

Joachim PIELOT  
Politechnika Śląska, Gliwice

## OCENA WARTOŚCI PRODUKCJI UZYSKIWANEJ Z WĘGLA SUROWEGO O RÓŻNEJ JAKOŚCI

**Streszczenie.** W opracowaniu przyjęto do analizy 22 nadawy węgla surowego o różnych charakterystykach składu ziarnowego – zawsze w granicach 200 (250)-0 mm – oraz różnych charakterystykach wzbogacalności. Wyznaczone zostały wartości produkcji mieszanki uzyskiwanej z każdej nadawy przy dowolnej jakości mieszanki i przy zadanych zawartościach popiołu w mieszance.

## PRODUCTION VALUE ESTIMATION FROM VARYING QUALITY OF THE RAW COAL

**Summary.** The paper evaluates 22 types of the raw coal with different granulometric characteristics from 250 (200) to 0 mm and different washability characteristics. There have been estimated blend production values from each type of the raw coal with different blend qualities and desired ash content values.

### 1. Wstęp

Węgiel kamienny wydobywany przez kopalnie w stanie surowym jest mieszaniną ziarn węgla – substancji mineralnej, zrostów węgla z kamieniem, kamienia bądź też innych minerałów zanieczyszczających. Ziarna te różnią się gęstością, zawartościami popiołu, siarki, wilgoci, wartością opałową oraz wymiarami geometrycznymi. Zanieczyszczenia węgla surowego składają się z różnych substancji mineralnych [5]. Wychody i parametry jakościowe produktów wzbogacania zależą więc od własności technologicznych węgla surowego (określonych krzywymi wzbogacalności) oraz od układu technologicznego zakładu przeróbki węgla i głębokości wzbogacania. Z konkretnego węgla surowego można uzyskać

koncentraty lub mieszanki o jakości zbliżonej lub odbiegającej od potencjalnie możliwej, wynikającej ze wzbogacalności. Uzyskiwana jakość produktów handlowych często jednak zależy od potrzeb odbiorców węgla.

Dla każdego węgla surowego można tak dobrać głębokość wzbogacania – poprzez dobór odpowiednich wartości parametrów rozdziału w danym układzie technologicznym – aby uzyskać maksymalną wartość produkcji. Odpowiednie przykłady są podane w p. 5 i p. 6.

## 2. Charakterystyki węgla surowego

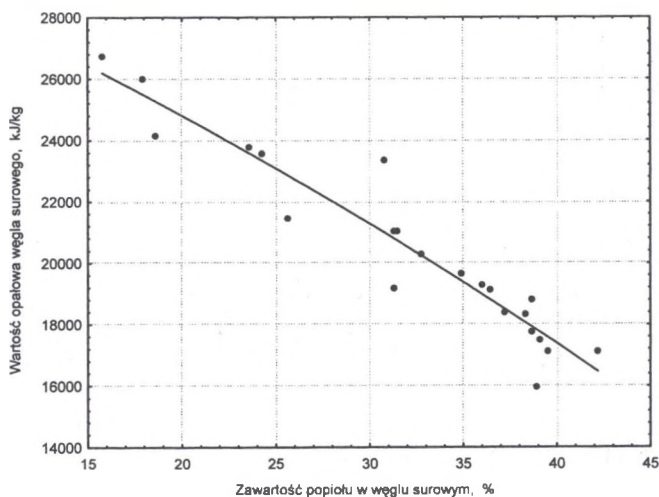
W niniejszym opracowaniu przyjęto do analizy 22 nadawy węgla surowego o różnych charakterystykach składu ziarnowego (200 (250)-0 mm) oraz różnych charakterystykach wzbogacalności. Średnie parametry jakościowe tych nadaw są podane w tablicy 1.

Tablica 1

Nr nadawy	Średnia zawartość popiołu, %	Średnia zawartość siarki całkowitej, %	Średnia wartość opałowa, kJ/kg
1	15,77	1,02	26 720
2	17,95	1,00	26 000
3	18,57	0,80	24 150
4	23,58	0,95	23 780
5	24,25	1,19	23 590
6	25,65	0,90	21 480
7	30,74	1,00	23 370
8	31,30	1,13	21 030
9	31,31	1,01	19 170
10	31,45	1,35	21 010
11	32,71	1,09	30 310
12	34,90	1,21	19 640
13	35,98	1,24	19 260
14	36,44	1,19	19 130
15	37,24	1,22	18 380
16	38,34	1,13	18 310
17	38,65	1,01	17 750
18	38,70	0,90	18 800
19	39,09	1,08	17 480
20	39,54	0,83	17 110
21	39,89	0,95	15 980
22	42,19	1,38	17 130

Na rys. 1 przedstawiona jest zależność wartości opałowej od zawartości popiołu w rozpatrywanych nadawach. Surowy węgiel kamienny składa się z palnej substancji organicznej, która stanowi o wartości opałowej, niepalnej substancji mineralnej, z której

po spaleniu tworzy się popiół, i wody. Z tego powodu im większa jest zawartość popiołu w węglu, tym mniejsza jego wartość opałowa. Widoczny rozrzut wartości wynika z tego, że substancję organiczną tworzy kilka pierwiastków, a wzajemny ich udział i rodzaje wiązań decydują o typie węgla; im wyższa zawartość czystego węgla (pierwiastka C), tym typ węgla jest wyższy [6] i większa jest jego wartość opałowa. Ponadto, różna jest również zawartość wilgoci w poszczególnych nadawach.

