

ROZKŁAD NORMALNY STÓP ZWROTU Z AKCJI WCHODZĄCYCH W SKŁAD NASTĘPUJĄCYCH INDEKSÓW GIEŁDOWYCH: WIG20, MWIG40 I SWIG80

Krzysztof Borowski

Kolegium Zarządzania i Finansów
Szkola Główna Handlowa w Warszawie
e-mail: kborow@sgh.waw.pl

Streszczenie: W artykule zweryfikowana została teza o normalności rozkładu stóp zwrotu cen akcji komponentów indeksów giełdowych: WIG20, mWIG40 i sWIG80 w okresie od pierwszego notowania danego waloru (jednak nie wcześniej niż wprowadzenie systemu WARSET na GPW, tj. w dniu 17.10.2017 r.) do dnia 31.03.2017 r., dla stóp zwrotu w ujęciu: zamknięcie-zamknięcie, otwarcie-otwarcie, otwarcie-zamknięcie i overnight. Z wykorzystaniem testów Jarque-Bera, Shapiro-Wilka i D'Agostino-Pearsona podjęto próbę stworzenia rankingu spółek ze względu na zbieżność rozkładu ich stóp zwrotu do rozkładu normalnego.

Słowa kluczowe: rozkład normalny, stopy zwrotu, indeksy giełdowe, ranking spółek

WSTĘP

Przez wiele lat w szeregu teoriach ekonomicznych przyjmowano, że rozkład stóp zwrotu na rynkach finansowych jest zbliżony do rozkładu normalnego. Tego typu podejście występuje m.in. w takich teoriach jak: teoria portfelowa Markowitza, model wyceny dóbr kapitałowych CAPM oraz model wyceny opcji Blacka-Scholesa. Jednak jak pokazały liczne prace empiryczne, rozkłady stóp zwrotu różnych instrumentów finansowych, różnią się od rozkładu normalnego. Niewątpliwie fakt ten podważa zasadność stosowania wymienionych wcześniej modeli i nakazuje poszukiwanie innych typów rozkładów stóp zwrotu, charakteryzujących się grubszymi ogonami niż rozkłady gaussowskie, które pozwalałyby lepiej modelować empiryczne rozkłady stóp zwrotu z instrumentów finansowych [Piasecki, Tomasik 2013].

Celem artykułu jest zweryfikowanie hipotezy o normalności rozkładów stóp zwrotu cen akcji spółek, wchodzących w skład następujących indeksów giełdowych: WIG20, mWIG40 i sWIG80 w okresie od pierwszego notowania danej spółki na GPW w Warszawie, do dnia 31.03.2017 r. Jeśli jednak data pierwszego notowania spółki jest wcześniejsza niż data wprowadzenia systemu WARSET (17.10.2000), wtedy jako datę pierwszego notowania danej spółki na GPW przyjmuje się datę implementacji systemu WARSET. Przed wprowadzeniem systemu notowań WARSET można było mówić jedynie o częściowych notowaniach ciągłych. Dopiero przejście do notowań cen instrumentów finansowych w systemie WARSET zbliżyło system notowań na GPW do systemów wykorzystywanych na rynkach rozwiniętych. Początkowa data notowań danego waloru została zamieszczona w tabelach 6, 7 i 8.

PRZEGLĄD LITERATURY

Jedną z pierwszych prac poświęconych rozkładowi stóp zwrotu na rynkach finansowych była praca Bacheliera [Bachelier 1900], w której autor za pomocą modelu błędzenia losowego cen instrumentów finansowych, udowodnił, że różnice ceny w kolejnych okresach są zmiennymi o rozkładzie normalnym. Wartość oczekiwana tego rozkładu jest równa zero, a wariancja stanowi funkcję zależną od długości okresu. Pogłębione badania szeregów czasowych zostały przeprowadzone przez Kendalla [Kendall 1953], który na bazie tygodniowych stóp zwrotu akcji z rynku brytyjskiego wykazał normalność ich rozkładu ale też i lepkokurtyczność. Kolejną przełomową pracą był artykuł Osborne'a [Osborne 1959], który wykazał normalność rozkładu logarytmów naturalnych stóp zwrotu dla spółek notowanych na American Stock Exchange i New York Stock Exchange. Spośród bardziej współczesnych prac warto wspomnieć o artykule Scalasa i Kima [Scalas, Kim 2007], którzy za pomocą rozkładu stabilnego dokonali aproksymacji dziennych stóp zwrotu dla indeksów DJIA i MIBTEL. W przypadku tego pierwszego indeksu, testy zgodności Kołmogorowa i chi-kwadrat potwierdziły, a przypadku drugiego indeksu – zaprzeczyły hipotezie, że stopy zwrotu z indeksu mogą zostać przybliżone za pomocą rozkładu stabilnego. W pracy Barunika i in. [Barunik i in. 2010], hipoteza o normalności rozkładów stóp zwrotu dla indeksów WIG, PX i BUX w okresie marzec 2005 - marzec 2009, została odrzucona. W badaniach Ghahfarokhi i Ghahfarokhi [Ghahfarokhi, Ghahfarokhi 2009], wykazane zostało, że w przypadku stóp zwrotów indeksów: CAC40, DAX, DJAC, FTSE 100, ISEQ i S&P 500 wyznaczone z wykorzystaniem rozkładu stabilnego miary *Value at Risk* (VaR) są bliższe wielkościom rzeczywistym, niż miary otrzymane z wykorzystaniem rozkładu normalnego czy też t-studenta.

W przypadku badań poświęconych rynkowi polskiemu Bołt i Miłobędzki [Bołt, Miłobędzki 1994], analizując stopy zwrotu dla indeksu WIG oraz 21 akcji notowanych na GPW w okresie 1991-1993, doszli do wniosku, że w przeważającej mierze nie są to rozkłady normalne. Z kolei Fiszeder [Fiszeder 2000]

przeprowadził badanie rozkładu stóp zwrotu indeksu WIG oraz 12 innych indeksów światowych w okresie 02.01.1997-30.06.1999 r. za pomocą następujących testów zgodności: Pearsona, Kołmogorowa-Lillieforsa i Shapiro-Wilka. Dwa pierwsze testy pozwoliły na odrzucenie hipotezy zerowej o normalności rozkładu stóp zwrotu dla wszystkich badanych indeksów. W przypadku testu Shapiro-Wilka stwierdzono brak podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładu stóp zwrotu jedynie w przypadku indeksu NIKK. Odrzucenie hipotezy o normalności rozkładów stóp zwrotu dla indeksu WIG20 w okresie 13.09.1997-15.02.2000 zostało udowodnione w pracy Rokity [Rokita 2000], a potwierdzone przez Osińską [Osińska 2006], która dla okresu: styczeń 1999 – lipiec 2001 przeanalizowała stopy zwrotu z indeksu WIG, WIG20 oraz dla 18 spółek-komponentów tego ostatniego indeksu. Również w pracy Witkowskiej i Kompy [Witkowska, Kompa 2007], rozkłady stóp zwrotu dla 12 spółek i 2 indeksów GPW w Warszawie, badane w okresie 02.01.2002-31.12.2005 okazały się nie być rozkładami normalnymi.

METODOLOGIA BADANIA

Artykuł podzielony został na 4 części.

W części pierwszej przeprowadzona została weryfikacja hipotezy o normalności stóp zwrotu spółek wchodzących w skład następujących indeksów giełdowych: WIG20 (20 spółek), mWIG40 (40 spółek) i sWIG80 (80 spółek). Wszystkie analizowane spółki stanowiły komponenty indeksów giełdowych na dzień 31.03.2017 r. Jako pierwszy dzień notowania każdej ze spółek przyjęta została data jej debiutu giełdowego, pod warunkiem, że przypadła ona po dacie wprowadzenia systemu WARSET na GPW w Warszawie, tj. 17.10.2000 r. Dla spółek, których data debiutu giełdowego jest wcześniejszą od dnia 17.10.2000 r. przyjęta została data ich pierwszego notowania w dniu 17.10.2010 r. W badaniu analizie poddane zostały następujące stopy zwrotu:

- zamknięcie - zamknięcie (C-C): $\frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}}$,
- otwarcie – otwarcie (O-O): $\frac{O_t - O_{t-1}}{O_{t-1}}$,
- otwarcie – zamknięcie (O-C): $\frac{C_t - O_t}{O_t}$,
- śródsesyjna (Overnight lub OV): $\frac{O_t - C_{t-1}}{C_{t-1}}$.

gdzie: C_t – cena zamknięcia na sesji t , O_t – cena otwarcia na sesji t , C_{t-1} – cena zamknięcia na sesji $t-1$, O_{t-1} – cena otwarcia na sesji $t-1$,

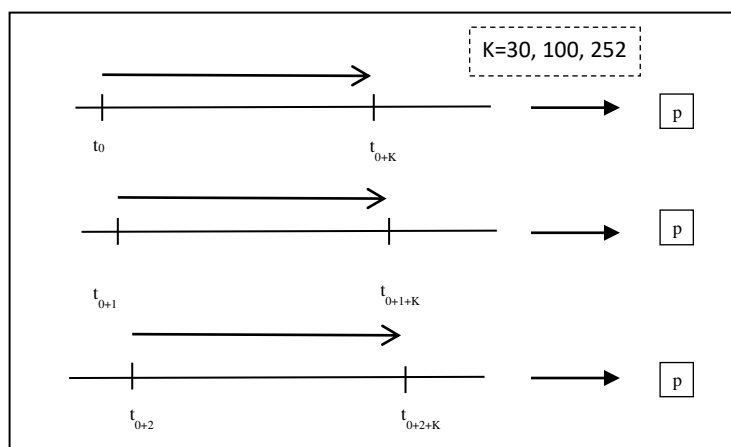
Wybór powyższych stóp zwrotu wynika z dwu przesłanek. Pierwszą jest przesłanka inwestycyjna – otwarcie lub zamknięcie transakcji ma miejsce w ściśle określonym momentach sesji po cenach otwarcia lub zamknięcia. Druga jest pochodną wcześniejszych artykułów naukowych, bowiem większość prac badawczych koncentruje się tylko i wyłącznie na stopach zwrotu zamknięcie-

zamknięcie. Autorowi nie są znane prace naukowe poświęcone problematyce normalności rozkładu stóp zwrotu na rynku polskim, innych niż stopy zwrotu zamknięcie-zamknięcie.

