Institute of Economic Research Working Papers

No. 167/2015

Analiza powiązań pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów grupy wyszehradzkiej

Adam P. Balcerzak, Marcin Fałdziński, Michał Bernard Pietrzak, Tomáš Meluzín, Marek Zinecker

Toruń, Poland 2015

© Copyright: Creative Commons Attribution 3.0 License

Adam P. Balcerzak, Marcin Fałdziński, Michał Bernard Pietrzak

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania

adam.balcerzak@umk.pl, marf@umk.pl, pietrzak@umk.pl

Tomáš Meluzín, Marek Zinecker

Brno University of Technology

Faculty of Business and Management

meluzint@fbm.vutbr.cz, zinecker@fbm.vutbr.cz

Analiza powiązań pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów grupy wyszehradzkiej

Streszczenie: Postępująca globalizacja światowych gospodarek przyczynia się do wzrostu powiązań między rynkami kapitałowymi. Zjawisko to staje się znaczącym czynnikiem egzogenicznym wpływającym na efektywność narodowej polityki gospodarczej oraz oddziałuje na procesy zarządzania ryzykiem na poziomie mikroekonomicznym. W związku z tym identyfikacja powiązań między rynkami oraz analiza zmian siły tych powiązań w czasie, stanowią istotną wskazówkę dla krajowych decydentów makroekonomicznych i stają się istotnym elementem zarządzania ryzykiem związanym z funkcjonowaniem rynków kapitałowych. Tym samym głównym celem proponowanego artykułu jest analiza powiązań pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów Grupy Wyszehradzkiej: Polski, Czech i Węgier. Badanie relacji pomiędzy wskazanymi rynkami zostało dodatkowo uzupełnione o analizę ich powiązań z nieodległym geograficznie, a jednocześnie zaliczanym do wiodących w Unii Europejskiej rynkiem niemieckim. W badaniu wykorzystano model DCC-GARCH z warunkowym rozkładem t-studenta. Analizę przeprowadzono w okresie 1997-2015, co pozwala na wyciągnięcie wniosków odnośnie tendencji w kształtowaniu się powiązań między wybranymi rynkami, mierzonymi za pomocą warunkowych korelacji.

Słowa kluczowe: powiązania między rynkami kapitałowymi, model DCC-GARCH warunkowa wariancja i korelacja, rynek kapitałowy, Grupa Wyszehradzka

Wprowadzenie

Postępująca globalizacja światowych gospodarek przyczynia się do wzrostu powiązań między rynkami kapitałowymi, co ma nie tylko uzasadnienie teoretyczne, ale od lat znajduje silne potwierdzenie w badaniach empirycznych [zob. Bekaert i Wu, 2000, s. 1-42; Pritsker, 2001;

Forbes i Rigobon, 2002, s. 2223-2261; Baur, 2003, s. 405-422; Pericoli i Sbracia, 2003, s. 571-608; Corsetti, Pericoli i Sbracia, 2005, s. 1177-1199; Osińska 2006; Fiszeder, 2009; Billio i Caporin, 2010, s. 2443–2458; Doman i Doman, 2014; Burzała, 2014; Burzała, 2015, s. 83-96].

Rosnące powiązania pomiędzy rynkami nabierają szczególnego znaczenia w sytuacjach kryzysowych, kiedy po wystąpieniu określonego szoku, następują po sobie kolejne, często nieprzewidywalne zakłócenia w funkcjonowaniu rynków, spowolniając tym samym tempo ich powrotu do stanu równowagi. W rezultacie rosnących współzależności i oddziaływania mechanizmów transmisji szoków pomiędzy poszczególnymi rynkami kapitałowymi dochodzi często do osłabienia efektywności narodowych makroekonomicznych działań stabilizacyjnych (zob. Kotz 2007, s. 59-74, Balcerzak 2009a, s. 95-105). W takich warunkach nawarstwianie się kolejnych wstrząsów rynkowych powoduje, że sytuacja kryzysowa może się rozwijać w nieprzewidywalny sposób, często prowadząc do efektu zarażania lub wzmacniając go. Zjawisko to ma ogromne znaczenie z perspektywy zarówno zarządzania makroekonomicznego gospodarką (zob. International Monetary Fund 2007, Balcerzak 2009b, s. 270-290), jak i w wymiarze mikroekonomicznym oddziałując na funkcjonowanie przedsiębiorstw niezależnie od skali i rodzaju ich działalności. Jak pokazały doświadczenia ostatniego globalnego kryzysu finansowego internacjonalizacja szoków na rynkach kapitałowych może prowadzić do upadku nie tylko słabych kapitałowo graczy lokalnych, ale także globalnych podmiotów finansowych o największym dostępie do płynności na międzynarodowych rynkach finansowych, co w kolejnych falach paniki może skutkować upadkiem całych krajowych systemów finansowych (zob. Taylor 2010, Soros2008, Balcerzak 2009c, s. 257-274).

W związku z powyższym identyfikacja powiązań między rynkami, analiza zmian siły tych współzależności w czasie stanowią istotny element szacowania makro i mikroekonomicznego ryzyka związanego z funkcjonowaniem rynków kapitałowych, a co za tym idzie ustalenia narzędzi dla przeciwdziałania sytuacjom kryzysowym oraz ewentualnego ich rozwiązywania.

Tym samym celem proponowanego artykułu jest analiza współzależności pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów Grupy Wyszehradzkiej obejmujących Polskę, Czechy i Węgry. W badaniu nie uwzględniono rynku kapitałowego Słowacji ze względu na znaczące luki w danych dla szeregów czasowych oraz brak możliwości uzupełnienia brakujących danych dla tego kraju. Dodatkowo badanie współzależności pomiędzy wskazanymi rynkami zostało uzupełnione o analizę ich powiązań z nieodległym geograficznie, a jednocześnie zaliczanym do wiodących w Unii Europejskiej niemieckim rynkiem kapitałowym. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wybór rynku niemieckiego jako punktu odniesienia dla analizowanych gospodarek grupy Wyszechradzkiej, jest zbliżona struktura i rola rynków finansowych w procesie finansowania gospodarek, która występuje w przypadku rozwiniętych rynków Europy kontynentalnej oraz rozwijających się rynkach Europy Środkowo-Wschodniej (zob. Balcerzak 2009d, s. 30-39).