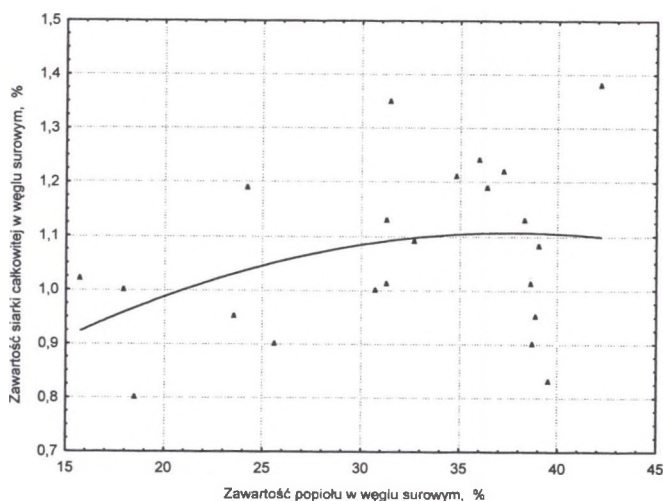


Rys. 1. Zależność wartości opałowej od zawartości popiołu w węglu surowym  
Fig. 1. Dependency of the calorific value on ash content in the raw coal

Na rys. 2 przedstawiona jest zależność zawartości siarki całkowitej od zawartości popiołu w rozpatrywanych nadawach. Siarka występuje w postaci związków nieorganicznych i organicznych, a wzbogacanie węgla usuwa z niego tylko siarkę nieorganiczną. Zasadniczo zawartość siarki wzrasta wraz ze wzrostem gęstości frakcji (co przy wzroście zawartości popiołu w węglu surowym daje efekt jak na rys. 2) i zmniejszaniem wymiarów ziarn. Dokładniejsza analiza różnych węgla surowych prowadzi jednak do wniosku, że rozkład zawartości siarki w poszczególnych frakcjach gęstościowych i klasach ziarnowych jest raczej przypadkowy [4]<sup>1</sup>. W procesach wzbogacania węgla można więc zawsze uzyskać koncentraty

<sup>1</sup> Jeśli siarka pirytowa występuje w węglu surowym w postaci zrostów z ciężkimi frakcjami odpadowymi, wtedy w trakcie procesu wzbogacania grawitacyjnego zachodzi równocześnie proces odsiarczania węgla. Jednak piryty nie zawsze jest związany tylko z ziarnami skały płonnej, ale również występuje w ziarnach węgla, zwłaszcza w ziarnach dużych, gdyż wraz ze zmniejszaniem się wymiaru ziarn występuje rozluźnianie i uwolnienie zrostów pirytowych. Ponieważ zrosty pirytu są cięższe od ziarn węgla, więc zmniejszanie klasy ziarnowej powoduje wyraźniej obserwowany rosnący udział ziarn pirytu w cięższych frakcjach gęstościowych [4].

o niskiej zawartości popiołu, natomiast nie zawsze o niskiej zawartości siarki. Niekiedy zawartość siarki w koncentracie może nawet być większa niż w węglu surowym [17].



Rys. 2. Zależność siarki całkowitej od zawartości popiołu w węglu surowym  
Fig. 2. Dependency of the total sulphur content on ash content in the raw coal

### 3. Układ technologiczny wzbogacania węgla

Dobór konfiguracji układu technologicznego jest zagadnieniem złożonym. Poniżej pokrótce scharakteryzowane zostały czynniki, które zadecydowały o wyborze prostego układu technologicznego do prognoz symulacyjnych.

W przypadku zwiększonej zawartości frakcji przerostowych w węglu surowym istnieją trudności technologiczne wzbogacania węgla. Produkt przejściowy powstający po dwustopniowym wzbogacaniu rzadko jest kruszony<sup>2</sup> i poddawany ponownemu wzbogacaniu, lecz jest najczęściej zbywany jako produkt pośredni o zawartości popiołu w granicach 20-24 % [13].

