3367	-1,0812
							0,6580	0,9093	0,8602
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0973	1,5714	4,1473	0,1609	0,1762	1,9191
							0,6840	0,3770	0,5426
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0525	1,9810	3,8662	-1,6048	-2,1676	-1,7519
							-0,2880	-1,6488	-1,9345
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0474	0,3859	1,8872	-0,9087	-3,0074	-4,1467
							-0,6626	-1,4796	-2,7906
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0076	1,2013	2,5835	-1,4943	-1,5064	-0,4530	
						0,9325	0,9340	0,6747	
$S \rightarrow L$ 5%		0,3999	3,4189	6,0417	3,5310	4,2379	3,2448		
					2,7127	4,1456	4,4993		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0355	0,2171	1,1499	-1,0267	0,6088	0,6960		
					0,8477	0,2713	0,2432		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0392	2,8170	5,4748	-0,4760	-0,9107	1,7302		
					0,8774	-0,0599	-0,0026		

Tabela B.32. FTSE100_F->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,3439	3,1192	10,6885	-0,4871	-0,7505	-0,9848	
						-0,2429	-0,3854	-0,6085	
	wariancja		0,4025	2,3347	4,3601	-1,1118	-0,9442	-1,6015	
						-1,3214	-1,4803	-1,5357	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,6388	2,4711	3,5004	-0,2250	-0,8376	-1,1100
							-0,3819	-0,4910	-0,8131
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0675	1,8469	4,2462	0,3568	1,3296	1,1783
							0,4842	0,5795	1,0930
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0108	9,7081	14,6563	0,4114	-0,3686	1,4402
							4,2383	2,3860	0,9984
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0098	0,0600	0,1252	-3,0364	-4,7946	-4,8985
							-2,2916	-3,5895	-5,0085
	$S \rightarrow S$ 5%		0,1789	1,1362	2,6902	-0,5277	-0,6327	-0,1197	
						-0,3920	-0,3964	-0,5477	
$S \rightarrow L$ 5%		0,1394	2,2183	6,1013	0,3181	1,3797	0,3453		
					1,7095	1,1785	1,3325		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0236	3,3521	9,7755	1,3783	6,0078	2,5198		
					3,8341	2,4896	3,9488		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0261	0,1516	1,3639	-0,3185	-2,0581	-2,1724		
					-0,5264	-1,0516	-1,7232		

Tabela B.33. FTSE100_S->NG

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,1923	5,2994	9,7955	-0,5146	-0,7014	-0,8521
						-0,4442	-0,7225	-0,8211
	wariancja		0,1477	4,4254	6,9135	5,5777	2,9045	0,9729
						1,1334	4,0933	3,5165
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%	0,0315	1,0105	2,1712	-0,5284	0,1930	-0,7357
						-0,7878	-0,5422	-0,2748
		$L \rightarrow S$ 5%	0,4456	2,3559	4,1724	1,0839	1,9370	0,6254
						0,5709	1,2204	1,6214
		$L \rightarrow L$ 1%	0,6146	1,8931	2,5581	-1,3505	-0,1067	2,4435
						-1,0486	-1,4127	-0,3527
		$L \rightarrow S$ 1%	0,0554	1,0046	2,3141	-0,7509	-2,2053	-1,9749
						-0,5212	-1,2468	-1,9619
	$S \rightarrow S$ 5%	0,0045	0,2643	0,7896	-0,1311	-0,4420	-0,3189	
					-1,1091	-0,6202	-0,5269	
$S \rightarrow L$ 5%	0,4964	2,2278	3,7600	-1,0808	0,1506	-1,6219		
				-0,2406	-0,3478	-0,4488		
$S \rightarrow S$ 1%	0,0335	0,2050	0,4277	1,5589	0,7856	0,1777		
				-0,6229	0,5735	1,0345		
$S \rightarrow L$ 1%	0,0370	0,2152	0,4405	1,9430	-0,2752	-1,2406		
				-1,3984	0,1102	-0,2663		

Tabela B.34. HI_F->NG

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		2,7312	4,0783	9,6629	-1,0240	-1,2731	0,0311
						0,0127	-1,0058	-1,1723
	wariancja		0,6130	2,9331	18,9006	0,5483	-0,3795	-0,8795
						0,9501	0,6444	-0,0075
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%	0,1186	0,4046	1,0788	-0,4606	-0,7706	-0,2068
						-1,1810	-1,1415	-1,0087
		$L \rightarrow S$ 5%	0,1598	2,2411	4,1670	1,7247	0,6001	0,2333
						0,8628	1,3219	1,0210
		$L \rightarrow L$ 1%	0,0480	0,2791	0,5713	-1,4890	-0,1057	1,1066
						-1,7013	-1,6170	-0,3600
		$L \rightarrow S$ 1%	0,0434	0,2658	1,3701	-0,0884	-1,2663	-1,3127
						-0,4965	-0,7103	-1,1880
	$S \rightarrow S$ 5%	0,1113	0,6656	1,4498	-1,1763	-2,2019	-1,5924	
					-1,1874	-1,6274	-2,0450	
$S \rightarrow L$ 5%	0,2025	1,3850	3,2997	1,4828	-0,0104	-1,1148		
				0,6222	0,9781	0,3763		
$S \rightarrow S$ 1%	0,0375	0,2293	0,4784	-1,9003	-1,1889	-2,2570		
				-1,7634	-2,2343	-2,2363		
$S \rightarrow L$ 1%	0,0414	0,2407	0,4928	-2,6754	-2,4299	-3,0131		
				-2,0186	-2,6206	-2,9039		

Tabela B.35. HI S->NG

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		1,8384	3,9664	7,1856	-1,3981	-1,4136	-0,0780	
						-0,5513	-1,4447	-1,4043	
	wariancja		0,4555	2,5253	15,7332	0,2179	-0,7062	-0,9355	
						0,4391	0,1829	-0,4340	
	ryzyko	L-> L 5%		0,0325	0,2982	0,8683	-1,2008	0,2415	1,0959
							-1,4502	-1,2359	-0,5278
		L-> S 5%		0,0577	1,3552	3,0174	1,4151	1,7674	1,3599
							0,1512	1,2704	1,7972
		L-> L 1%		0,0502	0,2919	0,5975	-1,0210	0,6937	1,9957
							-1,6016	-1,2994	-0,2934
		L-> S 1%		0,0454	0,2780	1,3420	-0,2280	-1,4103	-0,9840
							-0,5740	-0,8352	-1,3199
	S-> S 5%		0,3749	2,6107	4,2791	-1,0290	-0,6998	-0,8147	
						0,0090	-0,7329	-0,8922	
S-> L 5%		0,5547	2,9457	5,7278	1,1345	0,5272	-0,6010		
					1,0659	1,0569	0,6312		
S-> S 1%		0,0375	0,2293	0,4784	-1,1186	-0,6977	1,7080		
					-1,7265	-1,4935	-1,1793		
S-> L 1%		0,0414	0,2407	0,4928	-2,6754	-1,9866	-3,0278		
					-2,0186	-2,3438	-2,6442		

