

# KSZTAŁTOWANIE SIĘ WYDATKÓW NA INNOWACJE W GÓRNICTWIE ORAZ BADANIE WPLYWU WYBRANYCH CZYNNIKÓW MAKROEKONOMICZNYCH NA ICH POZIOM

Tadeusz FRANIK

**Streszczenie:** W prezentowanej pracy przedstawiono zagadnienie kształtowania się nakładów na innowacje w przemyśle krajowym oraz w sekcji górnictwo i wydobywanie kopalin, stanowiącej jego część składową. Określono produktywność nakładów na innowacje w latach 2004-2013. Przedstawiono rezultaty próby określenia wpływu wybranych czynników makroekonomicznych na kształtowanie się skłonności do ponoszenia wydatków na innowacje w górnictwie krajowym. Nakłady związane z działalnością innowacyjną rozpatrywano w obszarze wydzielonych grup tych nakładów, tj. na działalność badawczą i rozwojową, zakup wiedzy ze źródeł zewnętrznych i oprogramowania, nakłady inwestycyjne na maszyny i urządzenia techniczne oraz wydatki związane ze szkoleniem personelu i na marketing lub istotne ulepszenie produktów.

**Słowa kluczowe:** Górnictwo i wydobywanie kopalin, nakłady na innowacje, czynniki makroekonomiczne wpływające na nakłady innowacyjne.

## 1. Wprowadzenie

Obserwowana od dłuższego czasu trudna sytuacja ekonomiczna krajowego górnictwa, szczególnie w odniesieniu do górnictwa węgla kamiennego, w zgodnej opinii ekspertów wiąże się z ograniczoną możliwością pozyskania środków finansowych na realizację inwestycji rozwojowych. Podkreślić należy, że w okresie reformowania górnictwa węglowego, wydatkowane olbrzymie środki finansowe przeznaczone były głównie na zredukowanie zdolności wydobywczych w tym likwidację oddziałów produkcyjnych a także całych zakładów górniczych oraz zapewnienie godziwych świadczeń socjalnych redukowanym załóg likwidowanych kopalń. W tych warunkach trudno było oczekiwać, że branża górnictwa węgla kamiennego zdoła przeprowadzić szereg niezbędnych inwestycji rozwojowych w celu uzyskania znaczącej poprawy efektywności procesów wydobywczych. W ostatnich latach – mimo przeprowadzenia gruntownych reform, sytuacja ekonomiczna uległa dalszemu pogorszeniu, przede wszystkim w wyniku znacznego spadku cen wszystkich pierwotnych nośników energii a szczególnie węgla kamiennego. Konieczność korzystania w naszych warunkach z węgla jako podstawowego surowca służącego wytwarzaniu energii elektrycznej, wymaga dokonania znaczących działań, zmierzających do obniżenia kosztów produkcji i poprawy efektywności. Nie można tego osiągnąć bez środków finansowych przeznaczonych na rozwój. Nakłady przeznaczone na innowacje, ponoszone przez podmioty gospodarcze są tym elementem, który powinien zapewnić osiągnięcie tego celu. Nakłady na innowacje w odróżnieniu od innych czynników gospodarczych mają charakter czynnika intensywnego, zawierającego w dużym stopniu pierwiastek intelektualny, a więc jak należy się spodziewać zdecydowanie szybciej będą wpływać na poprawę efektywności. Skłonność do inwestowania w określonej sferze gospodarki zależy w głównej mierze od: wielkości

istniejącego kapitału trwałego oraz stopnia jego wykorzystania, rentowności inwestycji, czyli stopy zwrotu jaki uzyskują inwestorzy w stosunku do poniesionych nakładów, poziomu rynkowych stóp procentowych, gdyż inwestycje są opłacalne gdy ich rentowność jest wyższa od aktualnej stopy procentowej.

Za działalność innowacyjną podmiotów gospodarczych uważa się całokształt działań naukowych, technicznych, finansowych i organizacyjnych, których celem jest wdrożenie rozwiązań przynoszących efekt gospodarczy. Nakłady ponoszone na działalność innowacyjną określa się jako „nakłady obejmujące wszelkie wydatki niezależnie od źródeł finansowania, bieżące i inwestycyjne ponoszone na wszelkie rodzaje działalności innowacyjnej, na prace zakończone sukcesem (wdrożone), przerwane, zaniechane i niezakończone” [1]. Nakłady na działalność innowacyjną obejmują następujące rodzaje wydatków”

- na działalność badawczą i rozwojową,
- na zakup wiedzy ze źródeł zewnętrznych (gotowej technologii w postaci dokumentacji i praw),
- na zakup oprogramowania,
- inwestycyjne na maszyny i urządzenia oraz środki transportu,
- na marketing dotyczący nowych lub istotnie ulepszonych produktów,
- inne nakłady.

Wielkości nakładów ponoszonych w ostatnim dziesięcioleciu w polskim górnictwie z uwzględnieniem głównych sfer tej działalności analizowano w porównaniu z podobnymi nakładami wydatkowanymi w całym przemyśle obejmującym również górnictwo. Ich efektywność oceniano przy użyciu wskaźnika produktywności. Podjęto próbę oceny wpływu niektórych czynników makroekonomicznych na wysokość ponoszonych nakładów na innowacje.

