

*mgr inż. Edyta Marcinkiewicz,
dr inż. Krzysztof Kompa, prof. zw. dr hab. Dorota Witkowska*

Politechnika Łódzka, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Analiza wybranych własności rynku kontraktów futures na indeks WIG20 pod kątem stosowania arbitrażu i hedgingu

Wprowadzenie

Wprowadzenie do obrotu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie instrumentów pochodnych było posunięciem wyjątkowo trafnym – w ciągu niespełna dwunastu lat obroty rynku terminowego uplasowały GPW na czwartym miejscu w Europie, a indeks WIG20 – jako instrument bazowy - zajął siódme miejsce wśród indeksów europejskich. Należy przy tym zauważyć, że na tle rynków Regionu (Europy Centralnej i Wschodniej – CEE) rynek instrumentów pochodnych w Warszawie jest liderem niekwestionowanym. Mimo tak spektakularnych sukcesów zauważyć trzeba głęboką dysproporcję pomiędzy dominującym, w każdym aspekcie – obrotów, wolumenu i płynności, rynkiem kontraktów terminowych (F), a rynkiem opcji (O).

Tabela 1
Porównanie rynku kontraktów terminowych (F) i rynku opcji (O)

Średnia relacja F/O	Okres uśredniania				
	2009	2008-2009	2007-2009	2006-2009	2005-2009
obrotów	31,55	34,27	30,73	27,94	26,47
wolumenów	69,65	63,06	53,15	54,02	49,81
płynności	30,43	33,41	30,11	27,52	25,98
liczby pozycji	2,35	6,48	5,91	8,53	7,80

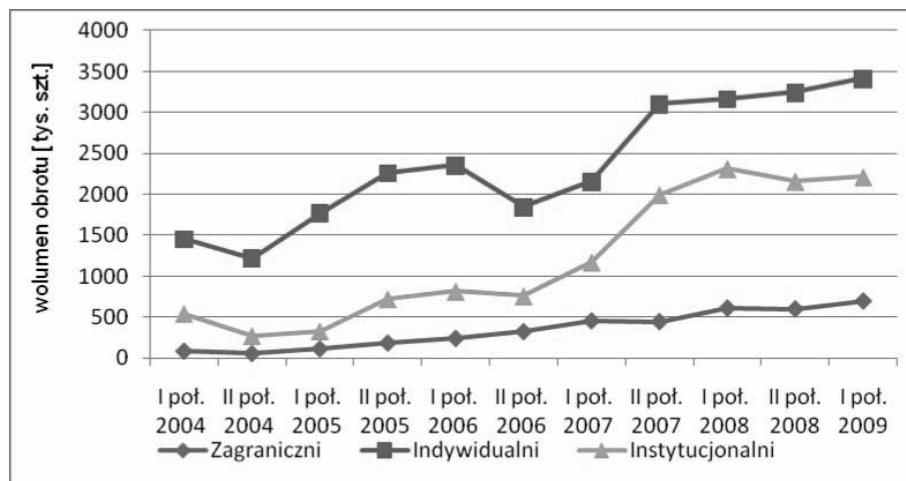
Źródło: opracowanie własne

Te dysproporcje (por. tabela 1) i fakt notowania na GPW opcji dla tylko jednego instrumentu bazowego - indeksu WIG20 - dyskwalifikują w praktyce ten

instrument jako środek efektywnego zabezpieczenia portfela, skutecznego arbitrażu czy efektywnej spekulacji. Jedynym znaczącym pod względem wolumenu i obrotów instrumentem na tym rynku pozostają kontrakty terminowe na indeks WIG20 (ponad 95% obrotów ogółem).

Rynek derywatów miał szansę rozwinąć się głównie dzięki aktywności inwestorów indywidualnych stosujących strategię spekulacji. W pierwszych latach funkcjonowania rynku krajowi inwestorzy indywidualni generowali ponad 80% obrotów. Obecnie nadal przeważają w strukturze inwestorów, a dynamika przyrostu ich liczby utrzymuje się (por. rys 1.).

Rysunek1
Struktura obrotów kontraktami terminowymi w ujęciu wartościowym
(wolumen obrotu w tys. szt.)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych <http://www.gpw.pl>

Zauważalne jest jednak systematyczne zwiększenie się roli pozostałych grup inwestorskich - inwestorów instytucjonalnych i zagranicznych. W pierwszej połowie 2009 r. udział inwestorów indywidualnych w obrotach wynosił 54%, krajowych instytucjonalnych 35%, a zagranicznych 11%. Wydaje się, iż wzrost zaangażowania kapitału instytucjonalnego i zagranicznego na rynku derywatów jest uwarunkowany poszerzaniem możliwości implementacji różnych, nie tylko spekulacyjnych jak dotychczas, strategii inwestycyjnych. Stwarza także szansę wdrożenia tych strategii, co wynika z potencjalnie większego zainteresowania arbitrażem i hedgingiem w tej grupie inwestorów, niż w grupie inwestorów indywidualnych, rzadko dysponujących odpowiednimi środkami (także technicznymi) i wiedzą, niezbędnymi do implementacji zaawansowanych strategii inwestycyjnych.

Celem badań prezentowanych w tej pracy jest diagnoza aktualnego stanu rynku kontraktów terminowych na indeks WIG20 pod względem możliwości stosowania strategii arbitrażu i hedgingu.

W pierwszej części przeprowadzamy dyskusję warunków, jakie muszą być spełnione, aby na rynku derywatów mogły być implementowane ww. zaawansowane strategie inwestycyjne. Druga część artykułu zawiera wyniki badań empirycznych. Koncentrujemy się na badaniu bazy kontraktu terminowego, tj. różnic pomiędzy kursami instrumentu bazowego a pochodnego oraz relacji wyceny rynkowej notowanych derywatów do wyceny teoretycznej, co ma nas przybliżyć do poznania specyfiki rynku terminowego GPW oraz umożliwić obserwację przejawów ograniczeń arbitrażu i hedgingu na polskim rynku derywatów.

