

Zbigniew Jagodziński*

WPŁYW SPOSOBU ZWAŁOWANIA NA WIELKOŚĆ WYROBISKA KOŃCOWEGO NA PRZYKŁADZIE ODKRYWKI „DRZEWCZE” W KWB „KONIN”

1. Wstęp

Prawidłowe zaprojektowanie wyrobiska odkrywkowego ma bezpośredni wpływ na osiągnięte efekty ekonomiczne przedsiębiorstwa górniczego. Należy więc dążyć do minimalizacji kosztów udostępnienia, bieżącej eksploatacji oraz późniejszej rekultywacji wyrobiska końcowego. Przy obecnie obowiązujących uwarunkowaniach prawnych i dbałości o ochronę środowiska naturalnego ten ostatni czynnik ma nie mniejszy udział procentowy w całkowitych kosztach działalności kopalni niż koszty udostępnienia. Obecnie stosowane komputerowe metody projektowania technologii górniczej pozwalają na precyzyjne wykonanie modeli cyfrowych wyrobiska odkrywkowego oraz jego poszczególnych elementów. Pozwala to na dokonanie ich optymalizacji [7].

W KWB „Konin” przez ostatnie kilkadziesiąt lat działalności zostały zastosowane wszystkie możliwe sposoby zwałowania mas nadkładowych podczas udostępnienia złoża węgla brunatnego. Wykonano także kilka zbiorników wodnych w wyeksploatowanych już wyrobiskach. Wynikało to z charakteru i wielkości zalegania występujących tam złóż. Kopalnia, w celu zachowania ciągłości wydobywania, zagospodarowuje kolejne złoża z jednoczesną likwidacją wyrobisk już wyeksploatowanych.

Podczas udostępnienia złóż węgla brunatnego stosowane są następujące sposoby zwałowania nadkładu z wkopu udostępniającego:

- zwałowanie na zwałowisku zewnętrznym — zastosowane dotychczas w KWB „Konin” na odkrywkach: Gosławice, Pątnów, Kazimierz oraz projektowana Tomisławice;
- zwałowanie na przedpolu frontu eksploatacyjnego — zastosowane po raz pierwszy w Polsce na odkrywce Drzewce [1, 2, 4];

* Kopalnia Węgla Brunatnego „Konin” SA, Kleczew

- zwałowanie nadkładu w innym wyrobisku końcowym — zastosowane przy budowie odkrywek: Kazimierz Północ (skierowanie nadkładu do wyrobiska Kazimierz Południe), Józwin II B ze zwałowaniem nadkładu w wyrobisku Józwin IIA).

Przy różnych sposobach zwałowania otrzymuje się różne wielkości wkopów udostępniających i wyrobisk końcowych, które najczęściej zostają zrehabilitowane w kierunku wodnym. Ma to bezpośredni wpływ na koszty późniejszej rekultywacji wyrobisk końcowych.

2. Zależności wybranej technologii zwałowania na wielkość wyrobiska końcowego

Wielkość wyrobiska końcowego będzie zależeć bezpośrednio od objętości wyeksploatowanego złoża, objętości mas nadkładowych zlokalizowanych na zwałowisku zewnętrznym oraz objętości mas nadkładowych na zwałowisku wewnętrznym, których część objętości stanowi przewyższenie ponad otaczający teren.

Przewyższenie zwałowiska wewnętrznego ponad powierzchnię terenu określana jest po wykonaniu symulacji postępów frontów eksploatacyjnych i zwałowych w całym wyrobisku i zoptymalizowaniu kształtu jego wierzchołki. Wykonanie takich symulacji jest podstawową operacją przy projektowaniu wszystkich etapów eksploatacji z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego. Potrzebne do obliczeń objętości nadkładu czy węgla można określić na podstawie wykonanych wcześniej modeli cyfrowych wyrobiska.

Zależność wielkości wyrobiska końcowego od rozkładu mas nadkładowych przedstawiono na rysunku 1.

