

Lidia GAWLIK\*

## Koszty zmienne w kosztach wytwarzania węgla w kopalniach węgla kamiennego

**STRESZCZENIE:** W artykule przedstawiono metodę szacowania kosztów zmiennych produkcji węgla, opartą na budowie modeli ekonometrycznych wiążących analizowany koszt z wielkością wydobycia. Podano uzasadnienie przyjętej postaci równania, którym bada się zależność kosztów od dwóch zmiennych objaśniających: wydobycia i czasu.

Poddano analizie kopalnie Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., w których badano serie danych miesięcznych za rok 2008 oraz za lata 2007 i 2008. Wyznaczono szereg modeli ekonometrycznych, na podstawie których określono udziały kosztów własnych w kosztach wytworzenia węgla oraz w kosztach własnych sprzedanego węgla. Zwrócono uwagę na niedoskonałości metody, proponując jednocześnie kierunek dalszych badań poprzez powiązanie układu kalkulacyjnego kosztów z układem rodzajowym.

**SŁOWA KLUCZOWE:** modele ekonometryczne, koszty zmienne, koszty wytworzenia węgla, kopalnia węgla kamiennego

### Wprowadzenie

Wyodrębnienie kosztów stałych i zmiennych w kosztach pozyskania węgla to ważny element analiz kosztowych procesu produkcyjnego. We wcześniejszych pracach dotyczących

---

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

tego zagadnienia [1, 4, 5, 6] podstawą oszacowań udziału kosztów zmiennych było kształtowanie się kosztów w układzie rodzajowym. Tymczasem układ kalkulacyjny kosztów wydaje się predystynowany do poszukiwania zależności pomiędzy kosztami a wielkością wydobycia, gdyż gromadzi tylko te koszty, które mają bezpośredni związek z produkcją węgla.

W tym artykule podjęto próbę wyznaczenia udziału kosztów zmiennych w kosztach wytworzenia węgla oraz w kosztach własnych sprzedanego węgla dla kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.

## 1. Układ kalkulacyjny kosztów

Koszty działalności kopalni ewidencjonowane są w układzie rodzajowym kosztów oraz w układzie kalkulacyjnym. Układ rodzajowy kosztów w kopalni ewidencjonuje koszty poniesione w okresie sprawozdawczym działalności produkcyjnej oraz zarządu, ale nie wskazuje celów na jakie je poniesiono. Ponieważ działalność kopalni zwykle nie jest ograniczona do produkcji węgla, układ rodzajowy kosztów nie pozwala na szczegółowe analizy kosztów dotyczące kosztów wytworzenia węgla. Odpowiedź na pytanie, jakie koszty poniesiono na wyprodukowanie węgla daje układ kalkulacyjny kosztów, który grupuje koszty na jednostkę kalkulacyjną (tonę wydobytego węgla). Formularz statystyczny stosowany przez kopalnie węgla kamiennego (formularz WKS-A) służy kalkulacji kosztu własnego sprzedanego węgla. W formularzu zbierane są koszty związane bezpośrednio z wytwarzaniem węgla.

Są to koszty bezpośrednie (odnoszące się bezpośrednio do wytwarzania węgla) w podziale na:

- ✧ koszty osobowe,
- ✧ koszty materiałowe,
- ✧ koszty związane z majątkiem trwałym,
- ✧ koszty energii,
- ✧ koszty usług produkcyjnych,
- ✧ koszty podatków i opłat administracyjnych,
- ✧ pozostałe koszty wytwarzania.

**Koszty wytworzenia węgla** zdefiniowano jako sumę powyższych kosztów pomniejszoną o zmniejszenia kosztów nie mające odbicia w kosztach powyżej wymienionych.

**Techniczny koszt wytworzenia węgla** wyznaczany jest dla węgla, który jest produktem handlowym, a więc jako różnica pomiędzy kosztem wytworzenia węgla a kosztem węgla zużytego na cele własne kopalni.

W układzie kalkulacyjnym możliwe jest wyznaczenie **całkowitego kosztu wytworzenia węgla**, który jest zdefiniowany jako techniczny koszt wytworzenia powiększony o koszty ogólnozakładowe i koszty sprzedaży.