## **2. Kształtowanie się nakładów na innowacje w krajowym górnictwie oraz całym przemyśle w latach 2004-2013**

Podmioty gospodarcze zgrupowane ze względów statystycznych w sekcję o nazwie Górnictwo i wydobywanie wraz z przetwórstwem przemysłowym oraz ogólnie z sekcjami związanymi z energetyką stanowią dział gospodarki o nazwie Przemysł (według klasyfikacji PKD).

Nakłady na działalność innowacyjną mogą być wydatkowane w ramach podmiotu gospodarczego (nakłady wewnętrzne) lub poza jednostką gospodarczą. Nakłady na działalność badawczo-rozwojową oraz zakup wiedzy ze źródeł zewnętrznych może polegać na zakupie technologii. Technologia to umiejętność czy sztuka polegająca na zastosowaniu wiedzy do rozwiązywania praktycznych problemów i osiągnięcia użytecznych celów. Zakup technologii w postaci niematerialnej obejmuje nabywanie obcych technologii w formie patentów, wynalazków, licencji, know-how, znaków towarowych, projektów, wzorów i usług o treści technicznej lub technologicznej. Zakup technologii w postaci materialnej oznacza nabywanie maszyn i urządzeń oraz prace projektowo-konstrukcyjne [1]

Nakłady na innowacje ujmowane w zestawieniach statystycznych, można, ze względu na ich przeznaczenie, zgrupować w cztery zasadnicze obszary, obejmujące:

- Grupa A - działalność badawczą i rozwojową (B+R),
- Grupa B - zakup wiedzy ze źródeł zewnętrznych i oprogramowania,
- Grupa C - inwestycyjne na maszyny i urządzenia techniczne,
- Grupa D - szkolenie personelu i na marketing lub istotne ulepszenie produktów.

Nakłady na działalność innowacyjną w przedsiębiorstwach przemysłowych w 2013 r. wyniosły 20958,9 mln zł, a w przedsiębiorstwach z sektora usług – 11980,9 mln zł. W przedsiębiorstwach przemysłowych dominowały nakłady inwestycyjne, które stanowiły 73,6% wszystkich nakładów na innowacje. Przedsiębiorstwa z sektora usług najwięcej środków przeznaczały na inwestycje – 42,4% oraz na działalność badawczo-rozwojową – 23,0%. Ponadto ponoszono nakłady na zakup oprogramowania, zakup wiedzy ze źródeł zewnętrznych, szkolenia, marketing [3].

Dane statystyczne wskazują, że udział innowacyjnych podmiotów gospodarczych jest w obrębie górnictwie najniższy z wszystkich pozostałych sekcji przemysłu. Aktualnie udział ten wynosi około 18%, podczas gdy w innych sekcjach przemysłu znacznie przekracza 20%. Jest to wynikiem niedoboru środków (brakiem dostępu do efektywnych źródeł finansowania) i wieloletnim niedoinwestowaniem, uniemożliwiającym wprowadzanie nowych technologii a także odtwarzanie potencjału wydobywczego. Uwagi te dotyczą przede wszystkim branży górnictwa węgla kamiennego, którego jednak udział w potencjale wydobywczym całej branży jest dominujący.

W zestawieniach tabelarycznych zamieszczono wysokości nakładów ponoszonych na działalność innowacyjną w latach 2004-2013 w sekcji Górnictwo i wydobywanie (tabela 1) oraz w całym przemyśle (tabela 2) z uwzględnieniem wymienionego wyżej podziału na cztery grupy określających główne cele wydatkowania tych środków. Wydatki łączne oprócz zestawionych wydatków 4 grup zawierają także inne środki na innowacje nie ujęte w tych grupach.

Tab. 1. Wysokość nakładów na innowacje w sekcji przemysłu Górnictwo i wydobywanie w latach 2004-2013 z uwzględnieniem celów ich ponoszenia.

Lata	Nakłady na innowacje, [mln zł]				
	Grupa A	Grupa B	Grupa C	Grupa D	Razem
2004	16,7	3,0	274,2	0,1	429,9
2005	82,9	3,6	265,5	0,3	473,7
2006	17,4	2,7	318,2	0,1	448,4
2007	12,1	3,0	297,5	0,2	464,3
2008	15,8	4,0	344,2	0,2	636,7
2009	16,1	15,3	487,2	0,1	641,2
2010	25,5	13,4	375,2	0,1	519,9
2011	41,4	47,9	539,1	2,6	777,8
2012	229,9	65,2	850,5	7,5	1306,9
2013	330,0	23,9	950,0	8,8	1663,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych [2]

Analizując znaczenie nakładów przeznaczonych na innowacje w górnictwie w porównaniu do całego przemysłu można uwzględnić następujące sposoby ich badania:

- A. Ich wielkość w stosunku do odpowiednich nakładów ponoszonych w całym przemyśle oraz dynamikę ich zmian w badanym horyzoncie czasu,
- B. Ich udział w całkowitych nakładach inwestycyjnych,
- C. Ich powiązanie z osiąganymi efektami gospodarczymi.