Całkowita objętość wyrobiska V_c po wyeksploatowaniu pokładu węgla, jaka zostanie udostępniona do zwałowania wewnętrznego będzie sumą objętości nadkładu V_n oraz objętości węgla V_w w wykonanym modelu wyrobiska:

$$V_c = V_n + V_w \quad (1)$$

gdzie:

V_c — całkowita objętość wyrobiska do spągu pokładu, m^3 ,

V_n — objętość nadkładu w całym wyrobisku, m^3 ,

V_w — objętość pokładu węgla w projektowanych granicach eksploatacji, m^3 .

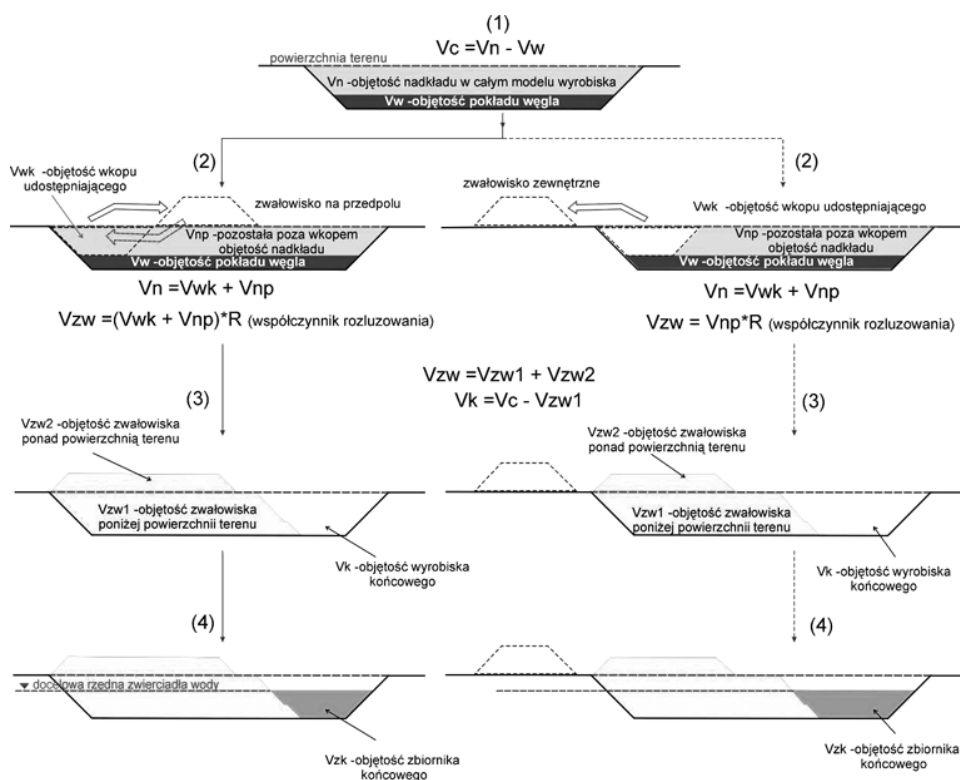
W celu udostępnienia złoża należy w każdym przypadku wykonać wkop udostępniający o określonej kubaturze. Dlatego też całkowita objętość nadkładu będzie sumą objętości nadkładu z wkopu udostępniającego oraz pozostałej objętości nadkładu w schematycznym modelu wyrobiska:

$$V_n = V_{wk} + V_{np} \quad (2)$$

gdzie:

- V_n — objętość nadkładu w całym wyrobisku, m^3 ,
- V_{wk} — objętość nadkładu z wkopu udostępniającego, m^3 ,
- V_{np} — objętość nadkładu z pozostałej części wyrobiska, m^3 .

Powyższy podział objętości nadkładu będzie miał wpływ na wielkość całej objętości zwałowiska wewnętrznego w zależności od sposobu zwałowania nadkładu.