Powiązanie układu kalkulacyjnego kosztów z układem rodzajowym dokonywane jest poprzez wyznaczenie **kosztu własnego sprzedanego węgla**, które polega na korekcie

całkowitego kosztu wytworzenia węgla o wartość węgla nie pochodzącego z bieżącej produkcji kopalni, a będącego przedmiotem sprzedaży w analizowanym okresie (węgiel zakupiony do przerobu) oraz o wartość zmiany stanu zapasów węgla.

Każdy w wyodrębnionych w układzie kalkulacyjnym kosztów wytworzenia węgla składa się z kilku składowych. Przykładowo, pozycja kalkulacyjna „Podatki i opłaty administracyjne” jest sumą następujących pozycji: podatek od nieruchomości, opłata za eksploatację złoża, opłata na rzecz ochrony środowiska oraz pozostałe opłaty i podatki (patrz tabela 1 i 2).

## 2. Metodyka przeprowadzonych badań

Badaniom poddano dane miesięczne kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. dotyczące kosztów kalkulowanych wytworzenia węgla za rok 2008 (12 danych miesięcznych) oraz za lata 2007 i 2008 (24 dane miesięczne). Koszty te sprowadzono do warunków grudnia 2008 roku poprzez wyeliminowanie występującej w okresie analizy inflacji. Każdą z pozycji układu kalkulacyjnego kosztów porównywano z wielkością wydobycia w analizowanym okresie poszukując liniowej zależności dla analizowanej serii danych w postaci funkcji:

$$Kc = a \cdot I + b + \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:  $Kc$  – zmienna objaśniana (koszty całkowite),  
 $I$  – zmienna objaśniająca (wydobycie),  
 $a, b$  – nieznanne parametry strukturalne modelu,  
 $\varepsilon$  – składnik losowy.

Badano również zależność kosztów od wielkości wydobycia i czasu w postaci funkcji:

$$Kc = a_1 \cdot I + a_2 \cdot T + b + \varepsilon \quad (2)$$

gdzie:  $Kc$  – zmienna objaśniana (koszty całkowite),  
 $I$  – zmienna objaśniająca (wydobycie),  
 $T$  – zmienna objaśniająca (czas),  
 $a_1, a_2, b$  – nieznanne parametry strukturalne modelu,  
 $\varepsilon$  – składnik losowy.

O ile model ekonometryczny liniowy z jedną zmienną objaśniającą (równanie 1) w sposób oczywisty opisuje kształtowanie się kosztów w zależności od wydobycia – czyli ma fizyczną interpretację [2] – to postać równania z dwiema zmiennymi objaśniającymi wymaga pewnego komentarza.

Ogólna postać modelu ekonometrycznego uwzględniającego zmienność kosztów w czasie ma postać przedstawioną równaniem (3):

$$Kc = a \cdot I \cdot (1+r)^T \cdot (1+d)^T \quad (3)$$

W tym równaniu wyraz  $(1+r)^T$  wyraża zależność kosztu od inflacji,  $r$  jest stopą inflacji, natomiast wyraz  $(1+d)^T$  wyraża zależność kosztu od bliżej niezdefiniowanych zmian – innych niż inflacja – którym podlegają koszty.  $d$  reprezentuje wskaźnik ujmujący pewne zjawiska, powodujące zmianę wysokości kosztów w czasie. Przykładem takiej zmienności może być wzrost efektywności wykorzystania energii, obniżenie lub wzrost materiałochłonności, pracochłonności, wydajności, ponadinflacyjny systematyczny wzrost wynagrodzeń itp.

Wartość kosztów została zdyskontowana i wyrażona w warunkach cen, taryf i opłat grudnia 2008 r., zatem ostateczna postać modelu ekonometrycznego wyrażonego w cenach stałych przedstawia się funkcją:

$$Kc = a \cdot I \cdot (1+d)^T \quad (4)$$

Postać tej funkcji jest dość skomplikowana – również ze względów obliczeniowych – zatem wygodnie jest ją przekształcić do postaci logarytmicznej.

$$\ln Kc = \ln a + \ln I + T \cdot \ln(1+d) \quad (5)$$

Jak wiemy funkcja logarytmiczna poza obszarem między zerem i jedynką (gdzie ma wartości ujemne) oraz poza wartościami bliskim 1 choć nieco od jedynki wyższymi – szybko się wypłaszcza. W warunkach wydobywania prowadzonego w normalnym ruchu kopalni uprawnione jest więc zastąpienie funkcji logarytmicznej funkcją liniową. Otrzymujemy wówczas postać równania 2, jakie zostało przyjęte do analizy.

