

*Bolesław Borkowski*  
*Monika Krawiec*  
*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

## **Modele zarządzania ryzykiem inwestycji kapitałowych w sektorze rolno-spożywczym \***

### **MODELS FOR MANAGING RISK OF CAPITAL INVESTMENTS IN AGRI-FOOD SECTOR**

Powszechnie uważa się, że włączenie towarów do portfela, złożonego z akcji i obligacji, pozwala osiągnąć korzyści z dywersyfikacji. Celem niniejszej pracy była analiza możliwości dywersyfikacji portfela akcji za pomocą pośrednich form inwestowania w towary (akcji spółek branży towarowej i towarowych kontraktów terminowych). Zbudowano kilka portfeli inwestycyjnych: portfel 1, zawierający akcje 5 spółek, których działalność nie wiąże się z sektorem towarowym; portfel 2, obejmujący akcje 5 spółek branży towarowej (w tym firm przetwórstwa spożywczego); portfel 3, zawierający kontrakty terminowe opiewające na 5 różnych towarów (w tym na towary rolne) i portfel 4, składający się z 15 analizowanych walorów. Aby ustalić strukturę portfeli, zastosowano klasyczne podejście Markowitza. Wyniki pokazały, że włączenie towarów do portfela akcji zmniejsza ryzyko portfela i zwiększa oczekiwaną stopę zwrotu.

**Key words:** inwestowanie w towary, dywersyfikacja portfela, model Markowitza

#### **Wstęp**

Podstawowe charakterystyki każdej inwestycji, w szczególności instrumentu finansowego (np. akcji), to stopa zwrotu, która określa dochód przypadający na jednostkę zainwestowanego kapitału, oraz ryzyko. Z punktu widzenia efektów można wyróżnić dwa podejścia do ryzyka. Według pierwszego, ryzyko jest możliwością poniesienia straty, co akcentuje negatywne skutki i każe traktować je jako zagrożenie. Natomiast w drugim podejściu ryzyko jest postrzegane jako możliwość wystąpienia efektu działania niezgodnego z oczekiwaniami. Może on być gorszy lub lepszy od oczekiwań, stąd według tej koncepcji ryzyko w pewnych sytuacjach jest szansą, w innych – zagrożeniem (Tarczyński 2003).

---

\* Praca wykonana w ramach projektu „Eksperycki system do analizy wrażliwości portfela inwestycyjnego na czynniki zewnętrzne”, nr umowy: RPMA.01.00-011/12-00.

Poziom ryzyka, związanego z daną decyzją inwestycyjną, zależy także od stosunku samego decydenta do ryzyka. Jest to tzw. subiektywny aspekt ryzyka, zgodnie z którym w sytuacjach decyzyjnych z identycznym poziomem niepewności natury, ryzyko decyzji może być różne dla różnych decydentów. Jak zauważa Jajuga (2000) większość inwestorów charakteryzuje się awersją do ryzyka. Sporadycznie można spotkać neutralność wobec ryzyka lub skłonność do ryzyka. Co więcej, uważa się, że racjonalnie postępujący inwestor powinien wybrać instrument (lub portfel inwestycyjny) o najwyższej oczekiwanej stopie zwrotu i minimalnym ryzyku.

W przypadku portfeli zalecane jest ograniczanie ryzyka poprzez dywersyfikację. Według Tarczyńskiego i Łuniewskiej (2006) w warunkach polskiego rynku za dobrze zdywersyfikowany można uznać portfel, składający się z 5 – 10 akcji. Efekt dywersyfikacji można także uzyskać poprzez włączenie do portfela towarów. Drewiński (2007) zwraca uwagę, że ograniczaniu ryzyka sprzyja wzrost udziału towarów w portfelu, ale maksymalnie do 30%. Z kolei Schofield (2007) podaje wyniki badań, przeprowadzonych przez Berclays Capital, których celem było ustalenie optymalnej alokacji towarów w portfelu. W wyniku zastosowania standardowych technik optymalizacji portfela stwierdzono, że modelowy portfel powinien zawierać 25-procentowy udział towarów. Woodard (2008) powołuje się na wyniki Bodie i Rosansky'ego (1980), którzy ustalili, że 40-procentowy udział w portfelu towarowych kontraktów futures, pozwolił znacząco obniżyć ryzyko portfela i zwiększyć oczekiwaną stopę zwrotu w porównaniu do portfela akcji. Natomiast Anson (2006) analizował portfele akcji i obligacji z 10-procentowym udziałem różnych indeksów towarowych i przy różnych poziomach ryzyka odnotował przesunięcie granicy efektywnej w górę.

