Jerzy KOWALAK
Tomasz RABIEGA

WYKORZYSTANIE KONTRAKTÓW TERMINOWYCH W ZABEZPIECZANIU KURSU WALUTOWEGO ORAZ WARTOŚCI PORTFELA AKCJI

Wstęp

W ostatnich latach w Polsce następuje rozwój rynku instrumentów pochodnych, będący odpowiedzią na potrzeby zarządzających portfelami inwestycyjnymi, zainteresowanych ochroną ich wartości w sytuacji przewidywanych spadków na rynku giełdowym. Ze względu na ograniczoną płynność rynku oraz koszty transakcyjne zwykle nie jest możliwe sprzedawanie papierów wartościowych wchodzących w skład portfela akcji. Stąd pomocne w zabezpieczeniu wartości akcji danej firmy lub całego portfela okazują się kontrakty terminowe na akcje czy też kontrakty terminowe na indeks rynku akcji, z reguły nie podlegając przy tym ryzyku płynności.

Także działające w Polsce podmioty, dokonujące rozliczeń w walutach obcych, mają potrzebę wykorzystania kontraktów terminowych na określoną walutę w celu ograniczenia ryzyka kursowego.

Niniejszy artykuł wprowadza w problematykę użycia kontraktów terminowych na indeks akcji oraz na walutę obcą. Nawiązuje do wcześniejszego artykułu T. Rabiegi[1], gdzie czytelnik niezaznajomiony z ogólną problematyką samych kontraktów terminowych znajdzie wystarczające do niej wprowadzenie.

Istotną część artykułu stanowi wstępna statystyczna analiza szeregów czasowych. Analizie poddano wartości indeksu WIG20 z lat 1994-2000 oraz wartości bazy dla kontraktów terminowych notowanych na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych SA.

---

[1] T. Rabiega, *Kontrakty futures i forward oraz ich ceny w warunkach stałych stóp procentowych*, w: *Prace z ekonomii finansowej*, Zeszyty Naukowe nr 277, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2000.

1. Zabezpieczenie wartości aktywów

1.1. Zabezpieczenie poziomu kursu walutowego

Sytuacja 1

W pierwszym dniu miesiąca n firma z kraju X planuje import z kraju Y pewnego towaru wartego 8000 jednostek waluty kraju Y. Transakcja ma nastąpić w pierwszym dniu miesiąca $n+3$.

Niech: wx oznacza walutę kraju X, a wy oznacza walutę kraju Y.

W dniu n na rynku zanotowano następujące wielkości:

$$\text{kurs kasowy } \frac{wy}{wx} = 3{,}23;$$

$$\text{dla okresu } n+3 \text{ kurs terminowy } \frac{wy}{wx} = 3{,}218.$$

Przyjmijmy, że kontrakt terminowy opiewa na jednostkę wx. Strategia zabezpieczenia kursu walutowego jest przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Strategia zabezpieczenia poziomu kursu walutowego

Rynek kasowy	Rynek terminowy
Pierwszy dzień miesiąca n Wartość towaru $= \frac{8000\,wy}{3{,}21} = 2476{,}78\,wx$	**Pierwszy dzień miesiąca** n Sprzedaż $\frac{2476{,}78\,wx}{1} = 2477$ kontraktów na walutę wx z terminem wykonania w miesiącu $n+3$ po kursie 3,218, o wartości $= 2476{,}78\,wx \cdot 3{,}218 = 7970{,}28\,wy$.
Pierwszy dzień miesiąca $n+3$ Kurs kasowy $= 3{,}12\,wy$ Zakup towaru za 8000 wy równoważny $2564{,}1\,wx$	**Pierwszy dzień miesiąca** $n+3$ Kurs terminowy $n+3$ waluty $wx = 3{,}112$ Zakup 2477 kontraktów z terminem wykonania w miesiącu $n+3$ na walutę wx, o wartości $= 7708{,}42\,wy$
Strata kasowa $= -87{,}32\,wx$	**Zysk terminowy** $= \frac{261{,}86\,wy}{3{,}112} = +84{,}14\,wx$

$$\text{Efektywność hedgingu} = \frac{84{,}14\,wx}{87{,}32\,wx} \cdot 100\% = 96{,}36\%.$$

Źródła nieefektywności strategii:
- wpływ standaryzacji wielkości kontraktu futures na niemożność zabezpieczenia całej pozycji kasowej;
- niekorzystna zmiana bazy; inwestor mógł rozważać użycie odleglejszych kontraktów terminowych o mniejszej konwergencji w danym okresie.

1.2. Zabezpieczenie wartości portfela akcji za pomocą kontraktu na indeks akcji

Celem inwestora jest ograniczanie ryzyka systematycznego posiadanego portfela akcji. Możliwość znaczącego ograniczenia ryzyka systematycznego występuje, gdy indeks, na który wystawiony jest kontrakt, składa się z wielu rodzajów akcji.

Sytuacja 2

W pierwszym dniu miesiąca n inwestor zarządza portfelem akcji przedstawionym w tabeli 2.

Niech: *wp* oznacza walutę obowiązującą w kraju inwestora.

Tabela 2. Skład portfela akcji

Akcja	Liczba	Cena	β	Wartość rynkowa
1	187 970	315 *wp*	1,4	59 210 550,0 *wp*
2	300 752	242 *wp*	1,15	72 781 984,0 *wp*
3	469 925	76 *wp*	0,9	35 714 00,0 *wp*
4	150 000	100 *wp*	1,22	15 000 00,0 *wp*

Wartość rynkowa portfela wynosi 182 706 834,00 *wp*.
Ważona β portfela wynosi:

$$\beta = 1{,}4 \cdot \frac{59\,210\,550{,}0}{182\,706\,834{,}0} + 1{,}15 \cdot \frac{72\,781\,984{,}0}{182\,706\,834{,}0} + 0{,}9 \cdot \frac{35\,714\,300{,}0}{182\,706\,834{,}0} + 1{,}22 \cdot \frac{15\,000\,000{,}0}{182\,706\,834{,}0} = 1{,}33.$$

Przyjmijmy, że wszystkie akcje notowane na giełdzie wchodzą w skład indeksu rynku INDRYNK, także zarządzany fundusz złożony jest ze wszystkich akcji notowanych na giełdzie.

Inwestor obawia się spadku kursów akcji.

Na rynku zaobserwowano następujące wielkości:

Cena kasowa indeksu INDRYNK = 92,1;

Cena kontraktu na INDRYNK z terminem wykonania w miesiącu $n+2 = 91{,}58$;

Cena kontraktu na INDRYNK z terminem wykonania w miesiącu $n+5 = 91{,}5$;

Cena kontraktu na INDRYNK z terminem wykonania w miesiącu $n+8 = 91{,}5$.

Dodatnia baza nie jest korzystna ze względu na możliwość konwergencji. Menedżer zamierza zabezpieczyć portfel między pierwszym dniem miesiąca n a końcem miesiąca $n+2$, dlatego użyje kontraktu na INDRYNK z terminem wykonania w miesiącu $n+8$ mając nadzieję na małą konwergencję.

Na giełdzie, na której notowany jest kontrakt na INDRYNK rozmiar ticku wynosi 0,05, a wartość ticku wynosi 0,25 *wp*.

Wartość dolarowa kontraktu $n+8 = 91{,}5 \cdot 5\ wp = 457{,}5\ wp$.

Liczba kontraktów (dla $\beta = 1$) $= \dfrac{182\ 706\ 834{,}0\ wp}{457{,}5\ wp} = 399\ 359$ kontraktów.

Liczba kontraktów (dla $\beta = 1{,}33$) $= 399\ 359 \cdot 1{,}33 = 531\ 148$ kontraktów.

Inwestor dokonuje sprzedaży 531 148 kontraktów.

W tabeli 3 podane są wielkości zaobserwowane na rynku w ostatnim dniu miesiąca $n+1$.

Tabela 3. Ceny rynkowe z ostatniego dnia miesiąca $n+1$

Akcja	Liczba	Cena	β	Wartość rynkowa
1	187 970	252 *wp*	1,4	47 368 440,0 *wp*
2	300 752	221 *wp*	1,15	66 466 192,0 *wp*
3	469 925	69 *wp*	0,9	32 424 825,0 *wp*
4	150 000	86 *wp*	1,22	12 900 000,0 *wp*

Cena kasowa indeksu INDRYNK = 82,69 (−10,22%).

Cena kontraktu $n+8$ na indeks INDRYNK = 82,52 (−9,81%).

Wartość rynkowa portfela = 159 159 457,0 *wp*.

Strata na pozycji kasowej = −23 547 377,0 *wp*.

$$\text{Zysk z pozycji terminowej} = \frac{91{,}5 - 82{,}52}{0{,}05} \cdot 0{,}25\,wp \cdot 531\,148 = 23\,848\,545{,}2\,wp.$$

$$\text{Efektywność hedgingu} = \frac{23\,848\,545{,}2\,wp}{23\,547\,377{,}0\,wp} = 101{,}3\%.$$

Źródłami ryzyka hedgingu są:
- nieodzwierciedlenie przez β akcji reakcji jej kursu na zmiany na rynku;
- konwergencja kursu kasowego i terminowego.