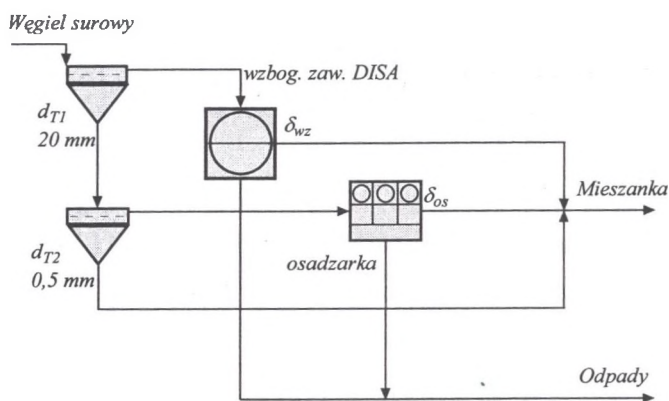
Wskutek wzrostu ilości ziarn drobnych i bardzo drobnych (udział ziarn mniejszych od 0,5 mm zawiera się w przedziale 20-35 % ilości wzbogaczanych miałow), oraz zwiększenia ilości miałow wzbogaczanych, rośnie ilość mułów węglowych, które kierowane są do wzbogacania i obiegu wodno-mułowego. Wzbogacanie i odwadnianie mułów węglowych

<sup>2</sup> Gdyby stosować selektywne kruszenie, uwalniające substancję mineralną z węgla surowego (która ma najczęściej charakter osobnych skupień [6]), przy minimalnym powstawaniu drobnych ziarn, możliwe byłoby zwiększenie wychodów produktów handlowych przy równoczesnym utrzymaniu lub polepszeniu ich jakości [7].

jest często bardzo trudne technicznie i technologicznie oraz kosztowne. Szacuje się, że koszty wzbogacania miałów są 3 razy większe od kosztów wzbogacania sortymentów grubych i średnich [1]. W przypadku węgla energetycznego stosuje się mieszanki węgla, umożliwiające zagospodarowanie miałów i mułów węglowych [13]. Mieszanki stosuje się również w celu ograniczenia emisji gazów<sup>3</sup>.

Dążenie do poprawy jakości wzbogacanego węgla jest utrudnione niedostatecznym rozpoznaniem charakterystyk wzbogacalności węgla surowego, zwłaszcza gdy chodzi o miały, a jeszcze bardziej o muły węglowe. Efekty poprawnej pracy maszyn przerobczych są natomiast w dużym stopniu uzależnione od znajomości tych charakterystyk [10].

Przyjęty został prosty układ technologiczny z niepełnym wzbogacaniem węgla surowego, przedstawiony na rys. 3. Mieszanka jest tworzona z koncentratów ze wzbogalnika zawieszinowego Disa i z osadzarki oraz z miału węgla surowego 0,5-0 mm. Sterowanymi parametrami są gęstości rozdziału obydwu wzbogalników, wykorzystywane w algorytmie maksymalizacji produkcji jako zmienne decyzyjne.



Rys. 3. Schemat układu technologicznego z niepełnym wzbogacaniem węgla surowego  
Fig. 3. Scheme of the technological system with incomplete enrichment of raw coal

#### 4. Sposób obliczania maksymalnej wartości produkcji

W 1990 roku wprowadzono nowy system cen, którego głównym celem była poprawa jakości węgla energetycznego. Struktura cen w tym systemie zależna jest od wartości opałowej, zawartości popiołu i zawartości siarki w stanie roboczym [2, 11]:

<sup>3</sup> Poprzez selektywny dobór węgla i tworzenie mieszanek o wymaganej jakości można ograniczyć zawartość związków siarki, tworzących się w procesie spalania węgla. Jest to najprostszy sposób regulacji emisji tlenków siarki przy wszelkiego rodzaju paleniskach [9].

$$C_j = 0,8 \cdot C_e^b \cdot \left( \frac{Q_w^r}{25,1} - \frac{S_r^r - 1}{10} - \frac{A^r - 12}{100} \right) \quad (1)$$

gdzie:

$C_j$  – cena jednostkowa węgla energetycznego zł/t,

$C_e^b$  – cena węgla wskaźnikowego zł/t,

$Q_w^r$  – wartość opałowa w stanie roboczym MJ/kg,

$S_r^r$  – zawartość siarki całkowitej w stanie roboczym %,

$A^r$  – zawartość popiołu w stanie roboczym %.

Obecnie przy ustalaniu cen kontraktowych pomiędzy producentami a odbiorcami węgla ceny obliczane z formuł sprzedażnych nie są ściśle obowiązujące, mają jednak charakter pomocniczy.

