

Lidia GAWLIK\*

## Koszty stałe i zmienne w kopalniach węgla kamiennego

**STRESZCZENIE.** W pracy przedstawiono metodę określenia udziału kosztów stałych i zmiennych w kosztach pozyskania węgla w kopalniach węgla kamiennego. Metoda, oparta na analizie regresji wielorakiej, pozwala na określenie zależności pomiędzy wieloma składowymi kosztami rodzajowymi a wydobywaniem z uwzględnieniem wzajemnych zależności pomiędzy tymi składowymi. Przedstawiono wyniki analiz wykonane na grupie 5 kopalń węgla kamiennego.

**SŁOWA KLUCZOWE:** koszty stałe, koszty zmienne, górnictwo węgla kamiennego, analiza statystyczna

### Wprowadzenie

Nowoczesne zarządzanie procesem produkcyjnym kopalń oraz zarządzanie makroekonomiczne górnictwem węgla kamiennego wymagają precyzyjnej wiedzy o reakcjach kopalń na zmieniające się warunki funkcjonowania. Podstawowym elementem oceny efektywności ekonomicznej kopalni są koszty produkcji węgla, które w zderzeniu z możliwymi do uzyskania przychodami (cenami) decydują o zysku lub stracie.

Zmiana poziomu kosztów produkcji zależy od wielu czynników. Na strukturę kosztów produkcji wpływają zmiany poszczególnych rodzajów kosztów, które mogą wynikać z po-

---

\* Dr inż. — Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;  
e-mail: lidia.gawlik@min-pan.krakow.pl

Recenzent: prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz CZOPEK

lityki zarządzających kopalnią (np. oszczędności w zakresie ponoszenia niektórych kosztów czy redukcji zatrudniania wpływającej bezpośrednio na poziom kosztów wynagrodzeń i ich pochodnych) lub też z przyczyn niezależnych od kopalni (np. wzrost cen energii elektrycznej, niektórych materiałów czy obciążeń podatkowych). Koszty zmieniają się również w sposób znaczący, gdy przy określonym poziomie zdolności produkcyjnych kopalni następuje zmiana poziomu produkcji. Ten czynnik może decydować o efektywności kopalni. Reakcja kosztów na zmianę poziomu wydobycia zależy od udziału kosztów stałych i zmiennych w kosztach pozyskania węgla oraz w poszczególnych składnikach rodzajowych tych kosztów.

Analizy i prognozy dotyczące reakcji kosztów na zmianę wielkości wydobycia wykonywane są w kopalniach w oparciu o intuicję lub — w najlepszym razie — w oparciu o modelową strukturę składników kosztów rodzajowych (Klank 1998; Mokrzycki 2001). Ze względu na różnice techniczne, geologiczne i technologiczne w warunkach funkcjonowania kopalń, jak również z powodu odmiennych metod zarządzania (zwłaszcza w warunkach kryzysu) struktury kosztów poszczególnych kopalń mogą się znacznie różnić.

## Istota kosztów stałych i zmiennych

Pojęcie kosztów stałych i zmiennych ma swe korzenie w przemysłach przetwórczych, gdzie istotą działalności operacyjnej przedsiębiorstwa jest produkcja konkretnego towaru lub towarów. W takim przedsiębiorstwie wydatki i nakłady możemy zaliczyć do kosztów własnych jeśli są celowe i niezbędne, mają związek z realizowanym procesem gospodarczym, a ich wynikiem jest towar lub usługa (Czopek 2003). Wtedy koszty własne działalności operacyjnej są funkcją wielkości produkcji, a wielkość produkcji jest funkcją poniesionych kosztów. Praktyka pokazuje, że charakter zmian kosztów w reakcji na zmianę skali produkcji może przybierać różne formy, stąd podział kosztów na stałe, względnie stałe (skokowo stałe), proporcjonalne, progresywne, degresywne i regresywne (Sierpińska, Jachna 1994; Czopek 2003). Te proste zależności funkcyjne zwykle nie występują samodzielnie i zależność poziomu kosztów od wielkości produkcji przybrać może bardziej skomplikowane formy. Jednakże, przyjmując założenie o ustabilizowanych warunkach technicznych i technologicznych produkcji oraz przedział skali produkcji możliwej do zrealizowania istniejącymi i sprawnymi mocami produkcyjnymi, koszty operacyjne można podzielić na te, które muszą być poniesione bez względu na poziom produkcji (w skrajnym przypadku muszą również być poniesione, jeśli z jakichś powodów przedsiębiorstwo czasowo zaprzestaje produkcji) — nazywamy je kosztami stałymi, oraz na koszty, których poziom zmienia się wraz z poziomem produkcji — nazywamy je kosztami zmiennymi. Typowym przykładem kosztów stałych są koszty amortyzacji, typowym zaś przykładem kosztów zmiennych są koszty materiałów (a ściślej surowców do produkcji).

Idąc dalej za przedstawionym kryterium podziału, z każdego ze składników rodzajowych kosztów operacyjnych, który składa się z szeregu kosztów będących przejawem

ewidencjonowania elementarnych zaszczości gospodarczych, można wydzielić część stałą i część zmienną.

$$K_c = K_s + K_z \quad (1)$$

gdzie:  $K_c$  — całkowity koszt [zł],  
 $K_s$  — koszt stały [zł],  
 $K_z$  — koszt zmienny [zł].