Ponieważ w okresie do ostatniego dnia miesiąca n zmieniła się relatywna wartość rynkowa akcji w portfelu, więc przy założeniu niezmienności β pojedynczych akcji, nowa β portfela wynosi:

$$\beta = 1{,}4 \cdot \frac{47\,368\,44{,}0}{159\,159\,447{,}0} + 1{,}15 \cdot \frac{66\,466\,192{,}0}{159\,159\,457{,}0} + 0{,}9 \cdot \frac{32\,424\,825{,}0}{159\,159\,457{,}0} + 1{,}22 \cdot \frac{12\,900\,000}{159\,159\,457{,}0} = 1{,}33.$$

$$\text{Nowa liczba kontraktów} = \frac{159\,159\,457{,}0\,wp}{82{,}52 \cdot 5\,wp} \cdot 1{,}33 = 513{,}044 \text{ kontrakty}.$$

1.3. Zabezpieczenie wartości akcji za pomocą kontraktu na indeks akcji

Kontrakty terminowe na indeks rynku akcji mogą być również użyte przy próbie zablokowania cen kupna lub sprzedaży pojedynczej akcji lub portfela akcji w późniejszej dacie. Menedżer może przewidywać likwidację części swojego portfela akcji w celu uzyskania gotówki albo wpływ gotówki w przyszłości, za którą nabędzie akcje.

Sytuacja 3

W pierwszym dniu miesiąca n menedżer przewiduje wpływ gotówki równy 15 000 *wp*, który nastąpi w ostatnim dniu miesiąca $n+2$. Pieniędzy tych użyje do zwiększenia udziału w swoim portfelu akcji pewnej branży. Bieżące ceny INDRYNK podane są w tabeli 4.

Tabela 4.Ceny indeksu INDRYNK w pierwszym dniu miesiąca n

	Cena kasowa	Cena n	Cena $n+3$	Cena $n+6$
INDRYNK	105,4	105,3	104,8	104,7

β portfela akcji firm z tej branży w stosunku do indeksu INDRYNK = 1,8.

Wybór kontraktu: ponieważ baza jest dodatnia i konwergencja będzie sprzyjać inwestorowi, zatem wybieramy kontrakt z terminem realizacji w miesiącu $n+3$, tj. o najbliższym terminie wykupu.

$$\text{Liczba wymaganych kontraktów} = \frac{15\,000}{104{,}8 \cdot 5} = 29 \text{ kontraktów.}$$

Na końcu miesiąca $n+2$ portfel akcji, które mają być nabyte, kosztuje 18 500 *wp*. Strata kasowa wynosi 3500 *wp*.

Na rynku terminowym:

Cena kasowa indeksu INDRYNK = 115,4 (+9,49%).

Cena terminowa $n+3$ indeksu INDRYNK = 115,9.

Zysk terminowy = 29 kontraktów · 0,25 *wp* · 222 ticki = 1609,5 *wp*.

$$\text{Efektywność hedgingu} = \frac{1609{,}5\ wp}{3500\ wp} = 46\%.$$

2. Statystyczna analiza bazy dla kontraktów terminowych notowanych na WGPW S.A.

Jednym ze źródeł ryzyka, wpływającym na efektywność strategii hedgingowej, jest ryzyko związane z losową zmiennością bazy, będącej różnicą pomiędzy ceną terminową a ceną kasową danego instrumentu. W polskich warunkach dodatkowym czynnikiem ryzyka jest nieefektywna wycena kontraktu

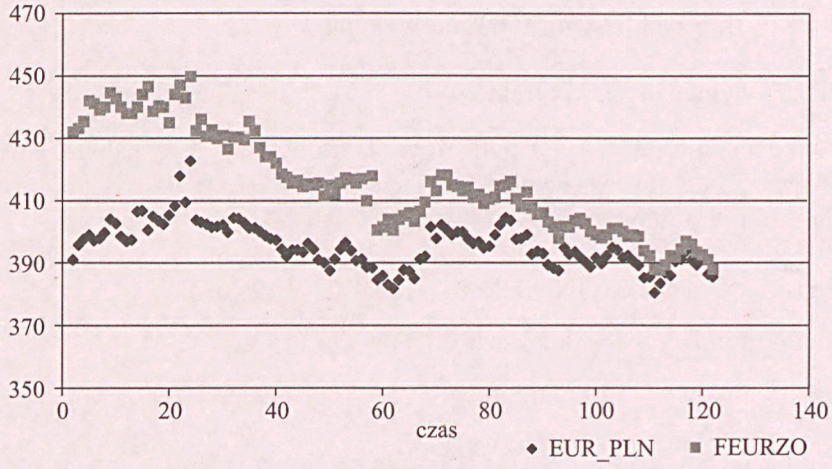
terminowego przez rynek. W niniejszym punkcie podjęta zostanie próba analizy obu tych źródeł ryzyka.

Dane statystyczne, na podstawie których przeprowadzono poniższą analizę, umieszczone zostały na końcu artykułu.

2.1. Analiza bazy dla kontraktów terminowych na waluty obce

2.1.1. Kontrakt terminowy na kurs euro/złoty (FEURZ0)

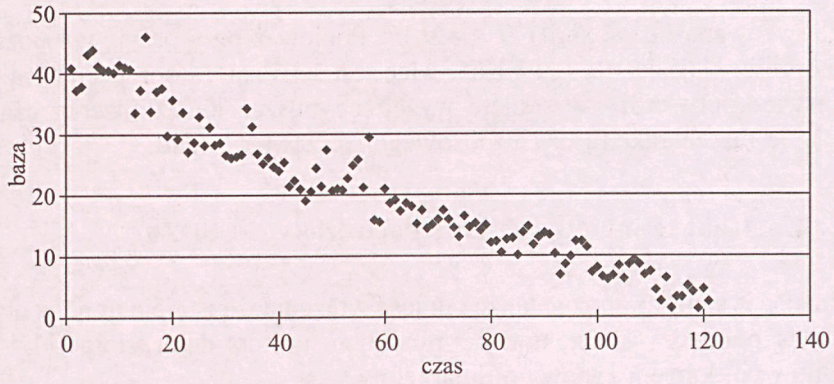
Analizie poddano bazę pomiędzy kasowym kursem walutowym euro/złoty (EUR_PLN) oraz kursem terminowym euro/złoty (kontrakt FEURZ0) z okresu od 28 marca 2000 do 12 grudnia 2000 roku, których przebiegi przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Kurs terminowy oraz kurs kasowy euro/złoty – od 28 marca 2000 do 12 grudnia 2000 roku

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

Obserwując szereg czasowy prezentujący bazę (rysunek 2) pomiędzy kontraktem terminowym FEURZ0 oraz kursem kasowym EUR_PLN trudno nie zauważyć, że szereg ten nie ma charakteru czysto losowego, że może być realizacją procesu losowego o malejącej w czasie wartości średniej. Inaczej mówiąc, może mieć charakter trendu z nakładającym się na przykład addytywnie składnikiem losowym.



Rys. 2. Wartość bazy pomiędzy FEURZ0 a EUR_PLN – od 28 marca 2000 do 12 grudnia 2000 roku

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze stron internetowych:
boss.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts,
www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

Aby uzyskać potwierdzenie tego przypuszczenia, poddano weryfikacji statystycznej losowość wspomnianego wyżej szeregu. Wykorzystano w tym celu statystyczny – nieparametryczny – test istotności (znany jako tzw. test długich serii[2], stawiając hipotezy statystyczne w następującej postaci:

H_0: szereg czasowy ma charakter czysto losowy (tzn. jest realizacją ciągu zmiennych losowych niezależnych o jednakowym rozkładzie);
H_1: szereg czasowy nie ma charakteru czysto losowego (zawiera trend).

Jako sprawdzian testu wykorzystano statystykę, będącą liczbą serii znaków + i − zaobserwowanych w szeregu kolejnych różnic testowanego szeregu, tzn. różnic $x_t - x_{t-1}$, gdzie x_t jest t-tym elementem szeregu. W przypadku dostatecznie długiego szeregu czasowego można przyjąć, że liczba serii ma rozkład asymptotycznie normalny. Ze względu na to, że szereg mający charakter czysto losowy powinien charakteryzować się dużą liczbą serii, obszar krytyczny testu przyjęto lewostronny, określony warunkiem: $P\{U < U_\alpha\} = \alpha$, gdzie U jest standaryzowaną liczbą serii o rozkładzie $N(0, 1)$.

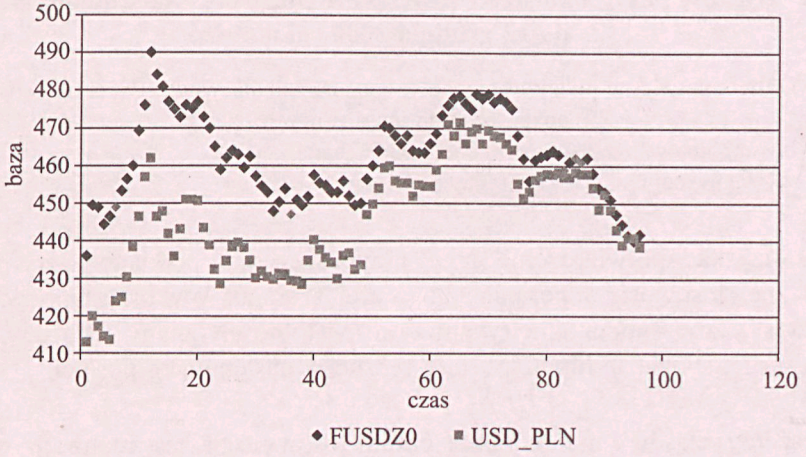
W przypadku testowanego szeregu liczba uzyskanych serii wynosiła 38. W związku z tym, że wartość średnia uzyskana z szeregu wynosiła 80,33, a odchylenie standardowe odpowiednio 4,6, wartość sprawdzianu z próby

[2] Cz. Domański, *Testy statystyczne*, PWE, Warszawa 1990.

(standaryzowana liczba serii) $U = -9{,}17$. Ponieważ przy przyjętym poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ jest $U_{0,05} = 1{,}65$, więc test serii zaleca odrzucenie hipotezy H_0, a więc potwierdza wysunięte wyżej przypuszczenie, że szereg czasowy (baza) nie ma charakteru czysto losowego (tj. zawiera trend).

