



Wojciech SUWAŁA\*, Mariusz KUDEŁKO\*

## ***Wpływ skali produkcji na opłacalność eksportu węgla kamiennego***

Streszczenie: Artykuł podejmuje problem wpływu skali produkcji na efektywność eksportu węgla i zwiększania poziomu produkcji. Z efektem skali powiązано postacie funkcji kosztów, stanowiąc formalną podstawę do ich estymowania na podstawie danych kopalń. Oszacowano funkcje liniowe, jako że postać wielomianu trzeciego stopnia, wskazywania w teorii mikroekonomii, nie jest możliwa do oszacowania z powodu braku danych o silnie zróżnicowanym poziomie produkcji. W celu estymacji równań kosztów dla poszczególnych kopalń posłużono się danymi historycznymi z lat 1991–1994, co było podyktowane dostępnością odpowiedniego materiału statystycznego. Uzyskane parametry funkcji posłużyły do oszacowania kosztu krańcowego. Jego porównanie z cenami jest podstawą do dyskusji o zakresie opłacalności eksportu węgla i zwiększania poziomu produkcji.

Słowa kluczowe: ekonomika górnictwa, koszty krańcowe, rachunek ekonomiczny

### ***Scale economies and efficiency of coal export***

Abstract: The paper discusses the problem of economies of scale in Polish coal mining. Forms of scale economies and respective costs functions were described as a base for the form of costs' function. Four years data were used to estimate linear costs models. In microeconomics analyses third level polynomial functions is a typical for the costs function, but lack of data for large differences in production level makes estimation impossible. Linear function gave estimate of fixed marginal costs. Relevance of their levels compared to coal export prices is discussed as a criteria for export efficiency.

Key words: mining economics, marginal costs, economic assessment

---

\* Doc. dr hab. inż., Zakład Polityki Energetycznej i Ekologicznej, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: suwala@min-pan.krakow.pl, kudelko@min-pan.krakow.pl

## **Wprowadzenie**

Pomimo prowadzenia od wielu lat intensywnych prac nad poprawą stanu polskiego górnictwa węglowego, sytuacja ekonomiczna kopalń węgla kamiennego jest wciąż niestabilna. W świetle takiej sytuacji ekonomicznej podstawowym celem stojącym przed górnictwem węglowym jest obniżka kosztów i zwiększanie poziomu sprzedaży. Ponadto, warunkiem przetrwania górnictwa węglowego jest podjęcie działań racjonalizujących proces wydobywczy i zwiększających wydajność pracy.

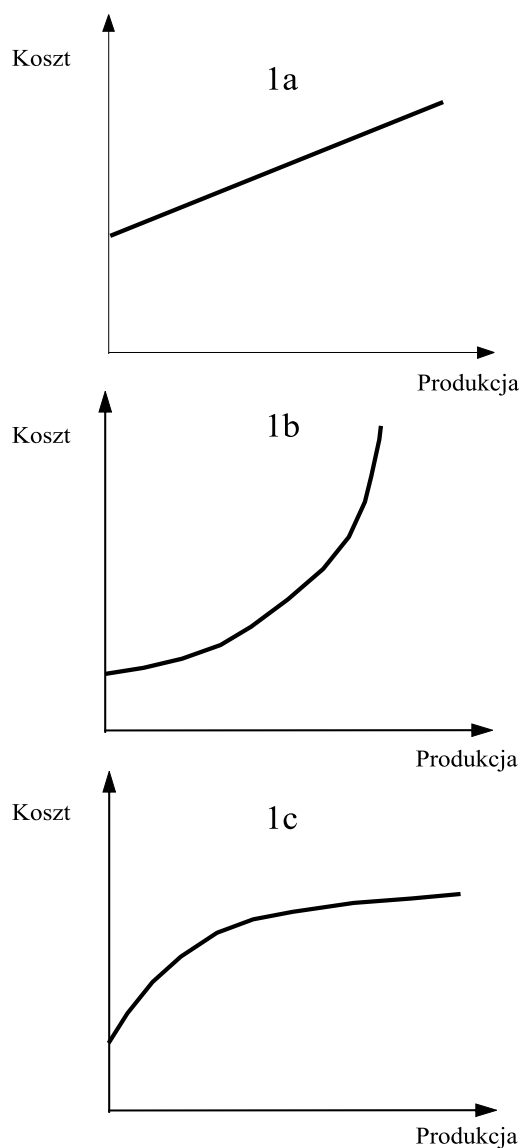
Formułowane i z różnym skutkiem realizowane programy restrukturyzacyjne skupiają się przede wszystkim na obniżce kosztów produkcji. Chodzi tu przede wszystkim o koszty stałe, które stanowią znaczącą część całości kosztów kopalń. Różnice w szacunkach ich udziałów są znaczne, od niemal 100% (Gawlik 2008), przez 70% (Łuczak, Utrata 1995) i 45% (Suwała, Kudełko, Kamiński 2001), do 33% (Gawlik 2008). Wysoki poziom kosztów stałych obniża próg rentowności, przez co opłacalny poziom produkcji mieści się w stosunkowo wąskim zakresie. Dlatego też podstawowym celem działania kopalń powinno być obniżenie poziomu kosztów stałych, przez co zwiększy się zakres produkcji i wartość osiągniętych zysków.