1. Arbitraż i hedging

Określenie arbitraż stosuje się do strategii polegających na jednoczesnym zakupie i sprzedaży identycznych lub skorelowanych instrumentów finansowych. W przypadku rynków terminowych okazja do zastosowania tej strategii - tzw. okazja arbitrażowa - pojawia się wtedy, gdy wartość rzeczywista kontraktu terminowego odchyła się znacznie od jego wartości teoretycznej (*fair value*). Wówczas inwestor, traktując instrument pochodny i jego instrument bazowy jako dobra substytucyjne, zajmuje przeciwstawne pozycje na rynku *spot* i *futures*, i oczekuje na powrót kursu kontraktu do stanu równowagi. Zrównanie rynkowej wyceny instrumentu z wyceną teoretyczną jest skutkiem zwiększenia podaży przewartościowanych lub zwiększenia popytu na niedowartościowane kontrakty terminowe. Kluczowym, z punktu widzenia implementacji arbitrażu, jest zatem problem wyceny kontraktu terminowego.

Najszerzej znanym modelem wyceny kontraktów terminowych jest model *cost of carry* (Cornell, French 1983). Zakłada on, że obecna cena kontraktu terminowego jest aktualną ceną instrumentu bazowego, skorygowaną o koszt jego przechowania/posiadania do momentu wygaśnięcia kontraktu. W przypadku indeksowych instrumentów pochodnych koszt ten rozumie się jako różnicę pomiędzy stopą wolną od ryzyka¹ a stopą wypłat dywidend z tytułu posiadania instrumentu bazowego. Model *cost of carry* jest najczęściej wykorzystywany do wyceny mimo tego, że u podstaw jego konstrukcji leżą nierealistyczne założenia teoretyczne o istnieniu tzw. rynku bez tarcia lub rynku doskonałego (*frictionless market*). W literaturze przedmiotu opisywane są także inne, mniej znane i rzadziej wykorzystywane, modele cen kontraktów, odzwierciedlających wewnętrzną wartość instrumentu terminowego na dany moment np. model Hemlera i Longstaffa (Hemler, Longstaff, 1991) czy model Hsu i Wanga (Hsu, Wang, 2004).

Hedging jest, pod względem sposobu inwestowania, strategią bardzo podobną do arbitrażu. Polega bowiem na jednoczesnym zajmowaniu przeciwstaw-

¹ Jest to koszt pożyczania środków na zakup instrumentu bazowego. Dla modelu *cost of carry* przyjmuje się założenie, że w trakcie pozostawania na pozycji arbitrażowej oprocentowanie kredytów i depozytów bankowych jest jednakowe i niezmiennie w czasie.

nych pozycji na rynku *spot* i *futures*. W przeciwieństwie jednak do arbitrażu hedging nie uwzględnia elementu przewartościowania lub niedowartościowania ceny kontraktu względem jego ceny teoretycznej. Celem strategii jest bowiem ochrona pozycji na rynku instrumentu bazowego poprzez zajęcie pozycji na rynku terminowym. Transakcje zabezpieczające realizowane na rynku derywatów mają zatem wtórny charakter do transakcji dokonywanych na rynku *spot*. Aby strategie zabezpieczające były efektywne tzn. minimalizowały ryzyko strat na rynku instrumentu bazowego, niezbędne jest sprawne działanie mechanizmu arbitrażowego. Zapewnia on bowiem samoregulacyjny związek pomiędzy kursami *spot* i *futures*, co w znaczny sposób poprawia skuteczność operacji zabezpieczających. Wyróżnia się (Szyszka, 2003) specyficzne dla arbitrażu rodzaje ryzyka: ryzyko fundamentalne, ryzyko związane z aktywnością graczy nieracjonalnych oraz ryzyko synchronizacji. W zgodzie z wcześniejszymi uwagami przyjąć można, że wymienione typy ryzyka dotyczą także inwestorów zabezpieczających się na rynku terminowym. Ryzyko fundamentalne, w odniesieniu do strategii wymagających równoczesnego zaangażowania kapitału na rynku terminowym i gotówkowym, oznacza zagrożenie, że kurs kontraktu nie będzie reagował identycznie jak kurs instrumentu bazowego na napływ nowych wiadomości. W przypadku arbitrażu indeksowego, ryzyko to zwiększa się, gdy zamiast pełnego koszyka akcji wchodzących w skład indeksu inwestor wybiera tylko kilka akcji dominujących w indeksie. Ryzyko związane z aktywnością graczy nieracjonalnych wiąże się z nadmiernym odchyleniem ceny instrumentu finansowego od jego wartości fundamentalnej na skutek działania graczy nieracjonalnych (*noise traders*). Cena kontraktu terminowego na indeks WIG20 formalnie powiązana jest z ceną samego indeksu tylko w momencie wygasania kontraktu². Jeśli na rynku nie ma warunków do sprawnego przeprowadzania arbitrażu, to brak jest mechanizmu korygującego nieefektywność informacyjną cen terminowych. Ryzyko synchronizacji wiąże się z niepewnością pojedynczego inwestora odnośnie czasu, który upłynie zanim niewłaściwa wycena kontraktu terminowego zostanie skorygowana w wyniku działań inwestorów racjonalnych.

2. Warunki rynkowe a efektywność transakcji arbitrażowych i zabezpieczających

Uznanie rynku derywatów za miejsce sprzyjające dokonywaniu transakcji zabezpieczających i arbitrażowych jest implikowane przez spełnienie warunków, które albo zapewniają efektywność strategii inwestycyjnych, albo wręcz w ogóle

² Ostateczny kurs rozliczeniowy kontraktu ustalany jest jako średnia arytmetyczna wyliczona ze wszystkich wartości indeksu WIG20 w czasie ostatniej godziny notowań ciągłych oraz wartości tego indeksu na zamknięcie sesji giełdowej, po odrzuceniu 5 najwyższych i 5 najniższych z tych wartości

umożliwiają ich implementację. W szczególności wymienić można pięć takich warunków:

1. Możliwość dokonywania krótkiej sprzedaży na rynku kasowym, która jest warunkiem koniecznym stosowania strategii *reverse cash and carry* (Dzieża, 2005) i *short hedge* (Tarczyński, 1999), wiążących się z zajmowaniem krótkiej pozycji na rynku instrumentu bazowego (oraz długiej pozycji na rynku terminowym). Na dostępność krótkiej sprzedaży wpływają zarówno ograniczenia prawne, jak i uwarunkowania podażowe, w tym - liczba i rodzaj papierów dopuszczonych do obrotu w trybie krótkiej sprzedaży, liczba i rodzaj podmiotów oferujących pożyczkę papierów, koszty pożyczek itp.³
2. Płynność rynku - rozumiana jako odpowiednio wysoki, gwarantujący swobodę dokonywania transakcji, poziom popytu i podaży. Na rynku derywatów na GPW w Warszawie tylko rynek kontraktów terminowych na indeks WIG20 można określić jako płynny, przy czym należy zaznaczyć, że dotyczy to tylko najbliższej wygasającej serii. Brak płynności ma szczególne znaczenie w przypadku przeprowadzania strategii arbitrażowych, w których bardzo ważny jest moment otwierania i zamykania pozycji.
3. Prowizje i podatki na obu rynkach decydujące o ostatecznej efektywności strategii arbitrażowej i zabezpieczającej. Prowizja od obrotu kontraktami pobierana jest jako stała kwota, natomiast na rynku kasowym prowizja naliczana jest liniowo, co dodatkowo zwiększa niepewność efektu strategii.
4. Występowanie tzw. okazji arbitrażowych, czyli różnic pomiędzy wartościami rzeczywistą i teoretyczną kontraktu terminowego; różnice te określają niedowartościowanie lub przewartościowanie instrumentu i są warunkiem koniecznym realizacji transakcji arbitrażowych. Im bardziej rynek jest efektywny w sensie informacyjnym, alokacyjnym i transakcyjnym, tym mniej okazji do przeprowadzania arbitrażu. Działa bowiem sprzężenie zwrotne: jeśli występuje okazja do arbitrażu (tj. cena *futures* zbyt odbiega od ceny *spot*), to jest ona natychmiast wykorzystywana przez rynek, co powoduje powrót ceny do stanu równowagi. Na rynku nieefektywnym występują okazje arbitrażowe, ale ich wykorzystanie jest utrudnione, głównie z powodu wysokich kosztów i trudności z przeprowadzeniem krótkiej sprzedaży na rynku *spot*.
5. Stałość bazy w ramach modelu *cost of carry*. Baza o dużej zmienności może być powodem nieefektywności strategii hedgingu. Jeśli przyrostom kursu instrumentu bazowego towarzyszą takie same co do wartości i znaku przyrosty kursu kontraktu terminowego (tj. baza = const), to możliwe jest tzw. zabezpieczenie doskonałe, czyli pełna kompensacja zysków i strat na obu

³ Ze względu na rangę krótkiej sprzedaży dla rozwoju rynku podstawowego i rynku derywatów zagadnieniu obrotu pożyczonymi papierami wartościowymi poświęcona zostanie osobna uwaga w dalszej części artykułu

rynkach⁴. Sytuacja taka jednak bardzo rzadko występuje w rzeczywistości. W konsekwencji, im bardziej zmienna baza, tym większe ryzyko poniesienia straty związane z przeprowadzaniem strategii zabezpieczającej.

Wymienione czynniki mają wpływ na określenie tzw. stopnia doskonałości rynku [Wang, Hsu, 2004]. Rynek w wysokim stopniu doskonały charakteryzuje się sprawnym działaniem mechanizmu arbitrażowego - samoregulacją cen na poziomie stanu równowagi. Jest rynkiem efektywnym w sensie hipotezy rynku efektywnego (*EMH – Efficient Market Hypothesis*), a brak okazji arbitrażowych jest testem weryfikującym hipotezę o efektywności obu rynków: terminowego i kasowego (Sutcliffe, 2006). Na rynku niedoskonałym występują okazje arbitrażowe, ale ich wykorzystanie jest utrudnione lub wręcz niemożliwe głównie z powodu wysokich kosztów i trudności (także formalno-prawnych) z przeprowadzeniem krótkiej sprzedaży na rynku *spot*.

3. Krótka sprzedaż na GPW

Ramy prawne krótkiej sprzedaży określa Ustawa z dnia 29 lipca 2005 r. o obrocie instrumentami finansowymi (Dz. U. Nr 183, poz. 1538) oraz Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 20 kwietnia 2006 r. w sprawie trybu i warunków pożyczania maklerskich instrumentów finansowych z udziałem firm inwestycyjnych oraz banków powierniczych (Dz.U. Nr 67 poz. 481). Obecne przepisy bardzo restrykcyjnie formułują warunki formalne dotyczące dokonywania krótkiej sprzedaży. Jej przedmiotem mogą być jedynie akcje spółek, których wartość rynkowa wynosi nie mniej niż 100 mln. euro. Dodatkowo papiery spełniać muszą jeden z warunków dotyczących płynności:

- albo średnia dzienna wartość obrotów danym papierem wartościowym musi wynosić nie mniej niż 250 tys. euro
- albo średnia dzienna liczba transakcji danym papierem wartościowym nie może być mniejsza niż 50.

Lista spółek spełniających powyższe kryteria aktualizowana jest raz na kwartał i publikowana przez GPW. Na koniec roku 2009 do krótkiej sprzedaży dopuszczone były akcje 78 spółek.

Zawarcie umowy krótkiej sprzedaży wiąże się także z koniecznością zapewnienia wysokich zabezpieczeń: początkowego oraz dodatkowego. Ustawodawca określił minimalny poziom zabezpieczenia początkowego, wnoszonego przed realizacją zlecenia krótkiej sprzedaży, na 30% wartości zlecenia oraz poziom zabezpieczenia dodatkowego na 130% wartości zlecenia po jego realizacji.

⁴ Bez uwzględnienia kosztów przeprowadzania transakcji

Osobną kwestię stanowi problem odpowiedniej podaży papierów wartościowych. Podmiotami, które mogłyby zapewnić podaż akcji do obrotu pożyczonymi papierami wartościowymi są Otwarte Fundusze Emerytalne. Wskutek ciągłego napływu składek ich udział w rynku giełdowym ulega systematycznemu zwiększeniu. Jednakże obecne regulacje prawne nie pozwalają, aby instytucje te mogły pożyczać akcje stanowiące składniki swoich aktywów.