2.1.2. Kontrakt terminowy na kurs dolar/złoty (FUSDZ0)

Analizując rysunek 3, można także odnieść wrażenie, że istnieje trend w przypadku bazy pomiędzy kontraktem terminowym na kurs dolar/złoty (FUSDZ0) a walutowym kursem kasowym dolar/złoty.

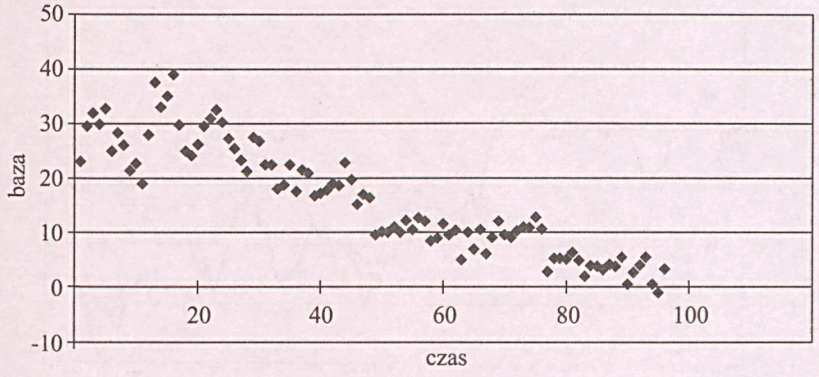


Rys. 3. Kurs terminowy oraz kurs kasowy dolar/złoty – od 30 marca 2000 do 12 grudnia 2000 roku

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

Wyraźne zmniejszanie się bazy wraz z upływem czasu może świadczyć o nie w pełni losowym charakterze szeregu, którego realizacją jest baza (rysunek 4).

Poddając szereg weryfikacji podobnie jak w punkcie 2.1.1, uzyskano potwierdzenie tego przypuszczenia. Ponieważ liczba serii L tym razem okazała się równa 61, a wartość oczekiwana i odchylenie standardowe liczby serii – ze względu na długość szeregu czasowego n równą 97 – wynosiły odpowiednio 64,33 i 4,11, wobec tego standaryzowana liczba serii $U = -0{,}8102$ jest również mniejsza od wartości granicznej przy poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ ($U_\alpha = 1{,}65$). Potwierdza to wysunięte przypuszczenie, że podobnie jak w przypadku bazy



Rys. 4. Wartość bazy pomiędzy FEURZ0 a euro/złoty – od 30 marca 2000 do 12 grudnia 2000 roku

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze stron internetowych:
bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts,
www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

między terminowym kursem walutowym euro/złoty a kursem kasowym euro/złoty, również baza pomiędzy terminowym kursem walutowym dolar/złoty a kursem kasowym dolar/złoty ma charakter trendu z nałożonym zakłóceniem losowym.

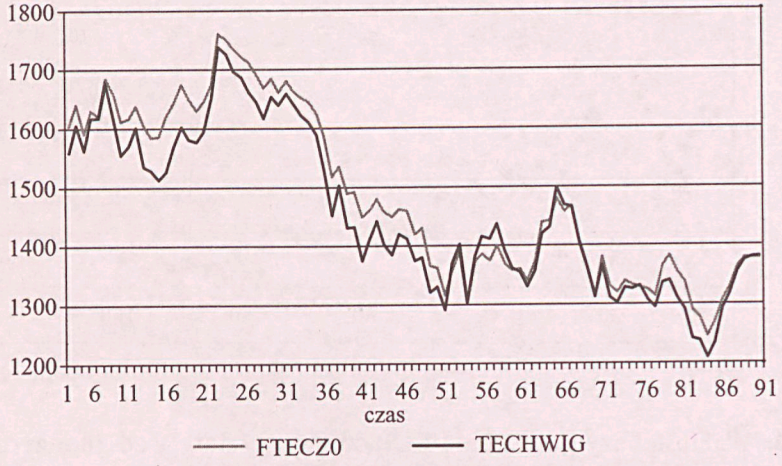
2.2. Analiza bazy dla kontraktów terminowych na indeksy rynku akcji

Interesujące jest porównanie sposobu zachowania się bazy dla kontraktów walutowych z kształtowaniem się bazy obliczonej dla kontraktów na indeksy rynku akcji WGPW.

2.2.1. Kontrakt terminowy na indeks TECHWIG (FTECZ0)

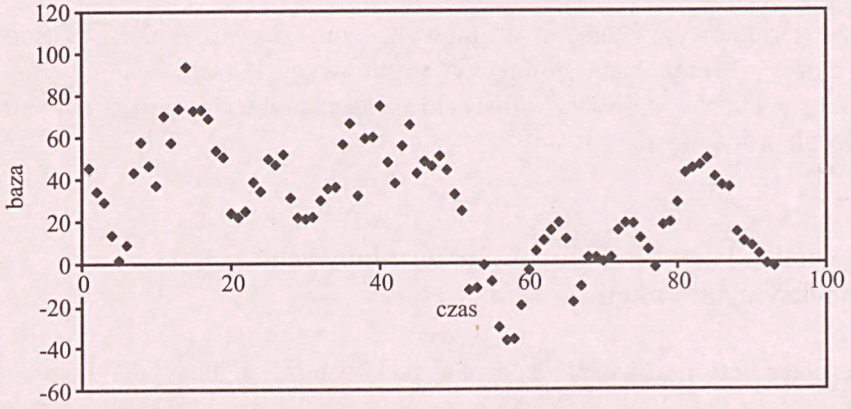
Rysunek 5 przedstawia wartości kasowe indeksu TECHWIG oraz jego wartości terminowe (FTECZ0) od 1 sierpnia 2000 do 13 grudnia 2000 roku.

W odróżnieniu od podobnych wykresów dla kursów walutowych, na rysunku 5 można zauważyć wielokrotne przecinanie się kursu kasowego i terminowego, co świadczy o braku systematycznych zmian bazy między tymi szeregami w czasie. Potwierdza to przebieg szeregu bazy przedstawiony na rysunku 6.



Rys. 5. Indeks TECHWIG oraz kontrakt FTECZ0 – od 1 sierpnia 2000 do 13 grudnia 2000 roku

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html



Rys. 6. Wartość bazy pomiędzy FTECZ0 a TECHWIG – od 1 sierpnia 2000 do 13 grudnia 2000 roku

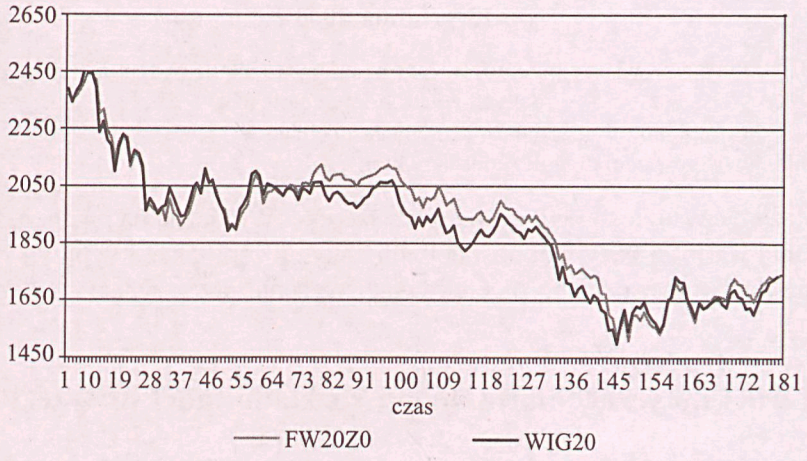
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych ze stron internetowych: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

Uzyskano następujące wielkości potrzebne do zweryfikowania hipotezy o losowym charakterze szeregu bazy (podobnie jak w punktach 2.1.1 i 2.1.2): liczba zaobserwowanych serii $L=34$, wartość oczekiwana liczby serii $E(L)=61{,}67$, odchylenie standardowe $s(L)=4{,}03$ (przy liczbie elementów

szeregu $n=93$). W związku z tym wyznaczona standaryzowana liczba serii $U=-6{,}86$ porównana z $U_\alpha=1{,}65$ oznacza konieczność odrzucenia hipotezy o czysto losowym charakterze bazy. Jednakże z rysunku 6 wynika zupełnie inne kształtowanie się bazy niż na rysunkach 2 i 4, gdzie obserwowana była wyraźna tendencja spadkowa. Na rysunku 6 wartość bazy wykazuje losowe wahania wokół stałego poziomu zbliżonego do zera, co oznacza, że wycena kontraktu terminowego na TECHWIG jest z dużym stopniem pewności nieefektywna.

2.2.2. Kontrakt terminowy na indeks WIG20 (FW20Z0)

Do podobnych wniosków co w poprzednim punkcie można dojść, analizując na rysunku 7 kursy terminowe (FW20Z0) i kasowe indeksu WIG20 w okresie od 20 marca 2000 do 13 grudnia 2000 roku.