Zakłada się jednocześnie, że koszty zmienne są funkcją wielkości produkcji:

$$K_z = f(P) \quad (2)$$

gdzie:  $P$  — wielkość produkcji [Mg].

Funkcja ta może być prostoliniowa, i takie założenie przyjmowane jest najczęściej. Można również tę zależność wyrazić funkcją krzywoliniową.

W górnictwie, również w górnictwie węgla kamiennego, warunki produkcyjne są daleko trudniejsze niż w klasycznym przedsiębiorstwie przetwórczym. W grę wchodzi bowiem trudności związane ze zmiennością warunków eksploatacji i stałym przemieszczaniem się przodków produkcyjnych. Trafny wydaje się być pogląd (Lisowski 1998), że kopalnia nie produkuje węgla, lecz go „pozyskuje” poprzez opróżnianie swoistego podziemnego magazynu, jakim jest złożę tego węgla, a struktura kopalni przypomina raczej przedsiębiorstwo magazynowo-transportowe (Lisowski 2002), a nie przedsiębiorstwo produkcyjne. Stale przemieszczające się przodki produkcyjne sugerują również, że w kopalni koszty stałe w ogóle nie występują.

Zgadzać się z poglądem, że w kopalni bardzo rzadko jakiś koszt pozostaje na tym samym poziomie przez dłuższy czas, należy jednak zauważyć, że są takie nakłady, których trzeba ponieść więcej by wyprodukować więcej węgla. Koszty będące przejawem tych nakładów można nazwać kosztami zależnymi od skali produkcji. Te koszty w klasycznej teorii kosztów nazywamy kosztami zmiennymi.

Są w kopalni również koszty, których poziom wyznaczają czynniki zewnętrzne, czyli nie są one zależne od wielkości produkcji. Do takich należy wspomniana już amortyzacja środków trwałych czy też, na przykład, podatek od nieruchomości. Poziom tych kosztów pozostanie taki sam bez względu na to, czy kopalnia w analizowanym okresie wyprodukuje mniej czy więcej węgla. Te koszty, choć ich wielkość zmienia się z czasem, w teorii kosztów nazywane są kosztami stałymi. Podział kosztów produkcji (kosztów operacyjnych) w kopalni na koszty stałe i zmienne nie jest oczywisty i jednoznaczny. Podział taki może być dokonany i obowiązywać w krótkim okresie czasu, takim mianowicie, w którym warunki produkcji oraz warunki zbytu produktu nie ulegają zasadniczym zmianom (Jawień, Jabłońska-Firek, Duda 1996). W dłuższym okresie istnieje naturalna tendencja do wzrostu kosztów stałych. Podział ten może obowiązywać wyłącznie w pewnym przedziale wielkości produkcji odpowiadającemu racjonalnym zmianom wydobywania w ramach istniejących zdolności produkcyjnych. Wzrost wydobywania wykraczający poza ten przedział jest możliwy jedynie po uruchomieniu

niu nowych zdolności produkcyjnych. Długotrwałe obniżenie wydobycia poza ten przedział powinno wiązać się z redukcją części istniejących zdolności produkcyjnych, celem obniżenia (w perspektywie) ponoszonych kosztów stałych.

Znajomość udziału kosztów stałych i zmiennych w całkowitym koszcie produkcji oraz w składnikach rodzajowych kosztów ma zasadnicze znaczenie dla właściwego planowania, zwłaszcza makroekonomicznego. Jednakże identyfikacja kosztów stałych i zmiennych w koszcie pozyskania węgla jest trudna, i to z wielu względów. Przyczyniają się do tego przede wszystkim funkcjonujące zasady ewidencjonowania kosztów oparte na powszechnie obowiązującym w kopalniach „Wykazie stanowisk kosztów”, które prowadzą do uzyskania danych zagregowanych na poziomie kopalni. Ponadto prawidłowe relacje pomiędzy kosztami a fizycznym efektem działalności kopalni są zaburzone przez bardzo wiele czynników. Zaksiegowanie, lub nie, danego kosztu w konkretnym miesiącu obarczone jest szeregiem uwarunkowań, wynikających zarówno z charakteru tego kosztu, terminów płatności, jak również konkretnych decyzji (Gawlik, Kasztelewicz 2005). Nie bez znaczenia jest również zmienność warunków geologiczno-górnictwa i warunków bezpieczeństwa pracy w kopalniach, które dodatkowo zaburzą zależność kosztów od poziomu produkcji. W praktyce, w okresie trwającej notorycznie restrukturyzacji górnictwa i wszechobecnej biedy, objawiającej się przede wszystkim brakiem płynności finansowej, niektóre z kosztów były ograniczane w stopniu wyższym niż inne.

Przedstawione powyżej argumenty nie mogą jednak odstręczać od prób określenia struktury kosztów pozyskania węgla w podziale na koszty stałe i zmienne.