G-przyczyny dla DX_F

Tabela B.36. CL-> DX_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		3,2784	8,8933	15,6118	0,5899	0,2839	-0,0488	
						1,2159	1,1325	0,6160	
	wariancja		7,8048	8,2351	18,1621	0,8131	-0,2711	-0,9050	
						1,8501	0,8381	0,1350	
	ryzyko	L-> L 5%		0,0933	0,8463	2,0171	-0,4654	1,5692	1,4228
							-0,6764	-0,1546	0,9262
		L-> S 5%		0,1001	1,9483	3,1329	-0,3692	-0,8373	-0,7789
							-0,4105	-0,6720	-1,0194
		L-> L 1%		0,7417	2,5479	4,0816	-0,7079	-1,3254	-2,9838
							-0,0864	-0,9164	-1,5660
		L-> S 1%		5,7578	16,2675	19,9676	3,2608	2,6587	1,3729
							7,0192	4,6688	3,6794
	S-> S 5%		0,2244	1,1353	2,1380	0,2802	-0,1773	0,3165	
						-0,4444	-0,0217	0,0965	
S-> L 5%		0,0014	0,4130	1,4953	-1,0437	-0,7321	-1,5375		
					-1,0170	-0,9974	-0,9013		
S-> S 1%		0,9802	4,5367	6,2026	0,4002	0,1832	3,1216		
					1,1542	0,2436	0,5180		
S-> L 1%		0,0298	0,1826	0,3811	-2,7779	-0,9655	-0,7108		
					-2,0985	-1,7808	-1,3116		

Tabela B.37. HO->DX_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		1,3849	5,2800	14,4147	0,1639	-0,2632	-0,0298	
						0,4827	0,5233	0,0982	
	wariancja		3,3021	4,0334	10,3770	0,2761	0,4630	0,0309	
						0,2225	0,4001	0,4725	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0595	2,8404	5,1440	1,5209	1,8444	0,9450
							1,4713	1,8654	2,0146
		$L \rightarrow S$ 5%		0,4597	1,4419	2,9549	-0,0270	-0,8836	-1,1042
							0,0907	-0,2149	-0,7143
		$L \rightarrow L$ 1%		0,8732	3,0471	5,6686	0,6215	-0,2808	-1,4384
							1,1425	0,9129	0,2016
		$L \rightarrow S$ 1%		0,4545	1,5074	2,2809	0,1398	-1,0665	-1,4959
							-0,0905	-0,0742	-0,7513
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0539	0,4260	1,6942	-0,2975	-0,0897	0,3183	
						-0,7103	-0,4901	-0,2347	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0539	0,6516	1,4876	-0,5550	-0,3087	-1,1935	
					-0,9922	-0,8848	-0,8009		
$S \rightarrow S$ 1%		0,7614	3,5530	4,9196	-1,1209	0,3230	2,6145		
					0,0416	-0,1873	0,3939		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0355	0,2171	0,6275	-1,0273	-1,0222	2,9249		
					-1,0541	-0,7542	0,3620		

Tabela B.38. NG->DX_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		1,1342	6,7308	15,9168	1,1204	0,5019	0,4293	
						1,4332	0,9446	0,5264	
	wariancja		0,9612	1,7409	2,3683	1,9802	1,8900	0,1806	
						-0,5019	0,9633	1,2853	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0823	2,0022	4,0837	0,1372	0,1248	-0,3064
							0,4212	0,2951	0,1386
		$L \rightarrow S$ 5%		0,5734	3,5319	8,1844	0,8632	0,6337	-0,3060
							2,5858	1,4676	0,8177
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0392	0,3671	2,0505	0,9844	1,4524	0,6014
							0,5344	1,1331	0,9759
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0591	7,2512	12,5679	2,0219	0,7528	0,3235
							4,4497	2,8001	1,7076
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0045	1,1949	3,0909	-0,2605	-0,7982	-0,2884	
						0,0480	-0,3950	-0,3751	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,1168	4,5953	7,7136	0,3476	0,3615	0,1169	
					1,7082	0,9842	0,5646		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0534	0,3269	0,7057	-1,1166	0,0492	-2,2298		
					-1,2401	-1,1180	-1,0139		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0355	0,2171	0,4531	-1,0228	0,6177	2,5430		
					-1,6165	-1,0455	0,1232		

G-przyczyny dla DX_S

Tabela B.39. CL->DX_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		2,2987	6,5403	13,0600	0,7486	0,1420	0,0479	
						0,6739	0,7709	0,4456	
	wariancja		3,2220	7,2007	15,9986		0,3660	0,1801	-0,4832
						1,0204	0,4410	0,0552	
	ryzyko	L->L 5%		0,0223	0,6039	2,0898	-1,1687	0,4371	1,2701
							-0,7250	-0,7187	0,2967
		L->S 5%		1,2276	3,5240	4,7548	-0,1543	0,3002	1,7250
							0,3647	0,2084	0,5798
		L->L 1%		0,8088	4,1027	6,4178	0,3975	-0,1753	-1,1845
							1,2213	0,2665	-0,3060
		L->S 1%		0,3456	1,2438	2,0324	-1,2389	-0,4402	-1,1431
							-0,9359	-1,1891	-0,9590
	S->S 5%		0,0254	1,5546	3,9128	0,9754	-0,3938	0,7933	
						0,6619	0,5326	0,2889	
	S->L 5%		0,0426	0,5580	2,2147	-1,0086	-0,8011	-0,7352	
						-0,7398	-1,2099	-1,0561	
S->S 1%		0,9307	4,3135	5,9157	-0,3077	-0,7532	0,5204		
					0,8546	-0,2977	-0,4534		
S->L 1%		1,8060	8,2737	11,0599	0,5970	-0,0488	-0,9213		
					3,1181	1,8807	0,5905		

Tabela B.40. HO->DX_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		1,4716	6,0250	14,1600	0,5019	-0,3055	0,1698	
						0,7198	0,4497	-0,0220	
	wariancja		3,8259	10,3449	15,3453		1,3633	-0,2696	-0,4527
						1,6176	1,2555	0,3729	
	ryzyko	L->L 5%		0,0382	1,1144	2,8276	-0,0440	-0,8623	-0,2109
							-0,0683	-0,0178	-0,1210
		L->S 5%		1,1159	3,5323	5,7250	0,8775	0,7155	1,3779
							1,0952	1,0297	1,0283
		L->L 1%		0,9486	3,1904	5,0354	-0,8437	0,4834	-1,6731
							0,2406	-0,4078	-0,3591
		L->S 1%		0,0760	0,4654	0,9828	-0,1840	-1,2863	-0,8854
							-1,2175	-0,9361	-1,0006
	S->S 5%		0,0189	1,7779	4,6866	1,1846	0,6067	-0,1972	
						1,1936	1,0464	0,6730	
	S->L 5%		0,1720	0,7917	1,6470	-1,0484	-1,0429	-0,9701	
						-1,1341	-1,4931	-1,4852	
S->S 1%		0,7202	3,3683	5,2372	-0,7541	0,1079	0,5907		
					0,4149	0,2726	0,3685		
S->L 1%		0,0335	2,8870	5,9694	0,8929	0,9510	4,5604		
					1,5111	0,9886	1,7259		

Tabela B.41. NG->DX_S

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,8714	8,6867	21,5319	2,3334	1,6982	1,1115
						2,5833	2,1730	1,8029
	wariancja		0,0849	1,9304	3,2385	0,7912	0,9158	0,0153
						-0,8188	0,1673	0,4300
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%	0,1249	1,1233	3,4542	0,4524	1,9008	1,8195
						0,4844	0,5582	1,5106
		$L \rightarrow S$ 5%	0,2310	0,9031	1,5143	-0,3061	-0,9496	-0,5295
						-1,2151	-1,1594	-1,0000
		$L \rightarrow L$ 1%	0,0370	0,3644	2,1537	4,2950	5,8181	2,7067
						1,7462	3,7493	4,4641
		$L \rightarrow S$ 1%	0,0613	2,1593	4,8113	0,0951	-1,0312	-1,2407
						1,0205	0,1029	-0,7405
		$S \rightarrow S$ 5%	0,4308	2,1551	4,8892	0,1640	0,3154	0,5926
						0,8332	0,6329	0,7081
	$S \rightarrow L$ 5%	0,0344	2,5604	5,0306	0,9132	1,0504	-0,0465	
					0,8760	1,0559	0,9475	
	$S \rightarrow S$ 1%	0,0554	0,3391	1,2806	-0,7505	1,3793	-1,2648	
					-0,7596	-0,0919	0,3736	
$S \rightarrow L$ 1%	0,0335	2,7289	4,2293	-0,9177	-0,2072	1,5729		
				-0,2785	-0,7470	-0,6972		