Jednym z ewentualnych rozwiązań umożliwiających obniżenie jednostkowych kosztów stałych jest zwiększenie poziomu produkcji. Zmniejsza się wówczas składnik kosztów stałych w kosztach całkowitych, gdyż koszty te rozkładają się na większą część produkcji. Ten z pozoru prosty sposób poprawy wyników ekonomicznych natrafia jednak na dość istotne przeszkody w postaci po pierwsze – bariery technologicznej i popytowej, a po drugie – przekonania o „nieopłacalności” takiego działania.

Celem niniejszego artykułu jest uzasadnienie tezy o możliwości istnienia w kopalniach tzw. efektu skali i oszacowanie jego skutków ekonomicznych przy założeniu, że możliwe jest zwiększenie produkcji węgla (mając na uwadze osiągnięte zdolności produkcyjne kopalń oraz możliwości zbytu węgla). Wówczas działanie to jest nie tylko racjonalne, ale i ekonomicznie uzasadnione – nawet w przypadku kopalń deficytowych. Dla udowodnienia tej tezy posłużono się materiałem badawczym dotyczącym produkcji eksportowej kopalń. Jest to o tyle ważne, iż co jakiś czas mówi się o nieopłacalności eksportu węgla kamiennego, gdyż uzyskiwana cena jest niższa od średniego kosztu pozyskania węgla. Jak się wydaje, nie przeprowadzono dotychczas na ten temat merytorycznej dyskusji opartej na analizie kształtowania się poziomu kosztów wydobycia węgla, a szczególnie ich zależności od wielkości produkcji.

### **1. Zależność kosztów od wielkości produkcji**

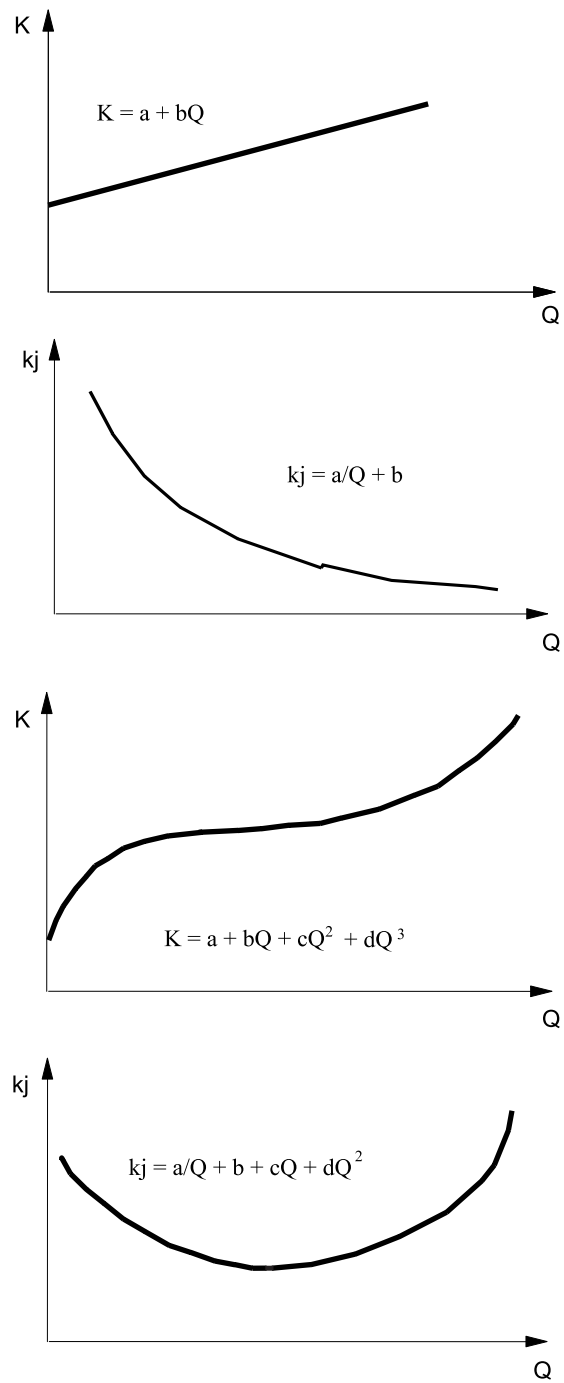
Jednostkowe koszty produkcji maleją wraz ze zwiększaniem się wielkości produkcji. Tempo, w jakim to następuje zależy od tzw. korzyści skali (Coal... 1995), to jest proporcji między wydatkami na czynniki produkcji, a przyrostem produkcji. Przy stałych korzyściach skali (proporcjonalnych wydatkach i przyroście produkcji) zależność jest prostoliniowa (rys. 1a), przy malejących korzyściach skali (wydatki rosną szybciej niż produkcja) krzywa kosztów rośnie wykładniczo (rys. 1b). Przy rosnących korzyściach skali (produkcja rośnie szybciej niż wydatki), krzywa kosztu ma postać, jak na rysunku 1c.