Istnieje kilka metod określenia struktury kosztów produkcji. Literatura (Sierpińska, Jachna 1994; Jawień, Firek-Jabłońska, Duda 1996; Czopek 2003) podaje metodę księgową — opartą na subiektywnej ocenie zmienności danego kosztu jako reakcji na zmianę wielkości produkcji, metodę kosztów krańcowych, gdzie oceny zmienności danego kosztu dokonuje się analizując wysokość kosztów dla najwyższego i najniższego poziomu produkcji w analizowanym okresie, oraz metodę analizy statystycznej, a w szczególności metodę analizy regresji. Metoda analizy statystycznej, wykorzystująca założenie o prostoliniowej zależności kosztów od wielkości produkcji, stanowi najczęściej spotykaną i zdecydowanie najbardziej wiarygodną metodę określenia struktury całkowitych kosztów produkcji w podziale na koszty stałe i zmienne.

Badanie struktury produkcji składników rodzajowych kosztów produkcji sprowadza się do określenia — dla każdego z występujących składników rodzajowych kosztów — funkcji w postaci:

$$\overline{Kc}_j = Ks_j + kjz_j \cdot \overline{W} \quad (3)$$

gdzie:  $j = 1, 2, \dots, k$ , zaś  $k$  jest liczbą składników rodzajowych kosztów.

Suma kosztów stałych wszystkich składników rodzajowych kosztów powinna dać koszt stały całkowitych kosztów produkcji, a suma jednostkowych kosztów zmiennych wszystkich składników rodzajowych powinna dać jednostkowy koszt zmienny całkowitych kosztów produkcji:

$$\sum_{j=1}^k Ks_j = Ks \quad \text{oraz} \quad \sum_{j=1}^k kjz_j = kjz \quad (4)$$

W praktyce analizy kosztów kopalń węgla kamiennego taka zależność rzadko się sprawdza. Powodem są niedoskonałości systemów księgowania w kopalniach węgla kamiennego. Istnieje ponadto poważniejsza przyczyna, dla której analiza poszczególnych składników rodzajowych kosztów nie powinna być wykonywana w oderwaniu od zachowania się innych składników rodzajowych kosztów. Jest nim to, że w ostatnich latach górnictwo węgla kamiennego funkcjonowało w warunkach ograniczonych środków finansowych. Decyzje o poniesieniu nakładów na konkretne składniki rodzajowe kosztów częstokroć więc podyktowane były nie tyle racjonalnością działania, ile decyzjami wymuszonymi czynnikami o charakterze wyboru mniejszego zła w warunkach deficytu. Jeśli więc wydano środki na jeden z rodzajów kosztów (np. na wynagrodzenia), to nie było możliwe racjonalne pokrycie środkami pozostałych rodzajów kosztów (Gawlik 2005). Z tego powodu nie można analizować odrębnie każdego ze składników rodzajowych kosztów.

## Metoda określania kosztów stałych i zmiennych w kopalniach węgla kamiennego

W przypadku większości zjawisk gospodarczych oddziaływanie na siebie tylko dwóch zmiennych jest przypadkiem bardzo rzadkim. Zwykle, i tak się dzieje w przypadku kosztów rodzajowych produkcji w kopalniach węgla kamiennego, lista zmiennych pozostających ze sobą we wzajemnym związku jest liczniejsza. Z tego względu zaproponowano do analizy kosztów w górnictwie węgla kamiennego metodę regresji wielorakiej.

Regresją i korelacją wieloraką posługujemy się, gdy badamy więcej niż dwie cechy mierzalne w populacji (Greń 1970). Ma to miejsce zwłaszcza wtedy, gdy wartości przyjmowane przez podstawową zmienną (zmienną zależną) chcemy wyjaśnić za pomocą jej związku z wieloma naraz zmiennymi (nazywanymi często niezależnymi). Funkcja regresji wielorakiej to funkcja, która wartościom wielu badanych zmiennych niezależnych przyporządkowuje średnie wartości średniej zależnej (Sobczyk 2004).

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_j x_j + \xi \quad (5)$$

gdzie:  $Y$  — zmienna zależna,  
 $x_j (j = 1, 2, \dots, k)$  — zmienne niezależne,  
 $\xi$  — składnik losowy,  
 $\alpha_0$  — wyraz wolny funkcji regresji,  
 $\alpha_j (j = 1, 2, \dots, k)$  — współczynniki regresji.

Równanie (5) reprezentuje hiperpłaszczyznę regresji, której istotną własnością jest to, że punkt reprezentujący wartości średnie rozpatrywanych zmiennych leży na niej ( $\xi = 0$ ). Zastosowanie tej własności do analizy kosztów rodzajowych górnictwa opiera się na następujących założeniach:

- ✧ dla funkcji liniowej opisującej zależność między  $j$ -tym składnikiem rodzajowym kosztów a wielkością wydobycia wyrażonej równaniem (5) — jeżeli istnieje zależność pomiędzy wydobyciem  $W$  a poziomem  $j$ -tego składnika kosztów rodzajowych  $Kc_j$  — istnieje również zależność między poziomem  $j$ -tego składnika kosztów rodzajowych  $Kc_j$  a wydobyciem  $W$ ;
- ✧ współczynniki korelacji między  $W$  a  $Kc_j$  są identyczne jak między  $Kc_j$  a  $W$ ;
- ✧ jeżeli zmiana wielkości wydobycia węgla pociąga za sobą zmianę kosztów zależnych od wielkości wydobycia, to zmiana kosztów powoduje zmianę poziomu wydobycia.