Inwestorzy mają do wyboru rozmaite formy inwestowania w towary, począwszy od ich fizycznego zakupu na rynku gotówkowym, poprzez zakup akcji spółek sektora towarowego, zajęcie pozycji w towarowych kontraktach terminowych i opcjach, aż po zakup jednostek uczestnictwa wyspecjalizowanych funduszy towarowych lub tzw. ETF-ów (*exchange traded funds*). Z punktu widzenia inwestorów indywidualnych, fizyczny zakup towarów może się okazać kłopotliwy ze względu na konieczność zapewnienia odpowiednich warunków ich przechowywania. Jako wyjątek wskazuje się zwykle metale szlachetne (Geman 2007). Natomiast z punktu widzenia dywersyfikacji portfela, zakup akcji spółek sektora towarowego nie zawsze może być skutecznym narzędziem, ponieważ mogą się one zachowywać zgodnie z ogólną tendencją na rynku. Balarie (2007) szczegółowo omawia zalety i wady poszczególnych form inwestowania w towary.

Aby zarządzać ryzykiem, należy dokonać jego pomiaru. Zwykle sprowadza się to do oszacowania zmienności cen aktywów finansowych lub towarów. Najczęściej jest ona wyznaczana *ex post*. Uważa się, że zmienność

ceny instrumentu finansowego lub towaru jest miarą niepewności co do jej kształtowania się w przyszłości. Zmienność jest również kluczowym parametrem, wykorzystywanym przy szacowaniu wartości narażonej na ryzyko, optymalizacji portfela i wycenie instrumentów pochodnych (Doman, Doman 2004). Charakterystyczną cechą zmienności jest fakt, że w odróżnieniu od ceny, nie można jej bezpośrednio obserwować na rynku. Stwarza to konieczność poszukiwania różnego rodzaju miar zmienności. Najmniej skomplikowanym sposobem jej mierzenia jest zastosowanie odchylenia standardowego. Jednak istnieją również inne metody pomiaru zmienności. Do często stosowanych należy wykładniczo ważona średnia ruchoma (EWMA) i modele GARCH.

## 2. Wybrane metody szacowania zmienności i optymalizacji portfela

Niezależnie od wybranej metody szacowania zmienności, zawsze punktem wyjścia jest wyznaczenie stopy zwrotu:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}, \quad (1)$$

gdzie:  $R_t$  – stopa zwrotu akcji osiągnięta w  $t$ -tym okresie,  $P_t$  – cena akcji w  $t$ -tym okresie,  $P_{t-1}$  – cena w okresie poprzednim.

Podstawową miarą ryzyka akcji, wyznaczaną na podstawie danych historycznych, jest wariancja stopy zwrotu, określona za pomocą wzoru:

$$V = \left( \sum_{i=1}^m (R_i - R)^2 \right) / (n - 1), \quad (2)$$

na podstawie której wyznacza się odchylenie standardowe:

$$s = V^{0.5}, \quad (3)$$

gdzie:

$V$  – wariancja stopy zwrotu,  $R$  – oczekiwana stopa zwrotu, definiowana jako:

$$R = \left( \sum_{t=1}^n R_t \right) / n, \quad R_t \text{ – stopa zwrotu akcji zrealizowana w } t\text{-tym okresie, } n \text{ –}$$

liczba okresów, z których pochodzą dane.

W przypadku klasycznej miary ryzyka, jaką jest wariancja, uwzględnia się dodatnie i ujemne odchylenia od oczekiwanej stopy zwrotu. Istnieje jednak alternatywna koncepcja, w której ryzyko jest postrzegane jako zjawisko negatywne, wobec czego bierze się pod uwagę jedynie odchylenia ujemne. W efekcie uzyskujemy semiwariancję:

$$SV = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i^2, \quad (4)$$

gdzie  $SV$  – semiwariancja stopy zwrotu,

$$d_i = \begin{cases} R_i - R & \text{gdy } R_i - R < 0 \\ 0, & \text{gdy } R_i - R \geq 0 \end{cases}$$

Semiodchylenie standardowe stopy zwrotu jest pierwiastkiem kwadratowym z semiwariancji:

$$ss = SV^{0,5} \quad (5)$$

Zwolennicy stosowania semiwariancji jako miary ryzyka uważają, że lepiej niż wariancja opisuje faktyczne preferencje inwestora. Sceptycy natomiast twierdzą, że skoro wyniki badań empirycznych wskazują, iż wahania stóp zwrotu większości walorów są w miarę symetryczne, przydatność semiwariancji dla potrzeb analizy maleje (Elton, Gruber 1998). Jednak badania dla polskiego rynku kapitałowego często ujawniają asymetrię szeregów stóp zwrotu (Tarczyński 1997, Jajuga 2000, Tarczyński 2002, Osińska 2006, Witkowska i in. 2008, Winkler-Drews 2009, Krawiec 2011), stąd uwzględnienie także tej miary może być uzasadnione.