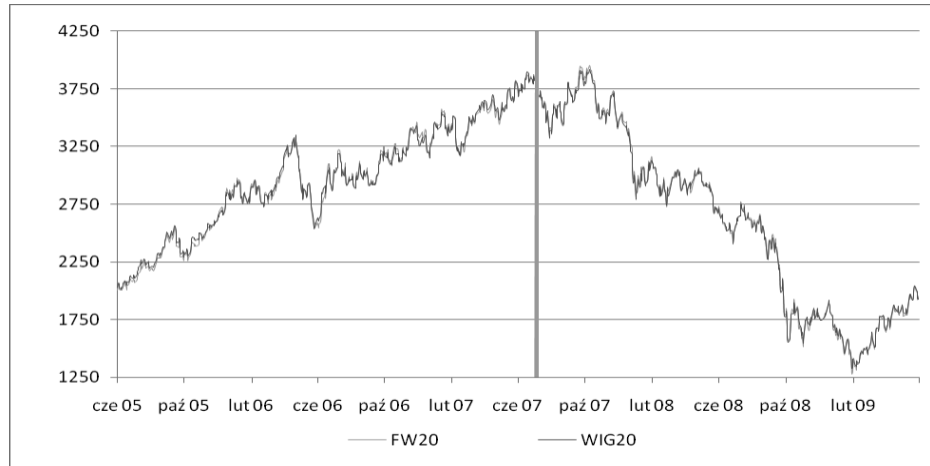
Jako substytut krótkiej sprzedaży na rynku akcyjnym GPW mogą być wykorzystywane jednostki indeksowe MiniWIG20. Wprowadzenie tego instrumentu miało ułatwić inwestorom spekulacje na indeksie WIG20 oraz umożliwić dokonywanie transakcji arbitrażowych. Jednostki indeksowe nie są jednak idealnym zamiennikiem koszyka akcji wchodzących w skład indeksu WIG20, którego kurs kształtowany jest przez siły popytowo-podażowe i często odbiega od kursu samego indeksu. Głównym problemem jest jednak niska płynność instrumentu MiniWIG20, co zwiększa ryzyko strategii arbitrażowych.

4. Badania empiryczne

Występowanie na danym rynku wymienionych czynników wpływających na powodzenie stosowania strategii arbitrażu i hedgingu można weryfikować empirycznie. Zakres takich badań jest jednak bardzo szeroki. Z tego względu niniejsze badanie ograniczono do analizy wybranych własności rynku terminowego, warunkujących możliwości stosowania każdej z wcześniej wymienionych strategii. Zbadano różnice w teoretycznej i rzeczywistej wycenie rynkowej kontraktów oraz bazę, rozumianą jako różnica pomiędzy ceną *spot* a *futures*.

Do badań przyjęto dane za okres od 20 czerwca 2005 r. do 19 czerwca 2009 r., zawierające, w przybliżeniu, po 3 ostatnie miesiące notowań (około 60 dni sesyjnych) każdego z 16 kontraktów, tj. serii: FW20U5, FW20Z5, FW20H6, FW20M6, FW20U6, FW20Z6, FW20H7, FW20M7, FW20U7, FW20Z7, FW20H8, FW20M8, FW20U8, FW20Z8, FW20H9, FW20Z9. Wyodrębnienie z każdej z serii, notowanej na rynku przez 9, a od roku 2008 – 12 miesięcy, trzymiesięcznych ciągów notowań zostało podyktowane względami praktycznymi – ponad 90% obrotów na rynku kontraktów na GPW w Warszawie przypada na najbliższą wygasającą serię kontraktu na indeks WIG20. Analizy empiryczne zostały przeprowadzone zarówno dla całej próby (całego badanego okresu), jak i dla podokresów, wyodrębnionych z próby ze względu na odmienną sytuację panującą na giełdzie. Pierwszy podokres zawiera notowania od 20.06.2005 r. do 24.07.2007 r., kiedy na giełdzie panował wyraźny trend wzrostowy, drugi zaś – notowania od 25.07.2007 r. do 19.06.2009 r., tj. z okresu bessy na parkiecie głównym (por. rys.2).

Rysunek 2
Wykres notowań wygasających serii FW20 oraz indeksu WIG20 od 20.06.2005 r. do 19.06.2009 r. z podziałem na dwa podokresy.



Źródło: opracowanie własne

Pierwszym etapem badania była analiza bazy indeksowych kontraktów terminowych, zdefiniowanej (Ratajczyk, 1999) jako różnica kursów instrumentu bazowego i kontraktu terminowego:

$$baza_t = S_t - P_t \quad (1)$$

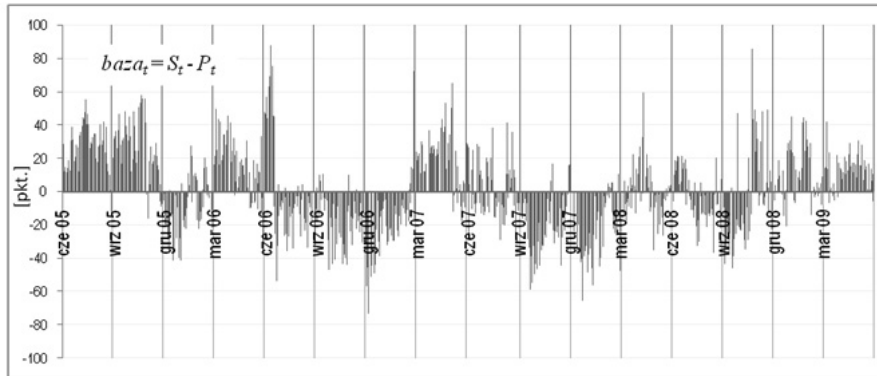
gdzie: S_t – kurs instrumentu bazowego (indeksu WIG20) w momencie t ,
 P_t – kurs kontraktu terminowego w momencie t .

Wykres bazy przedstawiony został na rys. 3 - pionowymi liniami oddzielono poszczególne serie kontraktów.

Ocena wykresu bazy (rys.3) oraz obliczonych statystyk opisowych (Tabela 2) dla całego badanego okresu wskazuje na symetryczny rozkład różnic pomiędzy kursem WIG20, a kursem kontraktu terminowego na indeks WIG20. Dodatkowo i ujemne odchylenia cen *futures* od cen *spot* obserwowane są z porównywalną częstością i w porównywalnym zakresie, a przeciętna wartość znalazła się blisko poziomu zera. Jednakże, porównując statystyki wyznaczone dla pierwszego i drugiego podokresu zauważa się wyraźnie ich odmienny charakter. W okresie hossy, kurs kontraktu terminowego P_t częściej, tj. podczas 54% dni sesyjnych, znajdował się poniżej kursu S_t indeksu WIG20 (tj. $S_t > P_t$), zaś średnia różnica pomiędzy kursami wyniosła 24,54 pkt. Podczas pozostałych notowań w okresie hossy (tj. gdy $S_t < P_t$) średnia różnica notowań wyniosła 16,90 pkt. W okresie bessy natomiast częstsza była sytuacja, kiedy kurs

Rysunek 3

Wykres różnic pomiędzy dziennymi kursami zamknięcia WIG20, a dziennymi kursami zamknięcia kontraktów terminowych na indeks WIG20



Źródło: opracowanie własne

kontraktu terminowego był wyższy niż kurs instrumentu bazowego (57% dni sesyjnych). W tym podokresie nie występowały jednak tak duże różnice pomiędzy średnią dodatnią, a średnią ujemną bazą (odpowiednio 15,21 pkt. i 17,27 pkt.). Zaobserwowano ponadto mniejszą zmienność bazy niż w pierwszym podokresie - hossy.