W pierwszej części artykułu przeprowadzono jakościową analizę, której celem było ukazanie stopnia rozwoju rynków kapitałowych w przypadku krajów grupy Wyszehradzkiej na tle dojrzałego rynku niemieckiego. Badanie jakościowe objęło lata 2003-2012.

W drugiej części artykułu w analizie ekonometrycznej wykorzystano model DCC-GARCH, którego konstrukcja pozwala na analizę wzajemnych zależności między rynkami poprzez oszacowanie zmiennej warunkowej korelacji dla kolejnych par rynków. Analizę przeprowadzono w okresie

1997-2015, co pozwala na wyciągnięcie wniosków odnośnie tendencji w kształtowaniu się współzależności między wybranymi rynkami.

1. Charakterystyka rynków kapitałowych badanych krajów

Rozwój rynków finansowych oraz ich ekonomiczne znaczenie w przypadku wszystkich krajów grupy Wyszehradzkiej jest konsekwencją wspólnej historii po drugiej wojnie światowej, obejmującej okres centralnego planowania oraz czas transformacji systemowej od socjalizmu do gospodarki rynkowej. Od początku lat 90 XX wieku wszystkie gospodarki Europy Środkowo-Wschodniej realizowały proces odbudowy narodowych rynków kapitałowych, który był pochodną fundamentalnych zmian instytucjonalnych, implementacji programów prywatyzacyjnych, międzynarodowego otwarcia gospodarek regionu oraz procesu integracji ze strukturami gospodarczymi Europy. Czynniki te z uwzględnieniem globalnego otoczenia gospodarczego w sposób naturalny oddziaływały na realne rosnące powiązania pomiędzy badanymi rynkami oraz plasowanie tych rynków do wspólnego „koszyka ryzyka" przez globalnych graczy finansowych, o czym należy pamiętać w przypadku ekonomicznych analiz rynków regionu.

W tym kontekście celem niniejszej części artykułu jest jakościowa analiza stopnia rozwoju rynków kapitałowych badanych krajów na tle dojrzałego rynku niemieckiego. Pomimo, że ekonometryczna analiza zrealizowana w drugiej części pracy została przeprowadzona dla lat 1997-2015[1], ze względu dostępność danych oraz chęć zachowania spójności metodycznej w niniejszej części artykułu konieczne było zawężenie analizy do okresu 2003-2012. Badanie to wykonano w oparciu o dane zawarte w:

[1] Takie wydłużenie okresu analizy ekonometrycznej w porównaniu z badaniem jakościowym miało na celu osiągnięcie lepszych własności modelu ekonometrycznego.

Stock Exchange Fact Books, the Federation of European Securities Exchanges (FESE), the World Federation of Exchanges (WFE). Natomiast dane makroekonomiczne oraz dane dotyczące populacji pochodzą z baz Eurostatu oraz OECD (oecd.stat). Analogicznie do konwencji zrealizowanej w części ekonometrycznej artykułu badanie jakościowe objęło rynki kapitałowe Polski, Czech, Węgier oraz jako punkt odniesienia przyjęto rynek kapitałowy Niemiec.

Dla zweryfikowania stopnia rozwoju rynków w badaniu wykorzystano takie podstawowe mierniki jak kapitalizacja rynków zarówno w ujęciu nominalnych, jak i w relacji do PKB oraz potencjału ludnościowego poszczególnych krajów. Dodatkowo wykorzystano kolejne mierniki stosowane w analizie płynności rynków kapitałowych takie jak dynamika wolumenu obrotu, wolumen obrotu per capita oraz wskaźnika płynności (obrotu) definiowanego w niemniejszej pracy jako relacja rocznego obrotu na danej giełdzie do przeciętnej kapitalizacji rynkowej (Peterle 2013, Przybylska-Kapuścińska 2008, s. 117-137).

1.1. Jakościowa analiza ekonomicznego znaczenia rynków kapitałowych regionu

W odniesieniu do kapitalizacji badanych rynków Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie staje się naturalnym liderem regionu z prawie 50% udziałem w kapitalizacji giełd Europy Środkowo Wschodniej w roku 2012. W latach 2003-2012 przeciętna kapitalizacja rynków denominowana w Euro dla całego regionu wzrosła ponad 2,5 krotnie, co z naturalnych względów stanowi tempo znacznie wyższe niż miało to miejsce w odniesieniu do rozwiniętego rynku niemieckiego z tempem wzrostu wynoszącym 1,4, przy czym wartość ta dla giełdy warszawskiej wynosiła

4,3, giełdy praskiej 2,3, a budapesztańskiej tylko 1,2. Pomimo relatywnie wysokiej dynamiki rozwojowej dane przedstawione w tabeli 1 potwierdzają cały czas małe rozmiary rynków kapitałowych w badanych krajach Wyszechradzkich, a także rynków dla całego regionu Europy Środkowo Wschodniej w relacji do rynku niemieckiego. Czynnik ten niewątpliwie wpływa na siłę współzależności pomiędzy poszczególnymi rynkami. Dane zawarte w tabeli 1 ukazują także siłę negatywnego oddziaływania globalnego kryzysu finansowego na badane rynki, gdzie w roku 2008 kapitalizacja całego rynku Europy Środkowo-Wschodniej spadła aż o 57%, podczas gdy kapitalizacja rynku niemieckiego zmniejszyła się o 45%[2].

Tabela 1. Kapitalizacja rynkowa w Euro w latach 2003–2012

Rok	**Polska**	**Republika Czeska**	**Węgry**	**Europa Środkowo Wschodnia***	**Niemcy**
2003	29,350	12,288	13,228	107,540	802,224
2004	51,888	21,720	21,040	169,579	849,717
2005	79,354	31,060	27,586	255,461	1,019,171
2006	112,826	34,693	31,687	341,040	1,241,963
2007	144,323	47,987	31,528	409,819	1,439,955
2008	66,178	29,615	13,326	176,246	797,063
2009	105,157	31,265	21,093	249,102	900,772
2010	142,272	31,922	20,624	299,170	1,065,713
2011	107,483	29,203	14,630	226,055	912,420
2012	134,755	28,193	15,742	268,124	1,127,370

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.
Źródło: obliczenia własne napodstawie CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics.