W przypadku odchylenia i semiodchylenia standardowego wszystkie obserwacje, zarówno najstarsze, jak i najnowsze, mają taką samą wagę. W związku z tym pojawia się problem ustalenia odpowiedniej liczebności próby. Za długie szeregi czasowe, zawierające zbyt „stare” informacje, mogą zniekształcić wynik, podobnie jak przyjęcie zbyt małej liczby obserwacji. Tę niedogodność eliminuje zastosowanie procedury, określanej jako EWMA (*exponentially weighted moving average*), którą opisuje następująca formuła rekurencyjna (Hull 2003):

$$\sigma_n^2 = \lambda \sigma_{n-1}^2 + (1 - \lambda) u_{n-1}^2, \quad (6)$$

gdzie  $\sigma_n$  to bieżąca zmienność,  $\sigma_{n-1}$  to zmienność wyznaczona dla poprzedniej obserwacji,  $u_{n-1}$  - ostatnia (najnowsza) zmiana procentowa ceny. Haug (2007) podaje, że parametr wygładzający  $\lambda$  przyjmuje zazwyczaj wartości z przedziału (0,75; 0,98), a J.P. Morgan rekomenduje dla danych dziennych wartość lambda równą 0,94 i 0,97 dla danych miesięcznych. Wartość lambda determinuje liczbę obserwacji niezbędną do oszacowania zmienności, np. przy  $\lambda=0,94$ , wymagana liczba obserwacji, to 50.

Innym sposobem oszacowania zmienności jest wykorzystanie modeli GARCH. Badania empiryczne wskazują na model GARCH (1,1), który można zapisać w postaci dwóch równań (pierwsze - tzw. modelu bazowego oraz drugie - modelu wariancji warunkowej):

$$y_t = a_1 + a_2 y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (7)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2, \quad (8)$$

gdzie parametry spełniają warunki:  $\omega \geq 0$ ,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$ ,  $\alpha + \beta < 1$ .

$y_i$  - oznacza stopy zwrotu danego instrumentu,  
 $\varepsilon_i$  - oznacza ciąg niezależnych zmiennych losowych o jednakowym rozkładzie z zerową wartością oczekiwaną i jednostkową wariancją,  
 $\sigma_i$  oznacza funkcje wariancji warunkowej.

Oszacowany model GARCH (1, 1) można wykorzystać do wyznaczenia zmienności długookresowej w następujący sposób (Rouah, Vainberg 2007):

$$\sigma^2 = \frac{\omega}{1 - \alpha - \beta}, \quad (9)$$

a następnie

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (10)$$

W przypadku klasycznego portfela inwestycyjnego Markowitza (1952) minimalizuje się wariancję stóp zwrotu portfela:

$$s_p^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k x_i x_j k_{ij} \quad (11)$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{i=1}^k x_i = 1, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^k x_i \bar{z}_i \geq \gamma, \quad (13)$$

$$x_i \geq 0 \quad i=1, \dots, n, \quad (14)$$

gdzie:  $s_p^2$  - wariancja stóp zwrotu portfela akcji,  $\gamma$  - określona z góry stopa zwrotu dla całego portfela, przy założeniu  $\gamma \leq \max \bar{z}_i$ ,  $\bar{z}_i$  - średnia stopa zwrotu  $i$ -tego waloru,  $x_i$  - udział wartościowy  $i$ -tego waloru w portfelu,  $k_{ij}$  - kowariancja stóp zwrotu  $i$ -tego i  $j$ -tego waloru<sup>†</sup>.