Na podstawie powyższych założeń można przyjąć dalej, że średnia wielkość wydobycia jest uzależniona od średniego poziomu składników rodzajowych kosztów i wyraża się funkcją:

$$\bar{W} = w_0 + w_1 \bar{Kc}_1 + \dots + w_j \bar{Kc}_j + \dots + w_k \bar{Kc}_k \quad (6)$$

Jest to funkcja produkcji wyrażona za pomocą  $k$  składników rodzajowych kosztów. Rzut na jedną z osi zmiennych niezależnych  $j$  sprowadza to równanie do równania liniowego:

$$\bar{W} = w_{0j} + w_j \bar{Kc}_j \quad (7)$$

Równanie (7) jest równaniem odwrotnym do równania (3).

Wyznaczenie z równania (3) wielkości  $\bar{W}$  prowadzi do zależności:

$$\bar{W} = \frac{\bar{Kc}_j - Ks_j}{kz_j} = -\frac{Ks_j}{kz_j} + \frac{1}{kz_j} \bar{Kc}_j \quad (8)$$

z porównania zaś równań (7) i (8) wynikają następujące związki:

$$w_j = \frac{1}{kz_j} \quad (9)$$

$$w_{0j} = -\frac{Ks_j}{kz_j} \quad (10)$$

Współczynnik  $w_j$  jest współczynnikiem kierunkowym prostej równania liniowego określającego zależność wydobycia od całkowitego kosztu rodzajowego  $j$ . Można go nazwać wydobyciem jednostkowym. Współczynnik ten określa wielkość zmiany wydobycia (w Mg)

przy zmianie wielkości kosztu rodzajowego  $Kc_j$  o 1 PLN, zaś:  $w_j \overline{Kc_j}$  — jest wielkością wydobycia zmiennego możliwą do uzyskania dzięki poniesieniu kosztu  $\overline{Kc_j}$ .

Współczynnik  $w_{0j}$  jest wyrazem wolnym równania liniowego określającego zależność wydobycia od całkowitego kosztu rodzajowego. Jest to wydobycie niezależne od kosztu rodzajowego  $j$ . Można go nazwać wydobyciem początkowym.

W analizie regresji wielorakiej bada się zależność wielkości wydobycia od wszystkich  $j$  składników rodzajowych kosztów. Jednakże nie wszystkie składniki rodzajowe kosztów są istotne dla analizowanej zależności (6). Te, które są mało istotne lub wręcz nieistotne należy wyeliminować z równania regresji. Wyeliminowanie niektórych ze składników kosztów rodzajowych z równania regresji powoduje, że liczba zmiennych składników rodzajowych kosztów, które mają wpływ na wielkość wydobycia jest mniejsza. Wyeliminowane składniki znajdują się poza równaniem (6) i w całości stanowią koszty stałe  $Kp$ . Ich udział w koszcie produkcji węgla ogółem wyraża się ułamkiem:  $\frac{Kp}{Kc}$ .

W równaniu (6) współczynnik  $w_0$  reprezentuje wielkość wydobycia, która nie jest zależna od tych składników rodzajowych kosztów, które są reprezentowane w równaniu.

Po przekształceniach równania (10) można otrzymać zależność na udział kosztów stałych w kosztach całkowitych ujętych w równaniu regresji (6) w postaci:

$$\frac{Ks_{(równ)}}{Kc_{(równ)}} = \frac{w_0}{\sum_{j=1}^k w_j \overline{Kc_j}} \quad (11)$$

Po wyznaczeniu równania regresji można określić koszty stałe analizowanej kopalni — jest to suma tych składników rodzajowych kosztów ( $Kp$ ), które zostały uznane za nieistotne dla wyznaczonego równania regresji oraz niezależne od wielkości wydobycia koszty początkowe  $Ks_{(równ)}$ , które wyznacza się z równania (11).

## Koszty stałe i zmienne w wytypowanych kopalniach

Analizie poddano koszty rodzajowe pięciu kopalń węgla kamiennego wybranych w taki sposób, by były reprezentantami funkcjonujących spółek węglowych: Kompanii Węglowej SA, Katowickiego Holdingu Węglowego SA oraz Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA. Wykorzystano miesięczne dane z lat 2000–2003 (48 serii danych) dotyczące wielkości wydobycia węgla ( $W$ ) oraz kosztów pozyskania węgla ( $Kc$ ), na które składają się następujące rodzaje kosztów:

- ✧ amortyzacja ( $Kc_1$ ),
- ✧ zużycie materiałów ( $Kc_2$ ),

- ✧ energia ( $Kc_3$ ),
- ✧ usługi obce ( $Kc_4$ ),
- ✧ podatki i opłaty ( $Kc_5$ ),
- ✧ wynagrodzenia ( $Kc_6$ ),
- ✧ obowiązkowe składki od wynagrodzeń ( $Kc_7$ ),
- ✧ świadczenia na rzecz pracowników ( $Kc_8$ ),
- ✧ koszty likwidacji szkód górniczych ( $Kc_9$ ),
- ✧ koszty rekultywacji ( $Kc_{10}$ ),
- ✧ pozostałe koszty ( $Kc_{11}$ ).