[2] Należy pamiętać, że na wskazane wartości dla roku 2008 oprócz globalnego kryzysu finansowego oddziaływały dodatkowo zmiany kursów walutowych w relacji do Euro oraz program prywatyzacji realizowany na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych (zob. Roženský 2008).

Zarysowany obraz potwierdzają także mierniki względne przedstawione w tabelach 2 i 3. W roku 2012 w przypadku trzech gospodarek grupy Wyszehradzkiej najwyższą kapitalizacją rynku w relacji do populacji kraju charakteryzowała się giełda warszawska, która w ciągu analizowanego dziesięciolecia nie tylko nadrobiła zaległości w odniesieniu do pozostałych analizowanych rynków, ale także stosunkowo łagodnie przechodziła przez okres niestabilności finansowej w ostatnich latach (tabela 2). Rosnącą rolę rynku kapitałowego w gospodarce w szczególności w przypadku Polski ukazuje także analiza relacji kapitalizacji giełdy do PKB, gdzie w ostatnich latach badania wartość ta była niewiele niższa od relacji występującej w rozwiniętej gospodarce niemieckiej, osiągając w roku 2012 ponad 35% (tabela 3).

Tabela 2 . Kapitalizacja rynkowa na mieszkańca w Euro w latach 2003–2012

Rok	**Polska**	**Republika Czeska**	**Węgry**	**Europa Środkowo Wschodnia***	**Niemcy**
2003	768	1,206	1,304	1,453	9,720
2004	1,359	2,130	2,080	2,291	10,296
2005	2,079	3,045	2,732	3,450	12,353
2006	2,957	3,393	3,145	4,603	15,065
2007	3,785	4,680	3,132	5,530	17,493
2008	1,736	2,863	1,327	2,375	9,695
2009	2,757	2,999	2,103	3,351	10,985
2010	3,728	3,051	2,059	4,019	13,028
2011	2,790	2,785	1,465	3,021	11,161
2012	3,497	2,684	1,585	3,582	14,035

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.

Źródło: CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics; Eurostat, Statistics; OECD.Stats; own calculations.

Tabela 3 . Kapitalizacja rynkowa w relacji do PKB w procentach w latach 2003–2012

Rok	Polska	Republika Czeska	Węgry	Europa Środkowo Wschodnia*	Niemcy
2003	15.31 %	14.56 %	17.90 %	17.06 %	37.36 %
2004	25.41 %	23.65 %	25.62 %	25.16 %	38.70 %
2005	32.47 %	29.69 %	31.08 %	34.05 %	45.82 %
2006	41.47 %	29.33 %	35.37 %	41.87 %	53.67 %
2007	46.41 %	36.38 %	31.71 %	45.25 %	59.29 %
2008	18.22 %	19.20 %	12.63 %	17.50 %	32.22 %
2009	33.85 %	21.99 %	23.07 %	27.11 %	37.94 %
2010	40.12 %	21.29 %	21.43 %	30.30 %	42.71 %
2011	28.98 %	18.78 %	14.79 %	21.96 %	34.96 %
2012	35.32 %	18.44 %	16.23 %	25.66 %	42.28 %

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.
Źródło: obliczenia własne na podstawie CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics; Eurostat, Statistics; OECD.Stats.

W ciągu analizowanej dekady nastąpiła istotna poprawa płynności rynków Europy Środkowo-Wschodniej z ponad 2,5 krotnością wzrostu przeciętnego obrotu dla giełd regionu, podczas gdy na giełdzie Niemieckiej można mówić o jego stagnacji lub nawet spadkach (tabela 4). Należy jednak podkreślić, że analiza relacji obrotu do populacji badanych krajów ukazuje cały czas ogromny dystans jaki dzieli kraje Europy Środkowo-Wschodniej do najbardziej rozwiniętych gospodarek Europy, gdzie przeciętna wartość analizowanego wskaźnika dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej jest ponad 11 razy niższa niż ma to miejsce w przypadku Niemiec (tabela 5).

Tabela 4 . Wartość obrotu na rynkach finansowych w Euro w latach 2003–2012

Rok	Polska	Republika Czeska	Węgry	Europa Środkowo Wschodnia*	Niemcy
2003	8,777	7,471	7,231	34,497	1,138,628
2004	13,147	15,073	10,763	59,847	1,237,673
2005	24,111	34,909	19,417	116,936	1,545,795
2006	43,235	30,015	24,626	164,290	2,164,848
2007	63,876	36,581	34,610	232,669	3,144,150
2008	47,854	34,179	20,967	177,769	3,207,213
2009	41,405	17,565	18,463	114,724	1,239,970
2010	59,693	15,391	20,004	132,493	1,425,757
2011	70,161	15,131	13,792	129,979	1,340,497
2012	50,169	9,984	8,409	87,069	1,007,834

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.
Źródło: obliczenia własne na podstawie CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics; Eurostat, Statistics; OECD.Stats.

Tabela 5 . Wartość obrotu na rynkach finansowych na mieszkańca w Euro w latach 2003–2012

Rok	Polska	Republika Czeska	Węgry	Europa Środkowo Wschodnia*	Niemcy
2003	230	733	713	466	13,795
2004	344	1,478	1,064	809	14,996
2005	632	3,423	1,923	1,579	18,737
2006	1,133	2,936	2,444	2,218	26,260
2007	1,675	3,567	3,438	3,139	38,197
2008	1,255	3,304	2,087	2,396	39,009
2009	1,086	1,685	1,841	1,543	15,121
2010	1,564	1,471	1,997	1,780	17,429
2011	1,821	1,443	1,381	1,737	16,397
2012	1,302	950	847	1,163	12,547

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.
Źródło: obliczenia własne na podstawie CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics; Eurostat, Statistics; OECD.Stats.