Alternatywny model wyboru portfela SEM jest podobny do klasycznego podejścia Markowitza, ale w tym przypadku minimalizowana jest semiwariancja stopy zwrotu portfela:

$$ds_p^2(\gamma) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k x_i x_j d_{ij}(\gamma) \quad (15)$$

przy ograniczeniach (12) – (14),

gdzie:

$$d_{ij}(\gamma) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m d_{ijt}(\gamma), \quad (16)$$

---

<sup>†</sup> Kowariancja akcji, np. A i B, to iloczyn odchyłeń standardowych akcji A i B oraz współczynnika korelacji między tymi akcjami (Witkowska i in. 2008)

$$d_{ijt}(\gamma) = \begin{cases} 0 & \text{dla } z_{pt} \geq \gamma \\ (z_{it} - \gamma)(z_{jt} - \gamma) & \text{dla } z_{pt} < \gamma \end{cases}, \quad (17)$$

$d_{ij}(\gamma)$  - semikowariancja od założonej stopy zwrotu,  $m$  - liczba jednostek czasowych, w których rejestrowane są stopy zwrotu walorów  $z_{it}$ ,  $t = 1, 2, \dots, m$ ,  $z_{pt}$  - stopa zwrotu portfela w momencie  $t$  (Rutkowska-Ziarko, Markowski 2007).

### 3. Materiał empiryczny

Analizowane dane empiryczne obejmują lata 2010 – 2012. Są to dzienne notowania na zamknięcie spółek z Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie oraz, wyrażone w USD, ceny terminowe wybranych towarów z rynku FOREX, dostępne na stronie internetowej Domu Maklerskiego Banku Ochrony Środowiska ([www.bossa.pl](http://www.bossa.pl)). Dobierając do badania spółki, kierowano się zasadą zapewnienia maksymalnej różnorodności. Dlatego do portfela nr 1, zawierającego spółki, których działalność nie wiąże się z branżą towarową, wybrano 5 spółek, reprezentujących odmienne profile działalności: bank PKO BP, Budimex (budownictwo), TP SA (telekomunikacja), Assecopol (informatyka) i TVN (media). W portfelu 2, obejmującym akcje spółek, związanych z sektorem towarowym, uwzględniono: KGHM (surowce), Kernel (producent oleju jadalnego), Duda (przemysł mięsny), PKN Orlen (paliwa) i PGE (energia). Portfel 3, zawierający wyłącznie towary, obejmuje: miedź, kukurydzę, złoto, ropę naftową i pszenicę.

Na bazie 753 notowań analizowanych walorów, zgodnie ze wzorem (1), oszacowano stopy zwrotu, które wykorzystano do wyznaczenia podstawowych statystyk opisowych (tabela 1) i współczynników korelacji (tabela 2). Wśród rozpatrywanych towarów, najwyższą oczekiwaną stopę zwrotu (średnia) wygenerowała kukurydza (0,09%), a wśród spółek KGHM (0,1%). Żaden z analizowanych towarów w badanym okresie nie wygenerował ujemnej oczekiwanej stopy zwrotu, w przeciwieństwie do spółek, wśród których 5 (TPSA, Assecopol, TVN, Duda i PGE), odnotowało ujemne stopy. Tylko dwie z nich działają w sektorze towarowym.

Najniższą wartość odchylenia standardowego uzyskano w przypadku złota (1,1%), a następnie PGE (1,6%). Większość rozpatrywanych walorów charakteryzowała ujemna asymetria. Tylko 4 spółki: PKO BP, Assecopol, Kernel i Duda oraz 2 towary: kukurydza i pszenica odznaczały się dodatnią asymetrią. Jest ona korzystna z punktu widzenia inwestora, gdyż oznacza, że w badanym okresie więcej było dodatnich stóp zwrotu.

Tabela 1. Podstawowe statystyki opisowe dziennych stóp zwrotu analizowanych walorów.

Walor	Statystyka							
	średnia	mediana	min	max	odch st	wsp.zm	skośność	kurtoza
PKO BP	.000108	.00000	-.08243	.00787	.01848	171.09	.02217	1.9378
Budimex	.000179	.00000	-.19120	.08115	.02168	121.37	-1.7701	13.238
TPSA	-.00021	.00000	-.14824	.10092	.01722	83.093	-1.3937	12.706
Assecopol	-.00027	.00000	-.06613	.07407	.01847	68.441	.05164	1.6348
TVN	-.00026	.00000	-.12809	.10703	.02350	88.872	-.06307	3.2001
KGHM	.00107	.00086	-.19255	.07703	.02540	23.647	-1.0755	6.9055
Kernel	.00090	.00000	-.07750	.12281	.02373	26.487	.45276	2.1275
Duda	-.00123	.00000	-.09524	.12121	.02696	21.953	.42360	2.2521
Orlen	.00066	.00059	-.10769	.07196	.02061	31.298	-.12707	2.1056
PGE	-.00025	.00000	-.09212	.08451	.01637	65.150	-.27460	4.5504
Miedź	.00021	.00072	-.08586	.06492	.01721	79.860	-.35055	2.0028
Kukurydza	.00087	.00018	-.07076	.11153	.02031	23.278	.43971	2.3627
Złoto	.00058	.00111	-.05395	.03991	.01087	18.661	-.52699	2.5378
Ropa	.00032	.00053	-.08237	.08055	.01879	58.967	-.15955	1.5393
Pszenica	.00072	.00000	-.08991	.11082	.02376	33.075	.40864	1.8982