Wstępne opracowanie danych polegało na wyeliminowaniu z kosztów wpływu inflacji poprzez sprowadzenie wszystkich kosztów do poziomu grudnia 2003 r. (ostatniego analizowanego miesiąca). Ponadto, z analizy wyłączono te dane miesięczne, w których przynajmniej jeden ze składników rodzajowych kosztów miał wartość ujemną (zakładając, że ujemny koszt jest zabiegiem księgowym i nie wyraża faktycznego kosztu ponoszonego w tym miesiącu).

Dla każdej z kopalń określono korelację poszczególnych składników rodzajowych kosztów między sobą oraz ich korelację z wielkością wydobycia.

Współczynnik korelacji jest miarą jakości zależności między badanymi zmiennymi. Współczynnik korelacji  $R$  z  $n$  par  $(W_i, Kc_i)$ , czyli stanowiących serię danych, wyznacza się według wzoru (Zajac 1976):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})(Kc_i - \bar{Kc})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2 \sum_{i=1}^n (Kc_i - \bar{Kc})^2}} \quad (12)$$

Wartość współczynnika korelacji  $R$  może przybierać wartości z przedziału:

$$-1 \leq R \leq 1 \quad (13)$$

Im wartość bezwzględna współczynnika korelacji jest wyższa (bliższa 1), tym korelacja pomiędzy analizowanymi danymi z serii jest wyższa, a przedstawiona równaniem (3) funkcja jest bardziej zbliżona do rozpatrywanych danych (bardziej pewna). Orientacyjnie przyjmuje się, że korelacja między analizowanymi danymi jest niewyraźna jeśli  $R \leq 0,3$ , średnia — gdy  $0,3 < R \leq 0,5$  i wyraźna jeśli  $R > 0,5$  (Greń 1970; Zajac 1976).

W tabeli 1 przedstawiono wyniki korelacji poszczególnych składników rodzajowych kosztów z wielkością wydobycia. Pogrubioną czcionką zaznaczono te wartości, które odpowiadają co najmniej średniej mocy związku między wydobyciem a danym składnikiem rodzajowym kosztów. Można się spodziewać, że te ze składników wejdą do równania regresji opisanego wzorem (6), co będzie świadczyć o ich wpływie na poziom wydobycia. Należy jednak pamiętać, że jeśli występuje korelacja pomiędzy analizowanymi seriami danych, to dane te są zależne. Wynikanie odwrotne nie jest prawdziwe, to



TABELA 1. Współczynniki korelacji składników rodzajowych kosztów z wielkością wydobycia dla analizowanych kopalń

TABLE 1. Correlation coefficients of kinds of costs with the production for analyzed coal mines

		KWK1	KWK2	KWK3	KWK4	KWK5
Amortyzacja	Kc <sub>1</sub>	<b>0,48</b>	<b>-0,40</b>	0,20	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>
Zużycie materiałów	Kc <sub>2</sub>	<b>0,82</b>	<b>0,40</b>	<b>0,46</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>
Energia	Kc <sub>3</sub>	<b>0,66</b>	<b>0,42</b>	<b>0,35</b>	0,26	0,06
Usługi obce	Kc <sub>4</sub>	<b>0,87</b>	0,01	0,27	0,10	<b>0,48</b>
Podatki i opłaty	Kc <sub>5</sub>	<b>0,54</b>	<b>0,46</b>	<b>0,42</b>	0,06	0,23
Wynagrodzenia	Kc <sub>6</sub>	<b>0,95</b>	<b>0,38</b>	<b>0,75</b>	<b>0,87</b>	0,26
Składki obowiązkowe od wynagrodzeń	Kc <sub>7</sub>	<b>0,93</b>	0,13	<b>0,78</b>	<b>0,57</b>	<b>0,34</b>
Świadczenia na rzecz pracowników	Kc <sub>8</sub>	<b>0,69</b>	-0,02	<b>0,55</b>	0,18	-0,11
Koszty likwidacji szkód górniczych	Kc <sub>9</sub>	-0,07	0,10	0,17	-0,27	0,02
Koszty rekultywacji	Kc <sub>10</sub>				-0,18	
Pozostałe koszty	Kc <sub>11</sub>	0,21	<b>0,35</b>	-0,01	-0,02	0,21

znaczy, że brak skorelowania między badanymi seriami danych nie oznacza, że te dane są niezależne.

Tabela 1 wskazuje, że w grupie analizowanych kopalń różnice pomiędzy występującymi korelacjami poszczególnych składników rodzajowych kosztów z wydobyciem są znaczne. Na przykład w kopalni KWK1 wysokie ( $R > 0,3$ ) współczynniki korelacji wystąpiły w przypadku 8 składników rodzajowych kosztów, zaś w KWK4 i KWK5 — tylko dla czterech. Dla wszystkich analizowanych kopalń korelacja pomiędzy zużyciem materiałów a wydobyciem okazała się znacząca. Dane czterech kopalń wykazały zależność wydobycia od wynagrodzeń. Równie często wystąpiła zależność pomiędzy składkami obowiązkowymi od wynagrodzeń a wydobyciem.