Rys. 1. Zależność kosztu całkowitego od wielkości produkcji przy różnych korzyściach skali

Fig. 1. Economies of scale and relation between total costs and production level

Korzyści skali mogą zależeć od poziomu produkcji, czyli mogą zmieniać się wraz ze zmianą wielkości produkcji. Przypadek taki opisuje rysunek 2. Mamy tu do czynienia najpierw z rosnącymi (przy niskim poziomie produkcji), później z malejącymi (przy wysokim poziomie produkcji) korzyściami skali. Zazwyczaj przyjmuje się, że krzywe kosztów odpowiadają stałym lub zmiennym korzyściom skali, przy czym w literaturze mikroekonomicznej (Laidler, Estrin 1991) przyjmuje się zmienne korzyści skali i wielomian trzeciego stopnia jako formułę tej zależności.



Rys. 2. Zależność kosztów całkowitych i jednostkowych od wielkości produkcji przy zmiennych korzyściach skali

Fig. 2. Total costs dependency on production level at variable economies of scale

Stałe korzyści skali opisuje równanie liniowe:

$$Kc = a + bQ \quad (1)$$

$$kj = a \frac{1}{Q} + b \quad (2)$$

Zmienne korzyści skali opisuje wielomian trzeciego stopnia:

$$Kc = a + bQ + cQ^2 + dQ^3 \quad (3)$$

$$kj = a \frac{1}{Q} + b + cQ + dQ^2 \quad (4)$$

gdzie:

$Kc$  – koszt całkowity [zł],

$kj$  – koszt jednostkowy [zł/t],

$Q$  – wielkość produkcji [t],

$a$  [zł],  $b$  [zł/t],  $c$  [zł/t<sup>2</sup>],  $d$  [zł/t<sup>3</sup>] – parametry równań.

Właściwą postać krzywej można dobrać do konkretnego przypadku przez estymację obu równań. W praktyce częściej przyjmuje się postać pierwszą, choć może ona nie dawać oszacowania rzeczywistych, lecz pozornych kosztów stałych i zmiennych (Suwała, Kudełko, Kamiński 2001). Uzyskane ostatnio oszacowania liniowej funkcji kosztów (Gawlik 2008) dały silnie zróżnicowane parametry funkcji i w konsekwencji udziały kosztów stałych i zmiennych wydają się potwierdzać problemy szacowania rzeczywistych funkcji. Druga postać funkcyjna wymaga dość dużych, w praktyce rzadko spotykanych, danych o zmianach w poziomie produkcji, szczególnie w zakresie bliskim maksymalnej mocy produkcyjnej (Suwała, Kudełko, Kwiecień 1996). Brak danych o odpowiednio dużym zakresie zmienności poziomu produkcji jest podstawową przeszkodą w oszacowaniu postaci funkcji kosztów, a zatem i kosztów krańcowych.

## **2. Estymacja równań kosztów jednostkowych dla kopalń węgla kamiennego**

W celu estymacji równań kosztów jednostkowych dla poszczególnych kopalń węgla kamiennego zebrano miesięczne dane dotyczące kosztów oraz wydobycia w kopalniach z lat 1991–1994, to jest około 46 par danych dla każdej kopalni. Wykorzystano publikowane co miesiąc Biuletyny Informacyjne Państwowej Agencji Węgla Kamiennego (PAWK) o działalności gospodarczej kopalń węgla kamiennego. Aby zniwelować efekt wysokiej inflacji oraz umożliwić porównanie danych, przeliczono koszt z bieżących złotych na dolary USA. Przeprowadzono estymację obydwu postaci krzywych, tj. równań 2 i 4. Jakość otrzymanych równań, mierzona wartością współczynnika determinacji  $R^2$ , jest bardzo zróżnicowana. Najmniejsze wartości są rzędu 0,01, największe 0,80 (80% zmienności wyjaśniają parametry równania). Niska wartość współczynnika  $R^2$  wynika z kilku przyczyn, wśród których do

najważniejszych należy wpływ innych (poza wielkością produkcji) czynników na poziom kosztów oraz niska zmienność wielkości produkcji. Ujemne wartości współczynników „a” i „b” dla niektórych kopalń należy interpretować jako wynik zależności kosztu jednostkowego od wielkości produkcji według krzywej trzeciego stopnia (rys. 2). Znaki współczynników zależą od tego, z której części krzywej pochodzą dane wykorzystane do estymacji. Jeśli dane znajdują się w opadającej części krzywej kosztów jednostkowych, wówczas współczynnik „b” jest dodatni, a „a” może być ujemny. W rosnącej części krzywej współczynnik „b” jest ujemny, a „a” powinno być dodatnie.