Ad. A. W analizowanym dziesięcioleciu obserwowano wzrost nakładów na innowacje w przemyśle o niemal 25% a w górnictwie ten wzrost jest nawet ponad trzykrotny (w górnictwie jest to jednak wynikiem znacznego ich wzrostu w dwóch ostatnich latach).

W latach 2012-2013 nastąpiło zwiększenie nakładów na działalność badawczo-rozwojową (grupa A) oraz nakładów na zakup maszyn i urządzeń technicznych (grupa C). W wyniku tego wystąpił wzrost udziału nakładów na innowacje w górnictwie w odniesieniu do nakładów w całym przemyśle z poziomu 2,8% w roku 2004 do 8,5% w roku 2013. Przy porównywaniu wielkości nakładów ujętych w zestawieniach tabelarycznych pamiętać jednak należy, że są to ich nominalne wartości określone w cenach bieżących danego roku.

Tab. 2. Wysokość nakładów na innowacje w całym przemyśle w latach 2004-2013 z uwzględnieniem celów ich ponoszenia.

Lata	Nakłady na innowacje, [mln zł]				
	Grupa A	Grupa B	Grupa C	Grupa D	Razem
2004	1172,7	438,9	9351,1	409,5	15628,1
2005	1367,1	625,1	8392,7	332,3	14329,1
2006	1481,4	803,6	9394,5	462,6	16031,0
2007	1602,8	665,1	11665,7	577,2	19804,6
2008	1939,0	615,7	13502,6	580,1	23686,1
2009	2173,1	624,4	13313,1	345,9	21405,5
2010	3272,8	1362,4	11711,6	528,6	22379,0
2011	2617,2	686,5	11343,8	504,2	19376,5
2012	3529,7	1026,9	11862,3	508,7	20293,2
2013	3829,7	542,8	10489,0	509,0	19520,7

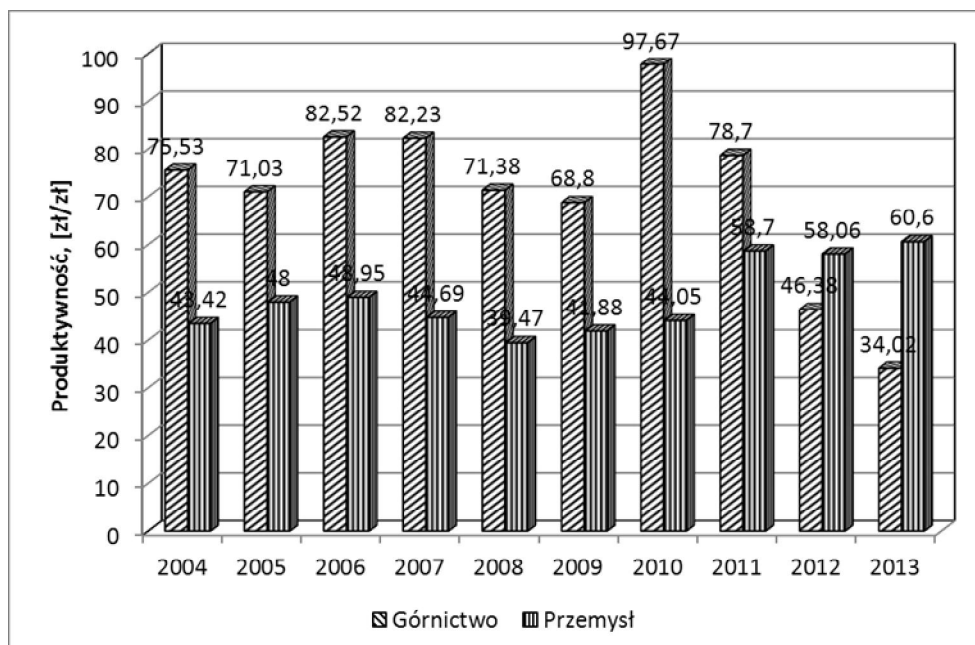
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych [2]

Ad. B. Udział nakładów na innowacje w górnictwie w łącznych nakładach inwestycyjnych wzrósł w badanym dziesięcioleciu z 17,3% do 22,1%, natomiast w całym przemyśle zmalał w tym okresie z poziomu 37,3% do 24,5%. W odniesieniu do górnictwa jest to zapewne wynik głębokich reform restrukturyzacyjnych prowadzonych w latach poprzedzających badany okres, polegających m.in. na likwidacji kopalń trwale nierentownych i restrukturyzacji technicznej oddziałów wydobywczych najbardziej perspektywicznych.