Dla każdej z serii danych każdej z kopalń budowano model liniowy z jedną zmienną objaśniającą (wydobyciem) w postaci równania (1), a dla tych z serii danych gdzie wydobywanie nie było skorelowane z czasem – również model liniowy z dwiema zmiennymi objaśniającymi (wydobyciem i czasem) w postaci równania (2).

Schemat budowy i weryfikacji modelu składał się z 11 kroków [3], z których pięć pierwszych to kroki służące weryfikacji parametrów strukturalnych modelu.

Te kroki to:

- ✧ Estymacja parametrów strukturalnych modelu i badanie ich istotności za pomocą testu t-Studenta.
- ✧ Badanie, czy istotne parametry modelu mają fizyczną interpretację – co polega na sprawdzeniu założeń, że wraz ze wzrostem wydobywania koszty powinny rosnać, oraz że dla dowolnej wielkości wydobywania koszty powinny mieć wartość nieujemną.
- ✧ Sprawdzenie dopuszczalności relacji modelu ze względu na współczynnik determinacji. Do badań przyjęto, że minimalny współczynnik determinacji, który może zostać uznany za poprawny to 0,6.
- ✧ Sprawdzenie dopuszczalności relacji modelu ze względu na współczynnik zmienności. Za poprawny uznawano model, w którym współczynnik zmienności był mniejszy od 0,1.
- ✧ Badanie istotności układu współczynników testem F-Snedecora.

Pozytywny wynik wszystkich pięciu kroków pozwalał na przejście do weryfikacji reszt modelu. Służyło temu kolejnych pięć kroków, w których model mógł zostać przyjęty lub odrzucony ze względu na składnik losowy.

Składnik losowy badano ze względu na jego:

- ❖ autokorelację,
- ❖ symetrię,
- ❖ losowość,
- ❖ stacjonarność
- ❖ normalność.

Jeśli w każdym z 10 kroków uzyskano pozytywną odpowiedź – wyznaczony model uznawano za poprawny. Jeśli natomiast na dowolnym etapie weryfikacji nastąpiło niespełnienie założonego warunku, model należało uznać za niepoprawny. Dokonywano wówczas redefinicji modelu, poprzez eliminację z zestawu danych niektórych z nich, które po analizie uznano za wyróżniające się. Po wyeliminowaniu takiego przypadku budowę i weryfikację modelu przeprowadzano od początku. Po to, by nie budować modelu „na siłę” wprowadzono limit wyeliminowanych przypadków do 20% pierwotnej ich liczby.

W wyznaczonych modelach liniowych łatwo jest oddzielić część kosztów zależną od wydobywania od części, która nie jest zależna od wydobywania.

Dla modelu z jedną zmienną objaśniającą wyraz wolny równania określa poziom kosztów niezależnych od wydobywania, zaś koszty zmienne, czyli zależne od poziomu wydobywania, określone są poprzez iloczyn współczynnika stojącego w równaniu przy zmiennej wydobywania oraz średniej wielkości wydobywania dla liczby przypadków, dla których zbudowano model.

W przypadku dwóch zmiennych objaśniających (wydobywanie i czas) koszty zależne od wielkości wydobywania stanowią człon równania zawierającego wydobywanie, natomiast pozostałe elementy równania reprezentują część kosztów, które nie są zależne od wydobywania.

Zatem dla wszystkich tych kosztów, dla których zbudowano model liniowy w postaci równania (1) lub (2) określono procentowy udział kosztów zmiennych.

### 3. Uzyskane wyniki

W tabelach przedstawiono współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi pozycjami kalkulacyjnymi kosztów wytworzenia węgla a wielkością wydobywania dla serii danych z 2008 r. (tab. 1) i dla serii z lat 2007 i 2008 (tab. 2).

Tylko niektóre z pozycji kalkulacyjnych są istotnie skorelowane z wielkością wydobywania, co wskazuje na to, że szereg kosztów zaliczanych do kosztów wytworzenia węgla ponoszonych jest bez związku z wielkością wydobywania.

W tabeli 3 przedstawiono korelacje między wielkością wydobywania a czasem dla analizowanych serii danych. Dla serii danych jednorocznych (seria 08) dla wszystkich analizowanych kopalń korelacje między wielkością wydobywania i czasem są nieistotne. W przy-

TABELA 1. Korelacje pomiędzy pozycjami kalkulacyjnymi kosztów a wielkością wydobycia dla serii danych miesięcznych 2008 roku w poszczególnych kopalniach JSW S.A.