Weryfikacja hipotez statystycznych została przeprowadzona za pomocą pięciu następujących testów statystycznych: Jarque-Bera, Lillieforsa, Cramera von Misesa, Watsona oraz Andersona-Darlinga. Dla każdego z testów statystycznych obliczona zostanie wartość parametru p (p value). W przypadku, gdy wartość p jest większa lub równa od 0,05 – nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. W przeciwnym bowiem razie, tj. gdy wartość parametru p jest mniejsza niż 0,05; hipoteza zerowa zostaje odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej, która brzmi w sposób następujący: rozkład stóp zwrotu badanego instrumentu nie jest rozkładem normalnym.

W części drugiej przeprowadzona została weryfikacja hipotezy o normalności rozkładu stóp zwrotu dla 3 spółek z indeksu WIG20, tj. KGHM, Pekao S.A. i PKN Orlen w rocznych horyzontach czasowych, tj. dla lat: 2001- 2016. Celem tego badania jest wykazanie, że rozkład stóp zwrotu poszczególnych spółek może być normalny w krótszych interwałach czasowych. Część druga badania stanowi wprowadzenie do części trzeciej.

Rysunek 1. Wyznaczanie parametru p w K sesyjnym horyzoncie czasowym



Źródło: opracowanie własne

W trzeciej części badania weryfikacja hipotezy o normalności rozkładu stóp zwrotu przeprowadzona została według następującego schematu. Parametr p obliczono w chwili K , tj. dla pierwszych K sesji notowania akcji spółki na GPW w Warszawie. Jeśli t_0 oznacza datę pierwszego notowania akcji na GPW w Warszawie, wtedy parametr p kalkulowany jest dla następujących sesji: $t_0, t_{0+1}, t_{0+2}, \dots, t_{0+K}$. Następny parametr p został wyznaczony dla K -sesyjnego horyzontu czasowego, ale przesuniętego o jedną sesję, tj. dla sesji odbywających się w chwilach: $t_{0+1}, t_{0+2}, \dots, t_{0+K+1}$. W podobny sposób kalkulowane będą wartości

parametru p dla pozostałych ciągów K sesji, tj. aż do momentu, kiedy ostatnia sesja w ciągu, przypada w dniu 31.03.2017 r. Dla wszystkich spółek wchodzących w skład analizowanych indeksów wartości p zostaną ustalone z wykorzystaniem testów: Jarque-Bera, Shapiro-Wilka i D'Agostino-Pearsona (pierwszy stopień swobody), a także dla trzech różnych długości horyzontu czasowego K : 30, 100 i 252 sesje (drugi stopień swobody) i stóp zwrotu: C-C, O-O, O-C i Overnight (trzeci stopień swobody). Kolejnym krokiem było podanie statystyki dla każdej z analizowanych spółek, która w szczególności obejmowała analizę liczby przypadków, dla danej wartości K i danego typu testu, kiedy nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. W wyniku tego zabiegu otrzymuje się informację o częstości spełnienia warunku $p > 0,05$; dla każdej z badanych stóp zwrotu, dla różnych K i dla różnych testów statystycznych.

Z uwagi na fakt, iż parametr p może być traktowany jako prawdopodobieństwo tego, że analizowany rozkład jest rozkładem normalnym, a więc im wyższa jest jego wartość, tym dany rozkład jest bardziej zbliżony do rozkładu normalnego, parametr p może być wykorzystany dla stworzenia rankingu spółek ze względu na bliskość rozkładu stóp zwrotu danej spółki w stosunku do rozkładu normalnego. Taki ranking spółek sporządzony został dla komponentów wchodzących w skład danego indeksu, określonej stopy zwrotu (C-C, O-O, C-O i *Overnight*), danej wartości K i danego typu testu statystycznego. W dalszej kolejności dla każdej ze spółek wchodzących w skład określonego indeksu, danej stopy zwrotu, danej wartości K , obliczona została suma rankingu danej spółki ze względu na stosowanie wszystkich rodzajów testów (ranking dla danej stopy zwrotu i danego K):

$$S_{I+II+III} = S_I + S_{II} + S_{III} \quad (1)$$

gdzie:

- S_I – miejsce w rankingu danej spółki z wykorzystaniem testu Jarque-Bera,
- S_{II} – miejsce w rankingu danej spółki z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka,
- S_{III} – miejsce w rankingu danej spółki z wykorzystaniem testu D'Agostino-Pearsona.

W ten sposób otrzymuje się 12 rankingów: (4 stopy zwrotu: C-C, O-O, O-C i *Overnight*) x (3 długości horyzontu inwestycyjnego K : 30, 100 i 252 sesje). W następnej kolejności, skalkulowana została suma miejsc danej spółki w 12 otrzymanych rankingach:

$$S_{I+\dots+XII} = \overset{K=30}{C-C}S + \overset{K=30}{O-O}S + \overset{K=30}{O-C}S + \overset{K=30}{OV}S + \overset{K=100}{C-C}S + \overset{K=100}{O-O}S + \overset{K=100}{O-C}S + \overset{K=100}{OV}S + \overset{K=252}{C-C}S + \overset{K=252}{O-O}S + \overset{K=252}{O-C}S + \overset{K=252}{OV}S \quad (2)$$

gdzie:

$\overset{K}{X}S$ – pozycja danej spółki w rankingu dla określonej długości K ($K=30, 100$ i 252) i rodzaju stopy zwrotu X (C-C, O-O, O-C i *Overnight*).

Otrzymane w ten sposób dla każdej spółki sumy $S_{I+\dots+XII}$ zostały wykorzystane do budowy rankingu globalnego dla każdego z indeksów.

W ostatniej części badania, na podstawie statystyk obliczonych w części trzeciej badania, skalkulowana została wartość średnia, maksymalna i minimalna każdej ze statystyk, kiedy K przybiera wartości 30, 100 i 252 sesje i dla każdego typu testu statystycznego.

Hipoteza główna postawiona w pracy została sformułowana w sposób następujący: w długim interwale czasowym rozkłady stóp zwrotu akcji wchodzących w skład indeksów giełdowych WIG20, mWIG40 i sWIG80 nie są rozkładami normalnymi. Przez długi interwał czasowy rozumie się horyzont inwestycyjny obejmujący kilka lat. Z kolei hipoteza pomocnicza pracy brzmi: w krótszych horyzontach inwestycyjnych, rozkłady stóp zwrotu akcji wchodzących w skład głównych indeksów GPW mogą być rozkładami normalnym. Hipotezę pomocniczą można także zapisać w nieco inny sposób: stopy zwrotu akcji wchodzących w skład głównych indeksów GPW są odcinkami normalne.

WYNIKI I DYSKUSJA

Weryfikacja hipotezy o normalności rozkładu stóp zwrotu dla spółek wchodzących w skład indeksów: WIG20, mWIG40 i sWIG80

W przypadku wszystkich spółek z indeksów WIG20, mWIG40 i sWIG80 analiza stóp zwrotu w okresie od daty pierwszego notowania danej spółki do dnia 31.03.2017 r. prowadziła do odrzucenia hipotezy zerowej na rzecz hipotezy alternatywnej. We wszystkich analizowanych przypadkach wartości parametru p , dla wszystkich stóp zwrotu, dla testów Jarque-Bera, Lillieforsa, Cramera Von Misesa, Watson i Andersona-Darlinga były równe zero z dokładnością do czterech miejsc po przecinku. Jedynie dla następujących spółek, wchodzących w skład indeksu sWIG80: CLNPHARMA i Stelmet oscylowały one w zakresie od 0,0001 do 0,001, co wynikało głównie z krótkiego okresu notowania tych firm na GPW w Warszawie (data pierwszego notowania tych spółek to odpowiednio: 01.12.2016 i 25.10.2016 r.).

Weryfikacja hipotezy o normalności rozkładu stóp zwrotu w poszczególnych latach dla wybranych spółek z WIGu20

W czasie przeprowadzania testów statystycznych okazywało się, że zawężenie okresu analizy prowadziło do uzyskiwania wyższych wartości parametru p , co było równoznaczne w wielu przypadkach z brakiem konieczności odrzucania hipotezy zerowej. W związku z powyższym przeprowadzone zostało badanie normalności rozkładu stóp zwrotu w poszczególnych latach (2001-2016) dla trzech spółek z indeksu WIG20: Pekao S.A., PKN Orlen i KGHM (spółki te należą do pierwszej piątki spółek o największej kapitalizacji na GPW). Wyniki przedstawiono w tabelach 1-3. Skrótów w tabelach oznaczają rodzaj zastosowanego testu: J-B (Jarque-Bera), L (Lilliefors), CVM (Cramer von Mises), W (Watson), A-D (Anderson-Darling). W przypadku testu Lillieforsa wartość 0,1 oznacza wartość większą niż 0,1 (co w programie Eviews sygnalizowane jest jako $>0,1$).