Ad. C. Wydatki ponoszone na innowacje, podobnie jak inne nakłady powinny być celowe i przynosić efekt gospodarczy. Trudność ich bezpośredniego powiązania z efektami polega z jednej strony na okoliczności, że uzyskiwane efekty są zawsze przesunięte w czasie w stosunku do okresu gdy wydatkowane są nakłady. Okres ten zazwyczaj wynosi od 2 do 5 lat, przy czym w górnictwie ze względu na stopień złożoności procesów inwestycyjnych jest on zazwyczaj dłuższy. Z drugiej strony dokonując takiej oceny należy pamiętać, że zgodnie z formalnymi wymogami sprawozdawczości, nakłady te obejmują nie tylko środki wydatkowane na prace zakończone sukcesem (wdrożone innowacje), ale także na prace przerwane, zaniechane i niezakończone, a te nie zwiększają efektów gospodarczych lecz je pogarszają [4].

Wielkości wydatkowanych nakładów związanych z działalnością innowacyjną można odnosić do obiektywnych wskaźników charakteryzujących osiągnięte efekty gospodarcze.

W celu określenia wpływu wydatków ponoszonych na działalność innowacyjną w badanych przekrojach gospodarczych, określono ich produktywność cząstkową, rozumianą jako iloraz wartości produkcji sprzedanej do wysokości nakładów na innowacje. Kształtowanie się tych wskaźników dla całego przemysłu oraz sekcji Górnictwo i wydobywanie przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Kształtowanie się wskaźnika produktywności nakładów na innowacje w górnictwie i całym przemyśle w latach 2004-2013

Produktywność nakładów na innowacje wydatkowanych w zakładach górniczych do roku 2011 była znacznie wyższa niż w pozostałych sekcjach przemysłu. W ostatnich latach badanego okresu gwałtownie się jednak obniżyła, (mimo wzrostu nakładów) co należy tłumaczyć spadkiem poziomu produkcji kopalń węgla kamiennego, spadkiem cen węgla a więc spadkiem wartości produkcji sprzedanej.

### 3. Określenie zależności nakładów na innowacje w górnictwie od wybranych czynników makroekonomicznych

Ze względu na znaczenie przemysłu wydobywczego w zaspokajaniu potrzeb energetycznych kraju obecnie oraz w dającej się przewidzieć perspektywie, interesującym jest zagadnienie wpływu określonych czynników na wysokość wydatkowanych środków na innowacje oraz określenie siły ich oddziaływania. Problem ten jest o tyle istotny, że jak wykazuje praktyka, nakłady takie w najwyższym stopniu poprawiają efekty działalności gospodarczej.

Zagadnienie mierzenia i modelowania zjawisk ekonomicznych, w tym ich zależności od innych zjawisk ekonomicznych jest podstawowym celem ekonometrii. Narzędzia badawcze wypracowane w tym obszarze, mogą służyć do konstruowania modeli ekonometrycznych, które, jak ujmuje to J. Dziechciarz: „...stanowią układ równań (funkcji) aproksymujących z pewną, akceptowalną przez użytkownika dokładnością, procesy (zależności) zmiennych ekonomicznych od innych zmiennych – uznawanych (hipotetycznie za przyczyny (instrumenty decyzyjne) lub za symptomy. Zwykle precyzuje się dodatkowo, że równania

(zależności) mają charakter stochastyczny” [6]. Funkcja określająca wysokości nakładów na innowacje wydatkowanych w górnictwie w zależności od zmiennych czynników, które hipotetycznie mogą wpływać na ich wielkość może stanowić pewien matematyczny model procesu inwestowania w górnictwie. Analityczne określenie takich zależności ma duże znaczenie w badaniu produktywności takiego czynnika jakim jest nakład kapitału oraz jego wpływu na efektywność gospodarowania w obszarze górnictwa.

W przeprowadzonych badaniach rozpatrywano model ekonometryczny, którego ogólna postać jest następująca:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m, \varepsilon) \quad (1)$$

W przypadku, gdy zastosowana zostanie funkcja o charakterze liniowym, to model przyjmuje postać:

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_m x_m + \varepsilon \quad (2)$$

Gdzie:

y	– wielkość nakładów innowacyjnych (zmienna objaśniana),
$x_1, x_2, \dots, x_m$	– badane czynniki (zmienne objaśniające, $m = 6$ ),
$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$	– parametry modelu (estymowane na podstawie danych),
$\varepsilon$	– składnik losowy modelu.

Skłonność inwestorów do wydatkowania środków na innowacje zależy od wielu, często złożonych czynników, w tym także takich, które trudno określić ilościowo. Czynniki te można ogólnie podzielić na makroekonomiczne i mikroekonomiczne. Ogólny stan gospodarki kraju określa poziom czynników makroekonomicznych, zewnętrznych w odniesieniu do konkretnych podmiotów gospodarczych. Oprócz czynników typowo makroekonomicznych w analizie warto uwzględnić także czynniki dotyczące branży górniczej. Można je potraktować także jako czynniki makroekonomiczne, gdyż nie dotyczą pojedynczych zakładów górniczych lecz całej ich zbiorowości, tworzących wg klasyfikacji PKD sekcję przemysłu o nazwie „górnictwo i wydobywanie”. Czynniki dotyczące określonej strefy gospodarowania często nazwa są mezoekonomicznymi.