TABLE 1. Correlations between costs items and coal output for monthly data 2008 year in JSW SA mines

Pozycja kalkulacyjna	Borynia	Jas-Mos	Krupiński	Pniówek	Zofiówka	Budryk
1	2	3	4	5	6	7
Koszty osobowe razem	-0,04	0,40	0,68	0,65	-0,08	-0,61
wynagrodzenia bezpośrednie	0,01	0,49	0,58	0,35	-0,09	-0,33
wynagrodzenia kalkulowane	-0,28	0,16	0,48	0,51	-0,07	-0,83
narzuty od wynagrodzeń	0,26	0,26	0,63	0,46	0,02	-0,45
świadczenia dla pracowników	-0,09	0,09	0,51	0,15	-0,06	-0,55
inne koszty osobowe			-0,18		0,08	
Koszty materiałowe razem	0,59	0,15	-0,06	-0,18	0,44	0,17
materiały bezpośrednie	0,59	0,15	-0,06	-0,18	0,44	0,17
materiały kalkulowane						
koszty zakupu				-0,10		-0,31
pozostałe koszty materiałowe						
Koszty związane z majątkiem trwałym	0,19	-0,10	-0,50	-0,48	0,02	-0,02
amortyzacja	0,11	0,03	0,29	-0,18	-0,17	0,25
remonty, naprawy i konserwacje	-0,23	-0,05	-0,60	-0,57	0,07	-0,23
ubezpieczenia majątkowe						
pozostałe koszty	0,67	-0,38	-0,35	-0,17	0,18	-0,48
Koszty energii razem	0,73	0,71	0,44	0,42	-0,06	0,03
energia	0,73	0,71	0,58	0,42	-0,06	0,11
koszty utrzymania sieci i rozdz.	0,25	0,30	-0,11			-0,58
Koszty usług produkcyjnych	-0,01	0,25	0,56	0,20	-0,19	-0,36
usł. wiertniczo-górnice	-0,04	0,40	0,22	0,23	-0,45	0,44
usł. odmetanowania	0,22	-0,54	0,17	0,24	0,72	-0,52
usł. zwałowania	-0,05		0,08		-0,18	0,36
usł. uszlachetniania węgla	0,02					
usł. transportowe	0,51	0,30	0,02	0,78	-0,02	-0,52
koszty usuwania szkód górniczych	0,45	-0,18	0,23	0,09	-0,47	-0,24
inne usługi produkcyjne	-0,10	-0,12	0,47	-0,13	-0,09	-0,46

TABELA 1 cd.

TABLE 1 cont.

1	2	3	4	5	6	7
Podatki i opłaty administracyjne	0,73	1,00	1,00	1,00	-0,20	-0,41
podatek od nieruchomości						
opłata za eksploatację złoża	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	-0,41
opłata na rzecz ochrony środowiska	0,69	-0,19	-0,34	0,54	-0,51	0,03
pozostałe podatki i opłaty	0,24	0,16	0,00	-0,11	-0,34	
Przygotowanie nowej produkcji						
Pozostałe koszty wytwarzania	0,07	0,05	-0,47	0,17	0,10	0,47
Zmniejszenia	0,24	-0,49	0,36	-0,47	0,05	0,74
Koszty wytworzenia węgla	0,43	0,54	0,47	0,44	-0,07	-0,28
Węgiel zakupiony do przerobu						
w tym: od innych zakładów spółki						
Węgiel nie zaliczany do sprzedaży			0,31	0,72		-0,38
Zmiany stanów zapasów	0,21	-0,10	0,17	0,21	0,31	-0,43
Koszty wytworzenia sprzedanego węgla	0,45	0,07	0,34	0,46	0,33	-0,44
Koszty ogólnozakładowe	-0,10	0,28	-0,06	-0,09	0,12	0,75
Koszty sprzedaży	0,30	0,73	0,63	0,14	0,30	0,03
Koszty własne sprzedanego węgla	0,47	0,10	0,39	0,46	0,36	-0,23

Istotne korelacje oznaczono szarością

padku serii danych dwuletnich (seria 0708) tylko w dwóch kopalniach: Borynia i Zofiówka korelacje są nieistotne. W pozostałych kopalniach występuje istotna korelacja między wielkością wydobycia i czasem, w związku z czym badanie związku wyrażonego równaniem (2) nie było przeprowadzane dla tych kopalń i takiej serii danych.