Jak podkreśla Wiesława Przybylska-Kapuścińska relacja obrotów do kapitalizacji stanowi jeden z najważniejszych wskaźników opisujących płynność rynków kapitałowych, gdyż ukazuje on szybkość przesunięć kapitałowych na poszczególnych rynkach (Przybylska-Kapuścińska 2008, s. 130). W okresie poprzedzającym kryzys finansowy na światowych rynkach relacja pomiędzy rocznym obrotem a przeciętną kapitalizacją rynkową przekraczała znacząco 2.0 dla rynków rozwiniętych z przeciętną wartością wynoszącą 1.0 dla krajów Europy Środkowo-Wschodniej. Analizując różnice pomiędzy giełdami krajów Wyszehradzkich dane przedstawione w tabeli 6 ukazują odmienną sytuację niż dotychczas analizowane mierniki. W tym wypadku w ostatnim roku analizy najwyższą wartością analizowanego wskaźnika charakteryzowała się giełda węgierska 0.53 z wartościami wynoszącymi 0.37 i 0.35 odpowiednio dla Polski i Czech oraz 0.89 dla Niemiec. Dane te potwierdzają znacząco niższą płynność giełd Europy Środkowo-Wschodniej w relacji do rozwiniętych rynków takich jak rynek niemiecki.

Tabela 6 . Relacja pomiędzy rocznym obrotem a przeciętną kapitalizacją rynkową w latach 2003-2012

Rok	Polska	Republika Czeska	Węgry	Europa Środkowo Wschodnia*	Niemcy
2003	0.2990	0.6080	0.5466	0.3208	1.4193
2004	0.2534	0.6940	0.5116	0.3529	1.4566
2005	0.3038	1.1239	0.7039	0.4577	1.5167
2006	0.3832	0.8652	0.7771	0.4817	1.7431
2007	0.4426	0.7623	1.0978	0.5677	2.1835
2008	0.7231	1.1541	1.5734	1.0086	4.0238
2009	0.3937	0.5618	0.8753	0.4605	1.3766
2010	0.4196	0.4821	0.9699	0.4429	1.3378
2011	0.6528	0.5181	0.9427	0.5750	1.4692
2012	0.3723	0.3541	0.5342	0.3247	0.8940

* Rynek finansowy Europy Środkowo Wschodniej obejmuje tutaj oprócz analizowanych gospodarek Polski, Czech i Węgier także Austrię, Słowację oraz Słowenię.
Źródło: obliczenia własne na podstawie CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets; Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research; Roženský (2008); Tetlock (2007); Warsaw Stock Exchange, Fact Books (2003–2013); World Federation of Exchanges, Statistics; Eurostat, Statistics; OECD.Stats.

1.2. Podsumowanie analizy jakościowej

Lata 2003-2012 poddane analizie jakościowej objęły okres najpoważniejszych zaburzeń na globalnych rynkach finansowych w ostatnich dziesięcioleciach, które w sposób szczególny dotknęły kraje rozwijacie się, w tym z oczywistych względów analizowane gospodarki grupy Wyszehradzkiej. Mimo tych zaburzeń można mówić o trwałej tendencji rozwojowej w przypadku badanych rynków kapitałowych, co jest szczególnie widoczne w przypadku giełdy warszawskiej, która w ostatnich latach urosła do roli regionalnego lidera. Niemniej ze względów historycznych analizowane rynki czeka jeszcze długa droga do osiągnięcia roli rynkowej charakterystycznej dla dojrzałych rynków takich jak rynek Niemiecki. Ukazany stopień rozwoju badanych rynków kapitałowych z uwzględnieniem ich bliskości geograficznej oraz roli poszczególnych

gospodarek w systemie gospodarczym Europy powinien w sposób istotny wpływać na powiązania pomiędzy tymi rynkami.

2. Specyfikacja modelu DCC-GARCH

Wprowadzenie modeli klasy GARCH pozwoliło na modelowanie wariancji warunkowej dla pojedynczych aktywów lub indeksów [zob. Osińska, 2006; Doman i Doman, 2009; Fiszeder, 2009]. Bardzo szybko wskazano jednak na konieczność uwzględnienia wzajemnych zależności między badanymi rynkami. W 2002 roku Engle zaproponował model DCC-GARCH, którego budowa pozwoliła na zbadanie wzajemnych zależności między rynkami poprzez oszacowanie zmiennej warunkowej korelacji. Model DCC-GARCH można zapisać następująco:

$$\mathbf{Y_t} = \boldsymbol{\mu}_\mathbf{t} + \boldsymbol{\eta}_\mathbf{t} \quad \boldsymbol{\eta}_\mathbf{t} \mid \mathrm{F}_{t-1} \sim t(0, \mathbf{D_t R_t D_t}, v) \tag{1}$$

$$\mathbf{D_t^2} = diag\{\mathbf{H_t}\}, \ \mathbf{H_t} = \mathbf{V_{t\text{-}1}}(\boldsymbol{\eta}_\mathbf{t}) \tag{2}$$

$$H_{i,t} = \omega_i + \alpha_i \eta_{i,t-1}^2 + \beta_i H_{i,t-1} \tag{3}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{t} = \mathbf{D_t^{-1}} \boldsymbol{\eta}_\mathbf{t} \tag{4}$$

$$\mathbf{R_t} = diag\{\mathbf{Q_t}\}^{-1/2} \mathbf{Q_t} diag\{\mathbf{Q_t}\}^{-1/2} \tag{5}$$

$$\mathbf{Q_t} = \boldsymbol{\Omega} + \alpha \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{t\text{-}1}} \boldsymbol{\varepsilon}'_{\mathbf{t\text{-}1}} + \beta \mathbf{Q_{t\text{-}1}}, \ \boldsymbol{\Omega} = \bar{\mathbf{R}}(1 - \alpha - \beta), \tag{6}$$

gdzie:

$\mathbf{Y_t}$ - wielowymiarowy proces stóp zwrotu, $\boldsymbol{\mu}_\mathbf{t}$ - wektor warunkowych średnich stóp zwrotu, $H_{i,t}$ - równanie warunkowych wariancji dla *i*-tych stóp zwrotu, gdzie $i = 1, \ldots, N$,

$\mathbf{R_t}$ - zmienna w czasie macierz warunkowych korelacji,

$\mathbf{V_{t\text{-}1}}(\boldsymbol{\eta}_\mathbf{t})$ - macierz kowariancji reszt $\boldsymbol{\eta}_\mathbf{t}$,

$\omega_i, \alpha_i, \beta_i$ - parametry równania warunkowej wariancji, gdzie $i = 1, \ldots, N$,

α, β - parametry równania warunkowej korelacji,

$v > 2$ - liczba stopni swobodny w rozkładzie t-studenta,

$\bar{\mathbf{R}} = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} \boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}_t^{'}$ - bezwarunkowa macierz kowariancji.