Poszukiwanie równania regresji wielorakiej opisanej równaniem (6) przeprowadzono z wykorzystaniem programu STATISTICA 6.0. Z analizy wyłączono amortyzację, uznając że ten składnik rodzajowy kosztów nie jest (ze swej natury) zależny od poziomu produkcji. Dokonano estymacji współczynników równania metodą regresji wielorakiej krokowej wstecznej. W pierwszym kroku do analizy wprowadzono wszystkie składniki rodzajowe kosztów produkcji, a w kolejnych krokach eliminowano te, które okazały się mało istotne dla równania regresji (Luszniewicz, Słaby 2001). Przyjęto poziom istotności dla wyznaczanych współczynników równania na poziomie 0,15 — tj. wyższy od standardowego.

Wyniki analizy regresji wielorakiej przedstawiono w tabeli 2. Z tabeli wykluczono te składniki rodzajowe kosztów, które nie weszły do równania regresji dla żadnej z analizowanych kopalń. Przy składnikach rodzajowych kosztów, które do równania regresji weszły

TABELA 2. Wyniki analizy regresji dla analizowanych kopalń

TABLE 2. Results of regression analyses for analyzed coal mines

	Współczynniki regresji	KWK1	KWK2	KWK3	KWK4	KWK5
Wyraz wolny	$w_0$	-47 966,45	-9 797,10	-77 991,39	-15 564,73	-60 070,93
Zużycie materiałów	$w_2$	0,0117918	0,0192831	0,0280348		0,0144458
Energia	$w_3$				0,0245193	
Usługi obce	$w_4$			0,0105885	0,0041205	0,0103796
Podatki i opłaty	$w_5$		0,0209782			0,0161498
Wynagrodzenia	$w_6$	0,015887	0,0095405		0,0139109	0,0085633
Składki ob. od wynagr.	$w_7$			0,0691627		
Pozostałe koszty	$w_{11}$	0,0285347	0,2877667			

pokazano wartość współczynnika regresji  $w_i$ . Pokazano również wartość wyrazu wolnego  $w_0$ .

Porównując tabele 1 i 2 można zauważyć różnice wyników uzyskanych metodą korelacji liniowej oraz regresji wielorakiej. Niektóre ze składników rodzajowych kosztów weszły do równania regresji wielorakiej, pomimo że ich korelacja liniowa z wydobyciem była niewyraźna (np. podatki i opłaty oraz wynagrodzenia w KWK5). I odwrotnie — niektóre ze składników rodzajowych kosztów, pomimo wykazania średniej lub nawet wyraźnej korelacji liniowej, okazały się nieistotne w analizie regresji wielorakiej (np. wynagrodzenia w KWK3).

Współczynniki korelacji liniowej mogą być przydatnym narzędziem analizy zależności składników rodzajowych kosztów, ale uzyskane wyniki nie biorą pod uwagę faktu, że w warunkach kopalni istnieje zależność pomiędzy poszczególnymi składnikami kosztów. Wydatkowanie środków na jeden cel może powodować ograniczenia innych kosztów ze względu na ograniczone zasoby środków finansowych.

Objaśnienie zależności wielkości wydobywania od kosztów za pomocą równania regresji wielorakiej uwzględnia te wewnętrzne zależności pomiędzy poszczególnymi rodzajami kosztów.

Przykładowe równanie regresji (dla KWK3) ma postać:

$$\bar{W} = -77991,39 + 0,0280348 \cdot \bar{Kc}_2 + 0,0105885 \cdot \bar{Kc}_4 + 0,0691627 \cdot \bar{Kc}_7 \quad (14)$$

Oznacza to, że trzy składniki rodzajowe kosztów (zużycie materiałów, usługi obce i składki obowiązkowe od wynagrodzeń) w sposób istotny wpływają na wielkość wydobywania w tej kopalni. Interpretacja tego równania jest następująca: wzrost kosztów materiałów

o 1 PLN powoduje wzrost wydobywania o 0,0280348 Mg, wzrost kosztów usług obcych o 1 PLN skutkuje wzrostem wydobywania o 0,0105885 Mg, a wzrost składek od wynagrodzeń o 1 PLN umożliwia wzrost wydobywania o 0,0691627 Mg.

Pozostałe koszty rodzajowe nie są istotne dla objaśnienia wielkości wydobywania — przyjęto więc, że są niezależne od poziomu produkcji (są kosztami stałymi). Uznaje się zatem, że udział kosztów stałych w każdym z tych składników wynosi 100%.

W tabeli 3 przedstawiono średnie z analizowanej próby wielkości składników rodzajowych kosztów dla kopalni KWK5. W tabeli tej dokonano podziału tych średnich wielkości kosztów na te, które występują w równaniu regresji i w związku z tym składają się z kosztów stałych i zmiennych oraz na te, które zostały — jako nieistotne — wyeliminowane z tego równania i w całości stanowią koszty stałe produkcji.

Suma wartości kosztów nieistotnych dla równania regresji stanowi koszt początkowy  $K_p$ .

Koszty które są istotne dla równania regresji składają się z kosztów stałych i zmiennych. Udział kosztów stałych w kosztach produkcji ujętych w równaniu regresji wyznacza się z równania (11). W tym celu należy wyodrębnić wielkości wydobywania, z jakich składa się wyestymowane równanie regresji.