G-przyczyny dla S&P500_F

Tabela B.42. CL->S&P500_F

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,1041	4,7144	8,2414	0,2388	-1,0175	-0,8441
						0,1165	-0,2152	-0,6861
	wariancja		0,0549	1,3792	4,5139	-1,0388	-1,5677	-0,9626
						-1,3550	-1,4443	-1,8606
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%	0,3098	1,7598	3,6106	-0,7126	-0,0531	-1,0723
						0,0360	-0,7024	-0,7300
		$L \rightarrow S$ 5%	0,0223	1,9101	3,9101	0,4168	1,1368	1,0271
						0,2626	0,8004	1,1771
		$L \rightarrow L$ 1%	0,2441	1,2688	2,1601	-1,2332	-1,0309	-2,1548
						-0,9304	-1,3410	-1,5417
		$L \rightarrow S$ 1%	0,0331	0,8464	3,2011	1,8930	-0,7685	-2,6601
						0,3508	0,5650	-0,4311
		$S \rightarrow S$ 5%	0,2394	1,2955	3,0673	-0,9956	0,3788	0,1678
						-0,3406	-0,6518	-0,2376
	$S \rightarrow L$ 5%	0,0274	0,3992	1,5880	0,2517	-0,2947	0,7498	
					-0,1599	0,1105	0,3765	
	$S \rightarrow S$ 1%	0,0182	0,1113	0,2322	-0,9841	-0,8831	1,1275	
					-2,2006	-1,5712	-1,3306	
$S \rightarrow L$ 1%	0,0550	0,3369	0,7925	-0,2966	-0,8136	-1,1693		
				-1,1845	-0,5846	-0,8197		

Tabela B.43. HO->S&P500_F

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,0715	3,4028	6,9714	-0,3910	-1,6713	-1,5489
						-0,4154	-0,8564	-1,3893
	wariancja		0,3445	2,4910	8,9820	-0,5763	-0,1994	1,1742
						-0,7237	-0,2146	-0,1715
	ryzyko	L-> L 5%	0,4031	1,4616	2,8210	0,4502	1,5968	0,3793
						-0,1063	0,5164	1,0429
		L-> S 5%	0,0710	3,0117	7,1200	0,8165	0,3507	1,3931
						1,7189	1,0128	0,8751
		L-> L 1%	0,3092	1,1590	1,9012	-1,3082	-2,1800	-2,8258
						-1,0841	-1,7010	-2,3316
		L-> S 1%	0,0297	0,1816	0,8778	1,5027	-0,2770	-2,7401
						-0,9194	0,0699	-0,4594
	S-> S 5%	0,0759	2,4281	7,7574	2,2372	1,7632	2,2318	
					2,5118	2,6041	2,5164	
S-> L 5%	0,0636	2,0267	4,2938	1,5870	2,8385	1,7870		
				1,2244	2,9934	3,2704		
S-> S 1%	0,0216	0,4068	3,2167	1,8544	1,5371	1,6970		
				0,2377	1,1288	1,6947		
S-> L 1%	0,0654	0,4005	0,8358	-1,6954	-3,0648	-0,9012		
				-1,6099	-2,1919	-2,4730		

Tabela B.44. NG->S&P500_F

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,7382	5,9655	8,1529	-0,8842	-0,9494	-0,5634
						-0,2741	-0,9111	-1,0368
	wariancja		0,9166	1,7708	4,5366	-0,5785	-1,5161	6,2721
						-1,1905	-1,0373	-1,4591
	ryzyko	L-> L 5%	0,2889	1,0066	2,3323	2,2328	2,9143	2,1856
						0,2151	1,4988	2,5167
		L-> S 5%	0,0172	0,2975	0,6539	0,0220	0,4870	0,8504
						-1,4321	-0,5154	0,4487
		L-> L 1%	0,0724	1,3165	2,7523	2,5980	1,6259	2,4022
						0,6688	1,7145	2,0243
		L-> S 1%	2,2065	6,4522	11,9357	4,1251	1,7431	0,1131
						4,3018	3,7897	2,5190
	S-> S 5%	0,4688	1,5235	3,2475	0,5414	-0,1369	-0,3504	
					0,1498	0,2099	0,1663	
S-> L 5%	0,1670	1,1723	3,9443	0,7452	-0,1745	-0,0402		
				0,8870	0,6899	0,2775		
S-> S 1%	0,0216	0,1323	3,6285	0,2591	-1,5169	-1,2043		
				1,2934	0,0569	-1,2401		
S-> L 1%	0,0654	3,5954	8,1857	0,8181	-0,8608	0,3834		
				2,2832	1,1207	-0,0119		

G-przyczyny dla S&P500_S

Tabela B.45. CL->S&P500_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,2159	3,1505	6,9027	-0,4296	-1,2180	-1,0765	
						-0,4708	-0,8366	-1,1479	
	wariancja		0,3208	1,0404	4,0243	-1,2705	-1,3774	-0,3601	
						-1,4478	-1,4611	-1,6577	
	ryzyko	L->L 5%		0,0760	0,9673	2,6689	-0,9947	0,9911	-0,1926
							-0,2638	-0,5609	-0,0314
		L->S 5%		0,0040	1,4432	3,1508	0,3570	0,5384	1,0603
							-0,1571	-0,0079	0,2879
		L->L 1%		0,4615	2,2164	3,3067	-0,7388	-0,3861	-0,2333
							-0,4431	-0,8933	-1,0498
		L->S 1%		0,7417	2,5479	4,0816	-0,7063	-1,6160	-2,9776
							-0,2225	-0,9881	-1,7864
	S->S 5%		0,2836	1,6771	3,3450	-1,0625	0,4852	-0,1869	
						-0,2808	-0,4833	-0,1214	
S->L 5%		0,0049	0,4833	1,4253	-0,1835	-0,2427	-0,0652		
					-0,8990	-0,5176	-0,0856		
S->S 1%		0,0298	0,1826	0,4360	-0,6589	0,3934	-0,2287		
					-1,4226	-0,7611	-0,2031		
S->L 1%		0,0399	0,2441	0,6575	-0,5084	-1,9114	-1,8784		
					-1,1456	-0,9042	-1,4695		

Tabela B.46. HO->S&P500_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		0,2512	2,4803	6,8935	-0,8023	-1,5705	-1,4397	
						-0,6888	-1,1400	-1,4484	
	wariancja		0,0004	1,7717	8,1017	-0,4350	0,0684	1,5670	
						-0,8466	-0,0441	0,1811	
	ryzyko	L->L 5%		0,0035	0,4433	1,4628	-0,0303	0,9054	0,6952
							-0,6033	0,1022	0,6852
		L->S 5%		0,2322	2,8737	6,1396	0,1911	0,0667	0,5587
							1,0697	0,2861	0,2197
		L->L 1%		0,5572	1,7653	2,5233	-0,7528	-1,4315	-1,3984
							-0,7782	-1,2275	-1,7189
		L->S 1%		0,0487	0,2980	1,3051	-0,4237	0,1857	-1,8656
							-1,1249	-1,0763	-1,0066
	S->S 5%		0,1206	3,0739	8,3913	1,8915	1,3968	2,2930	
						2,8455	2,5081	2,1398	
S->L 5%		0,0291	2,4638	4,9446	1,6711	3,3388	2,4125		
					1,4467	3,2563	3,5821		
S->S 1%		0,0355	0,3633	2,0189	-0,1836	0,0583	-0,9158		
					-0,7581	-0,1680	-0,0488		
S->L 1%		0,0474	0,2902	0,6056	-2,5510	-3,6843	-1,1081		
					-1,9290	-2,8554	-2,9282		