Tabela 2

Statystyki opisowe szeregu czasowego bazy (1)

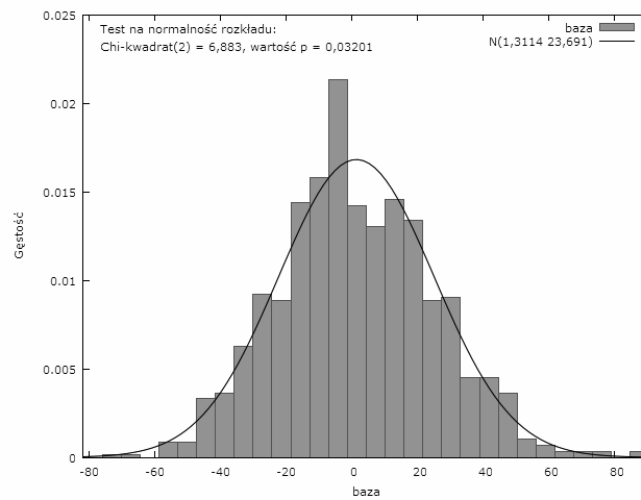
Charakterystyka	cały okres	I podokres (hossa)	II podokres (bessa)
Średnia	1,31	5,56	-3,39
Błąd standardowy	0,75	1,10	0,96
Mediana	-0,68	4,36	-2,77
Odchylenie stand.	23,69	25,28	20,84
Wariancja próbki	561,28	639,04	434,21
Kurtoza	0,12	-0,22	0,56
Skośność	0,20	0,11	0,10
Zakres	160,93	160,93	150,86
Minimum	-73,26	-73,26	-65,37
Maksimum	87,67	87,67	85,49
Licznik	1001	526	475
% dodatnich	49%	54%	43%
% ujemnych	51%	46%	57%
Średnia dodatnia	20,66	24,54	15,21
Średnia ujemna	-17,09	-16,90	-17,27

Źródło: opracowanie własne

Wykresy częstości szeregu bazy (1) dla całego badanego okresu oraz w podokresach przedstawione zostały na Rys. 4a, 4b i 4c. Empiryczne rozkłady bazy zbliżone są do rozkładu normalnego, charakteryzują się jednak większą smukłością i nieznaczną prawostronną asymetrią.

Rysunek 4a

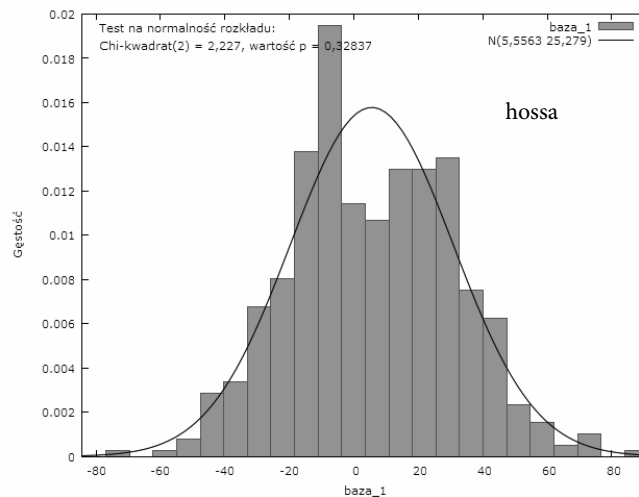
Wykres częstości rozkładu bazy dla całej próby, tj. w okresie 20.06.2005-19.06.2009



Źródło: opracowanie własne

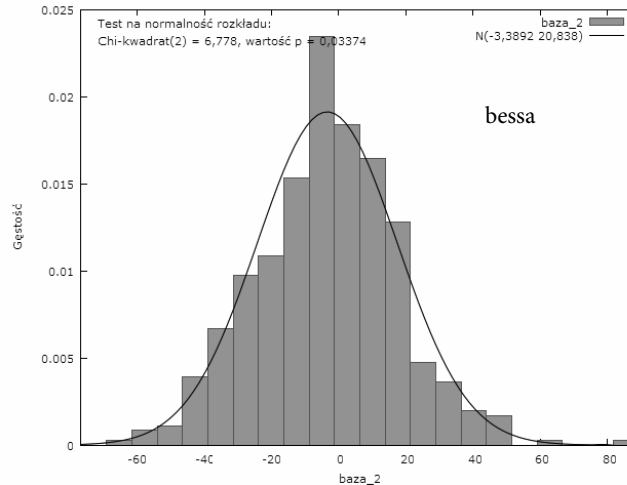
Rysunek 4b

Wykres częstości rozkładu bazy w okresie 20.06.2005-24.07.2007



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 4c
Wykres częstości rozkładu bazy w okresie 25.07.2007-19.06.2009



Źródło: opracowanie własne

Weryfikacji poddano także hipotezy dotyczące wybranych własności szeregu czasowego bazy, tj. stacjonarności, losowości, zgodności z rozkładem normalnym oraz jednorodności struktur w obu próbach. Testowanie stacjonarności przeprowadzono z wykorzystaniem rozszerzonego testu Dickeya-Fullera na występowanie pierwiastka jednostkowego (Said, Dickey, 1984). Badania losowości ograniczono do testu ilorazów wariancji ze statystyką testową $M_1(k)$ (Lo, MacKinlay, 1988). Do badania zgodności z rozkładem normalnym wykorzystano test Shapiro-Wilka (Domański, 1979), a do badań jednorodności struktury – test λ Kołmogorowa-Smirnowa (Maliński, 2004).⁵ Wyniki testów statystycznych zestawiono w tabeli 3.