W modelu DCC-GARCH wariancja warunkowa zależy od wariancji warunkowych opóźnionych w czasie oraz od kwadratu stóp zwrotów z uwzględnieniem warunkowych średnich. Natomiast w przypadku równania warunkowej korelacji zmiennymi opisującymi są standaryzowane reszty z równania wariancji oraz opóźnione warunkowe korelacje. Dodatkowo, w celu zapewnienia aby $\mathbf{H}_t$ była dodatnio określona, wymaga się, żeby parametry α, β spełniały następujące warunki $\alpha \geq 0, \beta \geq 0$ oraz $\alpha + \beta < 1$.

Estymację parametrów modelu DCC-GARCH można przeprowadzić na pomocą metody największej wiarygodności. W przypadku modelu DCC-GARCH, zastosowana może zostać, opisana w pracach Engle'a [2002, 2009], jedno- albo dwustopniową metoda estymacji. Jednostopniowa metoda estymacji polega na jednoczesnym oszacowaniu wszystkich parametrów modelu. Dwustopniowa metoda stanowi uproszczenie poprzez osobną estymację parametrów równań warunkowych wariancji i średnich w pierwszym kroku. Natomiast w drugim kroku następuje oszacowanie parametrów równania warunkowej korelacji. Logarytm funkcji wiarygodności modelu DCC-GARCH z rozkładem t-studenta można zapisać za pomocą równania:

$$L(\theta) = T\left[\ln\Gamma\left(\frac{v+N}{2}\right) - \left[\ln\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)\right] - \frac{N}{2}\ln((v-2)\pi)\right] \\ -0.5\sum_{t=1}^{T}\ln|\mathbf{H}_t| - \frac{v+N}{2}\sum_{t=1}^{T}\ln\left(1+(\mathbf{Y}_t-\boldsymbol{\varepsilon}_t)^{'}\mathbf{H}_t^{-1}(\mathbf{Y}_t-\boldsymbol{\varepsilon}_t)/(v-2)\right) \tag{7}$$

3. Badanie powiązań między rynkami kapitałowymi dla badanych krajów

W badaniu empirycznym wykorzystano szeregi czasowe czterech indeksów giełdowych (BUX, PX 50, WIG oraz DAX)[3]. Do tego celu wykorzystano dzienne obserwacje od 1 lipca 1997 roku do 30 września 2015 roku, co dało łącznie T =4592 obserwacji. W badaniu wykorzystano logarytmiczne stóp zwrotu $r_t = 100(\ln(P_t) - \ln(P_{t-1}))$. Do estymacji parametrów modelu DCC-GARCH zastosowana została metoda największej wiarygodności z warunkowym rozkładem t-studenta.

Tabela 7. Wyniki estymacji parametrów modelu DCC-GARCH

Parametr (indeks)	Ocena parametru	Błąd stand.	Statystyka t-stud.	Wartość p
stała (PX 50)	0,0493	0,0197	2,5030	0,0124
ω_1 (PX 50)	0,0221	0,0079	2,7880	0,0053
α_1 (PX 50)	0,0694	0,0126	5,4900	0,0000
β_1 (PX 50)	0,9250	0,0133	69,3200	0,0000
stała (BUX)	0,0580	0,0193	3,0040	0,0027
ω_2 (BUX)	0,0641	0,0175	3,6600	0,0003
α_2 (BUX)	0,1058	0,0161	6,5510	0,0000
β_2 (BUX)	0,8732	0,0193	45,3100	0,0000
stała (WIG)	0,0526	0,0163	3,2270	0,0013
ω_3 (WIG)	0,0209	0,0075	2,7790	0,0055
α_3 (WIG)	0,0771	0,0151	5,1250	0,0000
β_3 (WIG)	0,9145	0,0161	56,6600	0,0000
stała (DAX)	0,0799	0,0176	4,5390	0,0000

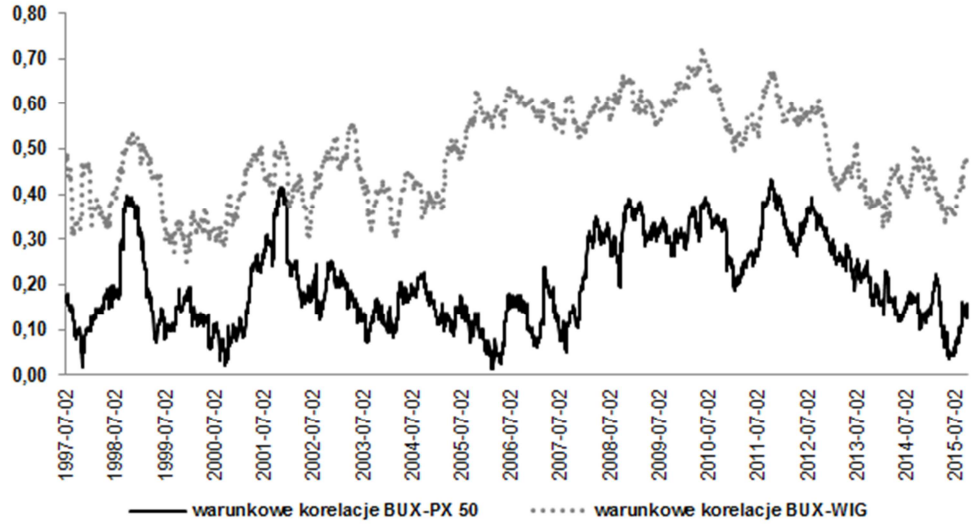
[3] Dane zostały pobrane z serwisu http://www.finance.yahoo.com

ω_4 (DAX)	0,0259	0,0065	4,0130	0,0001
α_4 (DAX)	0,0947	0,0116	8,1970	0,0000
β_4 (DAX)	0,8960	0,0115	77,9900	0,0000
α	0,0084	0,0018	4,7050	0,0000
β	0,9891	0,0030	329,4000	0,0000
ν	8,4787	0,4264	19,8800	0,0000

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z serwisu http://www.finance.yahoo.com..

