

Zbigniew Kasztelewicz\*, Maciej Zajączkowski\*

## KONCEPCJA PRZESTRZENNEGO ODWZOROWANIA KOSZTÓW ZWAŁOWANIA NA ZWAŁOWISKU ZEWNĘTRZNYM\*\*

---

### 1. Wstęp

Lokalizacja zwałowiska zewnętrznego w kopalniach odkrywkowych zawsze związana jest z wyborem miejsca udostępnienia złoża. Nadkład z wkopu udostępniającego może być zwałowany na zwałowisku zewnętrznym, na przedpolu frontu udostępniającego lub w innym wyrobisku. Najczęściej jednak jest to zwałowisko zewnętrzne umiejscowione w jak najmniejszej odległości od wkopu udostępniającego, dzięki czemu ponosi się najmniejsze koszty związane z transportem tego nadkładu.

W przypadku kopalń odkrywkowych węgla brunatnego wkopu udostępniający wykonywany jest tymi samymi maszynami podstawowymi, które przeznaczone są do eksploatacji całego złoża. Na zwałowisku zewnętrznym pracują zwałowarki, które rozprawdzają masy nadkładowe, dostarczane przenośnikami taśmowymi połączonymi z koparkami wielonaczyniowymi (układ KTZ).

### 2. Budowa przestrzennego modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego

Trójwymiarowe modele blokowe mają najczęściej zastosowanie w modelowaniu złóż. Dzięki nim możliwe jest przestrzenne określenie parametrów jakościowych kopaliny, litologii i stratygrafii utworów zalegających w rejonie złoża. Zasady budowy takich modeli zostały przedstawione w licznej literaturze tej tematyki [1, 2, 5].

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

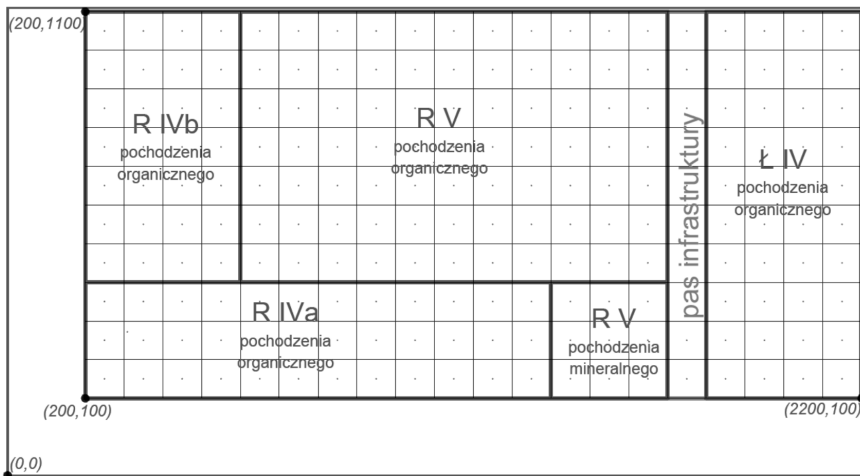
\*\* Publikacja finansowana z badań własnych nr 10.10.100.382

Modele blokowe zostały także wykorzystane do optymalizowania kierunków eksploatacji złoża czy generowania kształtu wyrobiska docelowego [3, 4].

## 2.1. Podstawowe wymiary geometryczne modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego

W pracy posłużono się hipotetycznym zwałowiskiem o wymiarach  $1000 \times 2000$  m, zbudowanych z dwóch pięter zwałowych o wysokości 20 m każde. Zwałowisko to będzie wykonane jedną zwałowarką w pracy nad i podsięsypanej w postępie równoległym w kierunku wschodnim. Nachylenia poszczególnych skarp przyjęto jako 1:2, a generalne nachylenia poszczególnych zboczy na 1:4.

Założony układ współrzędnych budowy modelu oraz rodzaje zajmowanych gruntów pod zwałowisko zewnętrzne przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Założony układ współrzędnych budowy modelu oraz rodzaje zajmowanych gruntów pod zwałowisko zewnętrzne

Model blokowy został stworzony w programie SURPAC 6.1.3. w module blockmodel. Wielkość bloku została określona na  $100 \times 100 \times 20$  m. Odpowiada ona założonej szerokości bloku sypanego przez zwałowarkę oraz wysokości pięter zwałowych. Model blokowy umożliwia także podział tego bloku na 4 mniejsze bloczki o wymiarach  $25 \times 25 \times 5$  m poprzez funkcję *subblocking*.

## 2.2. Atrybuty modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego

Modelowi blokowemu zostały nadane atrybuty, mające odwzorować przestrzenny rozkład kosztów związanych z jego budową.