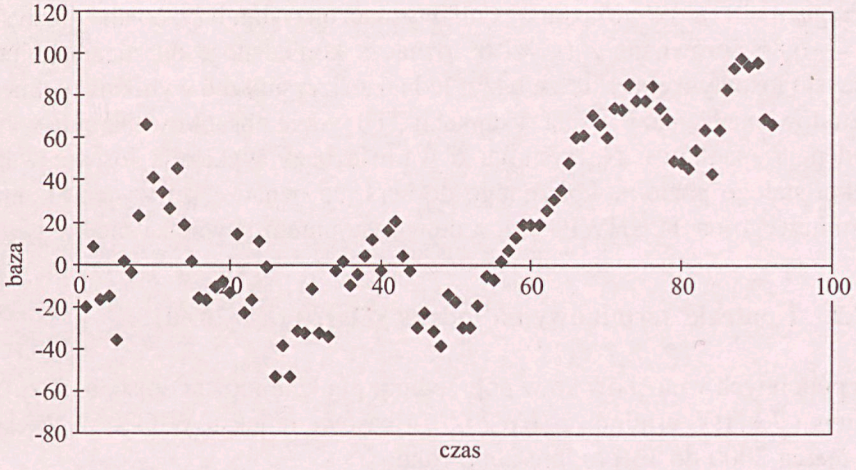


Rys. 7. Kurs FW20Z0 i WIG20 – od 20 marca 2000 do 13 grudnia 2000 roku

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

Także i tutaj można zauważyć wielokrotne przecinanie się obu szeregów, co implikuje podobny jak na rysunku 6 charakter zmienności bazy (rysunek 8).

Baza pomiędzy FW20Z0 i WIG20 także nie ma charakteru czysto losowego, co potwierdza obserwowana tym razem liczba serii $L=96$. Przy wyznaczonej wartości średniej serii równej $E(L)=122{,}33$ i odchyleniu standardowym 5,69 (przy długości szeregu $n=184$) determinuje to standaryzowaną liczbę serii $U=-4{,}6274$ i powoduje, że (ze względu na $U_{0,05}=1{,}65$) wykorzystywany test również tym razem zaleca (przy poziomie istotności $\alpha=0{,}05$) odrzucenie



Rys. 8. Wartość bazy pomiędzy kursem FW20Z0 a WIG20 – od 20 marca 2000 do 13 grudnia 2000 roku

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze stron internetowych:
bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts,
www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html

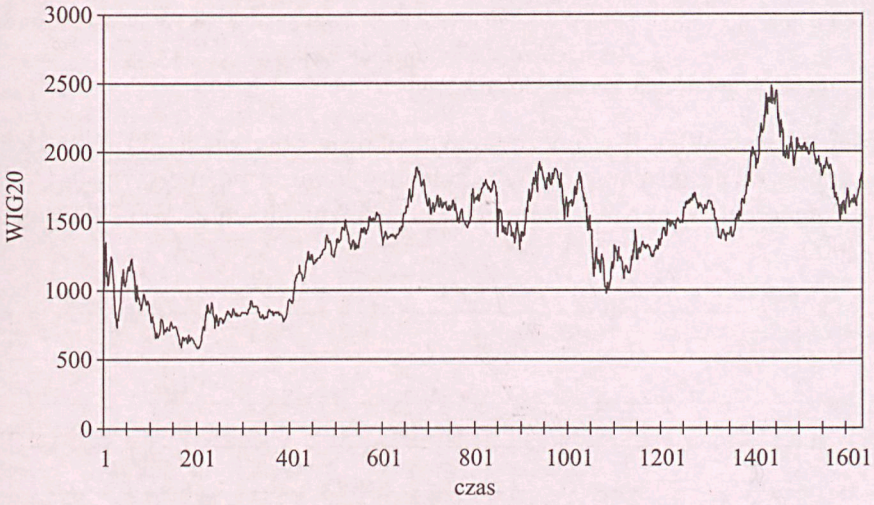
hipotezy o czysto losowym charakterze szeregu. Widoczne na rysunku 8 losowe wahania wartości bazy wokół stałej zbliżonej do zera także i w przypadku tego kontraktu świadczą o jego nieefektywnej wycenie przez rynek.

3. Uwagi dotyczące normalności rozkładu indeksu WIG20

Jednym z problemów interesujących analityków rynku kapitałowego od połowy lat sześćdziesiątych są niezgodności różnych wielkości obserwowanych na rynku (takich jak: wskaźniki giełdowe czy też ich stopy zwrotu, a także kontrakty terminowe) z rozkładem normalnym (gaussowskim). Pierwsze spostrzeżenia na ten temat pochodzą od Osborne'a, Cootnera i Mandelsbrota, a pierwsze pełne jego opracowanie przedstawił Sharpe w swoim podręczniku *Portfolio theory and capital market* w roku 1970. Sharpe podał rozkład częstości dziennych stóp zwrotu z indeksu S&P500 obserwowanych od stycznia 1928 do grudnia 1989 roku. Analizując rozkład wspomnianych stóp zwrotu, Sharpe zauważył wyraźną rozbieżność między krzywą gęstości tych stóp a krzywą gęstości rozkładu normalnego (gaussowskiego). Rozkład pięciodniowych stóp zwrotu wykazywał wyraźną dodatnią asymetrię oraz znacznie większe w porównaniu z rozkładem normalnym częstości w otoczeniu wartości przeciętnej,

a także znacznie „grubsze ogony". Charakterystyczne było też występowanie w obu „ogonach" krzywej stóp zwrotu pewnej liczby pojedynczych częstości znacznie różniących się od częstości normalnej (gaussowskiej), tj. wyższych od niej lub niższych (w szczególności częstości zerowych) dla niektórych wartości instrumentu. Spostrzeżenia Sharpe'a potwierdzili w swoich badaniach dotyczących rozkładu zwrotów dla indeksów Dow Jones i S&P500 Turner i Weigel.

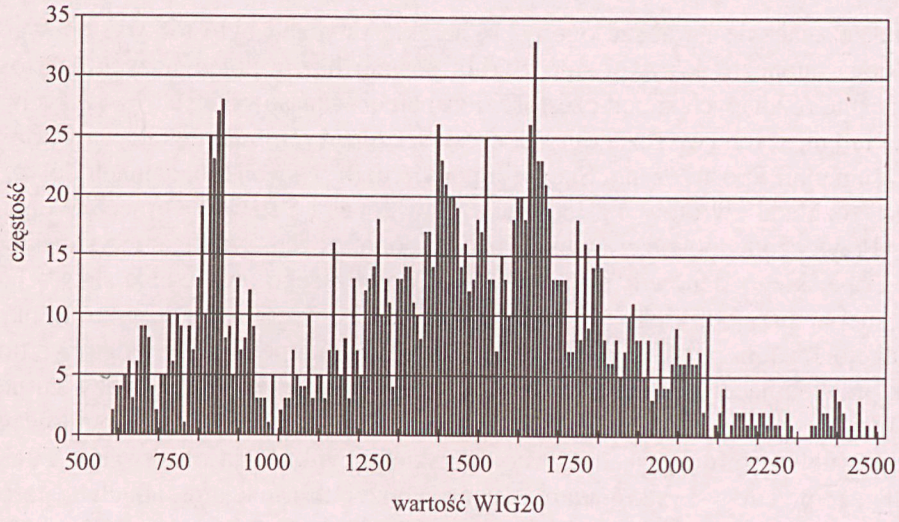
Przytoczone powyżej wyniki badań dotyczących rynku amerykańskiego i europejskiego stanowiły istotny bodziec do bliższego przyjrzenia się stochastycznej naturze polskiego rynku kapitałowego. Ze względu na dość krótki okres funkcjonowania polskiej giełdy uzyskane wyniki na pewno nie mogą być tutaj tak przekonujące jak na przykład wyniki uzyskane przez Sharpe'a czy Turnera i Weigla; niemniej dają już pewien obraz krajowego rynku kapitałowego. Najpełniejsze informacje dotyczące polskiego rynku dają obserwacje WIG20 i dlatego przede wszystkim warto zająć się bliżej informacjami, jakich dostarcza szereg czasowy tego wskaźnika. Rysunek 9 przedstawia wartości indeksu WIG20 w okresie od 14 kwietnia 1994 do 21 grudnia 2000 roku.



Rys. 9. Wartości indeksu WIG20 – od 14 kwietnia 1994 do 21grudnia 2000 roku

Źródło: Strona internetowa: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

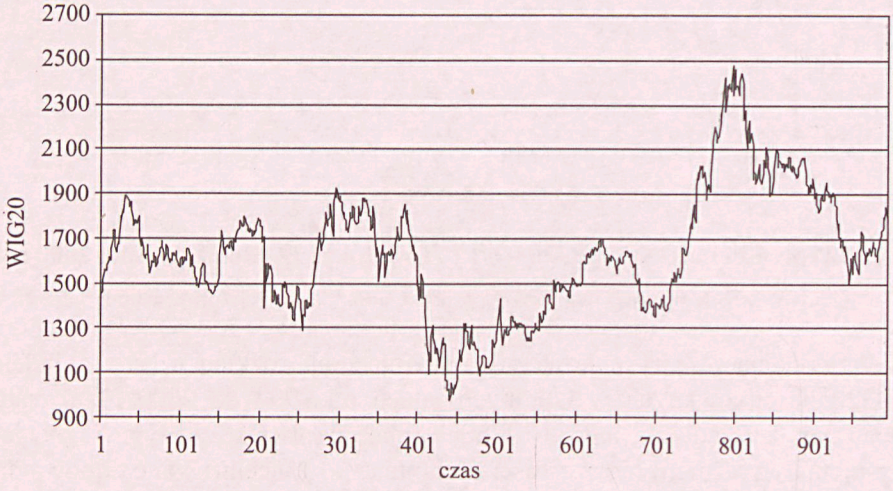
Przyglądając się rysunkowi 10, obrazującemu rozkład częstości indeksu WIG20 obserwowanych w kolejnych latach od 1994 do 2000 roku, trudno dopatrzyć się analogii tego rozkładu z jakimkolwiek znanym rozkładem. Występują wyraźnie dwie częstości dominujące, skoncentrowane odpowiednio wokół wartości 850 i 1650. Mamy tu do czynienia z wielkością, której rozwój obserwujemy w czasie, nasuwa się więc przypuszczenie, że parametry rozkładu