Rys. 1. Zależność wielkości wyrobiska końcowego od rozkładu mas nadkładowych:

- 1 — całkowita objętość wyrobiska; 2 — rozkład mas przy budowie zwałowiska na przedpolu i zwałowiska zewnętrznego; 3 — kształt zwałowiska wewnętrznego przy budowie zwałowiska na przedpolu i zwałowiska zewnętrznego; 4 — wielkość wyrobiska końcowego w zależności od wybranej technologii zwałowania

Przy zastosowaniu zwałowiska na przedpolu objętość wkopu udostępniającego będzie wliczona do objętości zwałowiska wewnętrznego ze względu na fakt, że po zakończeniu udostępnienia zwałowisko na przedpolu zostanie powtórnie urobione, a cała jego objętość ulokowana na zwałowisku wewnętrznym. Dlatego też objętość nadkładu V_n będzie przeznaczona do budowy zwałowiska wewnętrznego. Po uwzględnieniu wielkości współczynnika

rozluźnienia nadkładu k_r , całkowita jego ilość przeznaczona do budowy zwałowiska wewnętrznego będzie wyrażona wzorem:

$$V_{zw(t)} = (V_{wk} + V_{np}) \cdot k_r \quad (3)$$

gdzie:

- $V_{zw(t)}$ — objętość zwałowiska wewnętrznego przy budowie zwałowiska tymczasowego na przedpolu, m^3 ,
- V_{wk} — objętość nadkładu z wkopu udostępniającego, m^3 ,
- V_{np} — objętość nadkładu z pozostałej części wyrobiska, m^3 ,
- k_r — współczynnik rozluźnienia nadkładu.

Przy zastosowaniu zwałowiska zewnętrznego ilość nadkładu przeznaczona do budowy zwałowiska wewnętrznego będzie pomniejszona o objętość nadkładu z wkopu udostępniającego. A więc objętość zwałowiska wewnętrznego będzie iloczynem pozostałej części nadkładu i współczynnika k_r :

$$V_{zw(z)} = V_{np} \cdot k_r \quad (4)$$

gdzie:

- $V_{zw(z)}$ — całkowita objętość zwałowiska wewnętrznego przy budowie zwałowiska zewnętrznego, m^3 ,
- V_{np} — objętość nadkładu z pozostałej części wyrobiska, m^3 ,
- k_r — współczynnik rozluźnienia nadkładu, m^3 .

Wpływ na wielkość wyrobiska końcowego oprócz samego sposobu udostępnienia złoża będzie miał także rozkład objętości zwałowiska wewnętrznego podczas jego formowania. Należy więc dokonać podziału całej masy zwałowiska wewnętrznego na dwa elementy:

- 1) część zwałowiska wewnętrznego poniżej powierzchni pierwotnego terenu — V_{zw1} ,
- 2) część zwałowiska wewnętrznego powyżej powierzchni pierwotnego terenu — V_{zw2} .

Jako płaszczyznę rozgraniczającą te dwa elementy zwałowiska należy przyjąć pierwotną powierzchnię terenu, jaka istniała przed rozpoczęciem eksploatacji. Da to możliwość wykonania obliczeń objętości obydwu elementów zwałowiska za pomocą cyfrowego modelu powierzchni terenu. Obliczenia V_{zw1} wykonuje się używając model terenu i model docelowego wyrobiska. Objętość V_{zw2} należy obliczyć wykorzystując model powierzchni terenu oraz wykonany po symulacji postępów frontów model wierzchowiny zwałowiska wewnętrznego. Objętość V_{zw2} można także określić jako różnicę całej objętości zwałowiska V_c i objętości V_{zw1} ulokowanej poniżej pierwotnej powierzchni terenu:

$$V_{zw} = V_{zw1} + V_{zw2} \quad (5)$$

$$V_{zw1} = V_{zw} - V_{zw2} \quad (6)$$

gdzie:

V_{zw} — całkowita objętość zwałowiska wewnętrznego, m^3 ,

V_{zw1} — objętość zwałowiska wewnętrznego poniżej pierwotnej powierzchni terenu, m^3 ,

V_{zw2} — objętość zwałowiska wewnętrznego powyżej pierwotnej powierzchni terenu, m^3 .