Dla zbadania tych relacji posłużono się danymi statystycznymi osiąganymi w latach 2004-2013 przez gospodarkę kraju oraz przemysł wydobywczy, stosując metody statystyki matematycznej oraz modelowania ekonometrycznego. Wielkość nakładów na innowacje wydatkowanych w górnictwie potraktowano jako zmienną objaśnianą, oznaczoną przez y, natomiast badane czynniki makroekonomiczne potraktowano jako zmienne objaśniające. Zmienne te oznaczono kolejnymi symbolami od  $x_1$  do  $x_6$ .

Znajomość badanego zjawiska oraz przesłanki merytoryczne zdecydowały o doborze zmiennych objaśniających, choć ich lista nie wyczerpuje wszystkich czynników, które mogą mieć wpływ na badane zjawisko, uwzględniono jednak najważniejsze czynniki makroekonomiczne. Lista badanych czynników kształtuje się następująco:

1. Produkt krajowy brutto, [mln zł],  $x_1$ ,
2. Wartość brutto środków trwałych w kraju, [mln zł],  $x_2$ ,
3. Realna stopa procentowa, [%],  $x_3$ ,
4. Wartość brutto środków trwałych w górnictwie, [mln zł],  $x_4$ ,
5. Nakłady inwestycyjne wydatkowane w górnictwie, [mln zł],  $x_5$ ,
6. Rentowność inwestycji w górnictwie, [zł/zł],  $x_6$ .

Realna stopa procentowa została określona na podstawie wielkości rynkowej stopy procentowej oraz uwzględnieniu średniorocznej stopy inflacji. Czynnikiem określający rentowność inwestycji w górnictwie obliczony został jako iloraz wartości produkcji sprzedanej w górnictwie (miara efektu) do nakładów inwestycyjnych w przemyśle wydobywczym. Ponadto, wielkości, które w statystykach ujmowane są jako wartości nominalne, czyli wyrażone w cenach bieżących danego roku, przeliczono na wartości realne, wyrażone w cenach stałych roku 2014, wykorzystując średni wskaźnik zmian cen produkcji i usług. Przygotowany w ten sposób zestaw danych wejściowych zamieszczono w tabeli 3.

Tab. 3. Wysokość nakładów na innowacje w górnictwie oraz badanych czynników w latach 2004-2013 (wartości realne poziom cen z roku 2014).

Lata	Y <sub>t</sub> [mln zł]	Zmienne objaśniające					
		X <sub>1t</sub> [mln zł]	X <sub>2t</sub> [mln zł]	X <sub>3t</sub> [%]	X <sub>4t</sub> [mln zł]	X <sub>5t</sub> [mln zł]	X <sub>6t</sub> [zł/zł]
2004	567,92	1170216	2309058	2,58	50139	3289	13,04
2005	604,62	1209099	2331831	3,05	50794	4224	10,17
2006	560,56	1325379	2391913	3,13	53319	4563	10,14
2007	574,69	1404296	2551272	2,13	59705	5461	8,65
2008	768,86	1501993	2689732	1,34	62501	6639	8,27
2009	743,08	1557150	2754573	0,38	66188	5936	8,61
2010	582,13	1584781	2822696	0,90	59676	5464	10,41
2011	848,83	1662356	2947791	-0,18	62638	7129	9,37
2012	1367,45	1669137	3011302	0,80	66313	8095	7,83
2013	1678,17	1677010	3091725	2,31	67624	7606	7,51

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych [2]

Przed przystąpieniem do oszacowania parametrów strukturalnych modelu ujmującego wszystkie badane czynniki, określono parametry modeli liniowych zawierających pojedyncze zmienne objaśniające. Celem takiego podejścia było stwierdzenie, czy takie zależności istnieją, tzn. czy badana zmienna wpływa istotnie na wielkość nakładów na innowacje, i jeśli tak, to jaką taką funkcją ma ogólną postać. Charakter związków między zmiennymi, opisany funkcją regresji liniowej, ocenia się za pomocą współczynnika korelacji liniowej  $r$ . Wielkość tego współczynnika może ułatwiać dobór zmiennych objaśniających do pełnego modelu ekonometrycznego, zawierającego wszystkie zmienne objaśniające, wpływające na zmienną objaśnianą [5]. Oszacowane parametry strukturalne modeli regresyjnych dla poszczególnych zmiennych objaśniających oraz wielkości współczynników korelacji zestawiono w tabeli 4.

Modele regresyjne oraz wielkości współczynników korelacji liniowej wskazują, że zdecydowana większość badanych czynników wykazuje dostatecznie silne skorelowanie z wysokością nakładów na innowacje wydatkowanych w górnictwie. Jeśli przyjąć graniczną wielkość współczynnika korelacji na poziomie 0,6, to zależności wszystkich czynników od nakładów na innowacje są wyższe od tego poziomu za wyjątkiem czynnika trzeciego, to znaczy realnej stopy procentowej. Skorelowanie tego czynnika oraz czynnika 6 – rentowności inwestycji z badanymi nakładami jest ujemne. Z pozostałych czynników najwyższe skorelowanie wykazują nakłady inwestycyjne w górnictwie oraz wartość brutto środków trwałych.