Rys. 10. Częstości indeksu WIG20 obserwowanych – od 14 kwietnia 1994 do 21 grudnia 2000 roku

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze strony internetowej:
bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

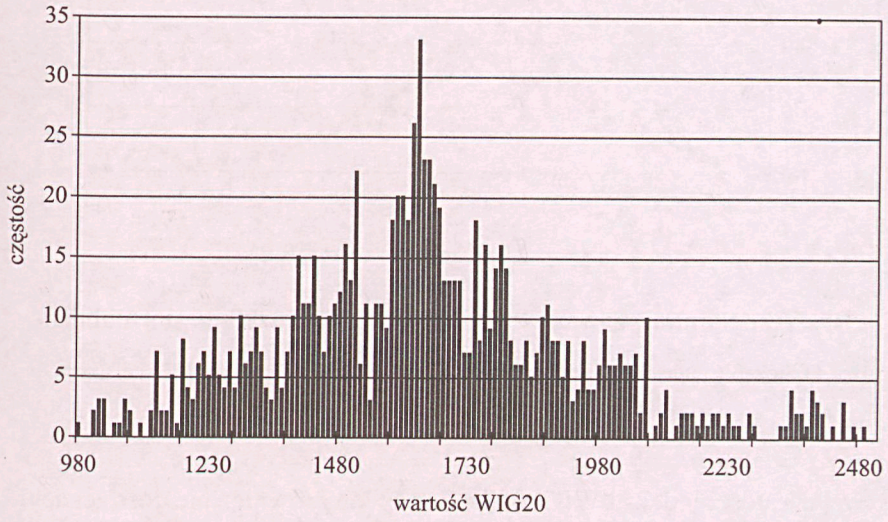
wartości indeksu WIG20 w początkowym okresie obserwacji (do roku 1996) były istotnie różne od parametrów rozkładu w okresie późniejszym (od roku 1997). Potwierdzałby to również rysunek 11, obrazujący szereg WIG20 w latach 1997-2000.



Rys. 11. Indeks WIG20 – od 17 stycznia 1997 do 21 grudnia 2000 roku

Źródło: Strona internetowa: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

Przebieg tego szeregu wykazuje już pewne charakterystyczne cechy przebiegu stacjonarnego (wahania losowe względem pewnego ustalonego poziomu). Dlatego pozwolono sobie uśrednienie po czasie potraktować jako wartość średnią[3] (i odpowiednio wariancję) indeksu WIG20 w jego rozkładzie.



Rys. 12. Częstości indeksu WIG20 obserwowanego od 7 stycznia 1997 do 21 grudnia 2000 roku

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze strony internetowej: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

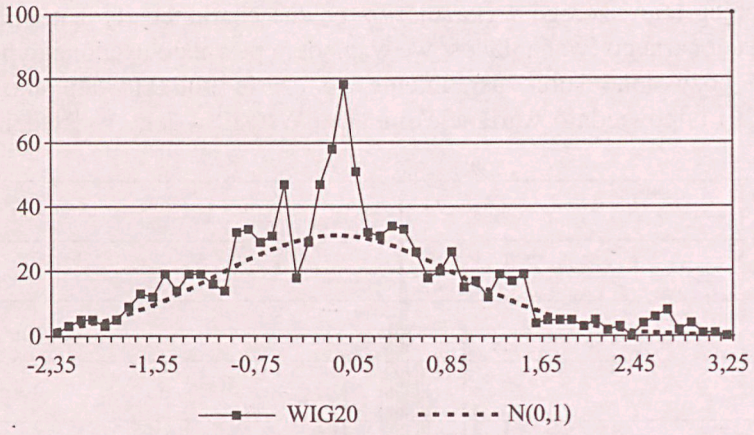
Pobieżne spojrzenie na rysunek 12 mogłoby sugerować, że rozkład częstości indeksu WIG20 w latach 1997-2000 może być dobrze aproksymowany rozkładem normalnym (gaussowskim).

Bliższe porównanie krzywych gęstości rozkładów empirycznego i teoretycznego może nasuwać jednak co do tego duże wątpliwości.

Na rysunku 13 przedstawiono nałożone na siebie standaryzowane (ze średnią równą 0 oraz odchyleniem standardowym równym 1) częstości indeksu WIG20 oraz rozkładu gaussowskiego.

Na wykresie zaznacza się wyraźna asymetria rozkładu częstości indeksu WIG20, co potwierdza również wyznaczony wskaźnik asymetrii z próby, równy 0,37. Bardzo wyraźne jest również znaczne przewyższenie częstości średnich wartości indeksu WIG20 ponad ekstremum krzywej gaussowskiej, a także – podobnie do informacji podawanych przez autorów wymienianych na wstępie punktu – „grubsze ogony"

[3] Wartość średnia wynosi 1636,238, odchylenie standardowe wynosi 276,9423.

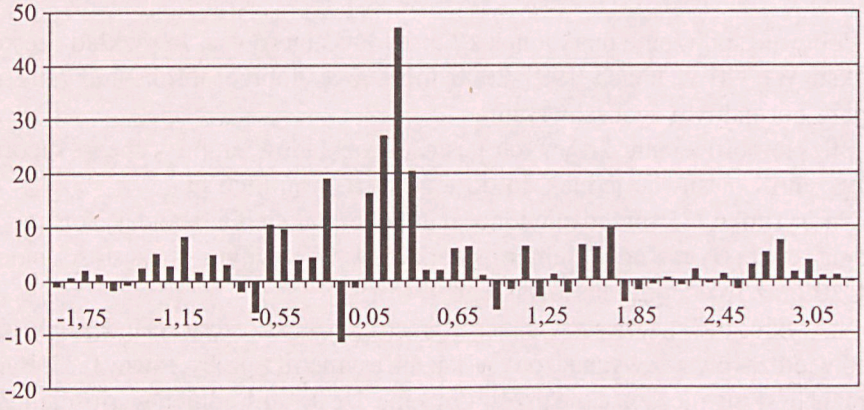


Rys. 13. Standaryzowane częstości WIG20 i rozkładu normalnego

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze strony internetowej: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

krzywej częstości indeksu WIG20. Trudno byłoby również nie dostrzegać dużej częstości pojawiania się pojedynczych wartości indeksu WIG20 odległych o około trzykrotną wielkość odchylenia standardowego od wartości średniej.

Wymienione wyżej charakterystyczne cechy krzywej częstości indeksu WIG20 uwidacznia również rysunek 14, obrazujący różnice (numeryczne) między poszczególnymi częstościami indeksu WIG20 i zmiennej normalnej (gaussowskiej).



Rys. 14. Różnice między częstościami indeksu WIG20 i zmiennej normalnej

Źródło: Obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel na podstawie danych ze strony internetowej: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts

Tabela 5. Wielkości użyte do weryfikacji hipotezy o losowości bazy pomiędzy FEURZ0 a EUR_PLN (obliczenia własne przeprowadzone w arkuszu kalkulacyjnym Excel)

Data	FEURZ0	EUR_PLN		BAZA	Serie	l. serii	Me = 18.6
20000328	432,00	391,1	3,911	40,90			
20000330	433,00	395,75	3,9575	37,25	0		
20000403	435,50	397,55	3,9755	37,95	1	1	0
20000406	442,00	398,9	3,989	43,10	1	0	0
20000407	441,00	397,1	3,971	43,90	1	0	0
20000410	439,00	397,73	3,9773	41,27	0	1	1
20000411	440,00	399,56	3,9956	40,44	0	0	0
20000418	444,50	404,05	4,0405	40,45	1	1	0
20000419	442,60	402,5	4,025	40,10	0	1	1
20000425	440,00	398,56	3,9856	41,44	1	1	0
20000426	438,00	396,95	3,9695	41,05	0	1	1
20000427	438,00	397,35	3,9735	40,65	0	0	0
20000428	440,00	406,48	4,0648	33,52	0	0	0
20000504	444,00	406,75	4,0675	37,25	1	1	0
20000508	446,50	400,5	4,005	46,00	1	0	0
20000509	438,50	404,8	4,048	33,70	0	1	1
20000510	440,50	403,5	4,035	37,00	1	1	0
20000515	440,00	402,45	4,0245	37,55	1	0	0
20000519	435,00	405,24	4,0524	29,76	0	1	1
20000524	444,00	408,3	4,083	35,70	1	1	0
20000529	447,00	417,75	4,1775	29,25	0	1	1
20000531	443,00	409,4	4,094	33,60	1	1	0
20000614	449,70	422,6	4,226	27,10	0	1	1
20000713	432,50	403,8	4,038	28,70	1	1	0
20000717	436,00	403,1	4,031	32,90	1	0	0
20000718	430,50	402,35	4,0235	28,15	0	1	1
20000719	432,65	401,5	4,015	31,15	1	1	0
20000720	430,00	401,7	4,017	28,30	0	1	1
20000721	430,80	402,23	4,0223	28,57	1	1	0
20000724	426,50	399,95	3,9995	26,55	0	1	1
20000725	430,47	404,35	4,0435	26,12	0	0	0
20000726	430,49	404,2	4,042	26,29	1	1	0
20000727	429,50	402,85	4,0285	26,65	1	0	0
20000728	435,40	401,15	4,0115	34,25	1	0	0
20000801	432,40	401,15	4,0115	31,25	0	1	1
20000802	426,90	400,15	4,0015	26,75	0	0	0
20000803	424,00	398,8	3,988	25,20	0	0	0
20000804	424,00	397,9	3,979	26,10	1	1	0
20000807	422,00	397,4	3,974	24,60	0	1	1
20000808	418,50	394,5	3,945	24,00	0	0	0