Przeprowadzenie szczegółowych badań doprowadziło do wyznaczenia średniego udziału kosztów zmiennych w 2008 roku dla niektórych pozycji kalkulacyjnych kosztów. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 4–9. W tabelach przedstawiono również podstawowe informacje o modelu, na podstawie którego określono ten udział: współczynnik determinacji modelu, liczbę danych miesięcznych (przypadków), które ostatecznie stanowiły podstawę budowy modelu oraz typ budowanego modelu gdzie 1 oznacza model z jedną zmienną objaśniającą – wydobyciem, zaś 2 model z dwiema zmiennymi objaśniającymi – wydobyciem i czasem.

Podstawową zasadą stosowaną przy budowie modeli ekonometrycznych jest założenie, że jeżeli znaleziono jakąś zależność to ona istnieje, natomiast jeśli jej nie znaleziono, to nie

TABELA 2. Korelacje pomiędzy pozycjami kalkulacyjnymi kosztów a wielkością wydobycia dla serii danych miesięcznych z lat 2007 i 2008 w poszczególnych kopalniach JSW S.A.

TABLE 2. Correlations between costs items and coal output for monthly data 2007 and 2008 years in JSW SA mines

Pozycja kalkulacyjna	Borynia	Jas-Mos	Krupiński	Pniówek	Zofiówka	Budryk
1	2	3	4	5	6	7
Koszty osobowe razem	-0,04	0,05	-0,17	0,04	0,06	-0,73
wynagrodzenia bezpośrednie	-0,02	0,03	-0,33	-0,16	0,00	-0,73
wynagrodzenia kalkulowane	-0,15	0,01	-0,13	0,20	0,11	-0,56
narzuty od wynagrodzeń	0,24	0,21	-0,08	0,11	0,10	-0,40
świadczenia dla pracowników	-0,10	0,01	0,10	-0,20	0,07	-0,05
inne koszty osobowe		-0,01	-0,12		0,27	
Koszty materiałowe razem	0,43	0,33	-0,41	-0,08	0,10	0,28
materiały bezpośrednie	0,43	0,33	-0,41	-0,08	0,10	0,28
materiały kalkulowane						
koszty zakupu		0,24		-0,25		-0,05
pozostałe koszty materiałowe						
Koszty związane z majątkiem trwałym	-0,02	0,19	-0,67	-0,24	0,02	-0,13
amortyzacja	0,08	0,23	-0,09	0,24	0,15	0,25
remonty, naprawy i konserwacje	-0,21	-0,08	-0,74	-0,63	-0,04	-0,43
ubezpieczenia majątkowe						
pozostałe koszty	0,04	0,26	-0,51	-0,10	-0,04	-0,20
Koszty energii razem	0,78	0,41	-0,05	0,20	0,47	-0,08
energia	0,78	0,40	-0,05	0,20	0,47	-0,02
koszty utrzymania sieci i rozdz.	0,36	0,18	-0,01			-0,22
Koszty usług produkcyjnych	0,02	0,23	0,04	-0,02	0,02	0,36
usł. wiertniczo-górnice	0,08	0,26	-0,05	-0,01	-0,15	0,69
usł. odmetanowania	0,20	0,51	-0,49	0,42	0,56	-0,31
usł. zwałowania	-0,07		0,43		-0,13	0,51
usł. uszlachetniania węgla	-0,01					
usł. transportowe	0,34	0,50	-0,24	0,31	0,47	-0,10
koszty usuwania szkód górniczych	0,18	-0,36	0,19	-0,04	0,28	-0,12
inne usługi produkcyjne	-0,12	0,14	0,13	-0,24	0,00	-0,29



TABELA 2 cd.

TABLE 2 cont.