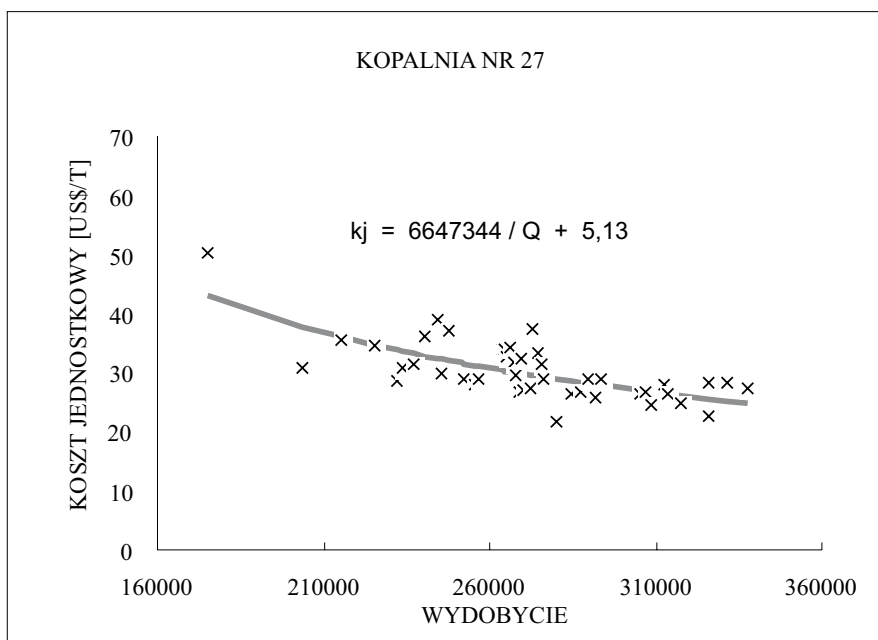
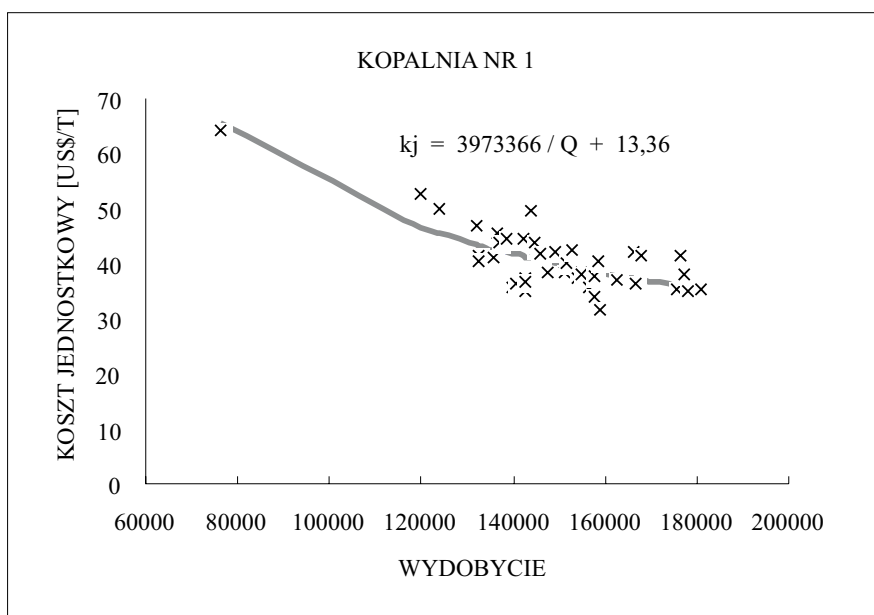
Z otrzymanych równań tylko funkcje postaci (2) są możliwe do zaakceptowania. Dla funkcji (4) otrzymywano parametry (wartości a, b, c, d), które nie odpowiadały realnym zasadom kształtowania się kosztów jednostkowych (malały do zera przy wzroście produkcji). Można zatem stwierdzić, że w kopalniach węgla kamiennego obserwuje się stałe korzyści skali – przynajmniej dla takiego zakresu wielkości produkcji, jaki był zawarty w wykorzystanych danych. Wyniki estymacji parametrów równań zawarto w tabeli 1.