Źródło: obliczenia własne

Najwyższą dodatnią korelację odnotowano dla pary pszenica – kukurydza (0,6972), a następnie dla ropy i miedzi (0,5981) oraz akcji PKO BP i PKN Orlen (0,5840). Ujemne wartości współczynnika korelacji otrzymano tylko dla par: Budimex – kukurydza (–0,0302) i PGE – złoto (–0,0163). Nie były one jednak statystycznie istotne na poziomie  $\alpha=0,05$ . Zatem, choć w literaturze często spotyka się stwierdzenie o ujemnej korelacji stóp zwrotu akcji i towarów, nasze wyniki tego nie potwierdzają. Podobne wnioski, na podstawie badań obejmujących lata 1994 – 2010, przedstawia You i Daigler (2013).

Tabela 2. Macierz korelacji dziennych stóp zwrotu analizowanych walorów

	PKOBP	Budimex	TPSA	Assecopol	TVN	KGHM	KERNEL	DUDA	PKN Orient	PGE	Miedź	Kukurydza	Złoto	Ropa	Pszennica
PKOBP	1														
Budimex	0,2832	1													
TPSA	0,2356	0,0772	1												
Assecopol	0,4183	0,1958	0,1942	1											
TVN	0,3652	0,2330	0,1581	0,3840	1										
KGHM	0,5151	0,2358	0,1601	0,3201	0,3729	1									
KERNEL	0,2710	0,1416	0,0797	0,2911	0,2155	0,2405	1								
DUDA	0,3169	0,1716	0,1119	0,2330	0,2252	0,3355	0,1730	1							
PKN Orient	0,5840	0,2057	0,2915	0,4106	0,3451	0,5280	0,2454	0,3583	1						
PGE	0,4751	0,2130	0,2716	0,4280	0,2926	0,3498	0,2764	0,2626	0,4786	1					
Miedź	0,3381	0,0734	0,0786	0,2273	0,2227	0,4808	0,0896	0,2367	0,3494	0,2475	1				
Kukurydza	0,0879	-0,0302	0,0251	0,0747	0,0233	0,1182	0,0435	0,0989	0,1466	0,0789	0,2309	1			
Złoto	0,1022	0,0416	0,0491	0,0424	0,0778	0,2157	0,0053	0,0822	0,1283	-0,0163	0,3427	0,1767	1		
Ropa	0,3005	0,0810	0,1158	0,1779	0,1712	0,3604	0,0996	0,2209	0,3647	0,2408	0,5981	0,2541	0,3057	1	
Pszennica	0,0923	0,0050	0,0579	0,1084	0,0397	0,1191	0,0018	0,1007	0,1446	0,0931	0,2598	0,6972	0,1894	0,2835	1

Zródło: obliczenia własne



#### 4. Optymalizacja składu analizowanych portfeli inwestycyjnych

W celu określenia roli towarów w dywersyfikacji portfela, koncentrujemy się na wyznaczeniu portfeli optymalnych, a konkretnie, w pierwszym etapie badań, ustalamy optymalny skład trzech różnych portfeli, wykorzystując klasyczne podejście Markowitza. Portfel 1 zawiera tylko akcje spółek niezwiązanych z sektorem towarowym, portfel 2 – akcje spółek branży towarowej, portfel 3 – towary. Kryterium optymalizacyjnym, dla wszystkich trzech rozważanych struktur portfeli inwestycyjnych, była minimalizacja wariancji portfela według formuły (11). Warunki ograniczające zapisano według formuł (12) - (14), gdzie określoną stopę zwrotu  $\mathcal{V}$  dla portfeli przyjęto na poziomie minimalnej stopy zwrotu waloru, uwzględnionego w danym portfelu.