Wartość produkcji mieszanki w układzie z rys. 3 określona jest zależnością:

$$Wp(\delta_{wz}, \delta_{os}) = \Gamma_{miesz}(\delta_{wz}, \delta_{os}) * Cj_{miesz}(\delta_{wz}, \delta_{os}) \quad (2)$$

Funkcją celu algorytmu sterowania jest natomiast zależność:

$$Fmp(\delta_{wz}, \delta_{os}) = Wp(\delta_{wz}, \delta_{os}) - K_{PR}(\delta_{wz}, \delta_{os}) - K_{Am}(\delta_{wz}, \delta_{os}) \quad (3)$$

gdzie:

$Wp$  – funkcja wartości produkcji zł/godz.,

$Fmp$  – funkcja celu algorytmu sterowania (funkcja maks. produkcji) zł/godz.,

$\delta_{wz}$  – gęstość rozdziału wzbogacalnika zawieszinowego Disa g/cm<sup>3</sup>,

$\delta_{os}$  – gęstość rozdziału w osadzarce g/cm<sup>3</sup>,

$\Gamma_{miesz}$  – wychód mieszanki t/godz.,

$K_{PR}$  – funkcja kary za przekroczenie dopuszczalnych zakresów wartości parametrów rozdziału,

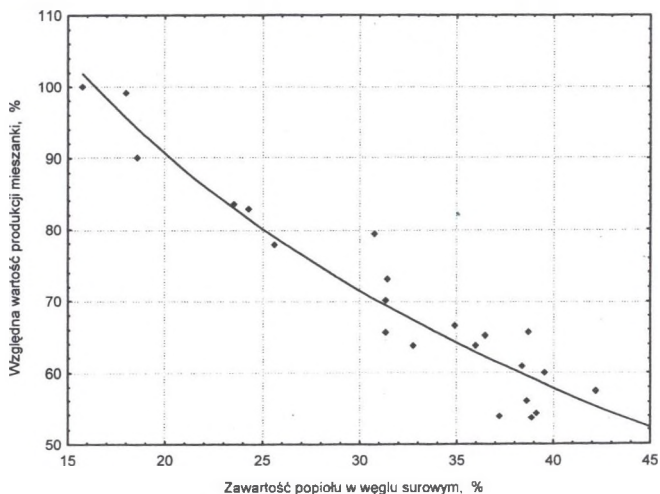
$K_{Am}$  – funkcja kary za przekroczenie dopuszczalnego zakresu zawartości popiołu w mieszance, uwzględniana w obliczeniach w p. 6.

W opracowaniach [8, 14] znajduje się szczegółowe omówienie działania algorytmu maksymalizacji wartości produkcji w układzie technologicznym przeróbki węgla.

## 5. Maksymalna wartość produkcji mieszanki węgla

Dla każdego węgla surowego można tak dobrać głębokość wzbogacania – poprzez dobór odpowiednich wartości parametrów rozdziału w danym układzie technologicznym – aby uzyskać maksymalną wartość produkcji. Maksimum wartości produkcji z reguły nie występuje przy najwyższej cenie jednostkowej węgla, gdyż wraz ze zmniejszaniem zawartości popiołu w koncentracie maleje jego wychód [3]. Jeśli jakość produktów wzbogacania, określona np. kontraktami handlowymi, odbiega od jakości, przy której produkcja jest optymalna, wtedy uzyskiwana wartość produkcji jest zawsze mniejsza (p. 6).

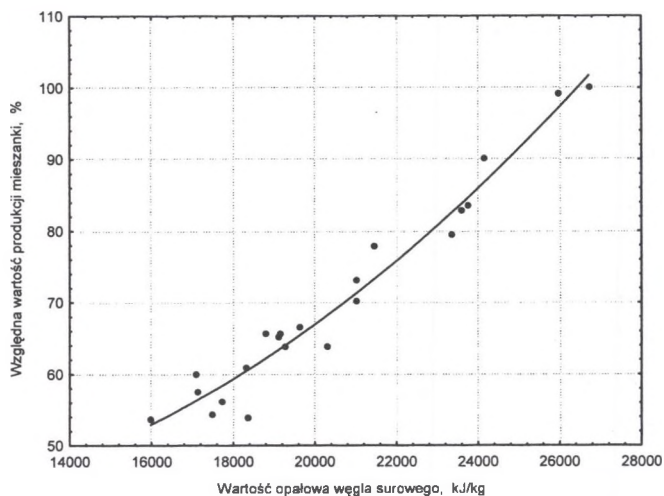
Dla każdej z 22 nadaw węgla surowego wyznaczone zostały optymalne gęstości rozdziału wzbogacalnika Disa i osadzarki. Na poniższych rysunkach pokazane zostały zależności względnej wartości produkcji mieszanki, uzyskiwanej z każdej nadawy, od średniej zawartości popiołu (rys. 4), wartości opałowej (rys. 5) i zawartości siarki całkowitej w węglu surowym (rys. 6). Przyjęto do obliczeń taką samą liczbę każdej nadawy oraz jednakową niedokładność wzbogacania dla wszystkich nadaw. Maksymalna wartość produkcji mieszanki uzyskana dla pierwszej – najlepszej jakościowo – nadawy jest na tych rysunkach poziomem odniesienia do wszystkich maksymalnych wartości produkcji mieszanki uzyskanych z pozostałych nadaw.