Atrybutami, którymi model został wypełniony były:

- współrzędna  $x$ ,
- współrzędna  $y$ ,
- współrzędna  $z$ ,
- numer piętra zwałowego,
- koszty transportu ( $KT$ ),
- koszty zwałowania ( $KZ$ ),
- koszty zakupu terenu ( $KT$ ),
- podatek od nieruchomości ( $KPN$ ),
- opłaty za wyłączenie gruntów rolnych lub leśnych ( $KWG$ ),
- koszty rekultywacji ( $KR$ ),
- koszty przebudowy infrastruktury ( $KI$ ),
- całkowity koszt bloku ( $CKB$ ).

### **3. Założenia odwzorowania kosztów zwałowania na zwałowisku zewnętrznym**

Utworzone atrybuty modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego zostały wypełnione danymi, które określają przestrzenny rozkład kosztów zwałowania.

#### **3.1. Współrzędne poszczególnych bloków modelu**

Współrzędne poszczególnych bloków modelu zwałowiska zewnętrznego określają przestrzenne rozmieszczenie centroidy każdego z bloków. Początek układu współrzędnych założono w miejscu, w którym pochylnia transportowa przenośników nadkładowych wychodzi z wyrobiska na powierzchnię terenu.

#### **3.2. Numer piętra zwałowego**

W celu przyporządkowania danych wartości do danego piętra zwałowiska należy określić, które bloki tworzą pierwsze, a które drugie piętro. Dzięki temu możliwe jest także dokonywanie odpowiednich statystyk osobno dla każdego piętra zwałowiska.

#### **3.3. Koszty transportu**

Koszty transportu będą stanowiły jeden z najistotniejszych parametrów określających koszt budowy zwałowiska zewnętrznego. W celu określenia kosztów odstawy mas nadkładowych na zwałowisko należy oszacować energię niezbędną na przetransportowanie objętości elementarnego bloku modelu. Konieczne jest także rozróżnienie tej energii do transportu urobku w pionie i w poziomie [4].

W związku z tym określono jednostkowy koszt odstawy urobku przenośnikami (*JKOP*) jako:

$$JKOP(x, y, z) = (JE_H \cdot L(x, y, z) + JE_V \cdot H(x, y, z)) \cdot C_E \cdot u_E \quad [\text{zł/m}^3] \quad (1)$$

gdzie:

$JE_H$  — jednostkowe zużycie energii transportu poziomego, kWh/(m<sup>3</sup> · m);  
przyjęto  $JE_H = 0,315 \cdot 10^{-3}$  kWh/(m<sup>3</sup> · m);

$JE_V$  — jednostkowe zużycie energii podnoszenia urobku, kWh/(m<sup>3</sup> · m);  
przyjęto  $JE_V = 6,3 \cdot 10^{-3}$  kWh/(m<sup>3</sup> · m);

$L(x, y, z)$  — długość drogi odstawy urobku z punktu  $(x, y, z)$  w poziomie, m;

$H(x, y, z)$  — wysokość podnoszenia urobku z punktu  $(x, y, z)$ , m;

$C_E$  — średnia cena energii elektrycznej, zł/kWh; przyjęto 0,233 zł/kWh;

$u_E$  — mnożnik kosztów energii w ogólnych kosztach transportu; przyjęto 3,2.

Do określenia jednostkowego zużycia energii założono transport urobku na zwałowisko przenośnikiem o szerokości taśmy 1,8 m, prędkość 5 m/s, taśma St3150, przegubowe zestawy krążnikowi o rozstawie 1,2 m (górne) oraz 3,6 m (dolne) i napęd czołowy dwubębnowy.

### 3.4. Koszty zwałowania

Jednostkowe koszty zwałowania (*JKZ*) określają koszty związane z pracą zwałowarki. Są to koszty energii elektrycznej, materiałów i remontów zwałowarki, obsługi zwałowarki, kosztów pośrednich pracy zwałowarki (np. koszty pracy spycharek, przygotowujących podłóżę jazdy zwałowarki) itp. Założono, że  $JKZ = 0,5$  zł/m<sup>3</sup>.

### 3.5. Koszty zakupu terenu

Jednostkowy koszt zajęcia terenu (*JKT*) pod zwałowisko określono na jednostkę powierzchni 1 ha. Koszt ten przypisany został blokom zezwałowanym na danym terenie zarówno na pierwszym jaki i drugim piętrze. Dla uproszczenia obliczeń założono, że koszt ten będzie taki sam dla każdej powierzchni i wynosi  $JKT = 20$  tys. zł/ha.