Optymalną strukturę portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono 5 spółek niezwiązanych z sektorem towarowym, przedstawiono w tabeli 3. Składa się on z trzech walorów: PKOBP z udziałem 47,76%, Budimexu z udziałem 40,60% oraz TPSA z udziałem 11,64%. Spółki Assecopol i TVN nie weszły do portfela.

Tabela 3. Optymalna struktura portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono 5 spółek niezwiązanych z sektorem towarowym

Charakterystyka	Walor				
	PKO BP	Budimex	TPSA	Assecopol	TVN
Wartość oczekiwana	0,00011	0,00018	-0,00021	-0,00027	-0,00026
Wariancja	0,00034	0,00047	0,00030	0,00034	0,00055
Optymalne udziały	47,76%	40,60%	11,64%	0%	0%
Zysk portfela	<b>0,00010</b>				
Wariancja portfela	<b>0,00021</b>				

Źródło: obliczenia własne

Optymalna struktura portfela inwestycyjnego, składającego się wyłącznie ze spółek związanych z sektorem towarowym, przedstawiona jest w tabeli 4. Do portfela inwestycyjnego weszły wszystkie rozważane spółki w następujących udziałach: KGHM – 5,42%, Kernel – 19,29%, Duda – 10,97%, PKN Orlen – 13,50% i PGE – 50,81%. Ponad 50% udziałów w portfelu inwestycyjnym ma jedna spółka - PGE.

Tabela 4. Optymalna struktura portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono 5 spółek związanych z sektorem towarowym

Charakterystyka	Walor				
	KGHM	Kernel	Duda	PKN Orlen	PGE
Wartość oczekiwana	0,001074	0,000896	-0,001228	0,000658	-0,000251
Wariancja	0,000645	0,000563	0,000727	0,000425	0,000268
Optymalne udziały	5,42%	19,29%	10,97%	13,50%	50,82%
Zysk portfela	<b>0,000057</b>				
Wariancja portfela	<b>0,000199</b>				

Źródło: obliczenia własne

Natomiast optymalną strukturę portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono wyłącznie towary, przedstawiono w tabeli 5. Portfel ten zdominowało złoto z udziałem 69,78%. Dwa kolejne towary (miedź i kukurydza) mają udziały przekraczające 10% (odpowiednio 10,4% i 13,8%). W optymalnej strukturze portfela znalazła się także ropa z udziałem 6,02%. Natomiast pszenica nie weszła do optymalnego portfela inwestycyjnego.

Tabela 5. Optymalna struktura portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono kontrakty terminowe na 5 różnych towarów

Charakterystyka	Walor				
	Miedź	Kukurydza	Złoto	Ropa	Pszenica
Wartość oczekiwana	0,000216	0,000872	0,000583	0,000319	0,000718
Wariancja	0,000296	0,000412	0,000118	0,000353	0,000564
Optymalne udziały	10,40%	13,80%	69,78%	6,02%	0%
Zysk portfela	<b>0,000569</b>				
Wariancja portfela	<b>0,000098</b>				

Źródło: obliczenia własne

W drugim etapie badań skonstruowano optymalny portfel inwestycyjny, uwzględniając wszystkie 15 walorów. Do optymalizacji struktury portfela inwestycyjnego również wykorzystano model Markowitza. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Optymalna struktura portfela inwestycyjnego, w którym uwzględniono 15 rozpatrywanych walorów

Walor	Charakterystyka		
	Wartość oczekiwana	Wariancja	Optymalne udziały
PKO BP	0,000108	0,000342	0%
Budimex	0,000179	0,000470	7,72%
TPSA	-0,000207	0,000297	13,41%
Assecopol	-0,000270	0,000341	4,87%
TVN	-0,000264	0,000552	0,81%
KGHM	0,001074	0,000645	0%
Kernel	0,000896	0,000563	5,08%
Duda	-0,001228	0,000727	0,49%
PKN Orlen	0,000658	0,000425	0%
PGE	-0,000251	0,000268	11,14%
Miedź	0,000216	0,000296	1,74%
Kukurydza	0,000872	0,000412	8,77%
Złoto	0,000583	0,000118	45,97%
Ropa	0,000319	0,000353	0%
Pszenica	0,000718	0,000564	0%
<b>Zysk portfela</b>	<b>0,000330</b>		
<b>Wariancja portfela</b>	<b>0,000061</b>		