Tabela B.47. NG->S&P500_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,6514	6,7027	7,9828	-1,1795	-1,0280	-0,7596	
						-0,3981	-1,0885	-1,1395	
	wariancja		1,1909	1,8381	6,2869	0,2665	-0,1306	4,3773	
						-0,9075	-0,0178	-0,0662	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0661	1,0093	2,5306	2,3485	2,1962	2,3874
							0,4850	1,6235	2,3720
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0568	0,5023	3,0779	1,6229	1,7836	2,2857
							0,3464	1,1576	2,1622
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0525	1,9433	4,0357	5,3572	4,5585	3,8340
							2,0940	4,2680	4,3864
		$L \rightarrow S$ 1%		1,1790	3,5333	7,2171	2,4406	-0,9628	-1,8571
							2,5735	1,7687	0,1044
	$S \rightarrow S$ 5%		0,4430	1,3863	2,7718	0,3290	-0,3057	0,3680	
						-0,0677	0,0223	0,1750	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,2691	2,3417	4,7207	0,8008	0,0463	-0,1907	
						0,9603	0,6465	0,2357	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0355	0,2171	2,2380	-0,1914	-0,4744	-1,6571		
					0,0861	-0,4178	-1,0038		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0474	5,1352	11,4410	1,3818	-0,1136	1,1856		
					3,7656	2,2642	0,9509		

G-przyczyny dla FTSE100_F

Tabela B.48. CL->FTSE100_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,0043	8,1473	10,4816	-0,4197	-0,9307	-0,6020	
						0,2868	-0,4645	-0,8319	
	wariancja		0,2698	2,2939	6,1478	-1,5480	-1,5810	-2,3465	
						-1,0946	-1,7050	-1,9919	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0005	0,4391	0,9649	-1,9536	-0,9639	-0,2747
							-1,6503	-1,7768	-1,4572
		$L \rightarrow S$ 5%		0,2349	2,2723	4,2801	0,9368	-0,3046	-0,2153
							0,2390	0,0816	-0,1815
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0150	0,0919	0,6949	-0,5522	0,0397	-0,9399
							-0,4153	-0,4892	-0,1949
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0362	0,7926	2,9276	1,4060	0,4968	0,1680
							0,7105	1,0095	0,7800
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0022	0,6102	2,2691	-0,8933	-0,2401	0,2203	
						-0,2540	-0,3408	-0,1697	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0157	0,3205	0,9681	-1,4236	-1,5073	-0,8264	
						-1,4938	-1,5715	-1,5479	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0198	0,1214	0,2534	-1,1618	-0,0778	0,9151		
					-1,4532	-1,3945	-0,4552		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0082	0,0505	0,1053	-3,0565	-4,8518	-2,4166		
					-2,3066	-3,6161	-4,0595		

Tabela B.49. HO->FTSE100_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,0276	3,9588	6,2692	-1,1668	-1,6189	-1,5444	
						-0,7755	-1,4875	-1,7298	
	wariancja		0,4149	6,0367	9,4404	-1,0112	-1,4752	-1,6897	
						-0,2751	-0,9632	-1,4225	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,5142	1,8563	3,1948	-0,9973	-2,1785	-1,2209
							-0,4433	-1,1669	-1,5070
		$L \rightarrow S$ 5%		0,3965	3,6594	6,4721	0,5857	0,1067	0,1693
							1,1884	0,5408	0,1845
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0135	0,0823	0,7400	-0,2594	-3,0261	-2,8452
							-0,1939	-0,8828	-2,0486
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0324	0,1981	1,6474	2,0194	1,2077	1,0643
							0,1350	0,6822	0,8490
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0871	1,4765	5,3819	1,3189	2,0144	1,4046	
						1,8724	1,9330	2,0472	
$S \rightarrow L$ 5%		0,0951	0,5901	1,3809	-0,8831	0,5063	0,4580		
					-0,7873	0,2814	0,6266		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0236	0,3914	11,1462	6,2796	4,0536	3,1617		
					7,4475	7,7053	6,1160		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0098	0,0600	0,1252	-3,0364	-4,8236	-3,1197		
					-2,2916	-3,5928	-4,2028		

Tabela B.50. NG->FTSE100_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		0,7057	3,9866	10,9042	-0,5829	-1,2157	-0,5342	
						-0,0401	-0,6263	-0,8461	
	wariancja		0,0091	1,5224	4,5538	2,9398	0,2170	1,1302	
						0,3329	1,6109	0,8388	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0398	0,9281	2,5479	0,3410	2,3192	1,8426
							-0,0692	0,4069	1,3582
		$L \rightarrow S$ 5%		0,3524	1,6210	3,2309	0,5691	-0,2928	0,8397
							-0,3282	-0,2600	0,1765
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0108	0,0664	0,8566	3,9018	6,3447	1,1339
							0,4892	4,4323	5,4541
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0261	0,1597	2,0234	0,9374	-1,2559	-0,9782
							0,1419	0,0654	-0,6391
	$S \rightarrow S$ 5%		1,1443	3,2220	4,7895	1,5629	1,0751	0,6243	
						0,8443	1,1839	1,2914	
$S \rightarrow L$ 5%		0,7162	2,3274	5,0098	1,2317	1,2275	2,3507		
					1,4830	1,4954	1,6042		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0236	0,1444	3,3180	1,3906	1,8895	-0,4156		
					1,4419	1,3403	1,2427		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0098	0,0600	0,1252	-3,0364	-4,8236	-3,0425		
					-2,2916	-3,5928	-4,9796		

G-przyczyny dla FTSE100_S

Tabela B.51. CL->FTSE100_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		67,2477	79,9656	85,8267	12,2492	7,3548	5,4244	
						24,2271	16,0360	11,5629	
	wariancja		10,9858	12,4496	14,7587	0,6176	0,0128	-0,4419	
						2,3104	0,9046	0,2262	
	ryzyko	L-> L 5%		3,7121	11,2161	14,5183	2,0193	1,7329	1,0306
							4,2695	2,5576	1,9947
		L-> S 5%		0,0096	2,6869	6,4797	1,1595	1,3697	-0,2042
							1,6726	1,0832	0,9125
		L-> L 1%		0,0849	0,5487	1,6447	-1,2389	1,2128	-0,3162
							-0,9506	-0,9344	-0,0813
		L-> S 1%		0,0513	3,5497	10,1628	1,5259	1,8916	1,5239
							3,7839	2,4770	2,0354
	S-> S 5%		3,1722	8,9253	11,1563	2,5529	3,6149	4,1570	
						3,3549	3,2164	3,5407	
S-> L 5%		0,0105	1,2589	3,9025	1,3465	0,8699	1,5402		
					0,6675	1,6188	1,2799		
S-> S 1%		0,0282	0,1724	1,8342	3,5444	3,3238	2,0198		
					0,9730	2,5650	3,0628		
S-> L 1%		0,0466	0,2852	0,5952	0,9399	1,5203	0,4623		
					-1,8739	0,5009	1,2595		