TABELA 3. Koszty rodzajowe kopalni KWK5 i ich podział na koszty istotne i nieistotne dla estymowanego równania regresji [PLN]

TABLE 3. Coal production costs by type for KWK5 and their division to costs that are significant and insignificant for estimated regression equation [PLN]

		Średnia wartość kosztu	Koszty istotne dla równania regresji	Koszty nieistotne dla równania regresji
Amortyzacja	$Kc_1$	3 399 789		3 399 789
Zużycie materiałów	$Kc_2$	4 216 823	4 216 823	
Energia	$Kc_3$	2 705 990		2 705 990
Usługi obce:	$Kc_4$	5 014 363	5 014 363	
Podatki i opłaty:	$Kc_5$	1 104 702	1 104 702	
Wynagrodzenia	$Kc_6$	19 396 780	19 396 780	
Składki obowiązkowe od wynagrodzeń	$Kc_7$	3 559 955		3 559 955
Świadczenia na rzecz pracowników	$Kc_8$	1 508 108		1 508 108
Koszty likwidacji szkód górniczych	$Kc_9$	552 801		552 801
Koszty rekultywacji	$Kc_{10}$	0		0
Pozostałe koszty	$Kc_{11}$	76 412		76 412
Razem koszty	$Kc$	41 535 722	29 732 668	11 803 054

Rozliczenie to przedstawiono w tabeli 4. Wydobycie podzielono na wydobycie początkowe (niezależne od kosztów), które jest wielkością ujemną i w analizowanym przykładzie wynosi  $-60\,070,9$  Mg, oraz na wydobycie zmienne, zależne od kosztów zmiennych. Suma wydobycia jakie wynika z równania regresji wynosi  $236\,833,3$  Mg i jest o  $6604,1$  Mg wyższe od średniego wydobycia wynikającego z analizowanej serii danych dla kopalni KWK5. Oznacza to, że wydobycie kopalni zostało objaśnione z błędem  $2,9\%$ .

TABELA 4. Wydobycia węgla w kopalni KWK5 w podziale na stałe i zmienne

TABLE 4. Fixed and variable coal production in KWK5 coal mine

		Sposób wyliczenia	Wielkość
Wydobycie początkowe	$w_0$	—	$-60\,070,90$
Wydobycie zależne od kosztów zużycia materiałów	$Wz_2$	$w_2 \cdot Kc_2$	$60\,915,30$
Wydobycie zależne od kosztów usług obcych	$Wz_4$	$w_4 \cdot Kc_4$	$52\,046,90$
Wydobycie zależne od kosztów podatków i opłat	$Wz_5$	$w_5 \cdot Kc_5$	$17\,840,70$
Wydobycie zależne kosztów wynagrodzeń	$Wz_6$	$w_6 \cdot Kc_6$	$166\,101,30$
Razem wydobycie zmienne	$Wz$	$Wz_2 + Wz_4 + Wz_5 + Wz_6$	$296\,904,20$
Razem wydobycie w równaniu	$W_{(równ)}$	$w_0 + Wz$	$236\,833,30$
Wydobycie średnie	$\bar{W}$	dane	$230\,229,20$
Wydobycie nie objaśnione równaniem	$\Delta W$	$\bar{W} - W_{(równ)}$	$-6\,604,10$
% błędu		$\Delta W : \bar{W} \cdot 100$	$-2,90$

Podstawiając odpowiednie dane z tabeli 4 do równania (11) otrzymuje się:

$$\frac{KS_{(równ)}}{KC_{(równ)}} = \frac{w_0}{k \sum_{j=1}^k w_j \overline{Kc_j}} = \frac{60070,9}{296904,2} = 0,202$$

co pozwala na wyznaczenie kosztów stałych w kosztach ujętych w równaniu:

$$KS_{(równ)} = 0,202 \cdot KC_{(równ)} = 0,202 \cdot 29\,732\,668 = 6\,015\,641 \text{ PLN}$$

Natomiast koszty zmienne ujęte w równaniu stanowią różnicę pomiędzy ujętymi w równaniu kosztami całkowitymi a kosztami stałymi, czyli  $23\,717\,027$  zł.

Ponieważ wszystkie koszty zmienne kopalni zostały ujęte w równaniu, procentowy udział kosztów zmiennych w całkowitych kosztach produkcji wynosi zatem:

$$\frac{K_z}{K_c} \cdot 100\% = \frac{23\,717\,027}{41\,535\,722} \cdot 100\% = 57,1\%$$

z czego wynika, że procentowy udział kosztów stałych w całkowitych kosztach produkcji wynosi 42,9%.

W tabeli 5, dla pięciu analizowanych kopalń, zestawiono procentowe udziały kosztów stałych i zmiennych w całkowitym koszcie pozyskania węgla, wyznaczone w opisany powyżej sposób.

TABELA 5. Udziały kosztów stałych i zmiennych w całkowitych kosztach produkcji w analizowanych kopalniach [%]

TABLE 5. Percentage of fixed and variable costs in total costs of production in analyzed coal mines

	Udział kosztów zmiennych	Udział kosztów stałych
KWK1	42,9	57,1
KWK2	55,7	44,3
KWK3	25,0	75,0
KWK4	64,9	35,1
KWK5	57,1	42,9

Koszty stałe stanowią od 35,1% w KWK4 do 75,0% w KWK3. Ponieważ analizy kosztów stałych i zmiennych wykonywane w latach wcześniejszych (Jawień, Jabłonska-Firek, Duda 1996, Klank 1998) wskazywały na wyższy niż uzyskany tutaj udział kosztów stałych, nasuwa się wniosek, że procesy restrukturyzacyjne wpłynęły na wzrost udziału kosztów zmiennych w kosztach pozyskania węgla. W kopalniach o wysokim udziale kosztów stałych obniżenie wydobywania powoduje szybszy wzrost jednostkowych kosztów produkcji niż w kopalniach o niskim udziale kosztów stałych. Dlatego obserwowane zjawisko należy uznać za korzystne.