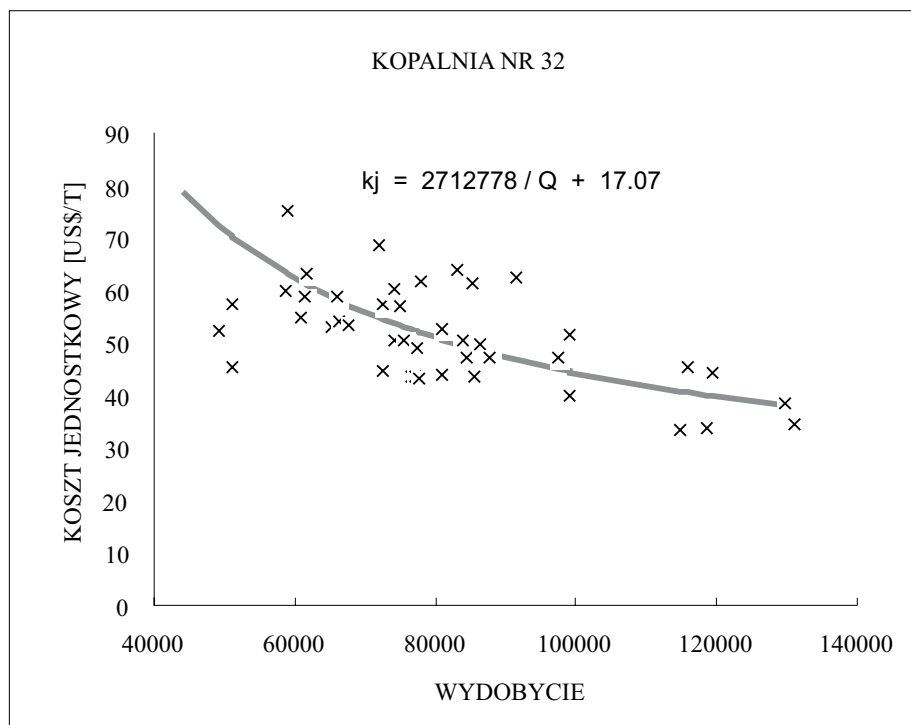
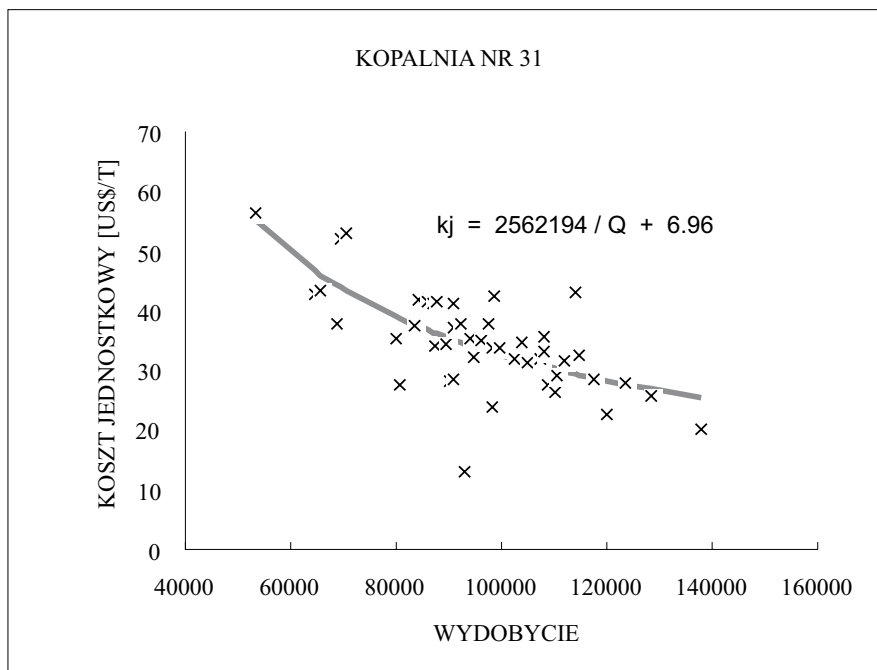
TABELA 1. Wyniki estymacji funkcji kosztów jednostkowych