Tabela B.52. HO->FTSE100_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		50,7438	58,0238	63,6108	8,4321	4,6389	3,4339	
						17,3997	11,1442	7,7531	
	wariancja		9,5199	12,3724	17,7942	0,9746	0,4825	0,2350	
						2,7092	1,4756	0,8505	
	ryzyko	L-> L 5%		3,0348	9,7783	13,1516	0,8125	0,0161	0,0332
							3,7365	1,5062	0,7379
		L-> S 5%		0,1657	2,5171	5,9366	1,5644	0,6222	0,2378
							1,7474	1,4549	0,9012
		L-> L 1%		0,4255	1,4749	2,5541	-0,8471	-1,8801	-1,6494
							-0,5736	-1,1076	-1,5168
		L-> S 1%		0,9486	4,8505	11,0861	1,5307	1,6217	0,5881
							3,7418	2,1666	1,6631
	S-> S 5%		2,3382	6,5360	8,7472	2,2465	2,2913	1,9954	
						2,8643	2,6880	2,5416	
S-> L 5%		0,0066	0,4281	2,0595	0,9688	2,6725	2,4935		
					-0,0886	2,0808	2,5268		
S-> S 1%		0,0335	0,3630	2,1207	-0,9171	0,9687	2,8191		
					-0,6775	-0,3632	0,4108		
S-> L 1%		0,7202	2,1858	2,9054	-1,5990	-0,1602	-0,9197		
					-0,9634	-0,4389	-0,4422		

Tabela B.53. NG->FTSE100_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Granger'a	średnia		2,7431	3,5071	10,5627	-0,9715	-1,5283	-0,2134	
						-0,1820	-0,8736	-1,0438	
	wariancja		0,0428	0,3748	2,7124	2,7653	0,1807	0,7885	
						-0,2929	1,3221	0,7571	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,1413	2,1770	7,0025	1,4875	1,1790	1,4721
							2,6819	2,3760	1,7414
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0061	0,3517	2,0532	0,2553	0,3423	1,0170
							-0,2931	0,2365	0,5218
		$L \rightarrow L$ 1%		0,6146	1,9122	2,8690	-0,2554	0,1165	-0,2817
							0,0145	-0,2188	-0,4401
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0370	2,4260	4,8116	1,2606	0,7233	0,2474
							1,6505	1,7815	1,2953
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0335	0,3630	4,0506	1,8046	1,5305	-0,9925	
						1,3874	1,5989	1,1193	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0072	1,4369	3,7315	3,1550	1,0151	0,7243	
					1,4255	2,3497	1,9439		
$S \rightarrow S$ 1%		1,1852	4,4490	6,6480	0,3732	2,2786	1,8035		
					1,2265	1,5927	2,2680		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0554	0,3391	0,7077	4,6449	1,4839	0,9807		
					-1,1630	1,9554	1,7915		

G-przyczyny dla HI_F

Tabela B.54. CL->HI_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Granger'a	średnia		13,4637	23,9842	28,3205	2,0462	1,2101	0,4941	
						5,1445	2,8890	1,9550	
	wariancja		0,2349	1,8190	3,4675	-1,3034	-1,3821	-1,5627	
						-1,3819	-1,4638	-1,4180	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,4226	1,8010	3,6714	-1,0665	0,5072	-0,6089
							0,0354	-0,6436	-0,3395
		$L \rightarrow S$ 5%		0,3485	3,4863	8,4686	1,5971	1,9605	2,0549
							2,7120	2,7717	2,6268
		$L \rightarrow L$ 1%		0,5369	1,7662	2,9655	-1,1052	-1,2781	-1,9652
							-0,5816	-1,1193	-1,4680
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0574	10,1364	17,6195	3,2529	1,0909	0,2768
							6,4977	4,1743	2,3434
	$S \rightarrow S$ 5%		0,0986	0,8860	1,6862	-1,6325	-0,4602	0,2687	
						-1,2646	-1,2110	-0,4506	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,0562	0,3480	1,0147	0,4337	0,5883	-0,5119	
					-0,6731	0,1726	0,2751		
$S \rightarrow S$ 1%		0,0315	0,1928	0,4024	-2,7563	0,1326	-0,0891		
					-2,0824	-2,5724	-1,4410		
$S \rightarrow L$ 1%		1,2976	3,7265	4,6353	-1,0808	-1,6632	-1,4591		
					-0,2847	-0,8773	-1,2794		

Tabela B.55. HO->HI_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		6,8394	12,5057	19,6654	0,8023	-0,4188	-0,3539	
						2,2171	0,9773	0,2089	
	wariancja		0,2264	3,0619	7,1292	-1,3931	-0,1947	-0,7178	
						-1,0575	-0,8432	-0,4044	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,3617	2,2441	4,8298	0,2908	0,3048	0,0128
							0,8254	0,8035	0,4987
		$L \rightarrow S$ 5%		0,0913	5,9597	10,5777	2,2192	2,2889	1,6913
							3,5538	2,9677	2,8694
		$L \rightarrow L$ 1%		0,6425	2,0487	3,8658	-0,5361	-1,4148	-2,0875
							0,0681	-0,3366	-1,0092
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0514	5,7008	11,2591	4,1067	8,1884	5,2306
							4,1830	7,2883	8,2189
	$S \rightarrow S$ 5%		0,2610	1,9980	4,7200	0,3921	1,8836	2,3878	
						0,6886	1,5050	1,8637	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,2195	0,6772	1,4926	-1,4547	0,0073	-0,9358	
						-1,0767	-0,7908	-0,5937	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0375	0,3648	1,9304	-1,9043	1,7302	2,3329		
					-0,9839	-0,4404	1,2083		
$S \rightarrow L$ 1%		1,0263	2,9960	3,8038	-0,7178	-0,0636	0,7441		
					-0,3866	0,1385	0,5268		

Tabela B.56. NG->HI_F

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangerera	średnia		1,0852	3,2021	9,2206	-0,5895	-1,1307	-1,1506	
						-0,1777	-0,5803	-1,0404	
	wariancja		0,0241	2,1267	2,6371	-0,0194	0,0138	-1,1481	
						-1,2779	-0,4050	-0,4678	
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%		0,0197	0,4103	1,5089	-0,6652	1,2075	1,2136
							-0,9110	-0,0292	0,8782
		$L \rightarrow S$ 5%		0,3782	1,4515	4,3713	0,5388	0,4497	0,3985
							1,0928	0,6683	0,5057
		$L \rightarrow L$ 1%		0,0480	0,2940	1,1967	0,7969	0,2075	0,0483
							0,4225	0,7594	0,1206
		$L \rightarrow S$ 1%		0,0414	2,5839	9,5818	3,3996	0,9852	-0,8928
							4,2256	3,7111	2,0652
	$S \rightarrow S$ 5%		0,2939	5,3269	8,4857	2,1584	1,5039	1,0213	
						2,3512	2,0945	1,8595	
	$S \rightarrow L$ 5%		0,3593	1,3194	3,0235	-0,1294	0,3858	0,3903	
						-0,0171	0,1917	0,2909	
$S \rightarrow S$ 1%		0,0375	2,9360	5,8759	0,4266	-1,2302	-2,2868		
					1,3044	0,3854	-0,8236		
$S \rightarrow L$ 1%		0,0434	0,2658	0,5547	1,2079	0,7532	1,0453		
					-1,4332	0,4978	0,7662		