cd. tab. 5

Data	FEURZ0	EUR_PLN		BAZA	Serie	l. serii	Me = 18.6
20000809	417,49	392,09	3,9209	25,40	1	1	0
20000810	415,50	394,1	3,941	21,40	0	1	1
20000811	416,50	394,15	3,9415	22,35	1	1	0
20000814	414,50	393,5	3,935	21,00	0	1	1
20000816	415,25	396,15	3,9615	19,10	0	0	0
20000817	415,00	394,39	3,9439	20,61	1	1	0
20000818	415,50	391,1	3,911	24,40	1	0	0
20000821	411,50	390,05	3,9005	21,45	0	1	1
20000822	415,00	387,55	3,8755	27,45	1	1	0
20000823	411,99	391,3	3,913	20,69	0	1	1
20000824	415,50	394,49	3,9449	21,01	1	1	0
20000825	417,20	396,45	3,9645	20,75	0	1	1
20000828	416,70	393,95	3,9395	22,75	1	1	0
20000829	415,49	390,7	3,907	24,79	1	0	0
20000830	416,88	391,13	3,9113	25,75	1	0	0
20000831	410,00	388,75	3,8875	21,25	0	1	1
20000904	417,82	388,43	3,8843	29,39	1	1	0
20000906	400,50	384,7	3,847	15,80	0	1	1
20000907	401,50	386	3,86	15,50	0	0	0
20000908	403,99	383	3,83	20,99	1	1	0
20000911	400,50	381,85	3,8185	18,65	0	1	19
20000912	403,90	384,7	3,847	19,20	1	1	0
20000913	405,00	387,69	3,8769	17,31	0	1	1
20000914	406,00	387,4	3,874	18,60	1	1	0
20000915	403,25	385,15	3,8515	18,10	0	1	1
20000919	406,50	391,25	3,9125	15,25	0	0	0
20000921	409,50	392,1	3,921	17,40	1	1	0
20000922	416,00	401,5	4,015	14,50	0	1	1
20000925	413,00	397,92	3,9792	15,08	1	1	0
20000926	417,99	402,05	4,0205	15,94	1	0	0
20000927	418,00	400,55	4,0055	17,45	1	0	0
20000928	415,00	399	3,99	16,00	0	1	1
20000929	414,50	399,95	3,9995	14,55	0	0	0
20001002	413,00	399,9	3,999	13,10	0	0	0
20001003	414,10	397,65	3,9765	16,45	1	1	0
20001004	411,00	396,3	3,963	14,70	0	1	1
20001005	412,00	396,7	3,967	15,30	1	1	0
20001006	409,00	394,9	3,949	14,10	0	1	1
20001009	410,35	395,4	3,954	14,95	1	1	0
20001010	411,00	398,85	3,9885	12,15	0	1	1
20001011	414,50	402,16	4,0216	12,34	1	1	0
20001012	414,99	404,45	4,0445	10,54	0	1	1

cd. tab. 5

Data	FEURZ0	EUR_PLN		BAZA	Serie	l. serii	Me = 18.6
20001013	416,00	403,4	4,034	12,60	1	1	0
20001016	410,50	397,6	3,976	12,90	1	0	0
20001017	408,00	397,9	3,979	10,10	0	1	1
20001018	412,70	398,91	3,9891	13,79	1	1	0
20001019	407,50	392,77	3,9277	14,73	1	0	0
20001020	405,50	393,71	3,9371	11,79	0	1	1
20001023	405,99	393,02	3,9302	12,97	1	1	0
20001024	403,01	389,33	3,8933	13,68	1	0	0
20001025	401,50	388,15	3,8815	13,35	0	1	1
20001026	397,80	387,55	3,8755	10,25	0	0	0
20001027	401,70	394,88	3,9488	6,82	0	0	0
20001030	401,40	392,85	3,9285	8,55	1	1	0
20001031	403,50	393,6	3,936	9,90	1	0	0
20001102	404,10	391,8	3,918	12,30	1	0	0
20001103	402,50	390,2	3,902	12,30	0	1	1
20001106	400,00	388,65	3,8865	11,35	0	0	0
20001107	398,99	391,75	3,9175	7,24	0	0	0
20001108	398,00	389,93	3,8993	8,07	1	1	0
20001109	398,90	392,37	3,9237	6,53	0	1	1
20001110	401,00	394,86	3,9486	6,14	0	0	0
20001113	401,00	394,25	3,9425	6,75	1	1	0
20001114	400,00	391,66	3,9166	8,34	1	0	0
20001115	398,50	392,3	3,923	6,20	0	1	1
20001116	399,00	390,47	3,9047	8,53	1	1	0
20001117	398,40	389,11	3,8911	9,29	1	0	0
20001121	394,00	385,4	3,854	8,60	0	1	1
20001122	392,30	385,42	3,8542	6,88	0	0	0
20001124	388,00	380,6	3,806	7,40	1	1	0
20001127	387,90	383,55	3,8355	4,35	0	1	1
20001128	389,50	386,92	3,8692	2,58	0	0	0
20001129	392,29	386	3,86	6,29	1	1	0
20001130	391,90	390,51	3,9051	1,39	0	1	1
20001201	394,50	391,26	3,9126	3,24	1	1	0
20001204	397,00	393,74	3,9374	3,26	1	0	0
20001205	396,00	391	3,91	5,00	1	0	0
20001206	393,50	389,4	3,894	4,10	0	1	1
20001208	392,50	391,18	3,9118	1,32	0	0	0
20001211	391,00	386,48	3,8648	4,52	1	1	0
20001212	388,00	385,52	3,8552	2,48	0	1	1

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html oraz obliczenia własne.

Tabela 6. Wielkości użyte do weryfikacji hipotezy o losowości bazy pomiędzy FUSDZ0 a USD/PLN

Data	FEURZ0	USD_PLN	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.	l. jed. =
20000330	436,00	413,00	4,13	23,00			
20000405	449,50	420,00	4,2	29,50	1	1	0
20000406	449,00	417,10	4,171	31,90	1	0	1
20000407	444,44	414,50	4,145	29,94	0	1	0
20000410	446,50	413,70	4,137	32,80	1	1	0
20000414	449,00	424,00	4,24	25,00	0	1	0
20000417	453,30	425,00	4,25	28,30	1	1	0
20000425	456,50	430,50	4,305	26,00	0	1	0
20000427	459,90	438,50	4,385	21,40	0	0	1
20000428	469,20	446,50	4,465	22,70	1	1	0
20000504	476,00	457,00	4,57	19,00	0	1	0
20000505	490,00	462,00	4,62	28,00	1	1	0
20000508	484,10	446,50	4,465	37,60	1	0	1
20000509	481,00	448,00	4,48	33,00	0	1	0
20000510	477,00	442,00	4,42	35,00	1	1	0
20000515	475,00	436,00	4,36	39,00	1	0	1
20000516	473,00	443,20	4,432	29,80	0	1	0
20000519	476,00	451,00	4,51	25,00	0	0	1
20000522	475,10	451,00	4,51	24,10	0	0	0
20000529	477,00	450,80	4,508	26,20	1	1	0
20000530	473,00	443,50	4,435	29,50	1	0	1
20000531	470,00	439,00	4,39	31,00	1	0	0
20000602	465,00	432,50	4,325	32,50	1	0	0
20000605	459,00	428,75	4,2875	30,25	0	1	0
20000606	462,00	434,75	4,3475	27,25	0	0	1
20000615	464,00	438,55	4,3855	25,45	0	0	0
20000628	463,00	439,75	4,3975	23,25	0	0	0
20000629	459,50	438,25	4,3825	21,25	0	0	0
20000630	462,50	435,00	4,35	27,50	1	1	0
20000703	457,10	430,30	4,303	26,80	0	1	0
20000704	454,50	432,00	4,32	22,50	0	0	1
20000705	453,00	430,60	4,306	22,40	0	0	0
20000712	447,90	429,85	4,2985	18,05	0	0	0
20000718	450,30	431,50	4,315	18,80	1	1	0
20000720	453,90	431,40	4,314	22,50	1	0	1
20000721	447,00	429,50	4,295	17,50	0	1	0
20000725	450,90	429,45	4,2945	21,45	1	1	0
20000726	449,50	428,55	4,2855	20,95	0	1	0
20000801	451,70	435,00	4,35	16,70	0	0	1
20000803	457,50	440,35	4,4035	17,15	1	1	0
20000804	455,50	437,70	4,377	17,80	1	0	1
20000809	454,70	435,70	4,357	19,00	1	0	0
20000810	453,00	434,40	4,344	18,60	0	1	0
20000821	453,00	430,15	4,3015	22,85	1	1	0
20000825	456,00	436,25	4,3625	19,75	0	1	0
20000831	452,00	436,90	4,369	15,10	0	0	1
20000904	449,50	432,50	4,325	17,00	1	1	0
20000905	450,00	433,70	4,337	16,30	0	1	0