1	2	3	4	5	6	7
Podatki i opłaty administracyjne	0,59	0,98	0,88	0,99	0,09	-0,02
podatek od nieruchomości						
opłata za eksploatację złoża	1,00	0,98	1,00	0,99	0,95	-0,02
opłata na rzecz ochrony środowiska	0,52	-0,08	0,20	0,68	-0,27	-0,08
pozostałe podatki i opłaty	0,18	0,14	-0,30	-0,03	-0,15	
Przygotowanie nowej produkcji						
Pozostałe koszty wytwarzania	0,09	0,05	-0,14	-0,06	-0,02	0,31
Zmniejszenia	0,12	-0,03	0,03	0,02	-0,42	0,46
Koszty wytworzenia węgla	0,32	0,25	-0,44	-0,02	0,09	-0,30
Węgiel zakupiony do przerobu						
w tym: od innych zakładów spółki						
Węgiel nie zaliczany do sprzedaży			0,08	0,43		-0,22
Zmiany stanów zapasów	0,21	0,01	0,03	0,34	0,10	-0,33
Koszty wytworzenia sprzedanego węgla	0,37	0,11	-0,36	0,24	0,20	-0,38
Koszty ogólnozakładowe	-0,04	-0,20	-0,22	-0,10	-0,06	0,50
Koszty sprzedaży	0,33	0,60	-0,05	-0,13	0,52	-0,28
Koszty własne sprzedanego węgla	0,35	0,10	-0,39	0,21	0,21	-0,28

Istotne korelacje oznaczono szarością

TABELA 3. Korelacje pomiędzy wielkością wydobycia a czasem dla serii danych miesięcznych z lat 2007 i 2008 (seria 0708) oraz z roku 2008 (seria 08) w poszczególnych kopalniach JSW S.A.

TABLE 3. Correlations between coal output and time for monthly data from 2007 and 2008 years (seria 0708) and from 2008 year (seria 08) in JSW SA mines

Analizowana seria	Borynia	Jas-Mos	Krupiński	Pniówek	Zofiówka	Budryk
seria 08	-0,54	-0,24	0,33	-0,35	-0,13	-0,55
seria 0708	-0,17	-0,51	-0,48	-0,72	0,12	-0,48

Istotne korelacje oznaczono szarością

TABELA 4. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Borynia

TABLE 4. Evaluated variable costs rates in Borynia mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Koszty osobowe razem	27,0	0,953	9	2
Koszty materiałowe razem	36,1	0,629	10	1
Materiały bezpośrednie	36,1	0,629	10	1
Pozostałe koszty związane z majątkiem trwałym	20,0	0,944	12	2
Koszty energii razem	44,7	0,673	11	1
Opłata za eksploatację złoża	100,0	0,998	11	1

TABELA 5. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Jas-Mos

TABLE 5. Evaluated variable costs rates in Jas-Mos mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Koszty energii razem	16,6	0,825	9	2
Energia	16,3	0,838	9	2
Podatki i opłaty administracyjne	98,9	0,999	12	2
Opłata za eksploatację złoża	99,6	1,000	12	2
Koszty wytworzenia węgla	12,8	0,738	10	2

TABELA 6. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Krupiński

TABLE 6. Evaluated variable costs rates in Krupinski mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Narzuty od wynagrodzeń	35,6	0,775	9	1
Energia	21,5	0,647	9	1
Usługi zwałowania	48,2	0,777	10	2
Podatki i opłaty administracyjne	100,0	0,987	12	1
Opłata za eksploatację złoża	100,0	0,992	12	1
Koszty wytworzenia sprzedanego węgla	53,8	0,602	9	1
Koszty własne sprzedanego węgla	44,1	0,613	9	1

TABELA 7. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Pniówek

TABLE 7. Evaluated variable costs rates in Pniówek mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Koszty energii razem	39,8	0,652	11	1
Energia	39,8	0,652	11	1
Podatki i opłaty administracyjne	100,0	0,995	11	1
Opłata za eksploatację złoża	100,0	0,991	12	1
Koszty wytworzenia sprzedanego węgla	17,4	0,648	9	2

TABELA 8. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Zofiówka

TABLE 8. Evaluated variable costs rates in Zofiówka mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Koszty energii razem	28,5	0,660	19	2
Usługi odmetanowania	59,8	0,663	19	1
Usługi transportowe	26,0	0,639	21	2
Opłata za eksploatację złoża	100,0	0,943	12	1