G-przyczyny dla HI_S

Tabela B.57. CL->HI_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		15,1055	27,3375	31,2052	2,6499	1,4137	1,0203	
						6,0275	3,5568	2,4986	
	wariancja		0,0666	0,7001	2,8304	-1,4647	-1,6035	-1,8179	
						-1,7063	-1,6065	-1,5977	
	ryzyko	L->L 5%		0,0396	0,5212	1,2450	-1,4132	-0,0701	-1,5949
							-1,2680	-1,1521	-0,9366
		L->S 5%		0,0226	1,1488	5,0047	0,2573	1,9340	1,6685
							1,1248	1,6276	2,0353
		L->L 1%		0,0696	0,7307	4,2083	0,2957	-1,0474	-0,8870
							0,9518	0,1324	-0,6526
		L->S 1%		0,0574	4,9864	9,8626	1,0121	-0,3364	-0,7409
							3,0098	1,5934	0,3146
		S->S 5%		0,0400	0,2180	1,0620	-1,9186	-0,0916	-0,0310
							-1,4099	-1,5260	-0,8525
		S->L 5%		0,0749	0,4649	1,9695	-0,0649	0,9229	-0,4159
						-0,1345	0,1847	0,5135	
S->S 1%		0,0315	2,9299	4,5250	-0,7913	0,1106	-0,5552		
					-0,0434	-0,9293	-0,8668		
S->L 1%		1,2228	3,5244	4,4040	-1,1569	0,5921	1,0480		
					-0,3746	0,2084	0,8065		

Tabela B.58. HO->HI_S

		M	1	5	10	20	50	100	
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		7,2006	13,4558	19,2569	0,5774	-0,7006	-0,1305	
						2,2049	0,8061	0,1237	
	wariancja		0,5023	1,0452	3,4600	-1,9561	-0,7515	-0,8011	
						-1,7095	-1,5054	-1,0072	
	ryzyko	L->L 5%		0,0056	0,2953	2,1936	0,1125	-0,3311	-0,4231
							-0,1897	0,0232	-0,2816
		L->S 5%		0,0006	1,2203	2,8480	-0,3262	-0,3455	-0,7628
							-0,0469	-0,0157	-0,1017
		L->L 1%		0,0623	0,4411	4,0582	1,0254	-0,9438	-1,4972
							1,3513	0,8821	-0,1176
		L->S 1%		0,0514	5,7008	11,2591	3,6223	10,2823	8,4501
							4,1805	8,0022	10,0348
		S->S 5%		0,0311	0,6596	2,5009	-0,1874	3,4384	2,8158
							-0,4006	1,0740	2,3544
		S->L 5%		0,0864	0,4496	0,9006	-2,0787	0,1749	0,2332
						-1,4942	-1,1397	-0,2451	
S->S 1%		0,0375	0,2293	0,4784	-2,6795	-1,6923	-1,8947		
					-2,0250	-2,6696	-2,4314		
S->L 1%		0,9638	2,8290	3,7381	-0,2298	0,4955	0,9983		
					-0,0282	0,5472	0,6536		

Tabela B.59. NG->HI_S

		M	1	5	10	20	50	100
Obszar przyczynowości w sensie Grangera	średnia		1,2319	2,5602	9,5615	-0,5918	-1,1849	-0,7527
						-0,1562	-0,5456	-0,9003
	wariancja		0,2228	2,5093	3,2927	-0,2455	1,1794	-0,7996
						-1,2283	-0,1999	0,1888
	ryzyko	$L \rightarrow L$ 5%	0,0325	0,2281	0,6959	-1,1720	1,6161	1,7907
						-1,4500	0,1947	1,2436
		$L \rightarrow S$ 5%	0,0169	0,4012	1,9653	-0,5752	0,4673	0,6323
						-0,3756	-0,6102	-0,0260
		$L \rightarrow L$ 1%	0,0502	0,3075	0,7457	-1,5143	0,4021	-1,0302
						-1,3116	-1,4165	-1,1137
		$L \rightarrow S$ 1%	0,0414	1,3084	3,3201	0,7399	-0,2611	-1,7865
						0,2607	0,4369	-0,0962
		$S \rightarrow S$ 5%	0,0001	1,9717	4,7308	3,4070	2,2882	0,8690
						1,7607	2,8869	2,5033
		$S \rightarrow L$ 5%	0,1910	1,2983	3,0899	-0,2542	1,1566	1,6111
						-0,0454	0,3592	0,8970
$S \rightarrow S$ 1%		0,0375	2,3941	3,9009	-0,3480	0,7329	-1,6229	
					0,1298	-0,4344	-0,4334	
$S \rightarrow L$ 1%	0,0454	0,3803	1,6756	1,6113	2,0546	1,8012		
				-0,6600	1,6769	2,1252		

DODATEK C. Rozkłady błędów w modelach zmienności

Do najważniejszych rozkładów błędów, stosowanych w modelach zmienności należą standaryzowany rozkład normalny, standaryzowany rozkład t Studenta [Bollerslev 1987] i skośny rozkład t Studenta [Fernández, Osiewalski i Steel 1995; Fernández i Steel 1998; Lambert i Laurent 2001; Hansen 1994] oraz uogólniony rozkład błędu [Nelson 1991], których funkcje gęstości wyrażają się odpowiednio wzorami:

$$\begin{array}{l} \text{standaryzowany} \\ \text{rozkład normalny} \end{array} \quad f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (\text{C.1})$$

$$\begin{array}{l} \text{standaryzowany} \\ \text{rozkład } t \text{ Studenta} \end{array} \quad g(z) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{(\nu-2)\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{z^2}{\nu-2}\right)^{-\frac{(\nu+1)}{2}}, \quad (\text{C.2})$$

gdzie $\Gamma(u)$ jest standardową funkcją gamma, tzn.

$$\Gamma(u) = \int_0^{\infty} x^{u-1} e^{-x} dx \text{ dla } u > 0.$$

$$\begin{array}{l} \text{standaryzowany} \\ \text{skośny rozkład} \\ t \text{ Studenta} \end{array} \quad f(z) = \begin{cases} \frac{2}{\xi + \xi^{-1}} sg(\xi(sz + m)), & \text{gd } z < -\frac{m}{s} \\ \frac{2}{\xi + \xi^{-1}} sg((sz + m)/\xi), & \text{gd } z \geq -\frac{m}{s}, \end{cases} \quad (\text{C.3})$$

gdzie g jest gęstością określoną wzorem (C.4), a

$$m = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu-1}{2}\right)\sqrt{\nu-2}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} (\xi - \xi^{-1})$$

$$s = \sqrt{\xi^2 + \xi^{-2} - 1 - m^2}$$

$$\begin{array}{l} \text{uogólniony rozkład} \\ \text{błędu} \end{array} \quad f(z) = \frac{\nu e^{-\frac{1}{2}|z/\lambda|^\nu}}{\lambda \cdot 2^{(\nu+1)/\nu}} \Gamma\left(\frac{1}{\nu}\right), \quad (\text{C.4})$$

gdzie $\lambda = \left(\frac{2^{-\frac{2}{\nu}} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\nu}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{\nu}\right)}\right)^{\frac{1}{2}}.$

Literatura

- Aielli G. (2011), *Dynamic Conditional Correlation: on Properties and Estimation*, Department of Statistics, University of Florence, Mimeo, Working Paper.
- Aït-Sahalia Y., Fan J., Xiu D. (2010), *High-Frequency Covariance Estimates with Noisy and Asynchronous Data*, Journal of the American Statistical Association, Vol. 105, No. 492, s.1504-1517.
- Alexander C. (2008), *Market Risk Analysis IV. Value-at-Risk Models*, John Wiley & Sons, New York.
- Aloui C., Mabrouk S. (2010), *Value-at-Risk Estimations of Energy Commodities via Long-Memory, Asymmetry and Fat-Tailed GARCH Models*, Energy Policy, 38, s. 2326-2339.
- Andersen T.G., Bollerslev T. (1998), *Answering the Skeptics. Yes, Standard Volatility Models Do Provide Accurate Forecasts*, International Economic Review, 39, s. 885-905.
- Andersen T.G., Bollerslev T., Diebold F.X., Ebens H. (2001), *The Distribution of Realized Stock Return Volatility*, Journal of Financial Economics, 61, s. 43-76.
- Andersen T.G., Bollerslev T., Diebold F.X., Labys P. (2003), *Modeling and Forecasting Realized Volatility*, Econometrica, 71, s. 529-626.
- Anderson T.W. (2003), *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis* (Wiley Series in Probability and Statistics), Wyd. 3, Wiley Interscience, s. 459-486.
- Barndorff-Nielsen O.E., Shephard N. (2004), *Power and bipower variation with stochastic volatility and jumps (with discussion)*, Journal of Financial Econometrics, 2, s. 1-37.
- Basel Committee of Banking Supervision (2003), *The New Basel Capital Accord. Part 2: The First Pillar - Minimum Capital Requirements*, <http://www.bis.org/bcbs/cp3part2.pdf> [dostęp: 20.12.2011].
- Bauwens L., Omrane B. W., Giot P. (2005), *News Announcements, Market Activity and Volatility in the Euro/Dollar Foreign Exchange Market*, Journal of International Money and Finance, 24, s. 1108-1125.
- Będowska-Sójka B. (2010), *Macroeconomic Announcements and Volatility of Intraday WIG and DAX Returns*, Financial Markets: Principles of Modelling, Forecasting and Economic Decision-Making, 8, s. 57-68.