Czcionką pogrubioną zaznaczone zostały przypadki, dla których $p > 0,05$. Analiza otrzymanych wyników pozwala na wyciągnięcie wniosku, że w poszczególnych latach nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej (np. dla KGHM: rok 2005, 2009 i 2010 w układzie C-C) lub też hipoteza ta została odrzucona na rzecz hipotezy alternatywnej (np. PKN Orlen: rok 2004, układ C-C). O ile w przypadku stóp zwrotu C-C, O-O, O-C można wskazać wiele lat, kiedy nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, o tyle w przypadku stóp zwrotu *overnight*, takich sytuacji nie ma, pomijając dla spółki PKN Orlen trzy przypadki parametru p o wartości wyższej niż 0,05 uzyskane przy zastosowaniu testu Jarque-Bera dla 2001, 2003 i 2009 r., jednak wykorzystanie innych testów statystycznych, tj. Lillieforsa, Cramera von Misesa, Andersona-Darlinga prowadziło do odrzucenia hipotezy zerowej na rzecz hipotezy alternatywnej.

Podsumowanie uzyskanych wyników zostało zamieszczone w tabeli 4, a czcionką pogrubioną zaznaczone zostały przypadki, kiedy to nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej przy użyciu co najmniej dwu różnych testów. Rozkład stóp zwrotu w poszczególnych latach, najbardziej zbliżony do rozkładu normalnego był udziałem PKN Orlen, przed Pekao S.A. i KGHM. W przypadku wszystkich trzech spółek, w żadnym z analizowanych lat, rozkład stóp zwrotu *overnight* nie był rozkładem normalnym, za wyjątkiem przypadku PKN Orlen omówionego wcześniej. Podobne badania mogą być przeprowadzone także dla poszczególnych fal wzrostowych i spadkowych widocznych na wykresach ww. spółek.

Tabela 1. Wyniki testów normalności rozkładów stóp zwrotu dla KGHM w latach 2001-2016

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
C-C	J-B	0,0001	0	0,03671	0	0,0751	0,0003	0	0	0,0196	0,0776	0	0	0	0,0289	0	0,0146
	L	0,0429	0,1	0,0211	0,0001	0,1	0,1	0,1	0,0007	0,1	0,1	0,0003	0,0003	0,0149	0,0096	0,0121	0,1
	CVM	0,0328	0,0746	0,0339	0	0,1234	0,0541	0,0816	0	0,1205	0,1031	0	0	0,0172	0,0006	0,0036	0,105
	W	0,0275	0,064	0,0343	0	0,1117	0,0516	0,0632	0	0,1446	0,0821	0	0	0,221	0,0003	0,0022	0,1302
	A-D	0,0334	0,045	0,044	0	0,1191	0,0651	0,0398	0	0,0858	0,1303	0	0	0,0033	0,0004	0,0009	0,0672
O-O	J-B	0,0512	0	0	0,0091	0,5751	0	0	0	0,0039	0	0	0	0,0011	0	0	0
	L	0,1	0,0217	0,0001	0,0014	0,1	0,0055	0,0549	0	0,0782	0,1	0,0004	0,0461	0,0003	0,0004	0,0035	0,0005
	CVM	0,0561	0,0038	0,0005	0,0006	0,3257	0,0002	0,0225	0	0,2293	0,1715	0	0,0002	0,0001	0,0001	0	0
	W	0,461	0,0028	0,0007	0,0003	0,2901	0,0001	0,0222	0	0,221	0,1733	0	0,0001	0,0001	0,0001	0	0
	A-D	0,036	0,0014	0,0004	0,0004	0,3688	0	0,0148	0	0,1142	0,1537	0	0	0	0,0001	0	0
O-C	J-B	0,36	0	0,1161	0,0004	0,9215	0	0,5731	0	0	0,0003	0	0,0004	0	0,0165	0	0
	L	0,1	0,0044	0,0255	0,0037	0,1	0,0176	0,1	0,0001	0,0357	0,1	0,0001	0,1	0,001	0,0105	0,0038	0,0645
	CVM	0,2693	0,0003	0,0378	0,0001	0,5286	0,0008	0,4184	0,0001	0,0418	0,0972	0	0,4145	0,0005	0,0013	0,0001	0,0707
	W	0,2723	0,0002	0,031	0	0,5286	0,0004	0,4015	0	0,0357	0,0788	0	0,3743	0,0009	0,0007	0,0006	0,0663
	A-D	0,2079	0,0003	0,048	0	0,6413	0,0006	0,2285	0	0,0196	0,0417	0	0,287	0,0004	0,0001	0,0007	0,0076
Overnight	J-B	0	0	0,0095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0,0007	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	0,0006	0	0	0,0001	0	0	0
	CVM	0,0003	0	0,0001	0	0	0	0	0	0,0094	0,0017	0	0	0	0	0	0
	W	0,0002	0	0,0001	0	0	0	0	0	0,0068	0,0009	0	0	0	0	0	0
A-D	0,0001	0	0,0002	0	0	0	0	0	0,0065	0,0021	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2. Wyniki testów normalności rozkładów stóp zwrotu dla Pekao S.A. w latach 2001-2016

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
C-C	J-B	0,0024	0,0214	0,3849	0	0,0529	0,0005	0	0,3625	0	0,2832	0	0,045	0	0,0192	0,251	0,0431
	L	0,0738	0,1	0,1	0	0,0003	0,1	0,1	0,1	0,0185	0,1	0,0111	0,0839	0,1	0,1	0,1	0,0621
	CVM	0,1312	0,0551	0,4418	0	0,025	0,4474	0,4996	0,4253	0,0014	0,4559	0,0006	0,0421	0,1612	0,6061	0,7573	0,1303
	W	0,1387	0,0474	0,4098	0	0,0255	0,5214	0,4848	0,4213	0,0012	0,4915	0,0003	0,0317	0,2145	0,599	0,7186	0,1428
	A-D	0,0736	0,0806	0,37	0	0,0429	0,5152	0,3726	0,36	0,0002	0,5919	0,0001	0,0592	0,1056	0,5509	0,5854	0,1547
O-O	J-B	0,0774	0	0	0,0152	0,6789	0,6128	0,6598	0	0	0,0528	0	0,3151	0	0,6781	0,0002	0
	L	0,0054	0,0484	0,0067	0,0118	0,0019	0,1	0,1	0,0058	0,0628	0,1	0,0001	0,1	0,0019	0,1	0,038	0
	CVM	0,007	0,0068	0,0009	0,0256	0,0399	0,2314	0,8654	0,0007	0,0018	0,0453	0	0,182	0,0007	0,4762	0,1048	0
	W	0,0041	0,0039	0,0004	0,0194	0,0303	0,1996	0,8471	0,0003	0,0013	0,0333	0	0,2137	0,0006	0,4468	0,1976	0
	A-D	0,0087	0,005	0,0003	0,0245	0,0557	0,3361	0,8278	0,0004	0,0014	0,0572	0	0,1853	0,0003	0,5247	0,0528	0
O-C	J-B	0,0223	0	0	0	0,8641	0	0,559	0	0	0,8148	0	0,1313	0,1986	0,9285	0,07	0
	L	0,0083	0,0636	0,0116	0	0	0,0168	0,1	0,0122	0,0501	0,1	0	0,0725	0,0518	0,1	0,1	0
	CVM	0,0118	0,0312	0,0045	0	0,0164	0,0577	0,7381	0,0036	0,0022	0,8026	0	0,0949	0,0168	0,8273	0,4197	0
	W	0,0091	0,0231	0,0027	0	0,0119	0,065	0,7058	0,0029	0,0017	0,8096	0	0,106	0,012	0,8054	0,5098	0
	A-D	0,0121	0,0284	0,0016	0	0,0485	0,0964	0,5917	0,0021	0,0009	0,8088	0	0,1083	0,0217	0,9366	0,2962	0
Overnight	J-B	0	0	0	0	0	0,0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0,0011	0	0	0	0	0,0009	0,0062	0	0,0306	0,0007	0,0003	0,0003	0	0	0	0
	CVM	0	0	0	0	0	0,0014	0,0045	0	0,0145	0,0064	0	0,0026	0	0	0	0
	W	0,0001	0	0	0	0	0,01	0,0025	0	0,0103	0,0052	0	0,0014	0	0	0	0
	A-D	0	0	0	0	0	0,0132	0,0011	0	0,0045	0,0009	0	0,0027	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3. Wyniki testów normalności rozkładów stóp zwrotu dla PKN Orlen w latach 2001-2016