TABELA 9. Uzyskane udziały kosztów zmiennych dla kopalni Budryk

TABLE 9. Evaluated variable costs rates in Budryk mine

Pozycja kalkulacyjna	Udział kosztów zmiennych [%]	Uzyskany współczynnik determinacji	Liczba przypadków	Model określony równaniem
Usługi wiertniczo-górnice	100,0	0,851	9	1

wiadomo, czy ona istnieje czy nie. Dlatego jeśli nie ustalono udziałów kosztów zmiennych dla głównych pozycji kalkulacyjnych, a znaleziono je dla pozycji składających się na nie, to przyjęto, że kwota kosztów zmiennych w tych głównych pozycjach kalkulacyjnych jest co najmniej taka jak w składających się na nie kosztach. Stosując tę zasadę wyznaczono dodatkowo udziały kosztów zmiennych dla niektórych pozycji kalkulacyjnych. Udziały kosztów zmiennych dla głównych pozycji kalkulacyjnych służących do kalkulacji kosztu własnego węgla dla analizowanych kopalń JSW S.A. zestawiono w tabeli 10, przy czym szarością oznaczono te z nich, które nie zostały wyznaczone bezpośrednio za pomocą modeli

TABELA 10. Udziały kosztów zmiennych w pozycjach kalkulacyjnych kosztów własnych sprzedanego węgla w 2008 r. w kopalniach JSW S.A.

TABLE 10. Variable costs rates in calculation items of costs of sold coal in mines of Jastrzębska Coal Company in 2008

Pozycja kalkulacyjna	Borynia	Jas-Mos	Krupiński	Pniówek	Zofiówka	Budryk
Koszty osobowe razem	27,0					
Koszty materiałowe razem	36,1					
Koszty związane z majątkiem trwałym	3,4					
Koszty energii razem	44,7	16,6	18,6	39,8	28,5	
Koszty usług produkcyjnych		23,9	4,4		11,4	56,3
Podatki i opłaty administracyjne	96,8	98,9	100	100	73,8	
Pozostałe koszty wytwarzania						
Zmniejszenia						
Koszty wytworzenia węgla	22,1	12,8	51,5	16,6	3,8	7,2
Węgiel zakupiony do przerobu						
Węgiel nie zaliczany do sprzedaży						
Zmiany stanów zapasów						
Koszty wytworzenia sprzedanego węgla	22,4	13,9	53,8	17,4	4,1	7,3
Koszty ogólnozakładowe		25,6				
Koszty sprzedaży						
Koszty własne sprzedanego węgla	20,9	14,3	44,1	16,0	3,8	6,4

ekonometrycznych lecz na podstawie przedstawionej powyżej zasady. Udziały te należy traktować jako minimalne. Puste pozycje oznaczają, że nie znaleziono podstaw do uznania, że istnieje zależność danego kosztu od wielkości wydobycia.

Dla wszystkich kopalń ustalono udział kosztów zmiennych w kosztach wytwarzania węgla, choć tylko dla kopalni Jas-Mos na podstawie zweryfikowanego modelu ekonometrycznego. W pozostałych kopalniach udziały te – jako minimalne wartości – ustalono na podstawie wysokości kosztów zmiennych w kosztach stanowiących pozycje kalkulacyjne z jakich składają się koszty wytworzenia węgla. Udziały kosztów zmiennych w kosztach wytworzenia sprzedanego węgla na podstawie modeli ekonometrycznych ustalono dla kopalń Krupiński i Pniówek, a w kosztach własnych sprzedanego węgla – w kopalni Krupiński. Kopalnia Budryk, która została włączona do Jastrzębskiej Spółki Węglowej SA na początku 2008 roku, przechodziła w 2008 roku zmiany w systemach kalkulacyjnych, co można zaobserwować w macierzy korelacji poszczególnych pozycji kalkulacyjnych kosztów z wydobyciem (tab. 1 i 2), gdzie szereg pozycji kalkulacyjnych wykazuje ujemne

korelacje z wielkością wydobycia. W rezultacie dla tej kopalni zweryfikowano tylko jeden model ekonometryczny, a pozostałe koszty układu kalkulacyjnego nie wykazały związku z wielkością wydobycia.

## Podsumowanie i wnioski

Udział kosztów zmiennych w kosztach wytwarzania węgla można określić na podstawie zweryfikowanych modeli ekonometrycznych wiążących badany koszt z wielkością wydobycia. Badania wykonane nie tylko dla pozycji kosztów wytworzenia razem, ale dla składowych tych kosztów oraz dla składowych kosztów własnych sprzedanego węgla pozwalają na precyzyjniejsze określenie struktury kosztów wytwarzania węgla w podziale na koszty zmienne i stałe.