Tab. 4. Liniowe modele zależności nakładów na działalność innowacyjną w górnictwie od badanych czynników makroekonomicznych (zmiennych objaśniających) oraz wartości współczynników korelacji.

Zmienna objaśniająca	Liniowy model nakładów	Współczynnik korelacji
x <sub>1</sub>	y = - 1180,7 + 0,0014*x <sub>1</sub>	0,670
x <sub>2</sub>	y = - 2013,4 + 0,0011*x <sub>2</sub>	0,783
x <sub>3</sub>	y = 924,91 - 57,957*x <sub>3</sub>	- 0,174
x <sub>4</sub>	y = - 1691,1 + 0,0421*x <sub>4</sub>	0,706
x <sub>5</sub>	y = - 320,67 + 0,1969*x <sub>5</sub>	0,790
x <sub>6</sub>	y = 2282,9 - 154,61*x <sub>6</sub>	- 0,653

Źródło: Opracowanie własne.

Wykorzystując zestaw wartości rozpatrywanych czynników określono parametry strukturalne założonej postaci liniowego modelu wydatków na innowacje ponoszonych przez przemysł wydobywczy. Początkowo parametry modelu określono z uwzględnieniem wszystkich branych pod uwagę zmiennych objaśniających, mimo, iż niektóre z nich wykazują wzajemne skorelowanie. Zastosowany do estymacji parametrów modelu moduł programu komputerowego umożliwił także obliczenie wielu innych wielkości przydatnych przy ocenie samego modelu, a także istotności użytych w nim zmiennych.

W wyniku obliczeń uzyskano następujący model umożliwiający oszacowanie wartości nakładów na innowacje (zmiennej objaśnianej):

$$\hat{y} = -4861,93 - 0,00325x_1 + 0,00225x_2 + 181,86x_3 + 0,0349x_4 + 0,210x_5 + 88,354x_6 \quad (3)$$

Współczynnik zbieżności, będący powszechnie stosowaną miarą jakości aproksymowanego modelu wynosi w tym przypadku 0,03, natomiast współczynnik regresji wielorakiej 0,985. Wartość współczynnika zbieżności może teoretycznie zawierać się w przedziale od 0 do 1, przy czym im niższa jego wartość, tym lepsze dopasowanie modelu. Mimo powyższych rezultatów, aproksymowany wstępnie model należy poddać weryfikacji, głównie w zakresie oceny jego istotności w reprezentowaniu modelowanej rzeczywistości, możliwości jego uproszczenia bez ograniczenia jego przydatności. Bierze się wówczas pod uwagę przede wszystkim pojemność informacyjną poszczególnych zmiennych budujących model. Ważną rolę w tym zakresie odgrywa macierz korelacji gdyż zmienne uwzględniane w modelu powinny być możliwie silnie skorelowane ze zmienną objaśnianą oraz możliwie słabo skorelowane pomiędzy sobą. W tabeli 5 przedstawiono współczynniki korelacji, zarówno wzajemne, między badanymi czynnikami jak i między poszczególnymi czynnikami i wielkością nakładów na innowacje. Macierz korelacji jest macierzą symetryczną względem głównej przekątnej

#### 4. Dobór zmiennych objaśniających – weryfikacja modelu nakładów na innowacje w przemyśle wydobywczym

Uwzględnione zmienne objaśniające w różnym stopniu wpływają na zmienną objaśnianą, gdyż różna jest ich „pojemność informacyjna”. Zmienne o charakterze



makroekonomicznym są w dużym stopniu wielkościami zagregowanymi, co oznacza, że ich wielkości są rezultatem oddziaływania wielu innych czynników. Występujące w modelu ekonometrycznym zmienne objaśniające powinny być wielkościami nielosowymi oraz powinny być niezależne i wolne od współliniowości, czyli nie powinna występować między nimi dokładna zależność liniowa. W praktyce wykorzystuje się wiele technik doboru zmiennych do modelu, takich jak: metoda wszystkich możliwych modeli, eliminacja *a priori*, eliminacja *a posteriori*, regresja krokowa, regresja stopniowa czy też metoda pojemności nośników informacji [6]. Wszystkie one w jakimś stopniu wykorzystują macierz korelacji do przeprowadzenia oceny.

Tab. 5. Macierz korelacji badanej zmiennej objaśnianej ze zmiennymi objaśniającymi.

	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>
y	1						
x <sub>1</sub>	0,670	1					
x <sub>2</sub>	0,783	0,979	1				
x <sub>3</sub>	-0,174	-0,750	-0,681	1			
x <sub>4</sub>	0,706	0,931	0,915	-0,679	1		
x <sub>5</sub>	0,790	0,927	0,932	-0,615	0,916	1	
x <sub>6</sub>	-0,653	-0,736	-0,708	0,350	-0,845	-0,857	1

Źródło: Opracowanie własne.