Otrzymane wielkości pozwalają na obliczenie objętości wyrobiska końcowego według poniższego wzoru:

$$V_k = V_c - V_{zw1} \quad (7)$$

gdzie:

V_k — całkowita objętość wyrobiska końcowego, m^3 ,

V_c — całkowita objętość wyrobiska do spągu pokładu, m^3 ,

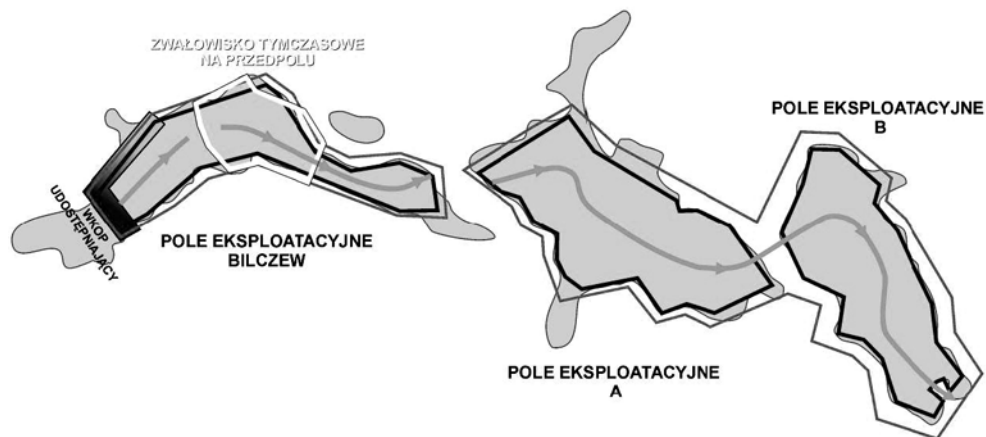
V_{zw1} — objętość zwałowiska wewnętrznego poniżej powierzchni pierwotnego terenu, m^3 .

2. Wpływ sposobu zwałowania na wielkość wyrobiska końcowego na przykładzie odkrywki „Drzewce” [8]

Wykorzystując powyżej przedstawione zależności dokonano analizy wpływu sposobu zwałowania na wielkość wyrobiska końcowego odkrywki „Drzewce” w KWB „Konin” SA. Analizę przeprowadzono dla dwóch sposobów zwałowania:

- 1) ze zwałowiskiem na przedpolu frontu eksploatacyjnego,
- 2) ze zwałowiskiem zewnętrznym.

Całkowitą wielkość wyrobiska do spągu pokładu, z uwzględnieniem kształtu skarp bocznych dla wszystkich pól eksploatacyjnych określono na podstawie modeli cyfrowych wyrobiska. Wyniosła ona (V_c) 206,97 mln m^3 . Objętość zajmowaną w wyrobisku przez pokład węgla w przyjętych granicach eksploatacji obliczono na (V_w) 30,21 mln m^3 , natomiast objętość nadkładu (V_n) 176,77 mln m^3 . Wielkości te są sumą objętości nadkładu dla wszystkich pól eksploatacyjnych odkrywki „Drzewce” (pola Bilczew, pola A i pola B). Rozkład pól eksploatacyjnych z kierunkiem postępu frontów i lokalizacją wkopu udostępniającego odkrywki Drzewce przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Układ pól eksploatacyjnych z kierunkiem postępu frontów i lokalizacją wkopu udostępniającego odkrywki „Drzewce”

Udostępnienie złoża nastąpiło w polu Bilczew, natomiast wyrobisko końcowe będzie zlokalizowane w ostatnim z pól eksploatacyjnych — polu B. Wielkość wkopu udostępniającego dla obydwu sposobów zwałowania została określona na 6,80 mln m³. Współczynnik rozluźnienia nadkładu podczas urabiania założono 1,1.