Zarówno w całym badanym okresie, jak i w podokresach, odrzucono na poziomie istotności $<0,01$ hipotezę o występowaniu pierwiastka jednostkowego w szeregu bazy, potwierdzając tym samym stacjonarność tego szeregu. Test ilorazów wariancji z $k = 2$ (ale także 5 i 10) okresów prowadzi do odrzucenia hipotezy, że szereg bazy jest procesem błędzenia przypadkowego (ściślej, błędzenia przypadkowego typu $RW1$, tj. o niezależnych przyrostach i o identycznych rozkładach), a test Shapiro-Wilka – że szereg bazy charakteryzuje się rozkładem normalnym. Odrzucenie hipotezy zerowej o jednorodności obu podokresów pod względem badanej cechy potwierdza wcześniejsze przypuszczenia, że w czasie hossy i bessy struktura bazy była różna.

⁵ Szczegółowe opisy wykorzystanych testów znajdują się w pracach (Witkowska i in. 2008), (Osińska 2006), (Jajuga 2000), (Greń 1984, 1987), (Domański, Pruska 2000), (Campbell in.1995) i in.

Tabela 3
Wyniki testów statystycznych dla bazy

Test	Cały okres		I podokres (hossa)		II podokres (bessa)	
	statystyka	p-value	statystyka	p-value	statystyka	p-value
ADF	-5,3609	1,27e-07	-4,0319	5,68e-05	-3,81782	0,000135
Shapiro-Wilka	0,99662	0,03070	0,995114	0,09553	0,99369	0,04515
Ilorazów wariacji (k=2)	33,38	≈ 0	25,79	≈ 0	19,78	≈ 0
Kołmogorowa-Smirnowa	-	-	$\lambda = 3,166$ p-value~0			

Źródło: opracowanie własne

Badaniu poddano również szereg czasowy różnic rzeczywistego kursu kontraktu P_t i jego wartości teoretycznej FV_t

$$\Delta_t = P_t - FV_t \quad (2)$$

obliczonej według modelu *cost of carry* (Hull, 1997):(3)

$$FV_t = S_t e^{(r-g)T} \quad (3)$$

gdzie: FV_t – teoretyczny kurs kontraktu futures w momencie t ,

S_t –kurs instrumentu bazowego (indeksu WIG20) w momencie t ,

r – stopa wolna od ryzyka,

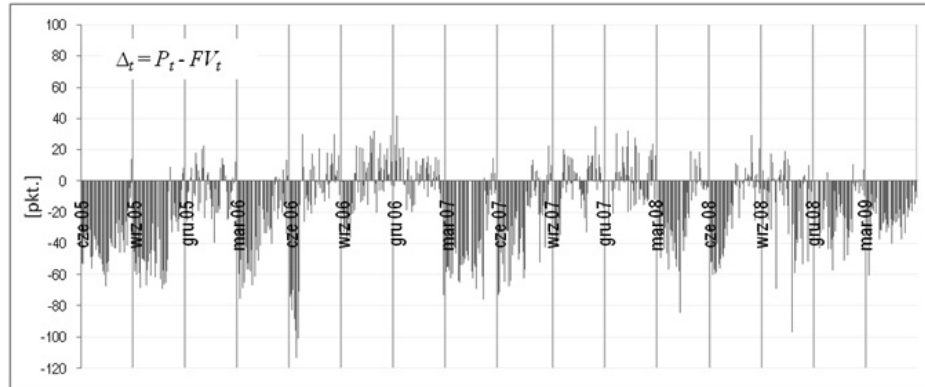
q – stopa wypłat dywidendy,

$T = n/365$ - względny czas do wygaśnięcia kontraktu (n - liczba dni do wygaśnięcia kontraktu).

W obliczeniach teoretycznej wartości (3) kontraktu terminowego na WIG20 pominięto dywidendy, co podyktowane było ich znikomym udziałem w kapitalizacji indeksu, zaś za stopę wolną od ryzyka przyjęto rentowność 52-tygodniowych bonów skarbowych. Podobnie jak w przypadku bazy, szereg różnic Δ_t zbudowano na podstawie notowań cen zamknięcia 16-tu kolejno wygasających serii kontraktu FW20 (rys. 5). Różnice te odzwierciedlają poziom przewartościowania lub niedowartościowania instrumentu pochodnego względem ich teoretycznej wyceny.

W tabeli 4 zestawiono statystyki opisowe dla szeregu Δ_t . Zwraca uwagę fakt, iż zarówno w okresie hossy jak i bessy kontrakty były częściej niedowartościowane – kurs P_t kształtował się poniżej FV_t w trakcie około 74% dni sesyjnych. Średnie przewartościowanie kontraktu było podobne w obu podokresach

Rysunek 5
Wykres różnic $\Delta_t = P_t - FV_t$



Źródło: opracowanie własne

– odpowiednio: 10,99 pkt. i 10,21 pkt., natomiast średnie niedowartościowanie i zmienność były wyraźnie większe w podokresie hossy 32,70 pkt. i 742,38, niż podczas bessy - odpowiednio: 22,04 pkt. i 430,75.

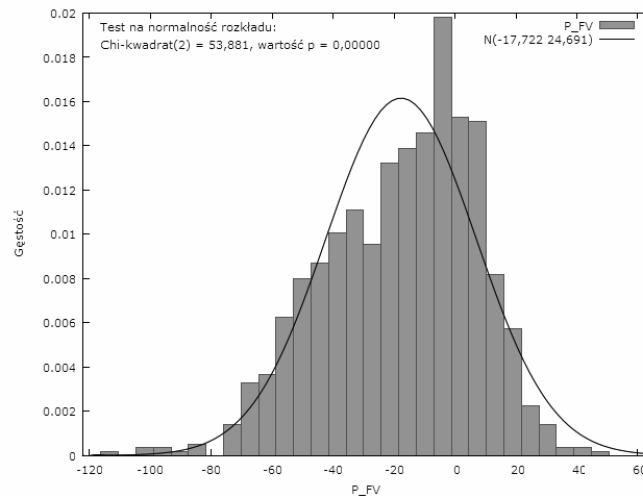
Tabela 4
Wybrane statystyki opisowe rozkładu $\Delta_t = P_t - FV_t$

Charakterystyka	cały okres	I podokres(hossa)	II podokres (bessa)
Średnia	-17,72	-21,49	-13,55
Błąd standardowy	0,78	1,19	0,95
Mediana	-14,58	-18,72	-10,69
Odchylenie stand.	24,69	27,25	20,75
Wariancja próbki	609,67	742,38	430,75
Kurtoza	-0,08	-0,52	0,32
Skośność	-0,46	-0,32	-0,40
Zakres	161,09	155,04	144,84
Minimum	-113,39	-113,39	-97,14
Maksimum	47,70	41,66	47,70
Licznik	1001,00	526,00	475,00
% dodatnich	26,0%	25,7%	26,3%
% ujemnych	74,0%	74,3%	73,7%
Śr. przewartościowanie	10,61	10,99	10,21
Śr. niedowartościowanie	-27,66	-32,70	-22,04