Wykonane badania dla kopalń Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. wykazały, że dla danych roku 2008 można określić udział kosztów zmiennych w kosztach wytworzenia węgla dla wszystkich kopalń. Dokładność szacunków jest jednak daleka od ideału. Wynika to z małej dbałości kopalń o wiązanie ponoszonych kosztów z procesem produkcyjnym. Przykładem może być fakt, że związek kosztów materiałowych z wielkością wydobycia został potwierdzony tylko w jednej kopalni (Borynia), podczas gdy taki związek wydaje się być oczywistym (mamy wszakże do czynienia z układem kalkulacyjnym kosztów, gdzie gromadzone są koszty powinny mieć bezpośredni związek z produkcją węgla). Na jakość oszacowań mają bezpośredni wpływ procesy restrukturyzacyjne – na przykład koszty kopalni Budryk w 2008 r. wykazały zależność od wielkości wydobycia tylko w przypadku usług wiertniczo-górnich, podczas gdy badania wykonane dla wcześniejszych lat, kiedy kopalnia pracowała jako samodzielny podmiot, dały znacząco lepsze wyniki. Oznacza to, że perturbacje związane ze zmianami organizacyjnymi miały wpływ na płynność procesu produkcyjnego.

Uzyskane udziały kosztów zmiennych w kosztach wytworzenia węgla wahają się od 3,8% – jako wartość minimalna w kopalni Zofiówka – do co najmniej 51,5% w kopalni Krupiński.

Wyznaczono również udziały kosztów zmiennych w kosztach własnych sprzedanego węgla, uzyskując wyniki od 3,8% w kopalni Zofiówka (wartość minimalna) do 44,1 w kopalni Krupiński. Wyznaczenie udziałów kosztów zmiennych w kosztach własnych sprzedanego węgla jest o tyle istotne, że ta pozycja kosztowa wiąże ze sobą układ kalkulacyjny kosztów z układem rodzajowym. Można zatem – w toku dalszych badań – weryfikować uzyskane wyniki poprzez badania składowych kosztów rodzajowych.

## Literatura

- [1] CZOPEK K., 2000 – Wykorzystanie rachunku kosztów stałych w procesie poprawy efektywności ekonomicznej kopalni. Przegląd Górniczy nr 6, s. 6–11.
- [2] CZOPEK K., 2003 – Koszty stałe i zmienne. Teoria – Praktyka. Kraków, Wyd. Art.-Tekst.
- [3] GAWLIK L., 2008 – Budowa i weryfikacja modelu ekonometrycznego dla określenia liniowej zależności pomiędzy kosztami pozyskania węgla a wielkością wydobycia. Gospodarka Surowcami Mineralnymi t. 24, z. 1, s. 27–44.
- [4] GAWLIK L., 2008 – Wpływ poziomu wydobycia węgla kamiennego na koszty jego pozyskania w kopalniach. Studia, Rozprawy, Monografie nr 148, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, ss. 220.
- [5] JAWIEŃ M., JABOŃSKA-FIREK B., DUDA J. T., 1996 – Sterowanie makroekonomiczne górnictwa węgla kamiennego w Polsce. PWN, Warszawa-Kraków.
- [6] KLANK M., 1998 – Przydatność w zarządzaniu kopalniami węgla kamiennego wyodrębniania w różnych przekrojach analitycznych stałych i zmiennych kosztów produkcji. Materiały sympozjum nt. Stosowane i postulowane przekroje analityczne kosztów produkcji w kopalniach wraz z oceną ich przydatności w proefektywnościowym zarządzaniu (ze szczególnym uwzględnieniem tzw. kosztów stałych i zmiennych), Wyd. GIG, Katowice, luty.

Lidia GAWLIK

## Variable costs in costs of coal production in coal mines

### Abstract

The paper presents the method of variable costs evaluation in costs of coal production. The method is based on construction of econometric models in which the dependence of analyzed costs item from coal production is seek. The rationale of the form of applied equation is given where the dependence of costs from two variables is investigated: production and time.

The analysis was done for the mines of Jastrzebska Coal Company. The series of data investigated were the monthly data for 2008 year and for the 2007 and 2008 years. A number of econometric models have been validated and on their basis the shares of variable costs in costs of coal production and in costs of sold coal have been identified. The imperfections of the method is pointed out in the paper and the direction of further analyses is shown lying in interrelation of system of costing by products and system of costing by kinds of costs.

KEY WORDS: econometric models, variable costs, cost of coal production, coal mine