- 1) Wielkość wyrobiska końcowego odkrywki „Drzewce” przy zastosowaniu zwałowiska na przedpolu wyniosła zatem:

$$V_c = 176,77 + 30,21 = 206,98 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

$$V_n = 6,8 + 169,97 = 176,77 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

W tym przypadku cała kubatura wkopu udostępniającego została zaliczona do objętości nadkładu przeznaczanego do budowy zwałowiska wewnętrznego. Dlatego też objętość zwałowiska wewnętrznego będzie równa:

$$V_{zw} = 176,77 \cdot 1,1 = 194,47 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

Następnie zoptymalizowano model wierzchowiny docelowej zwałowiska wewnętrznego tak, aby możliwe było ulokowanie możliwie największej ilości nadkładu poniżej pierwotnej powierzchni terenu z zachowaniem bezpiecznej odległości frontów zwałowych od frontów węglowych. Po tej operacji dokonano podziału objętości zwałowiska wewnętrznego uformowanego pod i nad powierzchnią pierwotnego terenu. Otrzymane wyniki przedstawia tabela 1.

TABELA 1

Podział objętości zwałowiska wewnętrznego przy obliczaniu wielkości wyrobiska końcowego dla sposobu udostępnienia ze zwałowiskiem na przedpolu

Zwałowisko wewnętrzne	Pole Bilczew	Pole A	Pole B	Razem
Objętość ponad pierwotną powierzchnią terenu V_{zw2} [mln m ³]	18,24	11,90	14,50	44,64
Objętość poniżej pierwotnej powierzchni terenu V_{zw1} [mln m ³]	37,76	80,52	31,55	149,83
Razem: $V_{zw1} + V_{zw2}$ [mln m ³]	56,00	92,42	46,05	194,47

Dla wszystkich pól eksploatacyjnych podział objętości zwałowiska wewnętrznego wygląda następująco:

$$V_{zw} = 149,83 + 44,64 = 194,47 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

Wielkość wyrobiska końcowego dla udostępnienia ze zwałowiskiem na przedpolu będzie równa:

$$V_k = 206,97 - 149,83 = 57,2 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

- 2) Wielkość wyrobiska końcowego odkrywki „Drzewce” przy zastosowaniu zwałowiska zewnętrznego wyniosła zatem:

$$V_c = 176,77 + 30,21 = 206,97 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

W przypadku formowania zwałowiska zewnętrznego całą objętość wkopu udostępniającego należy odjąć od całkowitej ilości nadkładu w wyrobisku, otrzymując w ten sposób objętość nadkładu przeznaczoną do budowy zwałowiska wewnętrznego:

$$V_n = 6,8 + 169,97 = 176,77 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

$$V_{np} = 176,77 - 6,8 = 169,97 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

$$V_{zw} = 169,97 \cdot 1,1 = 186,96 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

Z wykonanych obliczeń na modelach wyrobiska dokonano podziału objętości zwałowiska wewnętrznego uformowanego poniżej i powyżej pierwotnej powierzchni terenu. Otrzymane wyniki dla udostępnienia ze zwałowiskiem zewnętrznym zestawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Podział objętości zwałowiska wewnętrznego przy obliczaniu wielkości wyrobiska końcowego dla sposobu udostępnienia ze zwałowiskiem zewnętrznym

Zwałowisko wewnętrzne	Pole Bilczew	Pole A	Pole B	Razem
Objętość ponad pierwotną powierzchnią terenu V_{zw2} [mln m ³]	18,24	11,90	14,50	44,64
Objętość poniżej pierwotnej powierzchni terenu V_{zw1} [mln m ³]	37,76	80,52	24,04	142,32
Razem: $V_{zw1} + V_{zw2}$ [mln m ³]	56,00	92,42	46,05	186,96

Dla wszystkich pól eksploatacyjnych podział objętości zwałowiska wewnętrznego wyglądał następująco:

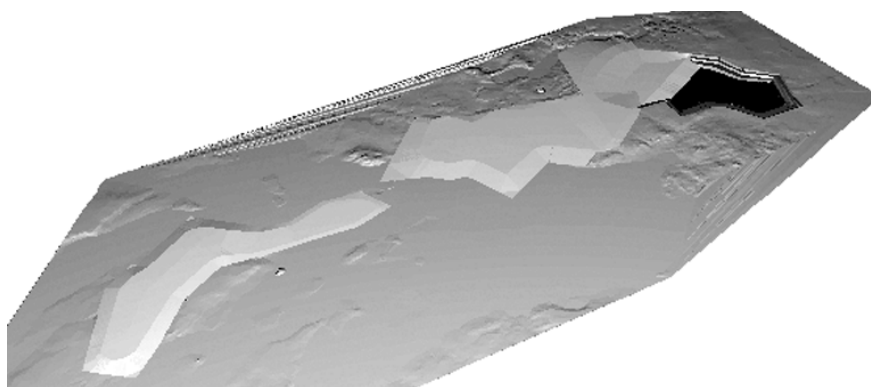
$$V_{zw} = 142,32 + 44,64 = 186,96 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

Wielkość wyrobiska końcowego dla udostępnienia ze zwałowiskiem zewnętrznym będzie równa:

$$V_k = 206,97 - 142,32 = 64,65 \text{ [mln m}^3\text{]}$$

Z przeprowadzonych obliczeń na podstawie odkrywki „Drzewce” można zauważyć, że sposób zwałowania miał bezpośredni wpływ na wielkość wyrobiska końcowego.

W przypadku budowy zwałowiska na przedpolu frontu eksploatacyjnego uzyskano mniejszą objętość wyrobiska końcowego o 7,45 mln m³ niż w przypadku budowy zwałowiska zewnętrznego. Rozkład mas nadkładowych w wyrobisku oraz wielkość wyrobiska końcowego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 3. Widok wierzchowiny zwałowiska wewnętrznego odkrywki „Drzewce” wraz z wyrobiskiem końcowym przy zastosowaniu zwałowiska na przedpolu frontu eksploatacyjnego

4. Wnioski końcowe

W artykule poruszono problem wyboru metody zwałowania podczas udostępnienia oraz wpływ sposobu udostępnienia na uzyskaną po zakończeniu eksploatacji wielkość wyrobiska końcowego.

W przypadku zastosowania zwałowiska zewnętrznego nie jest możliwe wykorzystanie jego objętości do zmniejszenia wyrobiska końcowego. W przypadku zwałowania na przedpolu taka możliwość istnieje.

Przykład odkrywki „Drzewce” pokazuje, że budowa zwałowiska na przedpolu może mieć wpływ na zmniejszenie wielkości tego wyrobiska. Należy jednak podkreślić, że nie zawsze może mieć miejsce całkowite wykorzystanie objętości nadkładu ze zwałowiska na przedpolu do zmniejszenia o taką wartość wyrobiska końcowego. Przy zmiennej grubości nadkładu i szerokości wyrobiska może okazać się, że w celu utrzymania bezpiecznej odległości frontów zwałowych od frontów węglowych konieczne będzie duże przewyższenie zwałowiska wewnętrznego w stosunku do pierwotnej powierzchni terenu. Uniemożliwi to wykorzystanie całej objętości zwałowiska tymczasowego do zmniejszenia objętości wyrobiska końcowego. Zastosowanie przedstawionego w artykule algorytmu po wcześniejszym wykonaniu symulacji postępów frontów w wyrobisku i określeniu docelowej wierzchołkowej zwałowiska wewnętrznego pozwala na określenie już na etapie projektowania wielkości wyrobiska końcowego oraz oszacowanie, o ile możliwa jest dalsza optymalizacja wkopu udostępniającego poprzez zmianę sposobu zwałowania. W przypadku zastosowania zwałowania na przedpolu możliwe jest określenie stopnia wykorzystania nadkładu z takiego zwałowiska do zmniejszenia objętości wyrobiska końcowego, a w przypadku niezadowalających wyników dalsza optymalizacja technologii udostępnienia poprzez zmianę kształtu takiego zwałowiska lub miejsca jego lokalizacji.