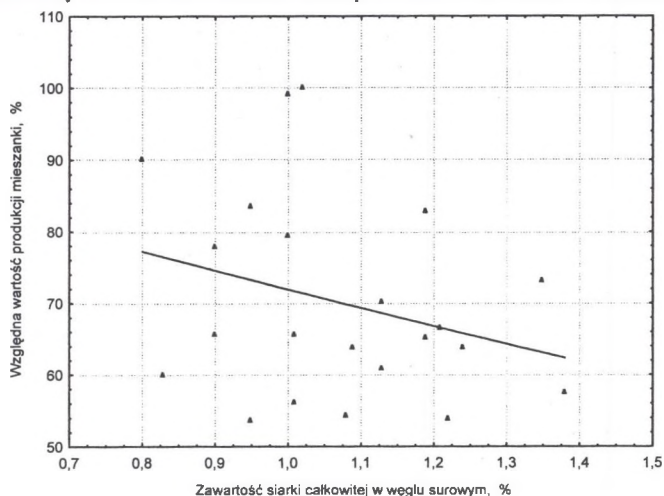
Rys. 4. Zależność maksymalnej względnej wartości produkcji mieszanki od zawartości popiołu w nadawie  
Fig. 4. Dependency of the maximum relative blend production value on ash content in the raw coal

Dla każdej nadawy uzyskuje się inny zestaw parametrów jakościowych mieszanki, przy których uzyskiwana jest maksymalna wartość produkcji. Na rys. 7 przedstawione są zmiany

zawartości popiołu w mieszance, przy których uzyskiwana jest maksymalna wartość produkcji mieszanki, od zawartości popiołu w węglu surowym. Przy wzroście gęstości rozdziału rośnie wychód mieszanki, ale pogarsza się jej jakość, a więc maleje jej cena jednostkowa (1). Ponieważ wartość produkcji jest iloczynem wychodu i ceny jednostkowej (2), więc maksymalna wartość produkcji uzyskiwana jest przy coraz większej zawartości popiołu w mieszance w miarę wzrostu zawartości popiołu w węglu surowym. Uogólniając, można stwierdzić, że im gorszy jakościowo węgiel surowy, tym gorsze są parametry jakościowe mieszanki, przy których jej wartość produkcji jest maksymalna.

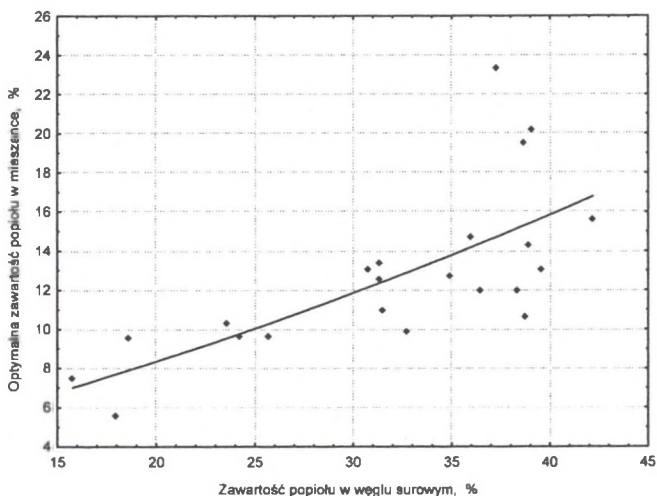


Rys. 5. Zależność maksymalnej względnej wartości produkcji mieszanki od wartości opłowej w nadawie  
Fig. 5. Dependency of the maximum relative blend production value on calorific value of the raw coal

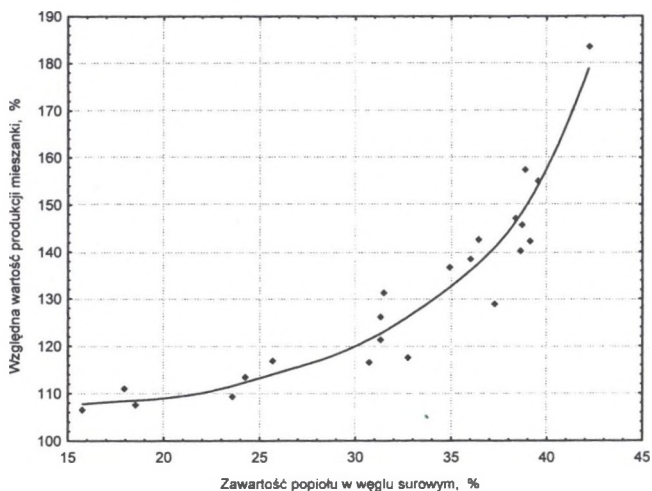


Rys. 6. Zależność maksymalnej względnej wartości produkcji mieszanki od zawartości siarki całk. w nadawie  
Fig. 6. Dependency of the maximum relative blend production value on total sulphur content in the raw coal