W ostatecznej wersji modelu często wystarczy ująć jedynie te zmienne objaśniające, które wnoszą najistotniejsze informacje o zmiennej. Upraszcza to często końcową postać modelu, nie ograniczając jednocześnie jego znaczenia w wyjaśnianiu badanego zjawiska ekonomicznego oraz możliwości jego praktycznego wykorzystania. W takiej weryfikacji modelu w sensie ostatecznego doboru istotnych zmiennych objaśniających wykorzystano metodę wskaźników pojemności informacyjnej [7].

W metodzie tej nośnikiem informacji są wszystkie potencjalne zmienne objaśniające. Gdy występuje  $m$  zmiennych objaśniających, istnieje  $2^m - 1$  możliwych kombinacji zmiennych objaśniających. Pojemnością indywidualną każdej kombinacji nośników informacji nazywa się wyrażenie:

$$h_{kj} = \frac{r_j^2}{\sum_{l=1}^{m_k} |r_{lj}|}, \quad (j = 1, 2, \dots, m_k) \quad (4)$$

gdzie:

- k - numer kombinacji,
- $m_k$  - liczba zmiennych w  $k$ -tej kombinacji,
- j - numer zmiennej w rozpatrywanej kombinacji,
- $r_j$  - współczynnik korelacji potencjalnej zmiennej objaśniającej ze zmienną objaśnianą,
- $r_{lj}$  - współczynnik korelacji między  $j$ -tą i  $l$ -tą potencjalną zmienną objaśniającą.

Powyższa wielkość jest miarą wielkości informacji wnoszonej przez zmienną  $x_j$  o zmiennej objaśnianej.

Na podstawie wielkości pojemności indywidualnej nośników informacji oblicza się pojemność integralną kombinacji tych nośników. Jest ona sumą pojemności indywidualnych nośników informacji wchodzących w skład danej kombinacji zmiennych objaśniających:

$$H_k = \sum_{j=1}^{m_k} h_{kj}, \quad (k = 1, 2, \dots, 2^m - 1) \quad (5)$$

Pojemność integralna stanowi kryterium wyboru odpowiedniego zestawu zmiennych objaśniających – wybiera się tę kombinację zmiennych, dla których wartość  $H_k$  jest maksymalna.

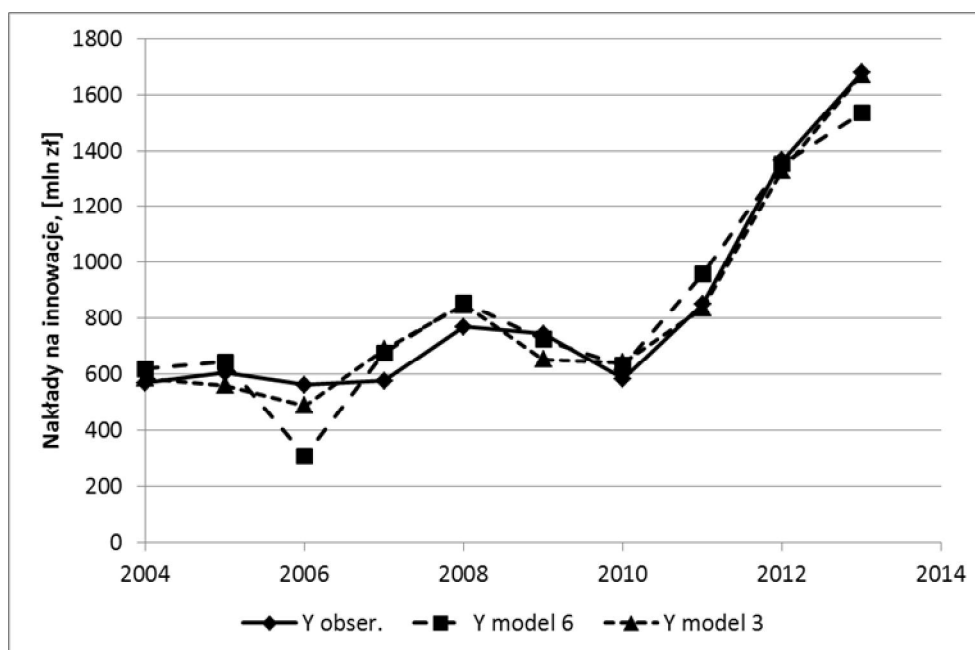
Obliczone wartości integralnych wskaźników pojemności informacyjnej wskazują, że w końcowej wersji modelu nakładów wydatkowanych na innowacje w przemyśle wydobywczym wystarczy pozostawić cztery zmienne spośród pierwotnie rozpatrywanych, czyli wyeliminować zmienne  $x_3$  i  $x_6$ . Potwierdzeniem słuszności tezy o niskim znaczeniu tych zmiennych w wyjaśnianiu ich wpływu na zmienną objaśnianą, jest ich słabe skorelowanie z tą zmienną.