Tabela 7 zawiera wyniki estymacji parametrów modelu DCC-GARCH. W przypadku wszystkich indeksów dokonano dodatkowo estymacji stałej w równaniu warunkowej średniej (zob. równanie 1). Parametry odpowiadające za stałą okazały się statystycznie istotne przy 5% poziomie istotności dla każdego z indeksów. Następnie oszacowano parametry odpowiadające za warunkowe wariancje i korelacji w modelu DCC-GARCH, gdzie wszystkie parametry okazały się również statystycznie istotne przy 5% poziomie istotności.

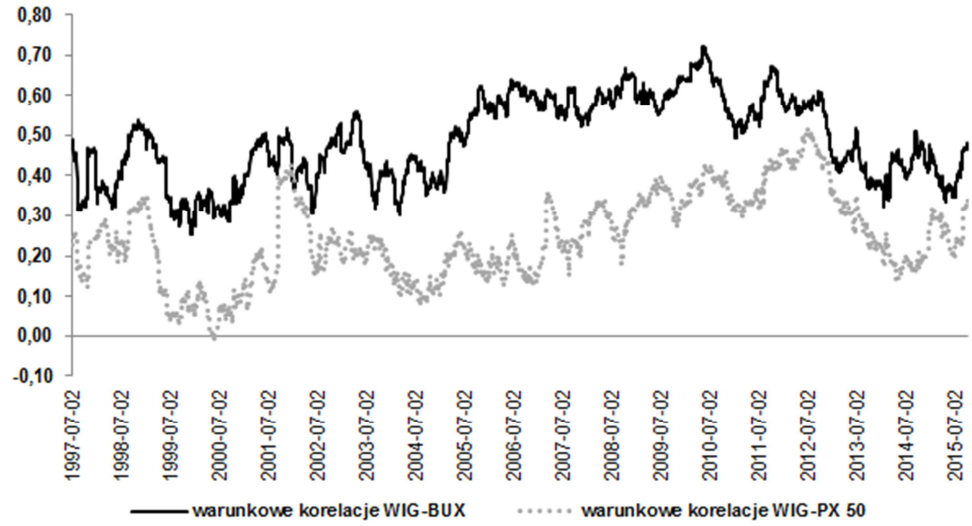
Przeprowadzona estymacja parametrów modelu DCC-GARCH pozwoliła na wyznaczenie wartości warunkowych korelacji dla kolejnych par indeksów (zob. rysunki 1-4). Przebieg wartości korelacji dla konkretnej pary indeksów wskazuje na siłę zależności między dwoma rynkami kapitałowymi, a także na tendencje wzrostowe lub spadkowe kształtowania się tych zależności w czasie. Zgodnie z postawionym celem artykułu, wartości warunkowych korelacji wykorzystane zostały do analizy współzależności pomiędzy rynkami kapitałowymi krajów z Grupy Wyszehradzkiej. Dodatkowo rozważono relacje rynków kapitałowych Polski, Czech i Węgier do sąsiadującego i wiodącego w Europie rynku Niemiec.



Rys 1. Wartości warunkowych korelacji pomiędzy indeksem BUX a pozostałymi indeksami

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z serwisu http://www.finance.yahoo.com..

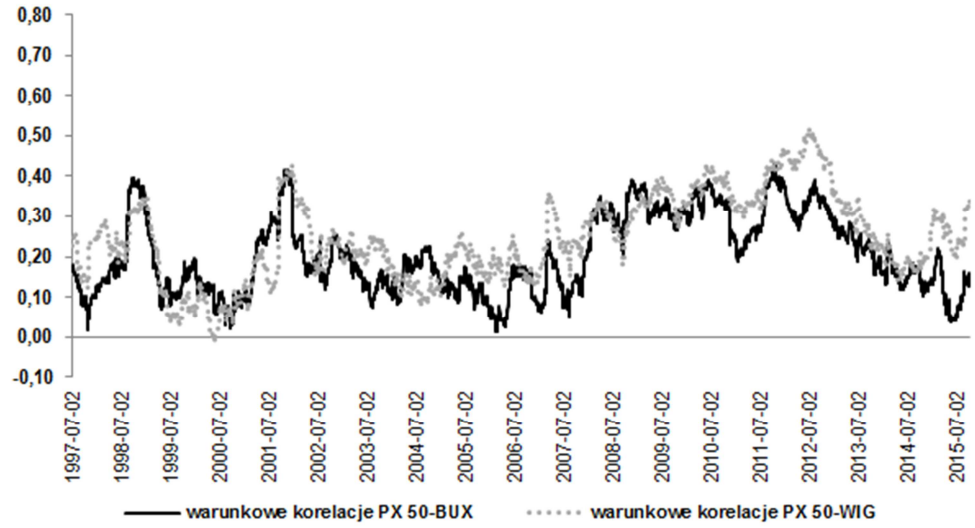
Na rysunkach 1, 2 i 3 przedstawiono warunkowe korelacje między indeksami PX 50, WIG oraz BUX. Analiza przebiegu tych wykresów pozwala ocenić wzajemne zależności pomiędzy rynkami kapitałowymi Czech, Polski i Węgier. Analiza rysunku 1 pozwala na stwierdzenie, że rynek kapitałowy na Węgrzech cechują znacznie silniejsze współzależności z rynkiem kapitałowym w Polsce w porównaniu z Czechami. W przypadku Polski i Węgier występują zależności o średnim poziomie, a w przypadku Czech powiązania z rynkiem kapitałowym Węgier są słabe. Dodatkowo przebieg korelacji dla Czech i Węgier charakteryzuje się dużą zmiennością. Niskie wartości korelacji warunkowej w przypadku Czech i Węgier, powiązane z dużą zmiennością wskazują na brak systematycznych i podobnych reakcji na wydarzenia szokowe w przypadku obydwu rynków.



Rys. 2. Wartości warunkowych korelacji pomiędzy indeksem WIG a pozostałymi indeksami

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z serwisu http://www.finance.yahoo.com..