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
C-C	J-B	0,054	0	0,0379	0,0305	0,6809	0	0,3235	0	0,0004	0,4511	0	0,0017	0,1178	0	0,8892	0,0011
	L	0,1	0,0068	0,1	0,0141	0,1	0,1	0,0266	0,1	0,1	0,0424	0,0082	0,1	0,029	0,0502	0,1	0,1
	CVM	0,2218	0,0073	0,1946	0,0057	0,4406	0,1257	0,0462	0,1145	0,5973	0,0386	0,0002	0,6745	0,0243	0,0344	0,5472	0,2434
	W	0,2114	0,0074	0,2423	0,0039	0,4482	0,1033	0,0563	0,0959	0,6318	0,0285	0,0001	0,7036	0,0168	0,024	0,5173	0,276
	A-D	0,1571	0,0019	0,1172	0,0063	0,4457	0,092	0,0622	0,9039	0,5637	0,0569	0	0,4508	0,0106	0,0174	0,617	0,21
O-O	J-B	0,0022	0	0,351	0,2688	0,1974	0,2827	0,2617	0	0,1075	0,0722	0	0,0043	0,5579	0,8551	0,8705	0
	L	0,0002	0,0087	0,0421	0,0031	0,0008	0,1	0,1	0,0068	0,0246	0,1	0,0752	0,0298	0,1	0,1	0,1	0
	CVM	0,0007	0,0008	0,2216	0,0172	0,0084	0,8539	0,5425	0,0001	0,0896	0,3921	0,0016	0,0331	0,6255	0,8313	0,4751	0
	W	0,0003	0,0005	0,2145	0,0155	0,0083	8437	0,5464	0	0,0769	0,3539	0,0008	0,0245	0,5703	0,8029	0,467	0
	A-D	0,0009	0,0001	0,191	0,0314	0,0186	0,8706	0,4034	0	0,121	0,3658	0,0001	0,0299	0,5341	0,8339	0,6046	0
O-C	J-B	0,0007	0,0002	0,0836	0,0346	0,1799	0,0037	0,128	0	0,0013	0,0265	0	0,0019	0,0029	0,2778	0,8811	0
	L	0,0009	0,0002	0,0049	0,0004	0,0387	0,1	0,0219	0,0072	0,1	0,1	0,0354	0,0274	0,0047	0,1	0,0721	0,0001
	CVM	0,0039	0,0013	0,1141	0,0021	0,1831	0,0619	0,0239	0,0024	0,5558	0,1733	0,0001	0,0463	0,0973	0,1722	0,205	0
	W	0,0003	0,0008	0,1514	0,0014	0,1744	0,0621	0,0275	0,0023	0,511	0,1463	0,0005	0,0036	0,0927	0,1801	0,1861	0
	A-D	0,0055	0,0005	0,104	0,0028	0,2652	0,0388	0,0413	0,0007	0,528	0,1863	0,0003	0,0358	0,0766	0,2009	0,3252	0
Overnight	J-B	0,3247	0	0,1028	0	0	0	0	0	0,0845	0,0006	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0297	0,0008	0	0	0,0005	0	0	0
	CVM	0,0003	0	0,0006	0	0	0	0,0001	0	0,0282	0,0012	0	0	0,0013	0	0	0
	W	0,0001	0	0,0003	0	0	0	0	0	0,0219	0,0006	0	0	0,0006	0	0	0
	A-D	0,0008	0	0,0012	0	0	0	0,0001	0	0,0331	0,0007	0	0	0,0014	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4. Liczba rodzajów testów, dla których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej

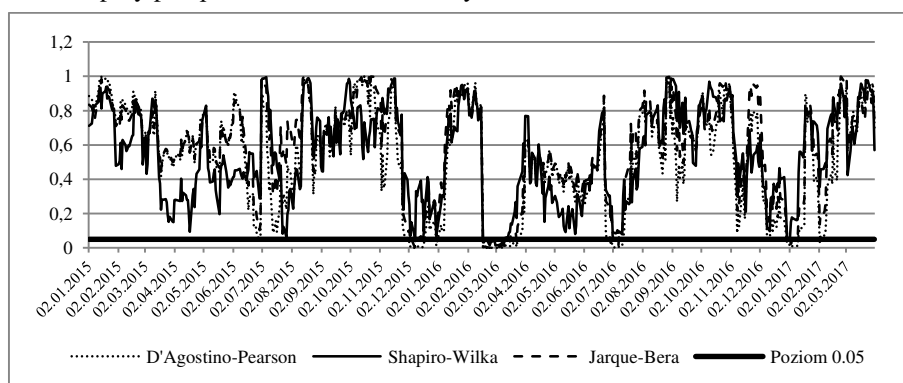
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
KGHM	C-C	0	3	0	0	5	4	3	0	4	5	0	0	0	0	0	4
	O-O	4	0	0	0	5	0	1	0	4	4	0	0	0	0	0	0
	O-C	5	0	1	0	5	0	5	0	0	3	0	4	0	0	0	3
	Overnight	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pekao	C-C	3	5	0	1	4	4	5	0	5	0	2	4	4	5	4	0
	O-O	0	0	0	2	5	5	0	1	3	0	5	0	5	3	0	0
	O-C	1	0	0	1	3	5	0	1	5	0	5	2	5	5	0	0
	Overnight	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PKN Orlen	C-C	5	0	4	0	5	4	3	4	4	2	0	4	1	1	5	4
	O-O	0	0	4	1	1	5	5	0	4	5	1	0	5	5	5	0
	O-C	0	0	4	0	4	3	1	0	4	4	0	0	3	5	5	0
	Overnight	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

Testowanie hipotez statystycznych dla $K=30$, $K=100$ i $K=252$ sesje oraz związane z tym badaniem statystyki

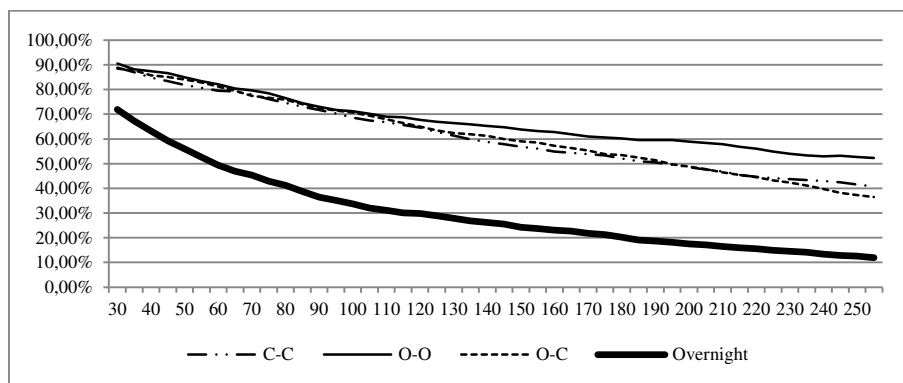
Z wykorzystaniem testów: Jarque-Bera, Shapiro-Wilka i D'Agostino-Pearsona zostały przeprowadzone testy dla wszystkich komponentów indeksów WIG20, mWIG40 i sWIG80 dla $K=30$, 100 i 252 sesji. Dobór $K=30$ wynika z faktu, że przy liczebności próby ok. 30 elementów przyjmuje się, że rozkład t-Studenta jest zbliżony do rozkładu normalnego. Z kolei $K=252$ odpowiada w przybliżeniu liczbie sesji w ciągu roku, zaś $K=100$ jest wielkością pośrednią między $K=30$ i $K=100$ i odpowiada liczbie sesji w ciągu ok. 4 miesięcy (przy założeniu 25 sesji w ciągu miesiąca). Ponadto w analizie technicznej średnia o długości 100 sesji traktowana jest jako średnia średnioterminowa. Otrzymane wyniki dla komponentów indeksu WIG20 zostały zamieszczone w tabeli 5, a dla spółki PKN Orlen zamieszczone zostały na rysunku 2 i 3.

Rysunek 2. Wartość parametru p dla spółki PKN Orlen w okresie 02,01,2015 – 31,03,2017 przy przeprowadzaniu trzech różnych testów i $K=30$



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 3. Odsetek przypadków, przy których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej dla stóp zwrotu cen akcji PKN Orlen i testu Jarque-Bera, w zależności od K (zmiana K co 5 jednostek)



Źródło: opracowanie własne

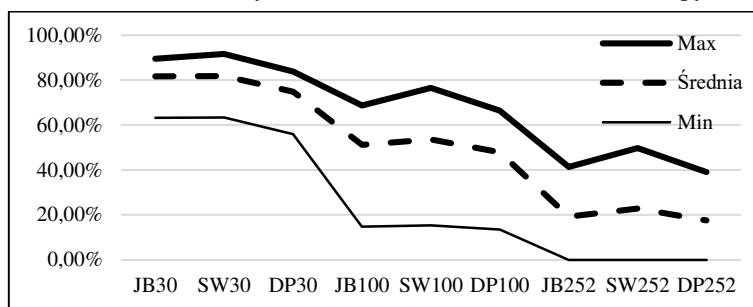
Zwiększanie próby stóp zwrotu w ujęciu *overnight* najszybciej prowadzi do spadku odsetka przypadków, dla których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Fakt ten jest zgodny z oczekiwaniami, bowiem jedynie w niewielu przypadkach mają miejsce istotne zdarzenia z otoczenia spółki, zachodzące w czasie kiedy rynek jest zamknięty, powodujące istotne odchylenia ceny otwarcia w stosunku do ostatniej ceny zamknięcia. Znaczny odsetek stóp zwrotu jest w tym przypadku bliski zera. W przypadku stóp zwrotu C-C, O-O oraz O-C, wymagane jest już znacznie poszerzenie horyzontu obserwacji, aby spadł odsetek przypadków, przy których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej. Wykresy analogiczne do rysunku 2 zostały sporządzone także dla innych firm, a na podstawie obserwacji ich przebiegu można wyciągnąć wniosek, że przy rozszerzaniu horyzontu obserwacji, odsetek przypadków, dla których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej jest zbliżony dla stóp zwrotu C-C, O-O i O-C, a zarazem wyższy niż dla stóp zwrotu *Overnight*.

Następnie dla każdej kolumny z tabeli 5 obliczona została: wartość średnia, maksymalna i minimalna. Analogiczne kalkulacje przeprowadzone zostały dla komponentów indeksów mWIG40 i sWIG80. Wyniki dla indeksu WIG20 zamieszczone zostały na rysunkach 4-7 dla wszystkich kalkulowanych stóp procentowych, tj. C-C, O-O, O-C i *Overnight*. Z uwagi na podobieństwo otrzymanych wyników dla indeksów mWIG40 i sWIG80 do rezultatów badań dla indeksu WIG20, dla indeksów mWIG40 i sWIG80 na rysunkach 8 i 9 ukazane zostały wyniki jedynie dla stóp zwrotu C-C.

