

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 kopalni odkrywkowych w głąb brunatnego wkop udostępniający wykonywany jest tymi samymi maszynami podstawowymi, które przeznaczone są do eksploatacji całego złoża. Na zwałowisku zewnętrznym pracują zwałowarki, które rozprawdzają masy nadkładowe, dostarczane przemieszczanymi taśmami transportowymi z koparkami wieloczyniowymi (układ KTZ).

### 2. Budowa przestrzennego modelu blokowego zwałowiska zewnętrznego

Trójwymiarowe modele blokowe mają najczęściej zastosowanie w modelowaniu złoża. Dzięki nim możliwe jest przestrzenne określenie parametrów właściwościowych 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

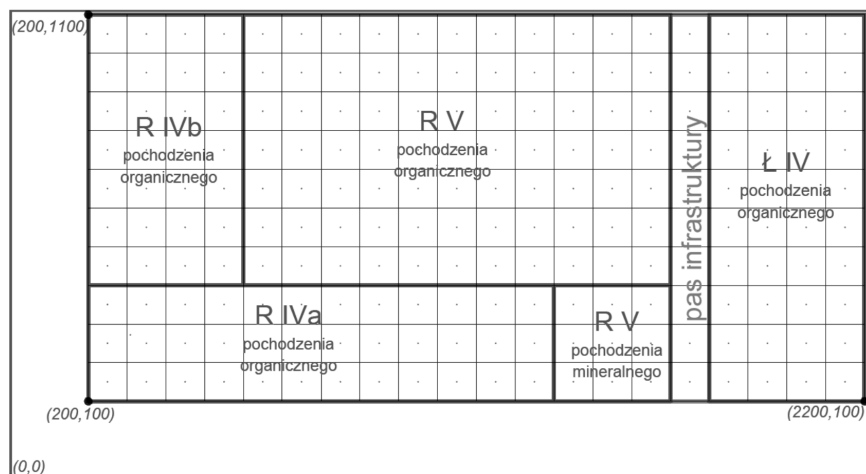
\*\* Publikacja finansowana z badań własnych nr 10.10.100.382

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 postulowano si hipotetycznym zwałowiskiem o wymiarach  $1000 \times 2000$  m, zbudowanych z dwóch pi ter zwałowych o wysokości 20 m każda. Zwałowisko to będzie wykonane jedn zwałowark w pracy nad i podsi sypnej w post pie równoległym w kierunku wschodnim. Nachylenia poszczególnych skarp przyj to jako 1:2, a generalne nachylenia poszczególnych zboczy na 1:4.

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



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

Model blokowy został stworzony w programie SURPAC 6.1.3. w module blockmodel. Wielko bloku została określona na  $100 \times 100 \times 20$  m. Odpowiada ona założonej szerokości bloku sypanego przez zwałowark oraz wysokości pi ter 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:

- współrz dna  $x$ ,
- współrz dna  $y$ ,
- współrz dna  $z$ ,
- numer pi tra zwałowego,
- koszty transportu ( $KT$ ),
- koszty zwałowania ( $KZ$ ),
- koszty zakupu terenu ( $KT$ ),
- podatek od nieruchomości ( $KPN$ ),
- opłaty za wył czenie gruntów rolnych lub le nych ( $KWG$ ),
- koszty rekultywacji ( $KR$ ),
- koszty przebudowy infrastruktury ( $KI$ ),
- całkowity koszt bloku ( $CKB$ ).

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

Utworzone atrybutu modelu blokowego zwałowiska zewn trznego zostały wypełnione danymi, które okre łaj przestrzeny rozkład kosztów zwałowania.

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

Współrz dne poszczególnych bloków modelu zwałowiska zewn trznego okre łaj przestrzenne rozmieszczenie centroidy ka dego z bloków. Pocz tek układu współrz dnych zało ono w miejscu, w którym pochylnia transportowa przeno ników nadkładowych wychodzi z wyrobiska na powierzchni terenu.

#### **3.2. Numer pietra zwałowego**

W celu przyporz dkowania danych warto ci danego pi tra zwałowiska nale y okre li , które bloki tworzą pierwsze, a które drugie pi tro. Dzi ki temu mo liwe jest tak e dokonywanie odpowiednich statystyk osobno dla ka dego pi tra zwałowiska.

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

Koszty transportu b d stanowiły jeden z najistotniejszych parametrów okre łaj cych koszt budowy zwałowiska zewn trznego. W celu okre lenia kosztów odstawy mas nadkładowych na zwałowisko nale y oszacowa energi niezbdn na przetransportowanie obj - to ci elementarnego bloku modelu. Konieczne jest tak e rozró nienie tej energii do transportu urobku w pionie i w poziomie [4].

W związku z tym określono jednostkowy koszt odstawy urobku przemieszczanym (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);  
przyjmij  $JE_H = 0,315 \cdot 10^{-3}$  kWh/(m<sup>3</sup>·m);

$JE_V$  — jednostkowe zużycie energii podnoszenia urobku, kWh/(m<sup>3</sup>·m);  
przyjmij  $JE_V = 6,3 \cdot 10^{-3}$  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; przyjmij 0,233 zł/kWh;

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

Do określenia jednostkowego zużycia energii założono transport urobku na zwałowisko przemieszczaniem o szerokości 1,8 m, prędkości 5 m/s, tałma St3150, przegubowe zestawy krętkowe 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 podziemnej pracy zwałowarki (np. koszty pracy spycharek, przygotowywanych podłoża 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 zwałowanym na danym terenie zarówno na pierwszym jak i drugim piętrem. 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 zewnętrznej 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 lub 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). Wiedzie się to z konieczności uiszczenia należności i opłat rocznych w zależności od klasy bonitacyjnej gruntu. Założono, że jednostkowy koszt wyłączenia gruntów (*JKWG*) stanowiła by dla niego trwałe wyłączenie gruntów rolnych lub leśnych oraz opłaty roczne uiszczane przez 5 lat dla danego bloku.

### 3.8. Koszty rekultywacji

Zwałowisko zewnętrzne należy zrehabilitować 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 nimi związanych. Jednostkowe koszty infrastruktury (*JKI*) określone zostaną w układzie współrzędnych ( $x, y, z$ ) i obciążone 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 przebudowanie by 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,  $\text{m}^3$ ,



Znajomość przestrzennego rozkładu kosztów zwałowania na zwałowisku zewnętrznym umożliwia 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 umożliwia wiarygodną prezentację otrzymanych wyników. Model może 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 najwyższym 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 zależne od konkretnych warunków terenowych. Możliwa jest jednak dowolna jego modyfikacja.

## LITERATURA

- [1] Frankowski R., Gądek A.: Cyfrowy model stratygraficzny złoża w głą 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 w głą 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