Otrzymywane wyniki przy zastosowaniu zaprezentowanego algorytmu pozwalają także na określenie opłacalności zastosowanej metody udostępnienia ze zwałowiskiem na przedpolu w stosunku do wielkości kosztów późniejszej rekultywacji wyrobiska końcowego (porównanie wielkości kosztów formowania zwałowiska i późniejszej jego likwidacji poprzez powtórne urobienie i zezwałowanie na zwałowisku wewnętrznym do wielkości kosztów ponoszonych przy dążeniu do zmniejszania wyrobiska końcowego). Na podstawie powyżej przedstawionego algorytmu przy wykonaniu kilku wariantów udostępnienia pokładu możliwe jest uzyskanie parametrów eksploatacji na podstawie, których realnie będzie wykonanie analizy kosztów udostępnienia eksploatacji oraz późniejszych kosztów rekultywacji dla każdego z wariantów udostępnienia i zwałowania oraz podjęcie decyzji, co do wyboru najkorzystniejszego z analizowanych sposobów udostępnienia.

Ponadto z doświadczeń projektowych z wykorzystaniem takiego algorytmu na podstawie odkrywki Drzewce wynika, że:

- należy dążyć podczas projektowania technologii eksploatacji do umieszczenia jak największej objętości nadkładu na zwałowisku wewnętrznym. Dodatkowo możliwie największa jego objętość w zwałowisku wewnętrznym powinna być ulokowana poniżej

pierwotnej powierzchni terenu. Wtedy też uzyskane zostanie optymalne (możliwie najmniejsze) wyrobisko końcowe;

- zmierzać do projektowania takiej technologii zwałowania wewnętrznego, która zapewni ulokowanie poniżej przewidywanej rzędnej zwierciadła wody przyszłego zbiornika końcowego możliwie jak największą ilość mas nadkładowych. Pozwoli to na zmniejszenie objętości wody w przyszłym zbiorniku i skrócenie czasu jego napełniania. Zalewanie wyrobiska końcowego jest najdłuższym procesem rekultywacji, co ma duży wpływ na jej koszty.

LITERATURA

- [1] Poltegor Projekt sp. z o.o.: Założenia techniczno-ekonomiczne budowy odkrywki Drzewce. Wrocław, czerwiec 1996 — dokumentacja wewnętrzna, niepublikowana
- [2] Poltegor Projekt sp. z o.o.: Projekt techniczny wkopu udostępniającego odkrywki Drzewce. Wrocław, grudzień 1998 — dokumentacja wewnętrzna, niepublikowana
- [3] *Kasztelewicz Z.*: Polskie górnictwo węgla brunatnego. Redakcja Górnictwa Odkrywkowego, Bełchatów — Wrocław,
- [4] *Kasztelewicz Z., Czyż J., Jagodziński Z.*: Nowe doświadczenia w udostępnianiu złóż i zwałowaniu z zastosowaniem zwałowiska na przedpolu w O/Drzewce KWB „Konin” SA. *Węgiel Brunatny* 2/55, 2006
- [5] *Kasztelewicz Z., Zajączkowski M., Jagodziński Z.*: Technologia udostępnienia złoża węgla brunatnego z zastosowaniem zwałowiska tymczasowego na przedpolu frontu eksploatacyjnego na przykładzie odkrywki „Drzewce” w Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” SA, *Archives of Minings Science* nr 53/2/2008
- [6] *Kasztelewicz Z., Jagodziński Z.*: Zagospodarowanie zbiornika końcowego Odkrywki „Lubstów” o kierunku wodno-rekreacyjnym. *Węgiel brunatny* nr 4/57, 2006
- [7] *Kasztelewicz Z., Szamalek A., Czyż J., Czaplicki P.*: Narzędzia informatyczne wspomagające prace projektowe w KWB „Konin”. *Górnictwo Odkrywkowe* nr 48/2006
- [8] Opracowanie wewnętrzne KWB „Konin” 2006: Projekt zagospodarowania wierzchowiny zwałowiska wewnętrznego odkrywki Drzewce — dokumentacja wewnętrzna, niepublikowana