Wprowadzona do dalszych rozważań kombinacja zmiennych pozwoliła na ponowne oszacowania parametrów strukturalnych modelu liniowego. Jego końcowa postać kształtuje się następująco:

$$\hat{y} = -2344,96 - 0,00552x_1 + 0,003512x_2 + 0,0157x_4 + 0,1604x_5 \quad (6)$$

W wyniku ograniczenia liczby zmiennych objaśniających ujętych w modelu (6) pewnemu pogorszeniu uległy podstawowe wskaźniki służące ocenie jakości modelu. Wartość współczynnika zbieżności wzrosła do poziomu 0,09, natomiast współczynnik korelacji wielorakiej obniżył się do poziomu 0,910. Pogorszenie się wartości tych mierników jest jednak tak nieznaczne, że można je uznać za zupełnie nieistotne dla procesu dalszego wykorzystania oszacowanego modelu. Przytoczone wartości świadczą bowiem o tym, że opracowany liniowy model nakładów na innowacje w sposób właściwy i z dostatecznie dużą dokładnością odzwierciedla charakteru badanej rzeczywistości gospodarczej.

Na rys. 2 przedstawiono kształtowanie się w badanym okresie rzeczywistych wartości nakładów na innowacje wydatkowanych w górnictwie oraz wartości nakładów oszacowanych na podstawie aproksymowanych modeli ekonometrycznych, zarówno dla modelu zawierającego 6 zmiennych objaśniających (model 3) jak i dla modelu ze zredukowaną liczbą zmiennych objaśniających (model 6).



Rys. 2. Rzeczywista wielkość nakładów na innowacje wydatkowanych w górnictwie oraz ich wielkości oszacowane według formuły 3 i 6

Teoretyczny model nakładów wydatkowanych na innowacje zależy nie tylko od wziętego pod uwagę zbioru zmiennych objaśniających, lecz także od jakości i zakresu danych wejściowych charakteryzujących te zmienne. W przeprowadzonej analizie zbior tych danych celowo ograniczono do ostatnich 10 lat, głównie z tego powodu, żeby w pewnym chociaż stopniu wyeliminować wpływ procesów restrukturyzacyjnych, prowadzonych na olbrzymią skalę w górnictwie węgla kamiennego (choć nie wyłącznie w tej branży). Zmiany w gospodarce mające charakter radykalnych zmian są trudniejsze do odzwierciedlenia za pomocą modeli. Biorąc pod uwagę znaczne zmniejszenie liczby zakładów górniczych w wiodącej w górnictwie polskim branży górnictwa węgla kamiennego, stwierdzić należy, że dynamika wzrostu wielkości wydatkowanych w latach 2010–2013 nakładów na innowacje była bardzo duża, mimo złożonej sytuacji tej branży oraz trudności w dostępie do efektywnych źródeł kapitału.

## 5. Podsumowanie

Dane gospodarcze wskazują, że innowacyjność polskich przedsiębiorstw, istotnie odbiega od poziomów notowanych w większości krajów Unii Europejskiej. Polskie przedsiębiorstwa plasują się na jednym z ostatnich miejsc, zarówno pod względem średnich nakładów na działalność innowacyjną, jak i liczby firm wdrażających innowacje.

W rozwiniętych gospodarkach główną siłą napędową wzrostu produktywności są innowacje oparte na trzech filarach: badaniach i rozwoju, wiedzy oraz kształceniu kadr. Innowacyjność staje się jednym z kluczowych mierników konkurencyjności.

Polski przemysł wydobywczy znajduje się obecnie w specyficznym momencie rozwoju, głównie w wyniku wieloletnich działań restrukturyzacyjnych oraz spadku cen kopalnych nośników energii pierwotnej. Szansą zakładów górniczych związanych z wydobyciem węgla w tych trudnych warunkach funkcjonowania jest w większym stopniu wykorzystanie technologii opartych na wiedzy. Konieczne staje się zatem budowanie nowych przewag w oparciu o innowacyjne rozwiązania stanowiące podstawowy czynnik długookresowego rozwoju gospodarczego.

Praca naukowa dofinansowana przez MNiSW – praca statutowa: 11.11.100.693.

### **Literatura**

1. Pomykański P.: Analiza nakładów i źródeł finansowania działalności innowacyjnej w polskich przedsiębiorstwach przemysłowych w latach 2007-2012. [www.ue.katowice.pl](http://www.ue.katowice.pl).
2. Roczniki Statystyczne Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, 2005-2013.
3. Działalność innowacyjna w Polsce. GUS, Urząd Statystyczny w Szczecinie. Warszawa, 2014
4. Franik T.: Ocena wykorzystania nakładów na działalność innowacyjną w górnictwie. Przegląd Górniczy nr 8/2015.
5. Franik T.: Study on factors influencing the level of capital expenditure spent in mining. Mineral Resources Management Volume 28 – Issue 4. Kraków 2012.
6. Dziechciarz J. (red.): Ekonometria. Metody, przykłady, zadania. Wyd. Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2002.
7. Nowak E.: Zarys metod ekonometrii. PWN, Warszawa 1990.

Dr inż. Tadeusz FRANIK  
Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica  
30-059 Kraków al. Mickiewicza 30  
tel.: (0-12) 617 21 37  
e-mail: [franik@agh.edu.pl](mailto:franik@agh.edu.pl)