Źródło: obliczenia własne

Uwzględnienie wszystkich walorów w konstrukcji optymalnej struktury portfela inwestycyjnego, znacznie zmniejszyło poziom ryzyka. Największy udział w portfelu ma złoto (blisko 46%), a następnie TPSA (13,41%), PGE (11,14%), kukurydza (8,77%), Budimex (7,72%), Kernel (5,08%), Assecopol (4,87%), miedź (1,74%). Nie wszystkie walory, z rozpatrywanych grup, weszły do optymalnej struktury portfela inwestycyjnego. Z grupy spółek niezwiązanych z branżą towarową był to bank PKO BP, z grupy spółek sektora towarowego: KGHM i PKN Orlen, a z grupy towarów: ropa i pszenica. Również spółka mięsna Duda oraz TVN mają udziały na niskim poziomie, nieprzekraczającym 1%. W tabeli 7 przedstawiono podsumowanie wszystkich otrzymanych wyników.

Tabela 7. Optymalne struktury portfeli inwestycyjnych dla różnych rozważanych wariantów oraz ich zyski i poziomy ryzyka

Walor	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV
	Udziały w strukturze portfela inwestycyjnego			
PKO BP	47,76%			0%
Budimex	40,60%			7,72%
TPSA	11,64%			13,41%
Assecopol	0%			4,87%
TVN	0%			0,81%
KGHM		5,42%		0%
Kernel		19,29%		5,08%
Duda		10,97%		0,49%
PKN Orlen		13,50%		0%
PGE		50,82%		11,14%
Miedź			10,40%	1,74%
Kukurydza			13,80%	8,77%
Złoto			69,78%	45,97%
Ropa			6,02%	0%
Pszenica			0%	0%
<b>Zysk portfela</b>	<b>0,000100</b>	<b>0,000057</b>	<b>0,000569</b>	<b>0,000330</b>
<b>Wariancja portfela</b>	<b>0,000214</b>	<b>0,000199</b>	<b>0,000098</b>	<b>0,000061</b>

Źródło: obliczenia własne

Badania wykazały, że rozszerzenie struktury portfela inwestycyjnego do 15 walorów (wariant IV) wyraźnie zmniejsza ryzyko w porównaniu do portfeli pięcioskładnikowych, zbudowanych z akcji spółek niezwiązanych z sektorem towarowym oraz związanych z sektorem towarowym (wariant I i II). Poziom ryzyka portfela, łączącego trzy grupy walorów, był także niższy niż poziom ryzyka portfela, zawierającego wyłącznie towary (wariant III). Najwyższy zysk osiągnięto dla portfela inwestycyjnego, składającego się tylko z towarów. Był on wyższy ponad 60% od zysku zdywersyfikowanego portfela inwestycyjnego, reprezentującego wariant IV badania. Przypuszczamy, że na osiągnięty rezultat w dużym stopniu wpłynęło złoto z udziałem, wynoszącym prawie 70%.

## Podsumowanie

Celem niniejszej pracy była analiza możliwości dywersyfikacji portfela akcji za pomocą pośrednich form inwestowania w towary (akcji spółek branży towarowej i kontraktów terminowych). Zbudowano cztery alternatywne portfele: portfel 1, zawierający akcje 5 spółek niezwiązanych z sektorem towarowym, portfel 2, zawierający akcje 5 spółek sektora towarowego, portfel 3, zawierający kontrakty terminowe na 5 różnych towarów i alternatywny portfel 4, obejmujący 15 rozpatrywanych walorów łącznie.

W odróżnieniu od wielu prac, w których arbitralnie narzucano udziały poszczególnych składników w portfelu (często były one jednakowe), w niniejszej pracy do ustalenia struktury portfeli wykorzystano klasyczny model Markowitza. Pozwolił on na uzyskanie portfeli optymalnych z punktu widzenia minimalizacji ryzyka. Otrzymane wyniki potwierdziły, że wprowadzenie do zdywersyfikowanego portfela akcji, pośrednich form inwestowania w towary, pozwala obniżyć jego ryzyko i zwiększyć oczekiwaną stopę zwrotu. Przy tym, najniższe ryzyko odnotowano dla portfela 4, w którym optymalny udział towarów to ponad 73% (w tym ponad 56% stanowi udział kontraktów terminowych i ponad 16% - akcji spółek branży towarowej). Natomiast najwyższą oczekiwaną stopę zwrotu uzyskano dla portfela 3, zawierającego tylko towarowe kontrakty terminowe. Ryzyko tego portfela jest niższe niż ryzyko portfeli 1 i 2, zawierających wyłącznie akcje, co może sugerować przewagę kontraktów futures jako pośredniej formy inwestowania w towary.