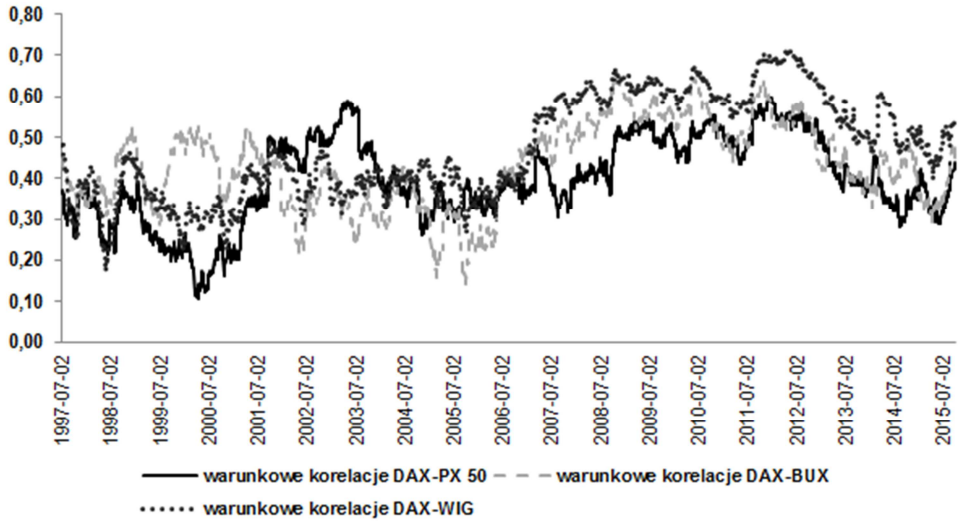
Przedstawione na rysunku 2 wartości korelacji warunkowej pomiędzy indeksem WIG a indeksami PX 50 i BUX pozwalają na analizę współzależności pomiędzy rynkiem kapitałowym Polski a rynkami Czech i Węgier. Pomiędzy rynkami Polski i Węgier występują zależności o średnim poziomie. W przypadku Czech wartości warunkowej korelacji wskazują na znaczne słabsze powiązania z rynkiem kapitałowym Polski.



Rys. 3. Wartości warunkowych korelacji pomiędzy indeksem PX 50 a pozostałymi indeksami

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z serwisu http://www.finance.yahoo.com..

Analiza rysunku 3 pozwala na ocenę wzajemnych powiązań między rynkiem kapitałowym Czech a rynkami Polski i Węgier. Można stwierdzić, że zależności dla tych par indeksów są najsłabsze wśród wszystkich zbadanych par. Wartości warunkowych korelacji wskazują na słabe powiązania między tymi rynkami przy bardzo dużej zmienności przebiegu warunkowej korelacji.



Rys. 4. Wartości warunkowych korelacji pomiędzy indeksem DAX a pozostałymi indeksami

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z serwisu http://www.finance.yahoo.com..

Na rysunku 4 przedstawiono warunkowe korelacje między indeksem DAX a indeksami PX 50, WIG, BUX. Analiza przebiegu korelacji na wykresach pozwala stwierdzić, że między rynkami kapitałowymi Niemiec a rynkami Czech, Polski i Węgier zachodzą wzajemne zależności o średniej sile. Należy podkreślić, że w okresie 2004-2015 tendencje w zmianach wartości warunkowej korelacji (spadkach i wzrostach) są podobne między rynkami kapitałowymi Niemiec a wybranymi rynkami z Grupy Wyszehradzkiej. Można stwierdzić, że od 2004 roku wydarzenia szokowe na sąsiadującym rynku kapitałowym Niemiec przenoszą się w podobny sposób na giełdy Czech, Polski i Węgier. Oznacza to, że wycena notowań na każdej z giełd, jest w pewnym stopniu uzależniona od sytuacji na pozostałych giełdach.

5. Podsumowanie

Tematyka artykułu dotyczy powiązań między rynkami kapitałowymi, których siła oraz zasięg ulegają ciągłemu wzrostowi wraz z postępującą globalizacją. Identyfikacja wzajemnych powiązań pomiędzy rynkami jest istotnym problemem badawczym, a jego podjęcie może pozwolić na ustalenie strategii działania w okresie kryzysu oraz opracowanie narzędzi systemowych usprawniających funkcjonowanie rynków finansowych.

Celem artykułu było zbadanie współzależności pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów Grupy Wyszehradzkiej. W związku z tym przeprowadzono analizę trzech rynków kapitałowych Polski, Czech i Węgier pod względem wzajemnych oddziaływań. Wykonane badanie pozwoliło na ocenę współzależności między wybranymi rynkami, jak i ocenę zmian tych zależności w czasie. Ustalone zależności kształtowały się odmienne w zależności od wybranej pary rynków. Oznacza to, że pomimo występujących powiązań krajów Grupy Wyszehradzkiej nie można traktować jako jednorodnego obszaru i pojedyncze rynki funkcjonują w specyficzny dla siebie sposób oraz odmiennie reagują na podobne, zewnętrzne informacje.

Należy jednak podkreślić, że dla wszystkich par indeksów zauważalny jest wzrost wartości warunkowej korelacji od 2004 roku. Fakt ten może być wynikiem przystąpienia badanych krajów do Unii Europejskiej, co przyczyniło się do znacznego wzrostu gospodarczego tych krajów, w tym wzrostu znaczenia i podniesienia dynamiki na rynkach kapitałowych. Następnie w latach 2007-2008 nastąpił dalszy wzrost współzależności rynkowych. Wzrost zależności między rynkami w tym okresie był najprawdopodobniej wynikiem efektu zarażania, który wystąpił na rynkach w związku ze światowym kryzysem finansowym. Wzrost poziomu

współzależności trwał do 2012 roku, po czym w okresie 2013-2015 można zaobserwować tendencję spadkową. Może być to oznaką powolnego powrotu sytuacji na rynkach kapitałowych do równowagi (okresu większej stabilności ekonomicznej).

Literatura

Balcerzak A.P. (2009a), *Monetary policy under conditions of NAIRU "flattening"*, "Olsztyn Economic Journal", Tom 4(1), s. 95-105.

Balcerzak A.P. (2009b), *Limitations of the National Economic Policy in the Face of Globalization Process*, "Olsztyn Economic Journal", Tom 4 (2), s. 279-290.