- Birjandi H.S. (2003), *Energy and Globalization*, Rozprawa doktorska, Illinois State University.
- Bollerslev T. (1986), *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, Journal of Econometrics, 31, s. 307-327.
- Bollerslev T. (1987), *A Conditionally Heteroskedastic Time Series Model for Speculative Prices and Rates of Return*, Journal of Economics and Statistics, 69, s. 542-547.
- Bollerslev T. (1990), *Modeling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates. A Multivariate Generalized ARCH Model*, Review of Economics and Statistics, 72, s. 498-505.
- Boudt K., Croux C., Laurent S., (2011), *Robust Estimation of Intra-week Periodicity in Volatility and Jump Detection*, Journal of Empirical Finance, 18, s. 353-367.
- BP Statistical Review of World Energy (2011), <http://www.bp.com>, [dostęp: 2.07.2011].
- Cabedo J.D., Moya I. (2003), *Estimating Oil Price 'Value at Risk' Using the Historical Simulation Approach*, Energy Economics, 25, s. 239-253.
- Cheung Y.-W., Ng L.K. (1996), *A Causality-in-Variance Test and its Application to Financial Market Prices*, Journal of Econometrics, 72, s. 33-48.
- Christoffersen P. (1998), *Evaluating Interval Forecasts*, International Economic Review, 39, s. 841-862.
- Cont R. (2001), *Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues*, Quantitative Finance, 1, s. 223-236.
- Corsi F. (2009), *A Simple Approximate Long-Memory Model of Realized Volatility*, Journal of Financial Econometrics, 7, s. 174-196.
- Dacorogna M.M., Gençay R., Müller U.A., Olsen R.B., Pictet O.V. (2001), *An Introduction to High-Frequency Finance*, Academic Press, San Diego.
- Damodaran A. (2007), *Strategic Risk Taking*, Wharton School Publishing, http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/valrisk/book.htm [dostęp: 20.12.2011].
- Davidson J. (2011), *Time Series Modelling, Version 4.32*, University of Exeter, Exeter <http://www.timeseriesmodelling.com> [dostęp: 20.03.2011].
- Ding Z., Granger C.W.J., Engle R. (1993), *A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model*, Journal of Empirical Finance, 1, s. 83-106.

- Demirbas A. (2010), *Methane Gas Hydrate*, Springer.
- Doman M., Doman R. (2009), *Modelowanie zmienności i ryzyka. Metody ekonometrii finansowej*, Wolters Kluwer Polska, Kraków.
- Dunsby A., Eckstein J., Gaspar J., Mulholland S. (2008), *Commodity Investing: Maximizing Returns through Fundamental Analysis*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Ellen S., Zwinkels R.C.J.(2010), *Oil price dynamics: A behavioral finance approach with heterogeneous agents*, *Energy Economics*, 32, s. 1427-1434.
- Engle R.F. (2002), *Dynamic Conditional Correlation. A Simple Class of Multivariate GARCH Models*, *Journal of Business and Economic Statistics*, 20, s. 339-350.
- Engle R.F., Bollerslev T. (1986), *Modeling the Persistence of Conditional Variances*, *Econometric Reviews*, 5, s. 1-50.
- Falcon, Andrea, *Aristotle on Causality*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2011 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <http://plato.stanford.edu/archives/fall2011/entries/aristotle-causality> [dostęp: 20.11.2011].
- Fan Y., Zhang Y.J., Tsai H.T., Wei Y.M. (2008), *Estimating 'Value at Risk' of Crude Oil Price and its Spillover Effect Using the GED-GARCH Approach*, *Energy Economics*, 30, s. 3156-3171.
- Fama, E.F. (1965), *The Behavior of Stock-Market Prices*, *The Journal of Business*, 38, 1, s. 34-105.
- Fama E.F. (1970), *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*, *The Journal of Finance*, 25, s. 383-417.
- Fernández C., Osiewalski J., Steel M.F.J. (1995), *Modelling and Inference with v -Spherical Distributions*, *Journal of the American Statistical Association*, 90, s. 1331-1340.
- Fernández C., Steel M.F.J. (1998), *On Bayesian Modelling of Fat Tails and Skewness*, *Journal of the American Statistical Association*, 93, s. 359-371.
- Figlewski S. (1997), *Forecasting Volatility*, *Financial Markets, Institutions and Instruments*, Vol.6,No.2, s. 1-88.
- Fusaro P. (red.) (2008), *The Professional Risk Managers' Guide to the Energy Market*, McGraw-Hill.

- Gabryś A. (2005), *Rynek kapitałowy w ujęciu fraktalnym*, Aurea Mediocritas, <http://www.aureamediocritas.pl>, [dostęp: 2.12.2011].
- Gabryś A. (2006), *Efektywność rynku kapitałowego: poszukiwania teoretyczne i obserwacje empiryczne*, Aurea Mediocritas, <http://www.aureamediocritas.pl>, [dostęp: 2.12.2011].
- Ghura D. (1990), *How Commodity Prices Respond to Macroeconomic News*, World Bank PRE Working Paper, 354, http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1990/02/01/00009265_3960928200056/Rendered/PDF/multi_page.pdf [dostęp: 12.11.2011].
- Giot P., Laurent S. (2003), *Market Risk in Commodity Markets: a VaR Approach*, Energy Economics, 25, s. 435-457.
- Gourieroux C., Jasiak J.(2001), *Financial Econometrics*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Granger, C.W.J. (1969), *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods*, Econometrica, 37, s. 424–438.
- Granger, C.W.J. (1980), *Testing for Causality: A Personal View*, Journal of Economic Dynamics and Control, 2, s. 329–352.
- Granger, C.W.J., Joyeux R. (1980), *An Introduction to Long-Memory Time Series and Fractional Differencing*, Journal of Time Series Analysis, 1, s. 15-30.
- Grossman S.J., Stiglitz J.E. (1980), *On the Impossibility of Informationally Efficient Markets*, The American Economic Review, 70, s. 393-408.
- Hamilton J.G. (1989), *A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycles*, Econometrica, 57, s. 357-384.
- Hamilton J.G., Susmel R. (1994), *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity and Changes in Regime*, Journal of Econometrics, 64, s. 307-333.
- Hansen B. (1994), *Autoregressive Conditional Density Estimation*, International Economic Review, 35, s. 705-730.
- Hess D., Huang H., Niessen A. (2008), *How Do Commodity Futures Respond to Macroeconomic News*, Financial Markets and Portfolio Management, Vol.22, No. 2, s. 127-146.
- Hong Y. (2001), *A Test for Volatility Spillover with Application to Exchange Rates*, Journal of Econometrics, 103, s. 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*, 150, s. 271-287.
- Hol E., Koopman S.J. (2002), *Stock Index Volatility Forecasting with High Frequency Data*, Tinbergen Institute Discussion Paper 068/4.
- Hung J.C., Lee M.C., Liu H.C. (2008), *Estimation of Value-at-Risk for Energy Commodities via Fat-Tailed GARCH Models*, *Energy Economics*, 30, s. 1173-1191.
- Jajuga K. (red.) (2008), *Zarządzanie ryzykiem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jajuga K., Jajuga T. (2002), *Inwestycje – instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jorion P. (2007), *Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk*, Wyd. 3., McGraw-Hill.
- Jorion P. (2009), *Financial Risk Manager Handbook*, Wyd. 5, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Khan M.S. (2009), *The 2008 Oil Price "Bubble"*, Peterson Institute's Policy Briefs in International Economics, 09-19, <http://piie.com/publications/pb/pb09-19.pdf> [dostęp: 20.11.2011].
- Kohl W.L. (2004), *National Security and Energy*, w: Cleveland C.J. (red.), *Encyclopedia of Energy*, vol.4, Elsevier, Oxford.
- Krichene N. (2006), *World Crude Oil Markets: Monetary Policy and the Recent Oil Shock*, IMF Working Paper 06/62, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2006/wp0662.pdf> [dostęp: 10.09.2011].
- Kupiec P., (1995), *Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models*, *Journal of Derivatives*, 2, s. 173-184.
- Lambert P., Laurent S. (2001), *Modelling Financial Time Series Using GARCH-Type Models with a Skewed Student Distribution for the Innovations*, Discussion Paper 01-25, Institut de Statistique, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.
- Laurent S. (2009), *Estimating and Forecasting ARCH Models Using G@RCH 6*, Timberlake Consultant Press, London.