cd. tab. 6

Data	FEURZ0	USD_PLN	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.	1. jed. =
20000912	456,50	447,00	4,47	9,50	0	0	1
20000914	460,00	449,90	4,499	10,10	1	1	0
20000918	464,00	454,00	4,54	10,00	0	1	0
20000919	470,50	459,50	4,595	11,00	1	1	0
20000920	470,00	460,00	4,6	10,00	0	1	0
20000922	468,00	455,90	4,559	12,10	1	1	0
20000925	466,00	455,50	4,555	10,50	0	1	0
20000927	468,00	455,35	4,5535	12,65	1	1	0
20000928	464,00	452,00	4,52	12,00	0	1	0
20001002	463,50	455,00	4,55	8,50	0	0	1
20001004	463,51	454,60	4,54	68,91	1	1	0
20001009	466,00	454,50	4,545	11,50	1	0	1
20001010	468,50	459,00	4,59	9,50	0	1	0
20001011	473,50	463,20	4,632	10,30	1	1	0
20001012	476,00	471,00	4,71	5,00	0	1	0
20001013	478,00	468,00	4,68	10,00	1	1	0
20001018	478,50	471,60	4,716	6,90	0	1	0
20001019	476,51	466,00	4,66	10,51	1	1	0
20001020	475,00	469,00	4,69	6,00	0	1	0
20001023	479,00	470,00	4,7	9,00	1	1	0
20001024	478,00	466,00	4,66	12,00	1	0	1
20001025	479,00	469,50	4,695	9,50	0	1	0
20001026	477,00	468,00	4,68	9,00	0	0	1
20001027	478,00	467,75	4,6775	10,25	1	1	0
20001030	477,00	466,00	4,66	11,00	1	0	1
20001031	475,20	464,40	4,644	10,80	0	1	0
20001102	467,99	455,25	4,5525	12,74	1	1	0
20001103	461,99	451,40	4,514	10,59	0	1	0
20001106	456,00	453,20	4,532	2,80	0	0	1
20001107	461,49	456,30	4,563	5,19	1	1	0
20001108	462,50	457,30	4,573	5,20	1	0	1
20001109	463,00	457,90	4,579	5,10	0	1	0
20001110	463,98	457,70	4,577	6,28	1	1	0
20001113	463,01	458,20	4,582	4,81	0	1	0
20001115	459,00	457,00	4,57	2,00	0	0	1
20001117	461,00	457,05	4,5705	3,95	1	1	0
20001120	462,00	458,20	4,582	3,80	0	1	0
20001122	460,98	457,80	4,578	3,18	0	0	1
20001123	462,00	457,90	4,579	4,10	1	1	0
20001124	458,00	454,20	4,542	3,80	0	1	0
20001127	454,00	448,50	4,485	5,50	1	1	0
20001128	453,00	452,50	4,525	0,50	0	1	0
20001130	451,00	448,35	4,4835	2,65	1	1	0
20001204	447,01	443,00	4,43	4,01	1	0	1
20001206	444,50	439,00	4,39	5,50	1	0	0
20001208	441,50	441,00	4,41	0,50	0	1	0
20001211	440,00	441,00	4,41	−1,00	0	0	1
20001212	441,80	438,50	4,385	3,30	1	1	0

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html oraz obliczenia własne.

Tabela 7 Wielkości użyte do weryfikacji hipotezy o losowości bazy pomiędzy FTECZ0 a TECHWIG

Data	FTECZ0	TECHWIG	BAZA	Serie	l. serii jed.	l. serii zer
20000801	1605	1559,8	45,2			
20000802	1640	1606	34	0	0	1
20000803	1592	1562,8	29,2	0	0	0
20000804	1630	1616,6	13,4	0	0	0
20000808	1620	1618,5	1,5	0	0	0
20000809	1685	1676,1	8,9	1	1	0
20000810	1658	1614,9	43,1	1	0	0
20000811	1612	1554,4	57,6	1	0	0
20000814	1617	1570,6	46,4	0	1	1
20000816	1638	1601,1	36,9	0	0	0
20000817	1605	1535,1	69,9	1	1	0
20000818	1585	1527,9	57,1	0	1	1
20000822	1586	1512,5	73,5	1	1	0
20000823	1620	1526,5	93,5	1	0	0
20000824	1642	1569,6	72,4	0	1	1
20000825	1675	1602,1	72,9	1	1	0
20000828	1650	1581,3	68,7	0	1	1
20000829	1630	1576,7	53,3	0	0	0
20000830	1645	1594,6	50,4	0	0	0
20000831	1675	1651,4	23,6	0	0	0
20000901	1760	1738,1	21,9	0	0	0
20000904	1750	1725,4	24,6	1	1	0
20000905	1735	1696,5	38,5	1	0	0
20000906	1721	1686,8	34,2	0	1	1
20000907	1712	1662,6	49,4	1	1	0
20000908	1691	1644,5	46,5	0	1	1
20000911	1669	1617,5	51,5	1	1	0
20000912	1685	1654	31	0	1	1
20000913	1661	1639,4	21,6	0	0	0
20000914	1680	1659,1	20,9	0	0	0
20000915	1663	1641,1	21,9	1	1	0
20000918	1651	1621,4	29,6	1	0	0
20000919	1645	1609,8	35,2	1	0	0
20000920	1625	1589,2	35,8	1	0	0
20000921	1587	1530,7	56,3	1	0	0
20000922	1518	1451,7	66,3	1	0	0
20000925	1535	1503	32	0	1	1
20000926	1490	1430,9	59,1	1	1	0
20000927	1492	1432,2	59,8	1	0	0
20000928	1449	1374,4	74,6	1	0	0
20000929	1459	1411,2	47,8	0	1	1
20001002	1480	1442,1	37,9	0	0	0
20001003	1458	1402,4	55,6	1	1	0
20001004	1450	1384,5	65,5	1	0	0
20001005	1462	1419,6	42,4	0	1	1
20001006	1460	1411,9	48,1	1	1	0
20001009	1420	1374,1	45,9	0	1	1

cd. tab. 7

Data	FTECZ0	TECHWIG	BAZA	Serie	l. serii jed.	l. serii zer
20001010	1430	1379,4	50,6	1	1	0
20001011	1365	1321	44	0	1	1
20001012	1362	1329,5	32,5	0	0	0
20001013	1315	1290,4	24,6	0	0	0
20001016	1357	1369,9	−12,9	0	0	0
20001017	1390	1401,9	−11,9	1	1	0
20001018	1302	1302,9	−0,9	1	0	0
20001019	1372	1380,8	−8,8	0	1	1
20001020	1385	1415,5	−30,5	0	0	0
20001023	1374	1411	−37	0	0	0
20001024	1400	1436,3	−36,3	1	1	0
20001025	1369	1389,2	−20,2	1	0	0
20001026	1357	1360,4	−3,4	1	0	0
20001027	1360	1354,3	5,7	1	0	0
20001030	1340	1329,5	10,5	1	0	0
20001031	1372	1356,6	15,4	1	0	0
20001102	1439	1419,8	19,2	1	0	0
20001103	1442	1430,8	11,2	0	1	1
20001106	1480	1498,8	−18,8	0	0	0
20001107	1457	1468,3	−11,3	1	1	0
20001108	1467	1464,6	2,4	1	0	0
20001109	1405	1402,4	2,6	1	0	0
20001110	1363	1362,4	0,6	0	1	1
20001113	1314	1311,5	2,5	1	1	0
20001114	1380	1364,8	15,2	1	0	0
20001115	1330	1311,3	18,7	1	0	0
20001116	1320	1301,7	18,3	0	1	1
20001117	1339	1327,4	11,6	0	0	0
20001120	1332	1325,8	6,2	0	0	0
20001121	1329	1331,24	−2,24	0	0	0
20001122	1324	1306,04	17,96	1	1	0
20001123	1313	1294,03	18,97	1	0	0
20001124	1364	1335,55	28,45	1	0	0
20001127	1382	1339,61	42,39	1	0	0
20001128	1354	1309,42	44,58	1	0	0
20001129	1337	1290,61	46,39	1	0	0
20001130	1290	1240,55	49,45	1	0	0
20001201	1278	1237,4	40,6	0	1	1
20001204	1245	1208,39	36,61	0	0	0
20001205	1270	1234,4	35,6	0	0	0
20001206	1307	1292,54	14,46	0	0	0
20001207	1327	1316,9	10,1	0	0	0
20001208	1362	1354,28	7,72	0	0	0
20001211	1377	1372,9	4,1	0	0	0
20001212	1378	1378,56	−0,56	0	0	0
20001213	1378	1379,72	−1,72	0	0	0

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html oraz obliczenia własne.

Tabela 8. Wielkości wykorzystane do weryfikacji hipotezy o losowości bazy pomiędzy FW20Z0 a WIG20

Data	FW20Z0	WIG20	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.
20000320	2368	2387,9	−19,9			
20000321	2350	2341,5	8,5	1	1	1
20000322	2364	2380,7	−16,7	0	1	0
20000323	2387	2402,3	−15,3	1	1	0
20000324	2410	2445,7	−35,7	0	1	0
20000327	2445	2443,7	1,3	1	1	0
20000328	2439	2443,1	−4,1	0	1	0
20000329	2417	2393,9	23,1	1	1	0
20000330	2302	2235,9	66,1	1	0	1
20000331	2317	2275,5	41,5	0	1	0
20000403	2244	2209,9	34,1	0	0	1
20000404	2219	2192,1	26,9	0	0	0
20000405	2146	2100,4	45,6	1	1	0
20000406	2205	2186	19	0	1	0
20000407	2230	2228,8	1,2	0	0	1
20000410	2202	2217,7	−15,7	0	0	0
20000411	2116	2132,4	−16,4	0	0	0
20000412	2163	2174,1	−11,1	1	1	0
20000413	2155	2163,1	−8,1	1	0	1
20000414	2108	2121	−13	0	1	0
20000417	1978	1963,7	14,3	1	1	0
20000418	1983	2005,5	−22,5	0	1	0
20000420	1966	1982,8	−16,8	1	1	0
20000425	1962	1951,3	10,7	1	0	1
20000426	1975	1975,8	−0,8	0	1	0
20000427	1928	1980,8	−52,8	0	0	1
20000428	2004	2042,8	−38,8	1	1	0
20000504	1955	2008	−53	0	1	0
20000505	1939	1970,4	−31,4	1	1	0
20000508	1910	1942,8	−32,8	0	1	0
20000509	1935	1946,3	−11,3	1	1	0
20000510	1958	1990,5	−32,5	0	1	0
20000511	2010	2044,5	−34,5	0	0	1
20000512	2058	2060,7	−2,7	1	1	0
20000515	2025	2023,9	1,1	1	0	1
20000516	2100	2109,8	−9,8	0	1	0
20000517	2058	2063,1	−5,1	1	1	0
20000518	2072	2068,2	3,8	1	0	1
20000519	2029	2016,8	12,2	1	0	0
20000522	1981	1983,7	−2,7	0	1	0
20000523	1968	1952	16	1	1	0
20000524	1912	1891,9	20,1	1	0	1
20000525	1917	1912,9	4,1	0	1	0
20000526	1895	1897,8	−2,8	0	0	1
20000529	1940	1969,7	−29,7	0	0	0