### 3.6. Podatek od nieruchomości

Zajęcie terenu pod budowę zwałowiska zewnętrznego spowoduje, że będzie on zakwalifikowany jako grunt związany z prowadzeniem działalności gospodarczej w myśl ustawy z dnia 12 stycznia 1991 o podatkach i opłatach lokalnych wraz z późn. zm. (Dz.U. 2010 nr 95 poz. 613). W związku z tym założono, że jednostkowy koszt podatku od nieruchomości (*JKPN*) wyniesie 6 tys. zł/ha i będzie płacony przez 5 lat dla danego bloku.

### 3.7. Opłaty za wyłączenie gruntów z produkcji rolnej lub leśnej

Najczęściej grunty zajmowane pod zwałowisko zewnętrzne mają status gruntów rolnych bądź leśnych. Chcąc wykorzystać te grunty należy uzyskać zgodę na zmianę przeznaczenia tych gruntów w myśl ustawy z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych wraz z późn. zm. (Dz.U. 2009 nr 115 poz. 967). Wiąże się to z koniecznością uiszczenia należności i opłat rocznych w zależności od klasy bonitacyjnej gruntu. Założono, że jednostkowy koszt wyłączenia gruntów (*JKWG*) stanowiła będzie należność za trwałe wyłączenie gruntów rolnych lub leśnych oraz opłaty roczne uiszczane przez 5 lat dla danego bloku.

### 3.8. Koszty rekultywacji

Zwałowisko zewnętrzne należy zrekultywować zgodnie z projektem rekultywacji tego zwałowiska i określonymi kierunkami rekultywacji. W związku z tym do kosztów wykonania tego zwałowiska należy także zaliczyć koszt jego rekultywacji. Jednostkowy koszt rekultywacji (*JKR*) określony został dla każdego bloku modelu zwałowiska zewnętrznego.

W modelu założono rekultywację w kierunku leśnym gdzie  $JKR = 60$  tys. zł/ha.

### 3.9. Koszty przebudowy infrastruktury

Jeżeli na zajmowanych terenach przeznaczonych pod zwałowisko istnieje jakaś infrastruktura techniczna (np. drogi, linie wysokiego napięcia, rowy itp.) należy uwzględnić koszty likwidacji i przeniesienia czy odtworzenia tej infrastruktury. W związku z tym konieczne jest zinventaryzowanie tych obiektów na terenie potencjalnej lokalizacji zwałowiska i oszacowanie kosztów z nią związanych. Jednostkowe koszty infrastruktury (*JKI*) określone zostaną w układzie współrzędnych ( $x, y, z$ ) i obciążą one wszystkie bloki modelu, których zwałowanie możliwe jest tylko po likwidacji danej infrastruktury. Na rysunku 1 przedstawiono hipotetyczną sytuację topograficzną terenu zajętego pod zwałowisko gdzie założono liniowy przebieg drogi, której przełożenie będzie kosztowało 1 mln zł ( $JKI = 40$  tys. zł/ha).

## 4. Przestrzenny rozkład kosztów zwałowania

Po wypełnieniu modelu blokowego poszczególnymi kosztami zwałowania określonymi jako:

$$CKB = V_B \cdot (JKOP + JKZ) + P_B \cdot (JKT + JKPN + JKR + JKI) \quad [\text{zł/blok}] \quad (1)$$

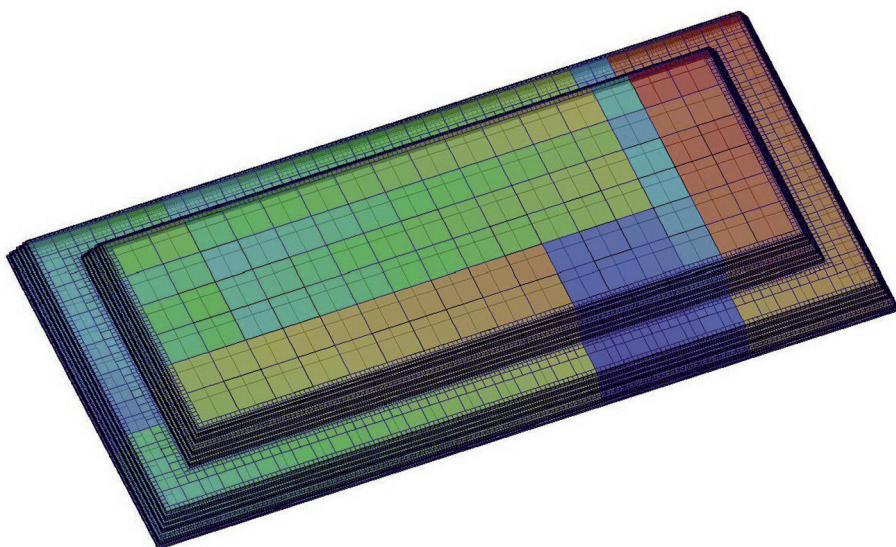
gdzie:

$CKB$  — całkowity koszt bloku, zł/blok,

$V_B$  — objętość bloku,  $\text{m}^3$ ,

- $P_B$  — pole powierzchni podstawy bloku,  $m^2$ ,  
 $JKOP$  — jednostkowy koszt odstawy przenośnikami,  $zł/m^3$ ,  
 $JKZ$  — jednostkowy koszt zwałowania,  $zł/m^3$ ,  
 $JKT$  — jednostkowy koszt terenu,  $zł/m^2$ ,  
 $JKPN$  — jednostkowy koszt podatku od nieruchomości,  $zł/m^2$ ,  
 $JKR$  — jednostkowy koszt rekultywacji,  $zł/m^2$ ,  
 $JKI$  — jednostkowy koszt infrastruktury,  $zł/m^2$ ,

uzyskuje się obraz przestrzennego rozkładu kosztów zwałowania. Został on przedstawiony na rysunku 2.



**Rys. 2.** Przestrzenny rozkład kosztów zwałowania na zwałowisku zewnętrznym (skalowanie: wartości najmniejsze — kolor niebieski, wartości największe — kolor czerwony)

Jak wynika z rysunku 2 największe koszty zwałowania występują w najdalszych blokach założonego układu współrzędnych co wiąże się z najdłuższą odległością transportu urobku na zwałowisko oraz obciążenie tych bloków kosztami przeniesienia infrastruktury. Dodatkowo większymi kosztami charakteryzują się bloki określone jako drugie piętro z uwagi na konieczność ponoszenia dodatkowych kosztów na podnoszenie urobku.

Również istotny jest rodzaj zajmowanego gruntu ponieważ wielkość opłat za wyłączenie gruntów klasy RIVa pochodzenia organicznego w tym przypadku ma większe znaczenie niż wydłużenie drogi transportu o 300 m tak aby zająć grunt o klasie RIVb pochodzenia organicznego. Korzystne jest także zajęcie gruntów, które nie podlegają ochronie, a więc RV pochodzenia mineralnego gdzie nie występuje ta opłata.

Znajomość przestrzennego rozkładu kosztów zwałowania na zwałowisku zewnętrznym umożliwi wybór najkorzystniejszej lokalizacji tego zwałowiska, jego kształtu czy kierunku postępu frontów zwałowych. Opracowany model ma charakter uniwersalny jednak po zaadaptowaniu go do konkretnych warunków terenowych umożliwi on wiarygodną prezentację otrzymanych wyników. Może on być także modyfikowany w zależności od potrzeb poprzez np. dodawanie kolejnych atrybutów, które mogą mieć wpływ na przestrzenne rozmieszczenia kosztów zwałowania (np. stopa dyskonta dla czasowego rozkładu tych kosztów).

## 5. Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego możliwe jest przestrzenne odwzorowanie kosztów budowy tego zwałowiska. Przedstawione w artykule atrybuty tego modelu oraz sposoby określenia całkowitego kosztu bloku (*CKB*) pozwalają na dokonywanie szczegółowych analiz oraz eliminację tych powierzchni na których zwałowanie będzie charakteryzowało się największym kosztem. Dzięki temu możliwe będzie wskazanie najkorzystniejszej lokalizacji tego zwałowiska podczas projektowania udostępniania danego (nowego) złoża, jego kształtu czy postępu frontu zwałowego. Przedstawiony model ma charakter uniwersalny i nie zawiera wszystkich rodzajów kosztów mających wpływ na budowę zwałowiska ponieważ zależą one od konkretnych warunków terenowych. Możliwa jest jednak dowolna jego modyfikacja.

### LITERATURA

- [1] *Frankowski R., Gądek A.*: Cyfrowy model stratygraficzny złoża węgla brunatnego stworzony przy użyciu oprogramowania górniczego „Minescape” firmy „Mincom”. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* Nr 112, Wrocław, 2005
- [2] *Hustrulid W., Kuchta M.*: *Open pit mine planning and design*. Taylor&Francis, London, 2006
- [3] *Jurdziak L., Kawalec W.*: Wykorzystanie lokalnie aktualizowanego modelu przestrzennego złoża dla szczegółowego sterowania jakością zasobów węgla brunatnego. VII Konferencja Wykorzystanie Zasobów Złóż Kopalni Użytecznych, Zakopane, 2000
- [4] *Kawalec W.*: Koncepcja odwzorowania kosztów eksploatacji w procedurze generowania docelowego wyrobiska odkrywkowego. *Górnictwo Odkrywkowe* 5–6/2007, Wrocław, 2007
- [5] *Specylak-Skrzypecka, J., Ślusarczyk, G., Bednarz, A., Borowicz, A., Frankowski R.*: Metody informatyczne w aktualizacji i wykorzystaniu bazy danych geologicznych. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* nr 112, Wrocław, 2005