Źródło: opracowanie własne

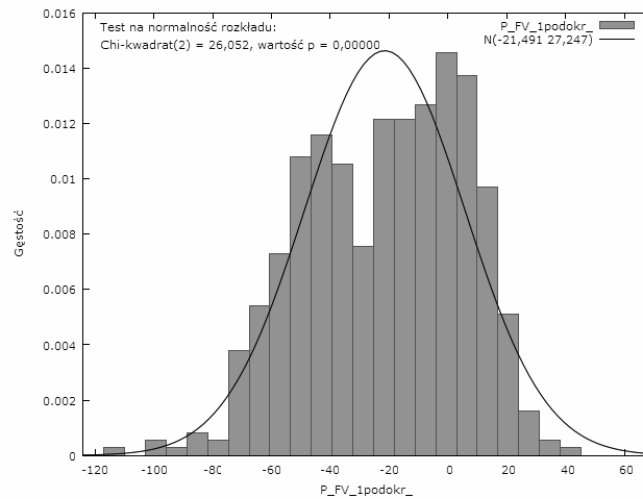
Empiryczny rozkład szeregu różnic $\Delta_t = P_t - FV_t$ przedstawiony został na rysunkach: rys. 6a, 6b i 6c.

Rysunek 6a
Wykres częstości rozkładu $P_t - FV_t$ dla całej próby,
tj. w okresie 20.06.2005-19.06.2009



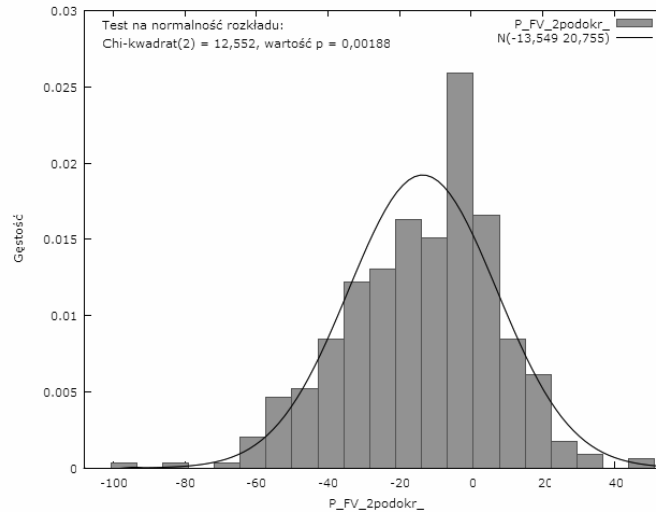
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6b
Wykres częstości rozkładu $P_t - FV_t$ w podokresie hossy,
tj. w okresie 20.06.2005-24.07.2007



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6c
Wykres częstości rozkładu $P_t - FV_t$ w podokresie bessy,
tj. w okresie 25.07.2007-19.06.2009



Źródło: opracowanie własne

W ostatnim etapie analizy szeregu $\Delta_t = P_t - FV_t$ (2), podobnie jak w przypadku szeregu bazy (1) i z wykorzystaniem tych samych narzędzi, zbadano stacjonarność, losowość, zgodności z rozkładem normalnym oraz jednorodności struktur w obu próbach (tabela 5.).

Tabela 5
Wyniki testów statystycznych dla różnic $\Delta_t = P_t - FV_t$

Test	Cały okres		I podokres(hossa)		II podokres(bessa)	
	statystyka	p-value	statystyka	p-value	statystyka	p-value
ADF	-4,63883	4,05e-06	-3,27111	1,05e-03	-3,81964	1,34e-04
Shapiro-Wilka	0,980716	3,02e-010	0,978994	7,14e-007	0,986372	0,000199
Ilorazów wariancji (k=2)	33,33	≈ 0	26,10	≈ 0	18,83	≈ 0
Kołmogorowa-Smirnowa	-	-	$\lambda = 2,745$ p-value ≈ 0			

Źródło: opracowanie własne

Wnioski płynące z przeprowadzonych badań są podobne jak w przypadku szeregu bazy, tzn. zarówno dla całego badanego okresu, jak i dla podokresów odrzucone zostały hipotezy o istnieniu pierwiastka jednostkowego w szeregach. Odrzucono również hipotezy o losowości, normalności rozkładu i jednorodności struktur w podokresach.

Zakończenie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że zasadniczą barierą utrudniającą (lub wręcz uniemożliwiającą) stosowanie strategii arbitrażowych i zabezpieczających na GPW są ograniczenia co do stosowania krótkiej sprzedaży. Wpływ tych ograniczeń znajduje odzwierciedlenie w kształtowaniu się kursów kontraktów terminowych. Badając wartości rzeczywistego kursu kontraktu na indeks WIG20 w odniesieniu do jego teoretycznej wyceny (tj. $\Delta_t = P_t - FV_t$) spostrzegamy, że przez większość analizowanego okresu utrzymywała się ujemna różnica pomiędzy oboma wielkościami. Oznacza to niedowartościowanie kontraktów i jest skutkiem ograniczenia (lub wręcz braku) możliwości zastosowania strategii *reverse cash and carry*. Gdyby bowiem mechanizm arbitrażowy działał na rynku w pełnym zakresie, to w sytuacji niedowartościowania kontraktu arbitrażyci zajmowałiby krótkie pozycje na rynku instrumentu bazowego oraz - oczekując wzrostu kursu - długie pozycje na rynku terminowym.

W obecnych warunkach na GPW możliwe jest efektywne stosowanie jedynie, właściwej dla sytuacji kontraktu przewartościowanego, strategii arbitrażowej *cash and carry*, polegającej na zajęciu długiej pozycji na rynku kasowym i krótkiej pozycji na rynku terminowym. Analiza wykresów różnic $\Delta_t = P_t - FV_t$ pokazuje, iż okazje arbitrażowe pojawiają się w takim przypadku znacznie rzadziej, a skala przewartościowań jest dużo mniejsza. Naturalną konsekwencją jest więc wniosek o znacznie sprawniejszym działaniu mechanizmu arbitrażowego w tym zakresie.