cd. tab. 8

Data	FW20Z0	WIG20	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.
20000530	1962	1984,6	−22,6	1	1	0
20000531	1983	2014,7	−31,7	0	1	0
20000601	2054	2092,8	−38,8	0	0	1
20000602	2089	2102,9	−13,9	1	1	0
20000605	2069	2086,3	−17,3	0	1	0
20000606	1990	2019,7	−29,7	0	0	1
20000607	2028	2057,4	−29,4	1	1	0
20000608	2032	2051,7	−19,7	1	0	1
20000609	2040	2045,6	−5,6	1	0	0
20000612	2027	2034	−7	0	1	0
20000613	2017	2016	1	1	1	0
20000614	2046	2039	7	1	0	1
20000615	2054	2041,7	12,3	1	0	0
20000616	2050	2030,9	19,1	1	0	0
20000619	2021	2002	19	0	1	0
20000620	2060	2040,9	19,1	1	1	0
20000621	2062	2036	26	1	0	1
20000623	2055	2024,6	30,4	1	0	0
20000626	2097	2061,6	35,4	1	0	0
20000627	2113	2064,9	48,1	1	0	0
20000628	2124	2063,7	60,3	1	0	0
20000629	2082	2020,5	61,5	1	0	0
20000630	2068	1997,7	70,3	1	0	0
20000703	2089	2023,1	65,9	0	1	0
20000704	2090	2030	60	0	0	1
20000705	2093	2019,1	73,9	1	1	0
20000706	2073	1999,5	73,5	0	1	0
20000707	2073	1987,8	85,2	1	1	0
20000710	2067	1989,7	77,3	0	1	0
20000711	2050	1972,7	77,3	0	0	1
20000712	2072	1987,5	84,5	1	1	0
20000713	2079	2004,8	74,2	0	1	0
20000714	2085	2016,4	68,6	0	0	1
20000717	2089	2039,9	49,1	0	0	0
20000718	2095	2047	48	0	0	0
20000719	2110	2064,3	45,7	0	0	0
20000720	2115	2061,2	53,8	1	1	0
20000721	2125	2061,7	63,3	1	0	1
20000724	2113	2069,7	43,3	0	1	0
20000725	2110	2046,6	63,4	1	1	0
20000726	2077	1993,8	83,2	1	0	1
20000727	2059	1966	93	1	0	0
20000728	2047	1949,3	97,7	1	0	0
20000731	2035	1941,1	93,9	0	1	0
20000801	1999	1903	96	1	1	0
20000802	2010	1941,5	68,5	0	1	0
20000803	1976	1909,6	66,4	0	0	1

cd. tab. 8

Data	FW20Z0	WIG20	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.
20000804	2010	1942,4	67,6	1	1	0
20000807	2002	1924,7	77,3	1	0	1
20000808	2011	1943,1	67,9	0	1	0
20000809	2050	1970,6	79,4	1	1	0
20000810	2020	1922,7	97,3	1	0	1
20000811	1983	1886	97	0	1	0
20000814	1993	1892,2	100,8	1	1	0
20000816	2005	1912,1	92,9	0	1	0
20000817	1963	1855,6	107,4	1	1	0
20000818	1937	1837,2	99,8	0	1	0
20000821	1934	1822,6	111,4	1	1	0
20000822	1934	1837,4	96,6	0	1	0
20000823	1934	1852,7	81,3	0	0	1
20000824	1952	1879,4	72,6	0	0	0
20000825	1962	1898,6	63,4	0	0	0
20000828	1935	1876,9	58,1	0	0	0
20000829	1924	1873,4	50,6	0	0	0
20000830	1939	1889,3	49,7	0	0	0
20000831	1966	1911,7	54,3	1	1	0
20000901	2000	1952	48	0	1	0
20000904	1978	1939,7	38,3	0	0	1
20000905	1968	1919,5	48,5	1	1	0
20000906	1970	1910,9	59,1	1	0	1
20000907	1948	1894	54	0	1	0
20000908	1938	1888,7	49,3	0	0	1
20000911	1923	1867,7	55,3	1	1	0
20000912	1948	1900,7	47,3	0	1	0
20000913	1926	1892,3	33,7	0	0	1
20000914	1947	1907,2	39,8	1	1	0
20000915	1927	1889,6	37,4	0	1	0
20000918	1908	1874,3	33,7	0	0	1
20000919	1899	1858,4	40,6	1	1	0
20000920	1880	1842,1	37,9	0	1	0
20000921	1855	1794,4	60,6	1	1	0
20000922	1795	1723,1	71,9	1	0	1
20000925	1812	1768,1	43,9	0	1	0
20000926	1760	1710,5	49,5	1	1	0
20000927	1774	1708,3	65,7	1	0	1
20000928	1744	1664	80	1	0	0
20000929	1751	1688,4	62,6	0	1	0
20001002	1762	1700,7	61,3	0	0	1
20001003	1743	1667,1	75,9	1	1	0
20001004	1729	1643,5	85,5	1	0	1
20001005	1738	1668,5	69,5	0	1	0
20001006	1731	1658	73	1	1	0
20001009	1675	1618,6	56,4	0	1	0
20001010	1672	1608,7	63,3	1	1	0

cd. tab. 8

Data	FW20Z0	WIG20	BAZA	Serie	Liczba serii	96 jed.
20001011	1601	1546,7	54,3	0	1	0
20001012	1585	1550,3	34,7	0	0	1
20001013	1523	1499,1	23,9	0	0	0
20001016	1562	1574,8	−12,8	0	0	0
20001017	1600	1618	−18	0	0	0
20001018	1511	1542,3	−31,3	0	0	0
20001019	1598	1608,3	−10,3	1	1	0
20001020	1600	1630	−30	0	1	0
20001023	1582	1625	−43	0	0	1
20001024	1610	1644,4	−34,4	1	1	0
20001025	1579	1606,2	−27,2	1	0	1
20001026	1559	1582,8	−23,8	1	0	0
20001027	1558	1571,2	−13,2	1	0	0
20001030	1534	1543,9	−9,9	1	0	0
20001031	1565	1568,8	−3,8	1	0	0
20001102	1654	1648,3	5,7	1	0	0
20001103	1662	1663,6	−1,6	0	1	0
20001106	1713	1733	−20	0	0	1
20001107	1688	1715,3	−27,3	0	0	0
20001108	1704	1714,3	−10,3	1	1	0
20001109	1650	1657	−7	1	0	1
20001110	1615	1630	−15	0	1	0
20001113	1576	1591,1	−15,1	0	0	1
20001114	1647	1640	7	1	1	0
20001115	1627	1622,7	4,3	0	1	0
20001116	1631	1628,4	2,6	0	0	1
20001117	1649	1643,22	5,78	1	1	0
20001120	1664	1653,1	10,9	1	0	1
20001121	1664	1660,03	3,97	0	1	0
20001122	1661	1639,15	21,85	1	1	0
20001123	1655	1626,49	28,51	1	0	1
20001124	1706	1677,39	28,61	1	0	0
20001127	1728	1688,46	39,54	1	0	0
20001128	1709	1665,44	43,56	1	0	0
20001129	1705	1658,02	46,98	1	0	0
20001130	1673	1623,16	49,84	1	0	0
20001201	1670	1626,26	43,74	0	1	0
20001204	1646	1601,97	44,03	1	1	0
20001205	1679	1638,92	40,08	0	1	0
20001206	1705	1680,41	24,59	0	0	1
20001207	1718	1690,11	27,89	1	1	0
20001208	1735	1714,8	20,2	0	1	0
20001211	1725	1723,35	1,65	0	0	1
20001212	1735	1734,84	0,16	0	0	0
20001213	1742	1744,75	−2,75	0	0	0

Źródło: Strony internetowe: bossa.pl/notowania/daneatech/omegasupercharts, www.gpw.com.pl/gpw/kontrakty.html oraz obliczenia własne.

Poczynione wyżej uwagi dotyczące rozkładu częstości indeksu WIG20 z lat 1997-2000 nie mogą być oczywiście wystarczające dla jednoznacznego zakwestionowania normalności tego rozkładu. Mając jednak na uwadze spostrzeżenia poczynione przez wskazanych na wstępie autorów, badających inne rynki kapitałowe, konieczna jest dalsza wnikliwa analiza tego wskaźnika. Liczni autorzy widzą bowiem powody, dla których przyjmowanie założenia o normalności rozkładów różnych wielkości giełdowych (co na ogół występuje), może stanowić znaczne uproszczenie, a może nawet istotny błąd[4].

Literatura

Box G.E.P., Jenkins G. M., *Analiza szeregów czasowych. Prognozowanie i sterowanie*, PWN, Warszawa, 1983
Domański Cz., *Testy statystyczne*, PWE, Warszawa 1990
Peters E. E., *Teoria haosu a rynki kapitałowe*, WIG-Press, Warszawa 1997
Fitzgerald M. D., *Financial futures*, Londyn 1983.
Weron A., Weron R., *Inżynieria finansowa*, WNT, Warszawa 1998

---

[4] E. E. Peters, *Teoria haosu a rynki kapitałowe*, WIG-Press, Warszawa 1997.