Balcerzak A.P. (2009c), *Przegląd i wstępna ocena teoretycznych stanowisk dotyczących źródeł globalnego kryzysu gospodarczego* [w:] S. Antkiewicz, M. Pronobis (red.), Gospodarka w warunkach kryzysu, Wydawnictwo Naukowe CeDeWu.pl, Warszawa, s. 257-274.

Balcerzak A.P. (2009d), *Structure of Financial Systems and Development of Innovative Enterprises with High Grow Potential*, "Research Papers of Wrocław University of Economics" - Global Challenges and Policies of the European Union-Consequences for the" New Member States", Tom 59, s. 30-39.

Baur D. (2003), *Testing for Contagion – Mean and Volatility Contagion*, „Journal of Multinational Financial Management", 13, s. 405-422.

Bekaert G., Wu G. (2000), *Asymmetric Volatility and Risk in Equity Markets*, „Review of Financial Studies", 13, s. 1-42.

Billio M., Caporin M. (2010), *Market Linkages, Variance Spillover and Correlation Stability: Empirical Evidences of Financial Contagion*, „Computational Statistics & Data Analysis", 54 (11), s. 2443–2458.

Burzała M. (2014), *Wybrane Metody Badania Efektów Zarażania na Rynkach Kapitałowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.

Burzała M. (2015), *Zmiana wartości oczekiwanej i wariancji stóp zwrotu z indeksów giełdowych w czasie kryzysu. Zarażanie czy wzajemne zależności rynków kapitałowych?*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Finanse", Rynki Finansowe, Ubezpieczenia", 75, s. 83-96.

CEE Stock Exchange Group and its Capital Markets [online]. Budapes, Ljubljana, Prague, Vienna: CEE Stock Exchange Group, http://www.ceeseg.com (dostęp: 10-08-2014)

Corsetti G., Pericoli M., Sbracia M. (2005), *Some Contagion, Some Interdependence: More Pitfalls in Testing for Contagion*, „Journal of International Money and Finance", 24, s. 1177-1199.

Doman M., Doman R. (2009), *Modelowanie zmienności i ryzyka : metody ekonometrii finansowej*, Seria Akademicka - Wolters Kluwer Polska, Kraków.

Doman M., Doman R. (2014), *Dynamika zależności na globalnym rynku finansowym*, Difin, Warszawa.

Engle R. F. (2002), *Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models*, „Journal of Busines & Economic Statistics", 20, s. 339-350.

Engle R.F. (2009), *Anticipating Correlations A New Paradigm for Risk Management*, Princeton University Press, Princeton and Oxford.

Federation of European Securities Exchanges, Statistics & Market Research, http://www.fese.eu.

Fiszeder P. (2009), *Modele klasy GARCH w empirycznych badaniach finansowych*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń.

Forbes K., Rigobon R. (2002), *No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements*, „The Journal of Finance", 57/5, s. 2223-2261.

International Monetary Fund (2007), *Global Financial Stability Report. Financial Market Turbulence Causes, Consequences, and Policies*, Washington D.C.

Kotz H.-H. (2007), *Financial Market Integration and Monetary Policy* [w:] R. Tilly, P.J.J. Welfens, M. Heise (reds.), 50 Years of EU Economic Dynamics Integration, Financial Markets and Innovations, Springer, Berlin Heidelberg.

Osińska M. (2006), *Ekonometria finansowa*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Pericoli M., Sbracia M. (2003), *A Primer on Financial Contagion*, „Journal of Economic Surveys", 17/4, s. 571-608.

Peterle P. (2013), *Internal characteristics and external factors of IPO activities in Central and Eastern Europe: Empirical analysis and comparison*. Working Paper. Ljubljana: Faculty of Economics of the University of Ljubljana.

Pritsker M. (2001), *The Channel for Financial Contagion*, [w:] S. Claessens, K.J. Forbes K., (red.), *International Financial Contagion: How It Spreads and How It Can Stopped*, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.

Przybylska-Kapuścińska W. (2008), *Rozwój polskiego rynku giełdowego na tle sytuacji giełd europejskich w XX*, „Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej", nr 1, s. 117-137.

Roženský V. (2008), *IPO na středoevropských akciových trzích*. Univerzita Karlova v Praze, Fakulta sociálních věd, Praha.
Soros G. (2008), *Nowy paradygmat rynków finansowych*, MT Biznes, Warszawa.
Tetlock, P. (2007), *Giving Content to Investor Sentiment: The Role of Media in the Stock Market*, "Journal of Finance", 62(3).
Taylor J.B. (2010), *Zrozumieć kryzys finansowy*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Warsaw Stock Exchange, Fact Books 2003 – 2013 [online]. [cit. 2014-08-10]. Available at WWW: http://www.gpw.pl/fact_books (dostęp: 10-08-2014)
World Federation of Exchanges, Statistics, http://www.world-exchanges.org/ (dostęp: 10-08-2014)
[www1] http://www.finance.yahoo.com (dostęp: 30.10.2015).

Analysis of Relations Among Capital Markets of Chosen Countries of the Visegrad Group

Increasing globalization contributes to the growth of the interdependencies between capital markets. This phenomenon is becoming a significant exogenous factors influencing the effectiveness of national economic policies and it impacts on the risk management processes at the microeconomic level. Therefore, the identification of the linkages between capital markets and the analysis of changes in the strength of these relationships over time, can be the source of an important guidelines for national macroeconomic policy makers and can become an essential part of managing the risks associated with the influence of capital markets. Thus, the main objective of the proposed article is to analyze the interdependence between capital markets of selected countries of the Visegrad Group: Poland, Czech Republic and Hungary. The analysis of the relationship between these markets was supplemented with verification of their linkages with German capital market, which is quite close geographically, and additionally is usually considered as one of the leading markets in the European Union. In the econometric research DCC-GARCH model with the t-student conditional distribution was applied. The econometric analysis was done for the period 1997-2015, which gives the possibility to verify the trends in the evolution of interdependencies between the selected markets, measured here by conditional correlations.

Keywords: interdependences among capital markets, conditional variance and correlations, capital market, DCC-GARCH model, Visegrad Group