Do analogicznych wniosków odnośnie implikacji ograniczeń krótkiej sprzedaży prowadzi dyskusja własności bazy, jako podstawowego wskaźnika obrazującego związek pomiędzy ceną terminową, a ceną kasową. Jak pokazano, baza miała zróżnicowany rozkład w każdym z analizowanych podokresów. W czasie hossy dodatnie różnice pomiędzy kursem indeksu WIG20, a kursem kontraktu FW20 były wyższe i występowały częściej, niż w czasie bessy. Przeciwnie w podokresie spadków - kurs FW20 częściej przewyższał kurs indeksu, przy czym różnica między średnią dodatnią, a średnią ujemną bazą nie była już tak spektakularnie widoczna. Należy zauważyć zdecydowany, w okresie hossy, podział na kwartały *contango* (*baza* < 0) i *backwardation* (*baza* > 0), sprzyjający wyborom strategii, odpowiednio: *long hedge* i *short hedge*, z zastrzeżeniem co do możliwości ich implementacji. Tak jednoznacznych podziałów nie obserwuje się w okresie bessy. Utrzymujący się przez dłuższy okres brak symetrii bazy może wpływać na nierówny poziom ryzyka straty z zastosowanych strategii.

Z badania właściwości szeregu różnic $S_t - P_t$ wynikają także wnioski dotyczące zmienności bazy, parametru o kluczowym znaczeniu dla efektywności zabezpieczenia pozycji na rynku akcyjnym. Wynikowa wartość zabezpieczanych aktywów jest bowiem sumą ceny kontraktu w chwili otwarcia zabezpieczenia i wartości bazy w chwili zamknięcia pozycji. W analizowanym okresie, przy założonych warunkach dotyczących stóp procentowych oraz braku dywidend, teoretycznie baza nie powinna przekraczać 30 pkt. i powinna maleć ze zbliżaniem się w czasie do daty wykonania kontraktu. Tymczasem empiryczna analiza bazy pokazuje, że nierzadko zdarzają się wartości bazy na poziomie 50-70 pkt., co oznacza zasadnicze przekroczenie poziomu teoretycznego, implikuje bardzo dużą zmienność bazy i istotną ekspozycję wyniku strategii zabezpieczającej na ryzyko bazy.

Podsumowując, pomimo tego, że rynek derywatów funkcjonuje na GPW już od ponad dekady, inwestorzy napotykać na poważne utrudnienia w stosowaniu strategii inwestycyjnych innych niż spekulacja. Zarówno rynek opcji, jak i rynek kontraktów terminowych nie dają możliwości w pełni efektywnego inwestowania z użyciem strategii arbitrażu i hedgingu. Ponadto dopóty, dopóki nie zostaną wprowadzone rozwiązania legislacyjne i organizacyjne, ułatwiające proces krótkiej sprzedaży, nie należy oczekiwać poprawy tego stanu, a rynek kontraktów terminowych będzie wciąż podatny na duże wahania cen wskutek przewagi inwestorów stosujących strategię spekulacji.

Bibliografia

- Campbell J.Y., Lo A.W., MacKinlay A.C., *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey 1995.
- Cornell B, French K.R., *The Pricing of Stock Index Futures*, „The Journal of Futures Markets”, 1983. Vol. 3, No. 1.
- Dzieża J.A., *O możliwościach arbitrażu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie*, GPW, Warszawa 2005.
- Domański Cz., *Statystyczne testy nieparametryczne*, PWE, Warszawa 1979.
- Domański Cz., Pruska K., *Nieklasyczne metody statystyczne*, PWE, Warszawa 2000.
- Greń J., *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1984.
- Greń J., *Statystyka matematyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1987
- Hemler M.L., Longstaff F.A. *General equilibrium stock index futures prices: Theory and empirical evidence*, „Journal of Financial and Quantitative Analysis”, 1991, No. 26(3)
- Hsu H., Wang J., *Price expectation and the pricing of stock index futures*, „Review of Quantitative Finance and Accounting”, 2004, No. 23(2).
- Hull J., *Kontrakty terminowe i opcje. Wprowadzenie*, Wig-Press, Warszawa 1997.

- Metody ekonometryczne i statystyczne w analizie rynku kapitałowego*, red. Ja-
juga K. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we
Wrocławiu, Wrocław 2000.
- Lo A.W., MacKinlay A.C., *Stock Market Prices Do Not Follow Random Walks: Evi-
dence From a Simple Specification Test*, „Review of Financial Studies”, 1988 Vol.
1(1).
- Maliński M., *Weryfikacja hipotez statystycznych wspomagana komputerowo*, Wy-
dawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
- Osińska M., *Ekonometria finansowa*, PWE, Warszawa 2006.
- Ratajczyk L., *Wprowadzenie do transakcji terminowych i opcyjnych*, Wydawni-
ctwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań 1999.
- Said E., Dickey D.A., *Testing for Unit Roots in Autoregressive Moving Average
Models of Unknown Order*, Biometrika, 1984, Vol. 71.
- Sutcliffe C.M.S., *Stock index futures*, Ashgate Publishing, Ltd., 2006.
- Szyska A., *Ograniczenia arbitrażu a efektywność rynku kapitałowego*, Studia
Ekonomiczne, 2003, nr 3.
- Tarczyński W., Zwolankowski M., *Inżynieria finansowa. Instrumentarium, strate-
gie, zarządzanie ryzykiem*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 1999.
- Witkowska D., Matuszewska M., Kompa K., *Wprowadzenie do ekonometrii dy-
namicznej i finansowej*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008.

Słowa kluczowe: kontrakty terminowe, wycena kontraktów, baza kontrak-
tów, strategie inwestycyjne, arbitraż i hedging na WIG20.

Analysis of selected properties of WIG20 index futures market in terms of arbitrage and hedging

Summary

The aim of the research presented in the article is diagnosis of the current sta-
te of the WIG20 futures market in terms of application of hedging and arbitrage
strategies. In the first part we discuss the conditions that must be met in order to
implement advanced investment strategies mentioned above in the derivatives
market. The second part of the article contains the results of empirical research.
We focus on examining the base of the futures, i.e. the difference between the
price of the underlying instrument and the derivative, and the relationship of de-
rivatives market pricing to theoretical pricing. Methodology used in this section
is based on statistical tools and econometric analysis. Studies allow to make the
observation of the manifestations of arbitrage and hedging restrictions on the
Polish market for derivatives.

Key words: WIG20 futures, futures pricing, base of the futures, investment
strategies, hedging and arbitrage strategies on WIG20