## LITERATURA

- Anson M.J.P. (2006): Handbook of Alternative Investment. John Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.
- Balarie E. (2007): Commodities for Every Portfolio. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey.
- Bodie Z., Rosansky V.(1980): Risk and return in commodity futures. Financial Analyst Journal 36, 27-39.
- Doman M., Doman R. (2004): Ekonometryczne modelowanie dynamiki polskiego rynku finansowego. Prace habilitacyjne, Akademia Ekonomiczna w Poznaniu.
- Drewniński M. (2007): Podstawy inwestowania na giełdach towarowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Elton E.J., Gruber M.J. (1998): Nowoczesna teoria portfelowa i analiza papierów wartościowych, WIG Press, Warszawa.
- Geman H. (2007): Commodities and Commodity Derivatives. John Wiley&Sons Ltd., West Sussex.
- Haug E. G. (2007): Option Pricing Formulas. McGraw-Hill, New York.
- Hull J.C. (2003): Options, Futures, and Other Derivatives. Prentice Hall, New Jersey.

- Jajuga K. red. (2000): Metody ekonometryczne i statystyczne w analizie rynku kapitałowego. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław.
- Krawiec M. (2011): Efficiency of indirect ways of investing in commodities in conditions of Polish capital market. Metody ilościowe w badaniach ekonomicznych - Quantitative Methods in Economics, tom XII, Nr 1, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011, s. 105 – 118.
- Markowitz H. (1952): Portfolio selection. Journal of Finance, nr 7, s. 77-91.
- Osińska M. (2006): Ekonometria finansowa. PWE, Warszawa.
- Rouah F., Vainberg G. (2007): Option Pricing Models & Volatility. John Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.
- Rutkowska-Ziarko A., Markowski L. (2007): Porównanie portfeli Markowitza i portfeli o minimalnej semiwariancji w warunkach zmienności koniunktury giełdowej. Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a polski rynek. Prace naukowe AE we Wrocławiu nr 1176, Wrocław, s. 360 – 369.
- Schofield N.C. (2007): Commodity derivatives. John Wiley&Sons Ltd., West Sussex.
- Tarczyński W. (1997): Rynki Kapitałowe – metody ilościowe. Vol. II, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.
- Tarczyński W. (2002): Fundamentalny portfel papierów wartościowych. PWE, Warszawa.
- Tarczyński W. (2003): Instrumenty pochodne na rynku kapitałowym. PWE, Warszawa.
- Tarczyński W., Łuniewska M. (2006): Ograniczanie ryzyka inwestycji na rynku kapitałowym – dywersyfikacja ryzyka pionowa i pozioma. Modelowanie preferencji a ryzyko '05. Wyd. Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- Winkler-Drews T. (2009): Zarządzanie ryzykiem zmiany ceny. PWE, Warszawa.
- Witkowska D., Matuszewska A., Kompa K. (2008): Wprowadzenie do ekonometrii dynamicznej i finansowej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Woodard J.D. (2008): Commodity futures investments: a review of strategic motivations and tactical opportunities. The Handbook of Commodity Investing. John Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.
- You L., Deigler R.T. (2013): A Markowitz optimization of commodity futures. Journal of Futures Markets vol. 33, No. 4, 343-368.

### **Summary**

*It is commonly believed that adding commodities to an portfolio of stocks or bonds allows to obtain diversification benefits. The aim of the paper was to analyze possibilities of portfolio diversification by the use of indirect commodity investments (stocks of commodity-related companies and commodity futures). We estimate several portfolios: portfolio 1 that includes 5 stocks of companies whose business activity is unrelated to commodity sector, portfolio 2 containing 5 stocks of commodity-related companies (including food processing enterprises),*

*portfolio 3 consisting of futures contracts on 5 different commodities (including contracts on agricultural items), and portfolio 4 comprising 15 considered assets. In order to set portfolio structures, classical Markowitz approach is applied. Results show that adding commodities to a stock portfolio yields in reducing portfolio risk and increasing portfolio expected return.*

**Key words:** *commodity investments, portfolio diversification, Markowitz model*

Informacja o autorach:

**Dr hab. Bolesław Borkowski,**

**Dr Monika Krawiec**

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki

Katedra Ekonometrii i Statystyki

e-mail: boleslaw.borkowski@gmail.com