Na rysunkach 4-13 przyjęto następujące oznaczenie dla wielkości znajdujących się na osi poziomej: dwie pierwsze litery to skrót stosownego testu (JB – Jarque-Bera, SW – Shapiro-Wilka, DP- D'Agostiono-Perasona), zaś

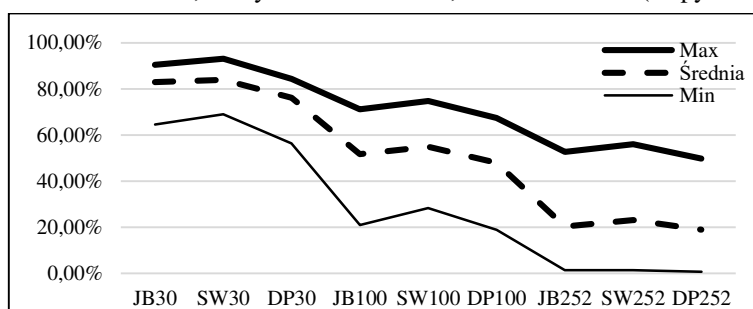
znajdująca się po nich liczba oznacza K (K=30, 100 lub 252). Tak więc skrót np.: JB30 to test Jarque-Bera o K=30 sesji.

Rysunek 4. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu WIG20, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu C-C)



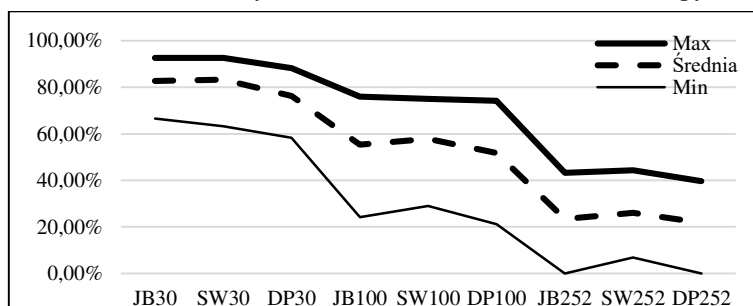
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 5. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu WIG20, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu O-O)



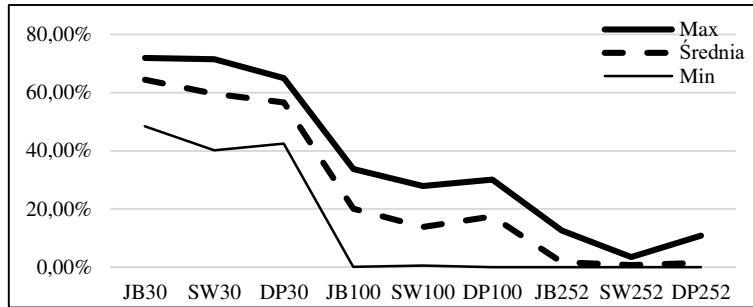
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 6. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu WIG20, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu O-C)



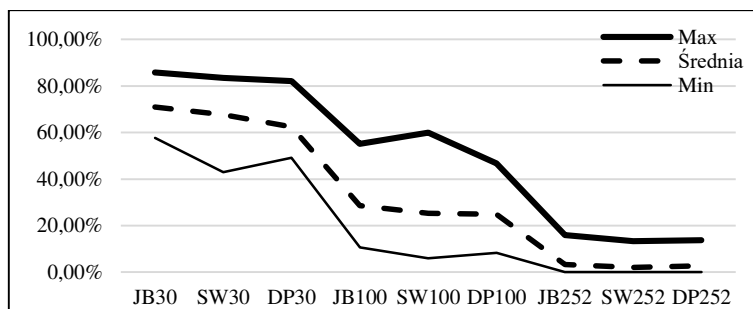
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 7. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu WIG20, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 sesje (stopy zwrotu *overnight*)



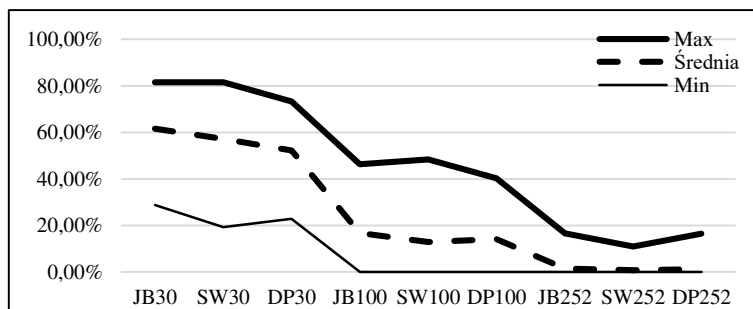
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 8. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu mWIG40, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu C-C)



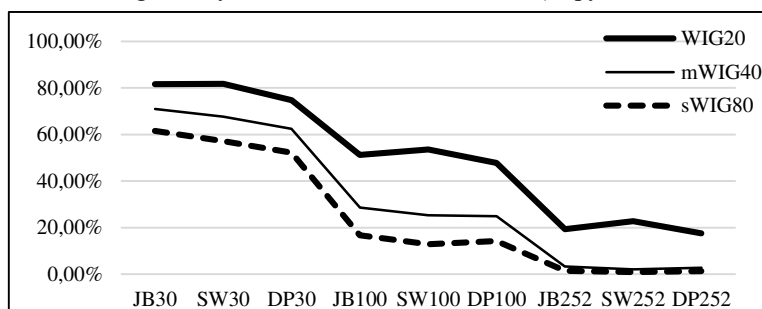
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 9. Wartość średnia, maksymalna i minimalna dla spółek wchodzących w skład indeksu sWIG80, różnych testów i K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu C-C)



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 10. Porównanie wartości średnich dla spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych dla $K=30$, $K=100$ i $K=252$ (stopy zwrotu C-C)

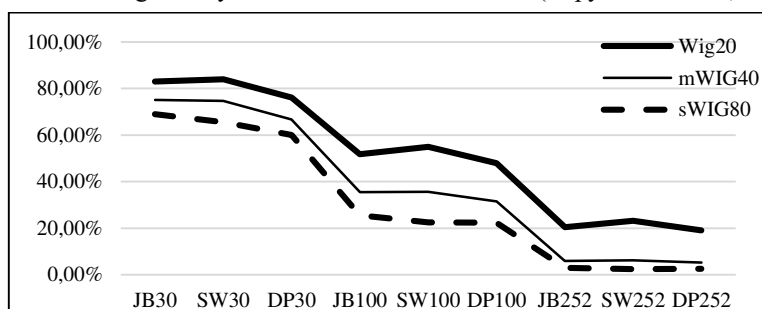


Źródło: opracowanie własne

W przypadku wszystkich analizowanych spółek wydłużenie horyzontu czasowego prowadziło do spadku wartości: średniej, maksymalnej i minimalnej. Fakt ten dowodzi tezy, że rozkład stóp zwrotu spółek notowanych na GPW i wchodzących w skład indeksów WIG20, mWIG40 i sWIG80 jest w krótkich interwałach czasowych rozkładem normalnym, zaś w dłuższych - odbiega od normalnego.

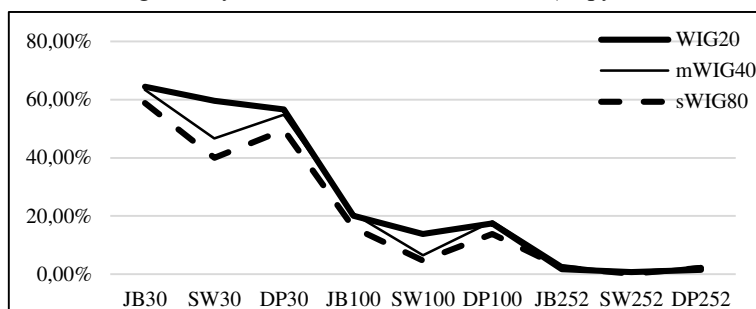
Na rysunkach 10-13 zamieszczone zostało porównanie wartości średnich dla spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych. Dla stóp zwrotu C-C i O-O największa wartość średniej została odnotowana w przypadku komponentów indeksu WIG20, wyprzedzając średnie obliczone dla indeksów mWIG40 i sWIG80, Wartości tych średnich malały wraz ze wzrostem liczby sesji, tj. od $K=30$ poprzez $K=100$ aż po $K=252$. Ponadto różnica między średnimi utrzymywała się na podobnym poziomie, poza przypadkiem kiedy przynajmniej jedna z nich osiągnęła wartość zero. Dla stóp zwrotu O-C i *overnight* wartość średniej była również najwyższa dla spółek z indeksu WIG20, przed komponentami z indeksów mWIG40 i sWIG80, jednak różnice między tymi średnimi wyraźnie zmniejszały się wraz ze wzrostem K od 30, poprzez 100 aż do 252 sesji.

Rysunek 11. Porównanie wartości średnich dla spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych dla $K=30$, $K=100$ i $K=252$ (stopy zwrotu O-O)



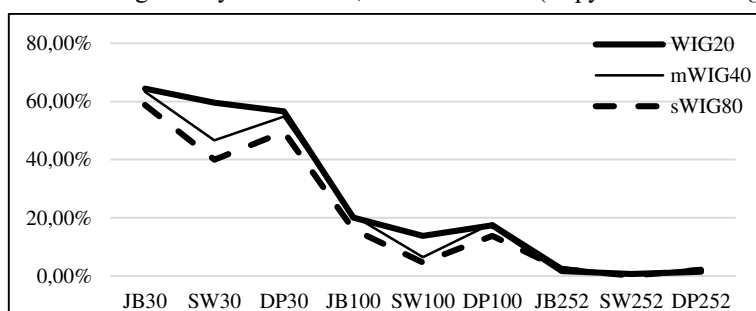
Źródło: opracowanie własne

Rysunek 12. Porównanie wartości średnich dla spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych dla K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu O-C)



Źródło: opracowanie własne

Rysunek 13. Porównanie wartości średnich dla spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych dla K=30, K=100 i K=252 (stopy zwrotu overnight)



Źródło: opracowanie własne

Tabela 5. Odsetek przypadków, przy których nie było podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej dla K=30, K=100 i K=252 sesje