TABLE 1. Unit costs function estimates

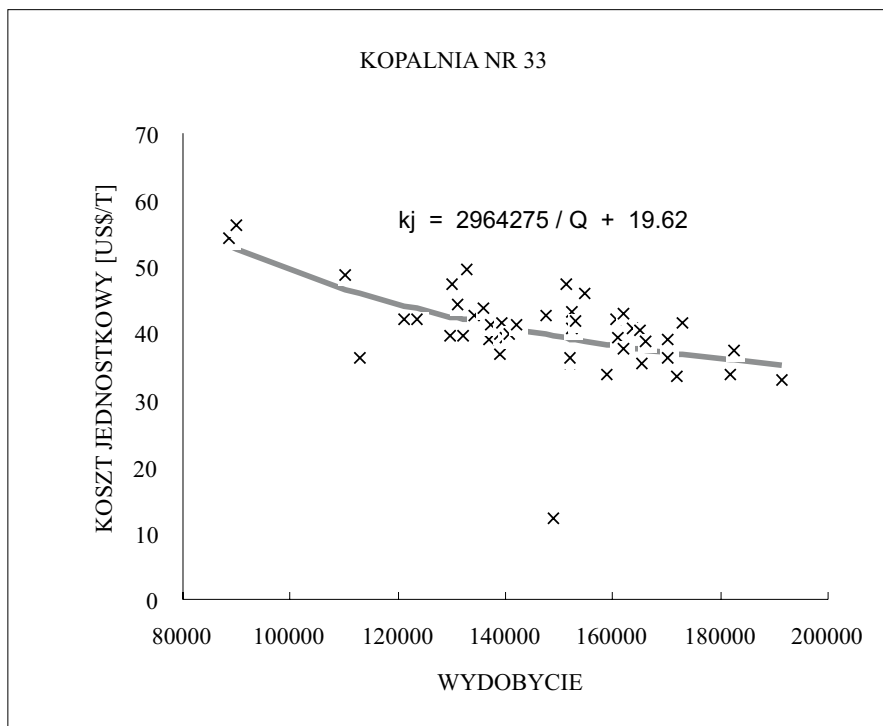
| Nr kopalni | a         | b      | R2   | Nr kopalni | a          | b      | R2   |
|------------|-----------|--------|------|------------|------------|--------|------|
| 1          | 3 973 367 | 13,36  | 0,63 | 36         | 72 540     | 32,58  | 0,01 |
| 2          | 4 555 014 | 1,31   | 0,69 | 37         | 327 721    | 54,87  | 0,02 |
| 3          | 4 094 159 | 5,27   | 0,26 | 38         | 3 967 224  | 1,47   | 0,54 |
| 4          | 0         | 33,48  | 0,78 | 39         | 2 032 930  | 5,68   | 0,34 |
| 5          | 6 085 338 | -27,13 | 0,72 | 40         | 10 007 326 | 3,19   | 0,73 |
| 6          | 2 509 481 | 11,92  | 0,55 | 41         | 5 760 669  | 13,60  | 0,36 |
| 7          | 1 417 181 | 14,17  | 0,13 | 42         | 2 036 659  | 15,29  | 0,15 |
| 8          | 4 017 025 | 15,43  | 0,16 | 43         | 1 976 451  | 8,83   | 0,31 |
| 9          | 5 997 700 | 3,88   | 0,42 | 44         | 1 299 172  | 21,06  | 0,30 |
| 10         | 2 447 948 | 12,51  | 0,47 | 45         | 8 063 019  | -15,34 | 0,75 |
| 11         | 1 978 960 | 15,27  | 0,23 | 46         | 1 610 128  | 18,52  | 0,72 |
| 12         | 6 446 345 | 10,28  | 0,62 | 47         | 1 479 758  | 16,22  | 0,35 |
| 13         | 2 666 615 | 15,12  | 0,41 | 48         | -248 394   | 31,77  | 0,00 |
| 14         | 3 215 166 | 12,30  | 0,33 | 49         | 1 803 950  | 9,61   | 0,59 |
| 15         | 1 277 253 | 10,71  | 0,60 | 50         | 2 118 570  | 1,41   | 0,31 |
| 16         | 5 392 658 | 9,48   | 0,46 | 51         | 3 864 868  | 3,83   | 0,67 |
| 17         | 1 632 357 | 11,10  | 0,53 | 52         | 4 036 124  | 0,18   | 0,87 |
| 18         | 2 860 958 | 10,53  | 0,45 | 53         | 2 138 290  | 12,00  | 0,32 |
| 19         | -215 186  | 26,36  | 0,00 | 54         | 3 689 173  | 4,61   | 0,65 |
| 20         | 4 116 976 | 14,42  | 0,26 | 55         | 6 052 513  | 6,92   | 0,39 |
| 21         | 3 470 749 | 14,10  | 0,18 | 56         | 769 718    | 22,75  | 0,06 |
| 22         | 1 507 047 | 9,82   | 0,34 | 57         | 4 339 975  | 12,26  | 0,53 |
| 23         | 3 625 919 | 3,03   | 0,48 | 58         | 8 992 052  | -6,09  | 0,77 |
| 24         | -781 227  | 44,53  | 0,07 | 59         | 2 667 986  | -0,57  | 0,67 |
| 25         | 1 617 569 | 16,04  | 0,21 | 60         | 2 335 082  | -23,68 | 0,34 |
| 26         | 3 311 438 | 12,24  | 0,21 | 61         | -425 842   | 133,19 | 0,08 |
| 27         | 6 647 344 | 5,13   | 0,50 | 62         | 955 709    | 46,87  | 0,21 |
| 28         | 2 928 859 | 16,68  | 0,34 | 63         | 2 600 494  | 4,83   | 0,55 |
| 29         | 1 538 825 | 20,34  | 0,09 | 64         | 5 357 581  | 7,04   | 0,51 |
| 30         | 1 209 328 | 24,85  | 0,04 | 65         | 1 095 131  | 25,14  | 0,02 |
| 31         | 2 562 194 | 6,96   | 0,48 | 66         | -612 218   | 36,22  | 0,02 |
| 32         | 2 712 779 | 17,07  | 0,42 | 67         | 3 754 882  | 16,95  | 0,31 |
| 33         | 2 964 275 | 19,62  | 0,32 | 68         | 6 631 860  | 10,60  | 0,19 |
| 34         | 1 754 709 | 14,99  | 0,12 | 69         | 54 078     | 46,61  | 0,00 |
| 35         | 2 190 375 | 14,58  | 0,32 | 70         | 3 872 498  | 19,75  | 0,21 |