## Podsumowanie

Opracowana metoda szacowania udziału kosztów stałych i zmiennych w kopalniach węgla kamiennego, wykorzystująca metodę regresji wielorakiej, pozwala na uwzględnienie zależności pomiędzy składnikami rodzajowymi kosztów a wydobywaniem. Metoda ta uw-

zgodnie wzajemne zależności pomiędzy poszczególnymi składnikami rodzajowymi kosztów, a jej wyniki są znacząco różne niż w przypadku wykorzystania analizy regresji liniowej do analizy zależności poszczególnych składników rodzajowych kosztów od poziomu wydobycia.

Uzyskane struktury kosztów rodzajowych z ich podziałem na koszty stałe i zmienne są podstawą do prowadzenia analiz dotyczących efektywności funkcjonowania kopalń w zmieniających się warunkach popytu na węgiel, z uwzględnieniem zmian zewnętrznych i wewnętrznych uwarunkowań, które mają wpływ na poziom poszczególnych składników kosztów rodzajowych.

Analiza kosztów rodzajowych, wykonana na przykładzie pięciu kopalń, prowadzi do wniosku o dużej różnorodności struktur kosztów rodzajowych węgla kamiennego oraz dużym zróżnicowaniu udziałów kosztów stałych i zmiennych w kosztach rodzajowych.

Wstępne diagnozy takiego stanu wskazują na niedoskonałości systemów księgowania oraz wpływ trudnej sytuacji ekonomicznej kopalń na sposoby wydatkowania środków finansowych.

Artykuł przygotowany w ramach realizacji projektu badawczego KBN nr 4 T12A 038 26.

## Literatura

- CZOPEK K., 2003 — Koszty stałe i zmienne. Teoria — praktyka. Cz. 1. Funkcja prostoliniowa. Wyd. 1. Kraków, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „Art.-Tekst”.
- GAWLIK L., 2005 — Struktura kosztów pozyskania węgla w kopalniach węgla kamiennego. Materiały Szkoły Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie. AGH — PAN, Krynica, 14-16 września 2005.
- GAWLIK L., KASZTELEWICZ Z., 2005 — Zależność kosztów produkcji węgla w Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” od poziomu jego sprzedaży. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 112, Seria Konferencje nr 44 — Materiały IV Międzynarodowego Kongresu Górnictwa Węgla Brunatnego, Bełchatów 6-8 czerwca 2005.
- GREŃ J., 1970 — Modele i zadania statystyki matematycznej. Wyd. 2. Warszawa, PWN.
- JAWIEŃ M., JABŁOŃSKA-FIREK B., DUDA J.T., 1996 — Sterowanie makroekonomiczne górnictwa węgla kamiennego w Polsce, Wyd. 1. Warszawa-Kraków, PWN.
- KLANK M., 1998. Przydatność w zarządzaniu kopalniami węgla kamiennego wyodrębniania w różnych przekrojach analitycznych stałych i zmiennych kosztów produkcji. [W:] Stosowane i postulowane przekroje analityczne kosztów produkcji w kopalniach wraz z oceną ich przydatności w proefektywnościowym zarządzaniu (ze szczególnym uwzględnieniem tzw. kosztów stałych i kosztów zmiennych). Materiały Sympozjum — 10.03.1998 r. Główny Instytut Górnictwa. Wyd. GIG, Katowice, luty 1998.
- LISOWSKI A., 1998 — Jeszcze raz o strukturalnym układzie rozliczania kosztów i ich nadążnym planowaniu w górnictwie węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 2.
- LISOWSKI A., 2002 — Możliwości i perspektywy usprawnienia systemu prognozowania efektywności i planowania inwestycyjno-produkcyjnej działalności podziemnych kopalń — system SZP. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej.

- LUSZNEWICZ A., SŁABY T., 2001 — Statystyka z pakietem komputerowym STATISTICA™ PL. Warszawa, Wydawnictwo C.H. Beck.
- MOKRZYCKI E., 2001 — Rachunek kosztów w zakładzie przeróbki węgla kamiennego. Wyd. 1. Kraków, Wyd. IGSMiE PAN.
- SIERPIŃSKA M., JACHNA T., 1994 — Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. Wyd. 2. Warszawa, PWN.
- SOBCZYK M., 2004 — Statystyka. Wyd. 4. Warszawa, PWN.
- ZAJĄC K., 1976 — Zarys metod statystycznych. Wyd. 2. Warszawa, PWE.

Lidia GAWLIK

## Fixed and variable costs in hard coal mines

### Abstract

The paper presents a method of evaluation the share of fixed and variable costs of coal production in hard coal mines. The method, based on the multiple regression analysis, allows to determine the dependencies between different types of costs and coal production in the way that takes into account their reciprocal dependencies. The results of analyses for the group of 5 hard coal mines are presented.

KEY WORDS: fixed costs, variable costs, hard coal mining, statistical analysis