		Altor	Asseccopol	BZWBK	CCC	Cyfrowy Polsat	Energia	Eurocash	JSW	KGHM	Lotos	LPP	mBank	Orange	Pekao S.A.	PGE	PGNiG	PKN Orlen	PKO BP	PZU	Tauron	
30 sesji	JB	C-C	81	81	82	76	86	63	73	71	90	87	71	83	80	88	89	84	89	89	82	86
		O-O	85	84	82	82	90	65	79	75	85	86	75	89	83	89	87	86	90	86	82	85
		O-C	91	80	82	80	87	68	72	73	87	86	66	83	83	93	91	85	88	89	87	87
	SW	OV	60	70	72	65	68	48	58	52	69	64	62	71	68	69	69	67	72	71	52	64
		C-C	78	81	80	70	87	63	71	73	88	85	70	84	82	90	90	85	91	92	85	87
		O-O	84	86	83	83	93	69	79	75	86	86	76	87	85	89	89	85	91	87	84	84
	DP	O-C	87	83	81	77	91	72	72	73	89	85	63	85	84	93	92	86	92	91	88	86
		OV	49	68	66	50	66	40	48	51	69	61	52	66	66	69	65	64	68	71	49	50
		C-C	73	73	76	67	77	56	65	63	83	81	61	74	74	84	83	76	84	84	77	82
	DP	O-O	79	76	75	74	82	56	68	65	79	81	67	82	77	84	81	80	84	80	76	79
		O-C	83	72	75	72	81	60	64	64	81	81	58	74	77	88	87	78	83	83	83	81
		OV	51	62	63	56	60	43	49	44	60	55	52	63	62	63	61	58	64	65	44	58

		Alior	AssecoPol	BZWBK	CCC	Cyfrowy Polsat	Energia	Eurocash	JSW	KGHM	Lotos	LPP	mBank	Orange	Pekao S.A.	PGE	PGNiG	PKN Orlen	PKO BP	PZU	Tauron		
100 sesji	JB	C-C	50	45	64	38	59	15	29	33	60	60	26	51	48	68	65	56	69	61	53	67	
		O-O	58	51	61	41	65	21	37	38	52	67	31	53	57	66	56	62	71	58	44	52	
		O-C	72	45	66	41	56	24	32	35	65	64	31	47	58	68	76	62	71	66	63	69	
		OV	16	24	30	19	24	0	11	7	27	14	15	25	23	25	22	19	34	30	13	25	
	SW	C-C	53	45	63	32	63	15	26	33	65	67	23	55	51	74	68	56	77	69	59	69	
		O-O	58	57	61	48	74	28	38	39	56	69	33	57	58	74	61	57	75	59	45	58	
		O-C	67	50	65	45	60	31	30	34	69	65	29	55	63	73	75	63	75	71	68	70	
		OV	5	18	19	2	17	1	6	3	25	12	3	16	21	28	16	15	28	22	7	7	
	DP	C-C	48	42	61	35	54	13	26	30	58	57	23	46	45	65	62	50	65	58	49	66	
		O-O	53	47	56	37	61	19	33	35	48	63	29	48	55	61	52	57	67	54	39	49	
		O-C	64	39	63	38	53	21	29	34	62	62	28	42	53	64	74	55	66	62	61	65	
		OV	15	22	25	16	20	0	10	6	24	12	13	21	21	22	19	16	30	26	11	22	
252 sesje	JB	C-C	21	5	29	13	24	0	0	12	21	28	4	7	24	40	22	16	41	25	9	30	
		O-O	29	14	22	15	31	2	8	11	8	25	11	28	25	34	17	29	53	22	1	25	
		O-C	17	9	34	8	14	0	3	12	25	28	10	18	28	43	38	35	37	32	26	29	
		OV	4	2	1	4	0	0	0	0	1	0	0	4	3	1	0	1	13	2	0	1	
	SW	C-C	20	3	30	14	34	0	1	15	25	36	5	12	28	50	18	20	47	26	18	31	
		O-O	39	20	28	13	41	3	11	16	12	29	12	31	25	41	18	21	56	32	1	25	
		O-C	19	10	33	10	20	11	7	13	27	33	8	23	31	41	32	38	44	37	28	32	
		OV	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	0	3	2	0	0	
	DP	C-C	18	4	27	11	19	0	0	10	18	25	3	5	23	39	20	15	39	23	9	30	
		O-O	25	13	19	14	31	1	7	11	7	22	10	26	23	32	16	26	50	20	1	25	
		O-C	16	8	32	7	12	0	3	11	23	27	10	17	25	40	35	34	34	30	25	27	
		OV	3	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	4	3	1	0	0	11	2	0	1	

Źródło: opracowanie własne

W tabelach 6, 7 i 8 zaprezentowany został ranking spółek wchodzących w skład indeksów WIG20, WIG40 i sWIG80 ze względu na bliskość rozkładu stóp zwrotu tych spółek do rozkładu normalnego. I tak, spośród spółek zaliczanych do indeksu WIG20, dla $K=30$ sesji i stóp zwrotu C-C, na pierwszym miejscu uplasowały się akcje PKO BP, przed PKN Orlen i Pekao S.A. Na ostatnim miejscu znalazły się akcje Energii. W przypadku komponentów indeksu mWIG40, dla $K=30$ i stóp zwrotu C-C na pierwszych trzech miejscach sklasyfikowane zostały spółki: Wawel, Amica i GTC, a na ostatnim – Medicalgorithmics. Z kolei, w gronie spółek zaliczonych do indeksu sWIG80, trzy pierwsze pozycje ex aequo zajęły: Agora, Astarta i J.W. Construction, kiedy na ostatnim miejscu znalazły się akcje Bionu.

Jeśli chodzi o ranking globalny, utworzony na podstawie 12 rankingów cząstkowych, w przypadku poszczególnych indeksów na pierwszych miejscach uplasowały się następujące spółki:

- WIG20: PKN Orlen, Pekao S.A, i PKO BP,
- mWIG40: GTC, Orbis i Bank Handlowy,
- sWIG80: Agora, J.W. Construction i Dębica.

W kwestii indeksu WIG20, pewnym zaskoczeniem może być ostatnia pozycja spółki Energia zwłaszcza, że jest ona notowana na parkiecie GPW od 11.12.2013 roku. Podobne spostrzeżenie można poczynić w przypadku JSW (06.07.2011) czy PZU (12.05.2010), które uplasowały się odpowiednio na 17 i 15 pozycji, Na dalekich pozycjach w rankingu globalnym wśród spółek wchodzących

w skład indeksu mWIG40 sklasyfikowane zostały akcje takich firm jak: GPW (38 pozycja) i Medicalgorithmics (39 pozycja), podczas gdy akcje obu firm kwotowane są na GPW w Warszawie od odpowiednio: 09.11.2010 i 09.11.2011 r. Tymczasem spółki, dla których notowania uwzględnione w badaniu, rozpoczynają się w dniu wprowadzenia systemu WARSET, jak np. Bank Handlowy i Orbis uplasowały się w ścisłej czołówce, tj. na 2 i 3 miejscu. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku komponentów indeksu sWIG80: spółki o dłuższej historii notowań na GPW jak np. Agora, Dębica i Elbudowa, znalazły się na czołowych miejscach globalnego rankingu (1, 3 i 4), podczas gdy firmy, których akcje notowane są w krótkim horyzoncie czasowym: Atal (23.07.2015), Praire (15.09.2015) i Stelmet (25.10.2016) uplasowały się na końcowych pozycjach rankingu (80, 77 i 79). Tego typu wyniki świadczą o tym, że miejsce w rankingu globalnym (a pośrednio w 12 rankingach dla K=30, 100 i 252 sesje oraz różnych stóp zwrotu) nie zależy od daty początkowej notowań akcji spółki na GPW, ale od rozkładu jej stóp zwrotu.

Tabela 6. Ranking spółek wchodzących w skład indeksu WIG20 ze względu na podobieństwo rozkładu stóp zwrotu do rozkładu normalnego

Nazwa spółki	Data pierwszej sesji	30 sesji				100 sesji				252 sesje				Ranking globalny
		C-C	O-O	O-C	O-V	C-C	O-O	O-C	O-V	C-C	O-O	O-C	O-V	
Alior	14.12.2012	15	13	5	16	13	9	5	15	11	4	13	8	13
Assecopol	17.10.2000	15	11	15	6	15	14	15	6	17	13	17	5	14
BZWBK	17.10.2000	12	15	14	4	6	5	8	4	5	11	5	11	6
CCC	02.12.2004	16	16	16	13	16	16	16	13	13	14	18	9	16
Cyfrowy Polsat	06.05.2008	7	2	8	9	9	4	13	9	7	3	14	20	7
Energa	11.12.2013	20	20	19	20	20	20	20	20	20	19	19	20	20
Eurocash	04.02.2005	17	17	18	18	18	18	18	18	19	18	20	20	19
JSW	06.07.2011	18	19	17	17	17	17	17	19	15	15	15	20	17
KGHM	17.10.2000	4	9	7	7	8	13	7	4	9	17	11	10	8
Lotos	09.06.2005	8	7	10	12	7	2	9	15	4	8	7	20	10
LPP	16.05.2001	19	18	20	15	19	19	20	17	18	16	16	20	18
mBank	17.10.2000	11	4	13	5	12	12	14	8	16	5	12	2	11
Orange	17.10.2000	13	13	13	9	14	10	12	7	8	10	9	3	12
Pekao S.A.	17.10.2000	3	3	1	3	2	3	4	5	2	2	1	6	2
PGE	06.11.2009	5	5	2	10	4	9	1	11	10	12	4	20	5
PGNiG	23.09.2005	10	8	11	11	10	6	11	12	12	6	3	8	9
PKN Orlen	17.10.2000	2	1	3	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1
PKO BP	10.11.2004	1	7	4	1	5	7	6	2	7	9	6	4	3
PZU	12.05.2010	10	14	7	19	11	15	10	17	15	20	10	20	15
Tauron	30.06.2010	6	11	9		3	11	3	10	3	7	8	12	4