Do kopalń, które spełniają dwa warunki, tj. pozytywny wynik estymacji (duża wartość  $R^2$ ) i wysoki udział eksportu w sprzedaży węgla, należą zakłady nr: 1, 27, 31, 32, 33. Poniższe rysunki obrazują zależność kosztu jednostkowego od wielkości produkcji dla wymienionych kopalń.









Rys. 3. Zależność kosztów jednostkowych od wielkości produkcji dla wybranych kopalń

Fig. 3. Unit costs and production level for selected mines

### 3. Analiza efektywności eksportu węgla

Kryterium efektywności eksportu, jakie zostało tutaj zastosowane, opiera się na porównaniu kosztu krańcowego produkcji węgla na eksport oraz ceny z niego uzyskiwanej. Eksport jest efektywny, jeśli koszt krańcowy jest mniejszy od ceny. Stwierdzenie to może być rozszerzone na dowolną sprzedaż, również w kraju. Jego podstawą jest mikroekonomiczny rachunek optymalizacyjny produkcji przedsiębiorstwa, który każe mu sprzedawać produkt, jeśli tylko warunek ten jest spełniony. Należy jednak pamiętać, że nie przesądza on o efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa w długim terminie.

Koszt krańcowy wyraża przyrost kosztów całkowitych związanych z wytworzeniem dodatkowej jednostki produktu (tony węgla). To właśnie wielkość kosztu krańcowego decyduje o wyborze optymalnego, z punktu widzenia zakładu, poziomu produkcji. Istnienie efektu skali dla wyróżnionych kopalń (co potwierdzają powyższe rysunki, na których koszty jednostkowe maleją wraz z produkcją) powoduje, iż każda dodatkowa jednostka produkcji jest mniej kosztowna. Oczywiście jest tak do pewnego momentu, gdyż w rzeczywistości przy pewnej wielkości produkcji, najczęściej w pobliżu zdolności produkcyjnej, koszty krańcowe rosną, zgodnie ze zmiennymi korzyściami skali. Dla stałych korzyści skali koszty krańcowe są stałe.

Aby odpowiedzieć na pytanie, czy eksport węgla jest opłacalny pozostaje jedynie wyliczyć wartość kosztów krańcowych dla wspomnianych kopalń i porównać z ceną eksportową węgla. Koszt krańcowy definiowany jest jako pochodna kosztu całkowitego względem produkcji:

$$Kk = \frac{dKc}{dQ} \quad (5)$$

gdzie:

$Kk$  – koszt krańcowy,  
 $Kc$  – koszt całkowity,  
 $Q$  – wielkość produkcji.

Ponieważ:

$$kj = \frac{a}{Q} + b \quad (6)$$

$$Kc = a + bQ \quad (7)$$

gdzie:

$kj$  – koszt jednostkowy  
 $a, b$  – parametry równań

wówczas koszt krańcowy według (5) wynosi:

$$Kk = \frac{dKc}{dQ} = b \quad (8)$$

Jak łatwo zauważyć, wartość kosztu krańcowego równa jest parametrowi  $b$  równania kosztów jednostkowych (patrz rys. 3). Porównanie cen eksportowych (aktualnych w tamtym okresie) z wartościami parametru  $b$ , z tabeli 1 pozwala określić efektywność eksportu. Dla węgla energetycznego cena ta wynosiła 27,3 USD/t i kopalnie 27 i 31, których to dotyczy, mają koszt krańcowy niższy od tej ceny. Podobnie jest dla węgla koksującego 30,5 USD/t, to jest kopalń: 1, 32 i 33. Oznacza to, że sprzedaż węgla na eksport z tych kopalń była ekonomicznie uzasadniona.