- Lin S.X., Tamvakis M. (2004), *Trading and News Effects of NYMEX on IPE crude oil futures contracts*, Derivatives Use, Trading & Regulation, Vol.10, No.4, s. 338-348.
- Lu X.F., Lai K.K., Liang L. (2011), *Portfolio Value-at-Risk Estimation in Energy Futures Markets with Time-Varying Copula-GARCH Model*, Annals of Operations Research, <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-011-0900-9> [dostęp: 20.12.2011].
- Lynch P.E, Zumbach G.O. (2003), *Market Heterogeneities and the Causal Structure of Volatility*, Quantitative Finance, 3, s. 320-331.
- Marimoutou V., Raggad B., Trabelsi A. (2009), *Extreme Value Theory and Value at Risk: Application to Oil Market*, Energy Economics, 31, s. 519-530.
- Maugeri L. (2006), *The Age of Oil: The Mythology, History, and Future of the World's Most Controversial Resource*, Praeger Publishers
- Müller U.A., Dacorogna M.M., Olsen R.B., Pictet O.V., Schwartz M., Morgeneegg C. (1990), *Statistical Study of Foreign Exchange Rates, Empirical Evidence of a Price Change Scaling Laws*, Journal of Banking and Finance, 14, s. 1189-1208.
- Müller U.A., Dacorogna M.M., Davé R.D., Pictet O.V., Olsen R.B., Ward J.R., (1993), *Fractals and Intrinsic time – a Challenge to Econometricians*, XXXIX International AEA Conference on Real Time Econometrics, 14–15 October 1993, Luxembourg, preprint, O&A Research Group, 1995.
- Müller U.A., Dacorogna M.M., Davé R.D., Olsen R.B., Pictet O.V., Weizsäcker J.E., (1997), *Volatilities of different time resolutions. Analyzing the dynamics of market components*, Journal of Empirical Finance, 4, s. 213-239.
- Ortobelli S., Rachev S., Stoyanov S., Fabozzi F., Biglova A. (2005), *The Proper Use of Risk Measures in Portfolio Theory*, International Journal of Theoretical and Applied Finance, Vol. 8, No. 8, s. 1107-1133.
- Osiewalski J., Pajor A. (2010), *Bayesian Value-at-Risk for a Portfolio: Multi- and Univariate Approaches Using MSF-SBEKK Models*, Central European Journal of Economic Modelling and Econometrics, 4, s. 253-277.
- Osińska M. (2008), *Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych*, Wyd. Naukowe UMK, Toruń.
- Osińska M. (2011), *On the Interpretation of Causality in Granger's Sense*, Dynamic Econometric Models, 11, w druku.

- Otten R.H.J.M., Ginneken L.P.P.P (1989), *The Annealing Algorithm*, Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Parsons J.E., (2009), *Black Gold & Fool's Gold: Speculation in the Oil Futures Market*, CEEPR Working Paper No. 09-013, <http://web.mit.edu/ceepr/www/publications/workingpapers/2009-013.pdf>, [dostęp:6.05.2011].
- Pelagatti M., Rondena S. (2006), *Dynamic Conditional Correlation with Elliptical Distributions*, Università degli Studi di Milano - Bicocca, Dipartimento di Statistica, Working Paper.
- Peters E.E. (1989), *Fractal Structure in the Capital Markets*, Financial Analysts Journal, 45, s. 32-37.
- Peters E.E. (1994), *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics*, John Wiley & Sons.
- Peters E.E. (1996), *Chaos and Order in the Capital Markets: a New View of Cycles, Prices and Market Volatility*, John Wiley & Sons, New York
- Poon S.H. (2005), *A Practical Guide to Forecasting Financial Market Volatility*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Report of Programme Committee B IGU (2006), Strategy Economy and Regulation, 23d World Gas Conference, Amsterdam.
- Roache S., Rossi M. (2010), *The Effects of Economic News on Commodity Prices*, The Quarterly Review of Economics and Finance, 50, s. 377-385.
- Robelius F. (2007), *Giant Oil Fields – The Highway to Oil, Giant Oil Fields and their Importance for Future Oil Production*, Rozprawa doktorska, Acta Universitatis Upsaliensis <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:169774/FULLTEXT01> [dostęp: 2.03.2011].
- Ross S.A. (1989), *Information and Volatility: the No-arbitrage Martingale Approach to Timing and Resolution Irrelevancy*, Journal of Finance, 44, s.1-17.
- Rychlicki S., Siemek J. (2007), *Kierunki dostaw gazu do Europy – stan aktualny i tendencje przyszłościowe*, Polityka Energetyczna, tom 10, z. sp. 2, s.113-130.
- Schofield N.C. (2007), *Commodity Derivatives. Markets and Applications*, John Wiley & Sons Ltd.
- Speight J.G. (2007), *Natural Gas. A Basic Handbook*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

- Surygała J. (red.) (2006), *Vademecum rafinera. Ropa naftowa: właściwości, przetwarzanie, produkty*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Tsay R.S. (2002), *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley & Sons, New York.
- Włodarczyk A., Zawada M. (2005), *Przełącznikowy model Markowa jako przykład niestacjonarnego modelu kursu walutowego*, Dynamiczne Modele Ekonometryczne. Materiały zgłoszone na IX Ogólnopolskie Seminarium Naukowe w Toruniu, s. 177-184, http://www.dem.umk.pl/DME/2005/20_wlodarczyk_zawada.pdf [dostęp: 19.12.2011]
- Yergin D. (2009), *The Prize: the Epic Quest of Oil, Money and Power*, Free Press, New York.
- Žiković S., Vlahinić-Dizdarević N. (2011), *Similarities between Expected Shortfall and Value at Risk: Application to Energy Markets*, International Journal of Management Cases, 13, s. 386-399.
- Zumbach G.O., Lynch P.E. (2001), *Heterogeneous Volatility Cascade in Financial Markets*, Physica A, 298, s. 521-529.