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7. Ranking spółek wchodzących w skład indeksu mWIG40 ze względu na podobieństwo rozkładu stóp zwrotu do rozkładu normalnego

Nazwa spółki	Data pierwszej sesji	30 sesji				100 sesji				252 sesje				Ranking globalny
		C-C	O-O	O-C	O-V	C-C	O-O	O-C	O-V	C-C	O-O	O-C	O-V	
Alumetal	2014-07-17	7	37	7	35	5	34	8	36	28	40	32	40	30
Amica	2000-10-17	2	33	11	5	9	35	21	4	40	36	14	2	13
AMRest	2005-04-27	36	19	35	13	39	14	31	25	40	28	25	40	33
Apator	2000-10-17	37	25	34	27	25	25	29	29	12	16	18	23	29
Benefit	2011-04-21	25	12	33	18	31	12	30	23	25	3	40	24	26
Bogdanka	2009-06-25	15	8	5	10	8	15	19	28	9	24	34	40	14
Boryszew	2000-10-17	39	39	40	26	36	38	38	16	19	16	17	9	32
Budimex	2000-10-17	13	28	23	28	12	8	10	25	5	12	9	17	7
CD Projekt	2000-10-17	39	40	38	23	40	40	40	32	29	40	40	40	40
Ciech	2005-02-10	19	7	27	14	18	16	34	26	13	22	40	16	22

Nazwa spółki	Data pierwszej sesji	30 sesji				100 sesji				252 sesje				Ranking globalny
		CC	OO	OC	OV	CC	OO	OC	OV	CC	OO	OC	OV	
Comarch	2000-10-17	24	16	12	29	25	24	16	28	11	20	11	5	15
Echo	2000-10-17	35	22	26	6	27	22	21	2	30	26	24	19	23
Emperia	2002-01-03	32	35	36	35	30	30	33	32	18	22	40	12	34
Enea	2008-11-17	12	9	11	3	11	10	19	1	40	4	11	1	5
Forte	2000-10-17	35	34	32	25	32	30	22	8	26	30	16	8	28
Getin Noble	2012-01-20	8	16	4	23	10	5	6	17	15	9	7	21	6
GPW	2010-11-09	27	24	28	36	29	39	35	35	22	40	40	40	38
Grupa Azoty	2008-06-30	6	11	8	32	14	11	9	34	15	8	5	40	8
GTC	2004-05-06	3	1	3	1	3	5	1	5	1	10	6	4	1
Handlowy	2000-10-17	6	6	3	4	4	9	5	11	2	6	4	6	3
INGBS	2014-07-17	10	13	16	20	16	17	14	30	23	24	22	40	20
Intercars	2004-05-26	16	18	14	8	19	33	28	10	24	11	30	14	17
Kernel	2007-11-23	11	29	23	30	21	19	14	19	6	34	26	40	25
Kety	2000-10-17	10	4	6	24	8	3	2	16	7	1	3	13	4
Kruk	2011-05-10	18	3	19	40	18	3	15	39	18	17	21	40	21
Medicalgorithmics	2011-11-09	40	37	39	39	34	32	36	40	32	31	29	40	39
Millennium	2000-10-17	22	14	17	17	22	23	26	14	10	14	20	25	16
Netia	2000-10-17	30	31	32	15	35	36	37	20	40	35	32	40	37
Neuca	2004-09-30	30	21	20	11	38	26	27	3	40	27	12	7	24
Orbis	2000-10-17	4	2	1	2	2	1	3	8	3	2	1	15	2
Pfleider	2000-10-17	27	5	29	19	26	6	12	21	21	8	13	18	9
PKP Cargo	2013-10-30	17	32	16	37	15	7	7	38	20	5	8	40	18
Polimex	2000-10-17	23	24	25	12	20	22	17	13	8	13	19	11	10
Robyg	2010-11-03	21	10	24	38	37	18	24	38	40	33	33	40	35
Sanok	2000-10-17	32	21	37	17	33	31	32	9	16	19	29	3	27
Stalprodukt	2000-10-17	28	26	30	9	25	28	39	18	28	40	40	21	31
Synthos	2014-07-17	15	17	9	31	13	27	11	22	4	19	16	23	10
Trakcja	2008-04-01	20	27	21	33	29	37	25	33	40	29	27	40	36
Uniwheels	2015-05-08	33	38	18	21	6	13	4	12	31	25	2	40	19
Wawel	2000-10-17	1	30	14	8	1	20	23	6	40	32	24	10	12

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8. Ranking spółek wchodzących w skład indeksu sWIG80 ze względu na podobieństwo rozkładu stóp zwrotu do rozkładu normalnego

Nazwa spółki	Data pierwszej sesji	30 sesji				100 sesji				252 sesje				Ranking globalny
		CC	OO	OC	OV	CC	OO	OC	OV	CC	OO	OC	OV	
11BIT	2010-10-28	33	58	25	54	56	60	55	71	80	25	80	80	53
ABC Data	2010-06-17	43	53	10	57	51	37	33	61	80	80	30	80	47
AB PL	2006-09-21	7	13	41	20	7	19	17	13	24	23	80	29	15
Autogaz	2011-08-11	45	15	74	70	67	23	72	54	80	46	80	80	58
Agora	2000-10-17	3	5	1	7	1	3	1	11	2	2	1	2	1
Alchemia	2000-10-17	73	70	61	36	68	69	70	63	80	80	80	80	72
Altus TFI	2014-08-20	43	36	12	64	65	53	7	80	80	80	80	80	54
Arctic	2009-10-23	24	28	22	45	60	60	63	64	80	80	80	80	55
Asbis	2007-10-30	27	28	22	25	22	16	13	25	80	19	14	33	17
Assecobs	2007-11-19	12	38	66	55	13	11	33	57	31	38	36	80	37
Assecosee	2009-10-28	56	68	77	57	43	28	76	69	80	39	80	80	63
Astarta	2006-08-17	3	9	3	5	20	49	31	28	80	80	80	80	36
Atal	2015-07-23	79	76	80	77	67	80	49	80	80	80	80	80	80
Autopartner	2016-06-06	72	72	67	28	80	75	70	80	80	80	80	80	75
Bioton	2005-03-16	80	80	74	77	8	11	5	4	27	34	36	23	35
BOS	2000-10-17	17	43	76	39	12	34	52	18	10	22	80	29	33
Braster	2012-12-20	69	72	66	41	73	73	75	65	80	80	80	80	74
Bumech	2009-01-14	33	43	46	68	41	45	46	49	80	80	36	80	52
Bytom	2000-10-17	70	66	66	31	45	62	60	2	30	80	80	23	47
Cigames	2007-11-30	48	48	44	46	65	30	50	22	80	14	80	80	45
CLNPHARMA	2016-12-01	65	75	71	45	80	28	80	7	80	80	80	80	67
Comp	2005-01-14	24	8	54	28	24	14	36	16	80	35	80	14	27
Cormay	2008-08-20	45	62	50	9	47	58	46	45	80	44	31	80	44
CPGroup	2014-03-07	78	74	78	74	73	64	57	32	80	80	80	23	68
Dębica	2000-10-17	25	16	7	13	28	14	6	15	12	11	6	4	3
Dom Development	2006-10-24	9	12	10	66	5	8	13	52	20	24	12	23	10
EkoExport	2000-10-17	65	67	37	11	62	69	65	44	80	80	80	80	61
Elbudowa	2000-10-17	9	4	31	21	10	25	19	11	8	11	16	9	4
Elemental	2012-07-12	6	25	17	5	2	7	4	48	7	8	13	80	7