Rys. 7. Optymalna zawartość popiołu w mieszance od zawartości popiołu w nadawie  
 Fig. 7. An optimal ash content in blend dependent on ash content in the raw coal



Rys. 8. Zależność względnego przyrostu wartości produkcji mieszanki od zawartości popiołu w nadawie  
 Fig. 8. Dependency of relative increment of blend production value on ash content in the raw coal

Na rys. 8 pokazana jest zależność względnej wartości produkcji mieszanki od wartości produkcji węgla surowego w funkcji zawartości popiołu w węglu surowym. Dla bardzo dobrych jakościowo nadaw węgla surowych wzbogacanie (o optymalnej głębokości) zwiększa wartość produkcji o około 10%. W przypadku nadaw o dużej zawartości popiołu wzbogacanie powiększa wartość produkcji (mieszanki w stosunku do węgla surowego) o kilkadziesiąt procent.

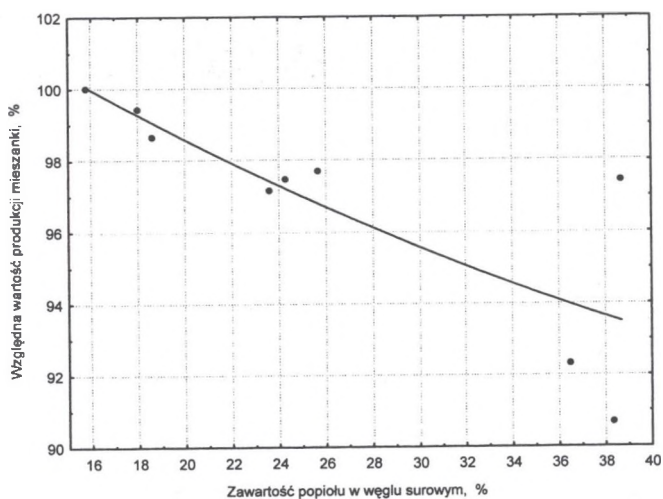
## 6. Maksymalna wartość produkcji mieszanki węgla o zadanej jakości

Istotnym zagadnieniem, zwłaszcza w świetle przedstawionych prognoz, jest uzyskiwanie maksymalnej wartości produkcji o zadanej jakości produktów handlowych zakładu przeróbki węgla. Realizacja kontraktów handlowych, które dla każdego odbiorcy mogą przewidywać inną jakość węgla z powodu innych warunków technicznych, ekologicznych i ekonomicznych, przy zmieniającym się składzie węgla surowego, dodatkowo komplikuje zagadnienia optymalności bieżącej produkcji. Ponadto, podnoszenie jakości koncentratów węglowych jest zagadnieniem na tyle złożonym, że nie jest możliwe utworzenie jednolitego zbioru ścisłych reguł (najlepiej sytuacja przedstawia się dla węgla energetycznego, dla którego wyróżnia się zawartości popiołu i siarki jako parametrów węgla, określających jego negatywny wpływ na środowisko naturalne) [12, 17].

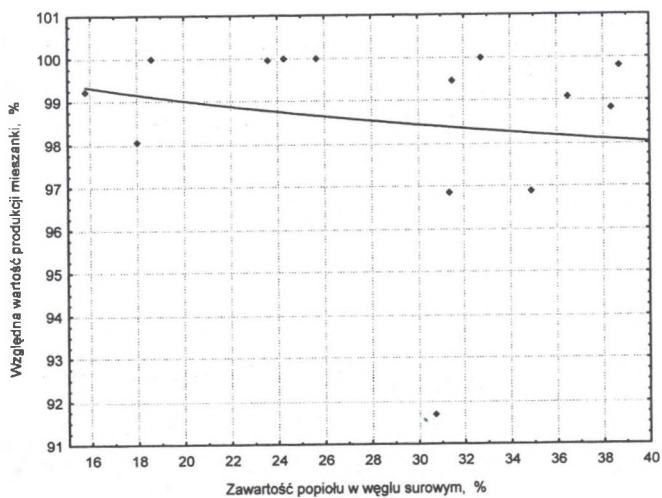
Dla rozpatrywanych w p. 5 nadaw węgla surowych przedstawiono poniżej wyniki prognoz symulacyjnych przy założonych trzech przypadkach jakości mieszanki węgla w układzie technologicznym z rys. 3. Założono, że zawartość popiołu w mieszance ma się zawierać w przedziałach 7-8 %, 9-10 % oraz 11-12 %. Maksymalną wartość produkcji mieszanki dla tych trzech przypadków przedstawiono na rys. 9. Każdorazowo uzyskana wartość produkcji mieszanki o zadanej jakości została odniesiona do maksymalnej wartości produkcji mieszanki bez ograniczeń jakościowych, otrzymanej w p. 5. Narzucenie parametrów jakościowych mieszanki powoduje zmniejszenie jej wartości produkcji. Uzyskane na rys. 9 dla niektórych nadaw wartości 100 % dotyczą takich przypadków, w których zadana jakość mieszanki była taka sama lub bardzo zbliżona do jakości optymalnej (rys. 7). Z rys. 9 wynika również, że nie dla wszystkich nadaw można otrzymać zadaną jakość mieszanki, zwłaszcza dobrą jakość (rys. 9a). Wynika to z niepełnego wzbogacania węgla surowego w układzie technologicznym z rys. 3. Wychód miazgi surowego (0,5-0 mm) wahał się w poszczególnych nadawach w zakresie od 4 do niespełna 30 %, a zawartość popiołu od kilku do ponad 30 %.