Przedstawiona analiza potwierdza efektywność eksportu w krótkim okresie, niemniej konieczna jest analiza jego efektywności w dłuższej skali czasowej. Należy rozważyć różne scenariusze kształtowania się światowych cen węgla w przyszłości oraz straty, jakie mogłyby wyniknąć z utraty rynków zbytu w przypadku kilkuletniej obniżki eksportu. Konieczne jest także sprowadzenie kosztów do jednakowego poziomu za pomocą innych współczynników niż kurs wymiany dolara. Należałoby bazować na wskaźnikach wzrostu cen energii, płac itd., które wierniej niż kurs dolara odtwarzają wzrost inflacyjny.

## **Wnioski**

Znaczenie wpływu skali produkcji na wybór ekonomicznie uzasadnionego poziomu działalności produkcyjnej nie zawsze jest właściwie interpretowane. Co więcej, niezrozumienie podstawowych zasad ekonomicznych prowadzi do ferowania błędnych wniosków, co do celowości prowadzenia działalności produkcyjnej. W przypadku górnictwa węgla kamiennego jest to o tyle istotniejsze, że sektor ten pozostaje w trudnej sytuacji ekonomicznej. Sytuacja finansowa zmienia się wraz z koniunkturą. Tym bardziej konieczne wydaje się przeprowadzenie rzetelnej analizy zasadności prowadzenia działalności produkcyjnej kopalń i określenia jej opłacalnego poziomu.

W świetle pojawiających się ostatnio informacji o pogarszaniu się sytuacji kopalń pojawia się pytanie, co jest bardziej opłacalne dla kopalń: ograniczenie (zaprzestanie) produkcji, czy raczej działanie odwrotne – zwiększenie produkcji. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do produkcji eksportowej, która w wielu opiniach uważana jest za nieopłacalną. Powyższa analiza udowadnia, że po spełnieniu przyjętych założeń odnośnie istnienia tzw. efektu skali produkcji, posiadania odpowiednich mocy produkcyjnych i rynków zbytu, korzystniejszą strategią dla tych kopalń będzie zwiększanie produkcji. Dzięki istnieniu efektów skali dodatkowe ilości węgla wydobywane są po małym koszcie, znacznie mniejszym niż uzyskiwana cena za ten węgiel. Oznacza to, że dodatkowa produkcja jest jak najbardziej pożądana, gdyż przynosi korzyści. Dzięki niej można nie tylko poprawić wynik finansowy kopalń o dobrej pozycji ekonomicznej, ale także zlikwidować (lub zmniejszyć) istniejący deficyt finansowy w przypadku kopalń ekonomicznie słabych, pracujących na granicy opłacalności.

Powyższe stwierdzenia dotyczą decyzji produkcyjnych kopalń w krótkim okresie czasu, kiedy uzyskiwane dochody ze sprzedaży przewyższają koszty zmienne (krańcowe). W tym przypadku kopalnie są w stanie zarabiać na pokrycie nie tylko kosztów zmiennych, ale i części swoich kosztów stałych. W konsekwencji kontynuacja produkcji jest dla nich decyzją racjonalną ekonomicznie. W długim okresie, aby utrzymać się na rynku, kopalnie muszą otrzymać zwrot wszystkich ponoszonych kosztów.

## **Literatura**

- Wyniki sektora górnictwa węgla kamiennego po dziewięciu miesiącach 1996 roku. Problemy górnictwa, Biuletyn PAWK, październik 1996, Katowice.
- Łuczak I., Utrata A., 1995 – Określenie wpływu poziomu kosztów stałych na rentowność branż zakładów górniczych. Szkoła Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie '95, Kraków, 22–23 listopada.
- Coal Information 1994, IEA, Paris 1995.
- Gawlik L., 2008 – Wpływ poziomu wydobycia węgla kamiennego na koszty jego pozyskania w kopalniach. Studia, Rozprawy, Monografie nr 148, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- Laidler D., Estrin S., 1991 – Wstęp do mikroekonomii. Gebethner i S-ka, Warszawa.
- Suwała W., Kudełko M., Kwiecień S., 1996 – Uwagi na temat opłacalności eksportu węgla kamiennego. X Konferencja z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej”. Zakopane, październik 1996, Wyd. CPPGSMiE PAN, Sympozja i Konferencje nr 23, Kraków.
- Suwała W., Kudełko M., Kamiński J., 2001 – Rynek węgla kamiennego w Polsce. Studia, Rozprawy, Monografie nr 95, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.