Nazwa spółki	Data pierwszej sesji	30 sesji				100 sesji				252 sesje				Ranking globalny
		C-C	O-O	C-O	O-V	C-C	O-O	C-O	O-V	C-C	O-O	C-O	O-V	
Enter	2016-01-18	26	73	43	61	80	80	59	80	80	80	80	80	70
Famur	2006-08-04	29	18	8	13	19	39	17	22	10	8	8	23	5
Ferro	2010-04-14	22	2	55	39	5	1	40	24	18	43	80	80	25
Getin	2001-05-10	29	29	18	18	35	55	51	34	16	19	19	80	23
Groclin	2000-10-17	74	63	68	43	80	66	20	4	80	80	36	8	49
Idea Bank	2015-04-29	53	70	60	61	30	72	61	70	80	80	80	80	69
Impexmetal	2000-10-17	37	18	6	11	58	29	44	8	80	36	80	11	28
Izoblok	2011-12-22	71	36	74	64	34	6	23	32	80	42	80	80	49
J. W. Construction	2007-06-04	3	22	3	9	3	14	4	7	4	16	4	8	2
Kogeneracja	2000-10-17	46	45	50	61	39	39	48	26	14	31	39	6	34
Kopex	2000-10-17	43	46	29	24	28	20	17	39	20	14	17	80	22
LCCorp	2007-06-29	20	20	15	35	30	43	27	7	80	34	29	29	21
Lentex	2000-10-17	17	22	17	17	31	34	27	28	27	29	12	6	13
Livechat	2014-04-11	55	66	53	71	17	47	40	68	1	37	27	80	41
Mabion	2010-08-10	50	32	25	7	60	22	10	9	80	4	26	80	24
Mangata	2005-03-04	31	31	47	53	33	35	17	57	17	46	15	29	26
MCI	2001-02-01	19	19	6	16	16	44	13	22	29	31	19	23	12
Mennica	2000-10-17	14	11	37	23	16	16	29	18	80	41	36	33	19
MNLPGroup	2013-10-28	78	79	80	79	65	71	80	48	80	80	80	80	78
Monnari	2006-12-20	57	58	41	28	62	71	67	38	80	80	80	80	62
Mostostal Zabrze	2000-10-17	43	43	22	31	21	51	23	30	15	32	23	4	18
Newag	2007-06-29	52	43	41	61	49	65	71	61	80	80	80	80	66
Opono	2007-09-12	19	8	22	15	54	37	41	41	80	9	25	80	32
PBG	2004-07-02	38	23	12	20	39	31	25	22	3	5	3	35	11
PCC Rokita	2014-06-25	63	62	27	78	52	41	4	80	80	80	39	80	55
PCM	2014-04-16	68	53	59	72	58	52	66	80	80	80	80	80	71
Pelion	2000-10-17	4	6	6	41	6	4	9	61	7	3	8	80	9
PEP	2005-05-13	60	43	38	50	56	47	28	54	80	80	9	23	42
PHN	2013-02-13	12	33	27	67	49	17	19	55	80	41	80	80	40
Police	2005-07-14	39	50	53	32	43	49	57	58	12	17	22	80	39
Polnord	2000-10-17	22	24	43	1	24	41	42	14	80	27	28	13	20
Polwax	2014-10-06	61	49	50	69	80	75	68	66	80	80	80	80	73
Praire	2015-09-15	76	77	76	80	73	80	80	35	80	80	80	80	77
Quercus	2008-09-11	10	30	37	39	37	18	43	33	80	8	6	80	29
Rafako	2000-10-17	48	51	33	14	37	58	40	37	22	27	21	35	30
Rainbow	2007-10-09	14	15	28	22	25	26	23	51	5	29	21	33	14
RankProgress	2010-07-08	37	38	34	31	45	50	35	51	80	14	80	10	38
Selvita	2008-04-18	50	3	57	3	19	2	40	2	27	2	12	1	6
Snieżka	2003-12-31	30	10	66	50	14	5	55	41	29	20	24	80	31
Stalexport	2000-10-17	55	62	56	52	69	58	63	30	80	80	80	23	59
Stelmet	2016-10-25	76	79	70	64	80	80	74	63	80	80	80	80	79
TIM	2000-10-17	63	36	58	35	46	54	59	44	23	80	80	29	45
Torpol	2014-09-05	60	26	13	73	70	67	48	80	80	80	80	80	65
Ursus	2007-12-27	68	58	45	51	50	64	65	42	80	80	80	33	60
Vistula	2000-10-17	34	47	23	35	10	22	25	13	21	22	39	23	16
Wielton	2007-11-28	15	44	14	3	28	25	9	48	14	16	2	13	8
Wirtualna Polska	2015-05-07	35	1	31	75	33	9	55	80	80	80	80	80	51
Workservice	2012-04-26	60	58	53	66	54	42	35	68	80	80	80	80	64
XTB	2016-05-17	68	54	66	47	80	80	80	80	80	80	80	80	76
ZEPAK	2012-10-30	5	64	33	50	12	34	30	36	80	80	80	80	43
ZPUE	2000-10-17	52	59	70	43	41	62	73	24	80	80	80	29	57

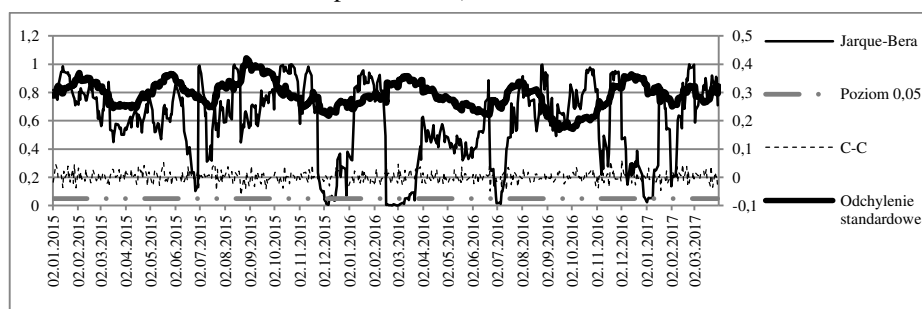
Źródło: opracowanie własne

ZAKOŃCZENIE

Część przeprowadzonych w artykule obliczeń jednoznacznie dowodzi tezy, że rozkład stóp zwrotu cen akcji notowanych na GPW w Warszawie nie jest rozkładem normalnym, potwierdzając tym samym wyniki uzyskane przez innych badaczy [Bołt, Miłobędzki 1994], [Rokita 2000], [Osińska 2006], [Witkowska, Kompa 2007]. Uwaga ta dotyczy stóp zwrotu w ujęciu C-C, W artykule wykazano także, że rozkład stóp zwrotu w innych trzech ujęciach O-O, C-O i *Overnight* nie jest rozkładem normalnym dla stop zwrotu cen akcji – komponentów indeksów:

WIG20, mWIG40 i sWIG80. Ponadto udowodniona została teza, że rozkład stóp zwrotu może być rozkładem normalnym jedynie w określonych interwałach czasowych – uzyskane rezultaty pokrywają się w części z wynikami pracy Piasecki i Tomasik [Piasecki, Tomasik 2013], którzy wykazali normalność rozkładu stóp zwrotu w określonych falach wzrostowych i spadkowych cen akcji na GPW w Warszawie.

Rysunek 14. Zachowanie parametru p dla spółki PKN Orlen, $K=30$, test Jarque-Bera, stopa zwrotu C-C oraz zannualizowane odchylenie standardowe stóp zwrotu (wartości parametru p i poziom 0,05 – lewa skala, stopa zwrotu C-C i odchylenie standardowe - prawa skala)



Źródło: opracowanie własne

Z wykorzystaniem parametru p stworzony został również ranking spółek wchodzących w skład poszczególnych indeksów giełdowych, ze względu na możliwość przybliżenia rozkładu ich stóp zwrotu rozkładem normalnym w horyzoncie $K=30$, $K=100$ i $K=252$ sesje. W wyniku czego otrzymano wniosek, że pozycja spółki w rankingu nie jest zależna do daty jej debiutu giełdowego, a tym samym liczby możliwych do obliczenia dla niej stóp zwrotu, ale od rozkładu tychże stóp zwrotu.

Analiza wyników otrzymanych dla $K=30$ sesji pozwala wyciągnąć wniosek, że w przypadku tak krótkich interwałów czasowych, gwałtowna zmiana ceny prowadzi do silnego spadku wartości parametru p . Proces ten został zilustrowany na rysunku 14, na którym zamieszczono: zmiany ceny akcji PKN Orlen w ujęciu C-C, parametr p i zannualizowane odchylenie standardowe stóp zwrotu. I tak np. w okresie małej zmienności cen w czerwcu 2016 r., zwyżka ceny w dniu 23 (sesja poprzedzająca referendum w Wielkiej Brytanii dotyczące wyjścia tego kraju z UE) doprowadziła do spadku wartości parametru p poniżej 0,05 (0,0401). Wyjaśnienie spadku wartości parametru p poniżej 0,05 dla $K=100$ i $K=252$ sesje jest zagadnieniem bardziej złożonym i wymaga dalszych badań. Podobne badania powinny być prowadzone również dla aktywów na rynku surowców (*commodities*) i FX.

BIBLIOGRAFIA

- Bachelier L. (1900) Theorie de la speculation. *Annales de l'Ecole Normal Superieure*, XVII (3), 21-86.
- Barunik J., Vacha I., Vosvrda M. (2010) The Behavior of Central European Stock Markets During the Financial Crisis. *Czech Economic Review*, 3, 281-294.
- Bolt T., Miłobędzki P. (1994) The Warsaw Stock Exchange in the Period 1991-1993. *Quantitative Problems of Return, Economics of Planning*, 27, 211-226.
- Fiszeder P. (2000) Statystyczne i dynamiczne własności stóp zwrotu na przykładzie światowych indeksów giełdowych. *Nasz Rynek Kapitałowy*, 109, 187-197.
- Ghahfarokhi M., Ghahfarokhi P. (2009) Applications of Stable Distributions in Time Series Analysis, Computer Sciences and Financial Markets. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 3 (49), 132-136.
- Kendall M. (1953) The Analysis of Economic Time Series – Part I: Prices. *Journal of Royal Statistical Society*, 116, Series A, 11-25.
- Osborne M. (1959) Brownian Motion in the Stock Market. *Operations Research*, 7 (2), 145-173.
- Osińska M. (2006) *Ekonometria finansowa*. PWE, Warszawa,
- Piasecki K., Tomasik E. (2013) *Rozkłady stóp zwrotu z instrumentów polskiego rynku kapitałowego*. edu-Libri, Kraków-Warszawa.
- Scalas E., Kim K. (2007) The art of fitting financial time series with Levy stable distributions. *Korean Journal of Physics*, 50 (1), 105-111.
- Witkowska D., Kompa K. (2007) Analiza własności stop zwrotu akcji wybranych spółek. [w:] Tarczyński W. (red.) *Rynek kapitałowy, skuteczne inwestowanie*. Materiały konferencyjne, część I. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu w Szczecinie.

**NORMAL DISTRIBUTION OF RETURNS OF COMPONENTS
OF THE FOLLOWING WSE INDEXES: WIG20, MWIG40 AND
SWIG80**

Abstract: The article verified the hypothesis regarding normal distribution of returns of shares - components of the following Warsaw Stock Exchange indexes: WIG20, mWIG40 and sWIG80 in the period from the first quotation of the given share (however not earlier than the implementation of the WARSET transaction system on the WSE, i.e. 17.10.2017) until 31.03.2017. The analyzed rates of return were calculated in the following outline: closing-closing, opening-opening, opening-closing and overnight. The companies were ranked due to the convergence of their return to normal distribution with the use of the following tests: Jarque-Bera, Shapiro-Wilk and D'Agostino-Pearson.

Keywords: normal distribution, return rates, stock indices, ranking of companies