Należy tutaj nadmienić, że wyniki uzyskane w p. 5 i p. 6 dotyczyły niezmiennych niedokładności wzbogacania (określonych rozproszeniem prawdopodobnym  $Ep$ ) w obydwu wzbogalnikach. Zwiększenie niedokładności wzbogacania powoduje zmniejszenie wartości produkcji o kilka procent – w przypadku wzbogalnika zawieszinowego Disa – oraz nawet ok. 20 % w przypadku osadzarki. Jakość koncentratów otrzymywanych z tych wzbogalników pogarsza się, zwłaszcza w przypadku koncentratu z osadzarki [16].

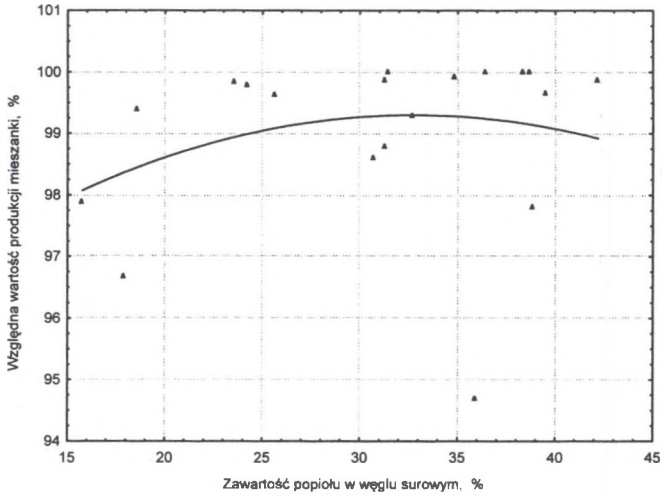
a)



b)



c)



Rys. 9. Zależność względnego spadku wartości produkcji mieszanki od zawartości popiołu w nadawie,  
 a)  $A_{miesz} \in (7, 8) \%$ , b)  $A_{miesz} \in (9, 10) \%$ , c)  $A_{miesz} \in (11, 12) \%$

Fig. 9. Dependency of relative drop of blend production value on ash content in the raw coal  
 a)  $A_{miesz} \in (7, 8) \%$ , b)  $A_{miesz} \in (9, 10) \%$ , c)  $A_{miesz} \in (11, 12) \%$

## 7. Wnioski

Jakość wzbogacanego węgla surowego jest bardzo zróżnicowana. Powoduje to konieczność uwzględniania zarówno właściwej głębokości wzbogacania zależnie od jakości węgla surowego, jak i wymaganej kontraktami jakości produktów handlowych.

Racjonalny zakres wzbogacania węgla kamiennego jest zagadnieniem istotnym tak z punktu widzenia pojedynczego zakładu przeróbki węgla, jak i całego krajowego górnictwa. Procesy wzbogacania mają decydujący wpływ na realne możliwości zbytu sortymentów węgla na rynku krajowym oraz silnie konkurencyjnych rynkach zagranicznych. Bardzo ważne jest uzyskiwanie maksymalnej produkcji koncentratów węglowych i mieszanek z węgla surowego przy realizacji różnych kontraktów handlowych przez zakłady przeróbki węgla. Przy negocjowaniu kontraktów handlowych powinna być uwzględniana taka jakość koncentratów i mieszanek, przy której wartość produkcji jest optymalna. Jak już wyżej wspomniano, maksimum wartości produkcji z reguły nie występuje przy najwyższej cenie jednostkowej węgla, gdyż wraz ze zmniejszaniem zawartości popiołu w koncentracie maleje jego wychód. Im większa jest zawartość popiołu w węglu surowym, tym większa jest

zawartość popiołu w mieszance (tworzonej jak na rys. 3), przy której jej wartość produkcji jest maksymalna. Narzucenie parametrów jakościowych mieszanki powoduje zmniejszenie jej wartości produkcji. Im bardziej parametry zadane mieszanki odbiegają od optymalnych (rys. 7), tym bardziej wartość produkcji mieszanki maleje.

## LITERATURA

1. Białas J., Majka-Myrcha B., Ryncarz A., Kabut A.: Wielkość produkcji mułów węglowych i ocena kosztów ich wzbogacania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1349, seria Górnictwo, z. 231, Gliwice 1996, s. 27-36.
2. Blaschke W.: System cen energetycznego węgla kamiennego. Studia, Rozprawy, Monografie nr 77, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2000.
3. Blaschke W., Blaschke S.A., Grudziński Z.: System cen energetycznego węgla kamiennego a opłacalność jego wzbogacania. Przegląd Górniczy 1997, nr 1, s. 21-33.
4. Blaschke W., Blaschke S.A., Olkusi T., Rżany J., Blaschke Z.: Rozkład zawartości siarki w węglach energetycznych a opłacalność ich odsiarczania. Materiały XXV Krakowskiej Konferencji Naukowo-Technicznej Przeróbki Kopalini, Szczawnica, 8-10 września 1993, s. 93-109.
5. Blaschke W., Mokrzycki E., Shan Z.: Ekonomia przeróbki węgla kamiennego. Materiały XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla (ICPC), Kraków, 23-27 maja 1994, t. 5, s. 101-121.
6. Blaschke Z., Sztaba K.: Aktualna jakość węgla energetycznego oraz możliwości i warunki jej poprawy. Gospodarka Paliwami i Energią 1994, nr 9, s. 13-15.
7. Chamberlain R., Lockhart N.C., Smyth M.: Selektywne kruszenie węgla jako środek zwiększenia wychodu koncentratu, zmniejszenia zawartości popiołu lub minimalizacji udziału drobnych frakcji. Materiały XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla (ICPC), Kraków, 23-27 maja 1994, t. 1. s. 125-139.
8. Cierpisz S., Pielot J.: Symulacyjne statyczne modele procesów i układów sterowania w zakładach wzbogacania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Monografia nr 28, Gliwice 2001.
9. Hyncar J.J., Pinko L.: Aspekty ekologiczne i ekonomiczne przy spalaniu węgla. Karbo Energochemia Ekologia 1997, nr 1, s. 3-6.
10. Kurczabiński L., Wierzchowski K., Pyka I.: Znaczenie badań technologicznych w pracach projektowych i modernizacyjnych z zakresu przeróbki mechanicznej węgla. Materiały Konferencji: „Poprawa jakości węgla w programie dostosowania górnictwa węglowego do warunków gospodarki rynkowej”, Szczyrk, 19-21 czerwca 1996, s. 309-326.
11. Lorenz U., Blaschke W., Grudziński Z.: Propozycja nowej formuły sprzedażnej węgla energetycznego przeznaczonego dla energetyki zawodowej. Studia, Rozprawy, Monografie nr 112, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2002.
12. Niemyski M., Jankowski B.: Wpływ wymagań z zakresu ochrony środowiska na efektywność zastosowania paliw węglowych o podwyższonych parametrach jakościowych w wybranych obiektach w energetyce. Materiały Konferencji: „Poprawa

- jakości węgla w programie dostosowania górnictwa węglowego do warunków gospodarki rynkowej”, Szczyrk, 19-21 czerwca 1996, s. 75-89.
13. Nycz R.: Aktualny stan przeróbki węgla kamiennego w Polsce. Inżynieria Mineralna, Kraków 2000, nr 2, s. 3-29.
  14. Nycz R., Tażbirek L.: Stan przeróbki mechanicznej węgla kamiennego w Polsce w 1995 r. Wiadomości Górnicze 1996, nr 9, s. 440-449.
  15. Pielot J.: Maksymalizacja produkcji w sterowaniu procesów przeróbki mechanicznej węgla. Materiały V Konferencji: „Automatyzacja Procesów Przeróbki Mechanicznej Węgla”, Szczyrk, 5-8 maja 1999, s. 145-158.
  16. Pielot J.: Analiza wpływu niedokładności wzbogacania węgla na uzyskiwane efekty ekonomiczne. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 6 (401), Katowice 2004, s. 34-43.
  17. Sztaba K., Blaschke Z.: O podstawowych uwarunkowaniach podnoszenia jakości koncentratów węglowych. Materiały Konferencji: „Poprawa jakości węgla w programie dostosowania górnictwa węglowego do warunków gospodarki rynkowej”, Szczyrk, 19-21 czerwca 1996, s. 261-276.
  18. Sztaba K., Nowak A., Makary B.: Próba określenia najkorzystniejszych warunków technologicznych wzbogacania węglowych miałów energetycznych w osadzarkach. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Kraków 1992, t. 8, z. 1, s. 29-36.
  19. Wachowska H., Kozłowski M., Pietrowski M.: Analiza form siarki w polskich węglach kamiennych. Karbo Energochemia Ekologia 1996, nr 6, s. 199-204.

Recenzent: Dr hab. inż. Kazimierz Trybalski, prof. AGH