

# Decyzja o zamknięciu projektu geologiczno-górniczego wspomagana rachunkiem opcji rzeczywistych

## Decision to close a geological-mining project supported by Real Option Valuation method



Dr inż. Arkadiusz Kustra\*)



Mgr inż. Cezary Mróz\*\*)

**Treść:** W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania rachunku opcji rzeczywistych do wspomagania procesów decyzyjnych na etapie zamknięcia projektu geologiczno-górniczego. Przedstawione problemy badawcze zidentyfikowano w trzech obszarach. W pierwszym z nich opisano projekt geologiczno-górniczny i etapy składające się na cykl jego życia. W drugim obszarze scharakteryzowano metodologię rachunku opcji rzeczywistych i jego historyczne zastosowanie w problemach decyzyjnych branży górniczej. Trzeci obszar stanowiący realizację celu głównego artykułu wskazuje na dwa modele opcji rzeczywistych mogących wspomagać decyzję zamknięcia lub kontynuacji funkcjonowania projektu geologiczno-górniczego.

**Abstract:** This paper presents the opportunities of real option applications to support the decision-making process in the phase of geological-mining project closure. Research problems mentioned in this paper were identified in three areas. The first one described idea of geological-mining project and the phases of the whole life cycle. In the second area methodology of real option valuation and application in the decision-making process in mining industry were characterized. The third area is an essential part of the paper and presents two models of real option valuations in the decision-making process to close or continue the implementation of geological-mining projects.

### Słowa kluczowe:

projekt geologiczno-górniczny, decyzja o likwidacji kopalni, opcje rzeczywiste, rekultywacja

### Key words:

geological-mining project, decision to close a mine, real options, reclamation

## 1. Wprowadzenie

Działalność górnicza może być rozpatrywana jako projekt geologiczno-górniczny obejmujący kilka etapów, które w sumie można identyfikować jako cykl życia. Finansowe ujęcie cyklu życia projektu geologiczno-górniczego wymusza zastosowanie odpowiednich rachunków i kalkulacji, które determinują ewidencję nakładów i kosztów na każdym etapie ich powstawania oraz ich współmiernym rozliczeniu do przychodów, które mogą powstawać tylko w fazie eksploatacji. Współmierne rozliczenie przychodów i kosztów w projektach jest, co prawda zgodne z przyjętymi zasadami i uregulowaniami obowiązującymi w rachunkowości, ale jednocześnie prowadzi do zróżnicowania kategorii memoriałowych, czyli przychodów i kosztów z przepływami określanymi poprzez wpływy i wydatki.

Opisane problemy nabierają szczególnego znaczenia na etapie zamknięcia projektu geologiczno-górniczego, kiedy to zawiązywane przez lata rezerwy na przyszłe zobowiązania (traktowane jako koszty), zaczynają się realizować poprzez generowanie rzeczywistych wydatków związanych z likwidacją majątku produkcyjnego i rekultywacją terenu.

W praktyce, wycena procesu zamknięcia i likwidacji projektu w całym cyklu życia jest zabudżetowana i weryfikowana w kontekście zmieniających się warunków makro- i mikroekonomicznych. Jednak sam moment rozpoczęcia likwidacji oraz potencjalne korzyści wynikające z przyspieszenia lub opóźnienia zamknięcia w stosunku do kontynuacji działania mogą być przedmiotem optymalizacji pod kątem analizy efektywności i wartości projektu geologiczno-górniczego.

W artykule przedstawiono możliwości zastosowania rachunku opcji rzeczowych do optymalizowania likwidacji na etapie zamknięcia projektu z jednoczesnym wskazaniem modeli optycznych, które mogą zostać zastosowane w zależ-

\*) AGH w Krakowie \*\*\*) Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

ności od rozpatrywanego wariantu kontynuacji działania lub jego zaprzestania.

## 2. Zamknięcie projektu geologiczno-górniczego w świetle Prawa geologicznego i górniczego

W sensie technicznym pozyskanie surowców mineralnych poprzez eksploatację złóż kopaliny odbywa się poprzez realizację określonych i ściśle ze sobą powiązanych prac geologicznych i górniczych. Kompleksowe ich ujęcie w jeden ciąg z określonym początkiem i końcem każdego etapu pozwala zidentyfikować pojęcie projektu geologiczno-górniczego. Realizacja prac geologiczno-górnicznych składa się najczęściej z kilku etapów, które dotyczą kolejno: eksploracji i rozpoznania złoża kopaliny, oceny złoża, budowy kopalni, produkcji górniczej, likwidacji i rekultywacji terenu.

Rozgraniczenie kolejnych etapów jest efektem zidentyfikowania określonych czynności charakterystycznych, przy czym niejednokrotnie mają one charakter umowny i w praktyce czasami trudno jest je określić, zwłaszcza, że niektóre procesy mogą być realizowane równolegle.

Zamknięcie i rekultywacja terenu jest ostatnim etapem w cyklu życia projektu geologiczno-górniczego. Wymaga ona poniesienia znacznych nakładów finansowych po zakończeniu funkcjonowania zakładu, tj. w okresie kiedy z „reguły” podmiot gospodarczy nie generuje przychodów i kosztów operacyjnych (w przypadku zakładów górniczych likwidację można rozpocząć w przypadku funkcjonowania przy jednoczesnym obniżeniu wydobywania o 50% w stosunku do zdolności wydobywczych). Środki finansowe należy zatem zgromadzić w trakcie działalności zakładu górniczego poprzez systematyczne odpisy dokonywane w ciężar tworzonych rezerw na przyszłe wydatki. Regulacje prawne dotyczące tworzenia takich rezerw wynikają zarówno z obowiązującego Prawa górniczego i geologicznego, jak również standardów rachunkowości krajowych i międzynarodowych [13].

Prawo górnicze i geologiczne zobowiązuje zakłady górnicze do tworzenia funduszu likwidacji i odkładania środków finansowych na wydzielonym rachunku bankowym.

Likwidacja przedsiębiorstwa górniczego jest procesem długotrwałym, skomplikowanym technologicznie i wysoce kapitałochłonnym. Jednocześnie wydatki związane z ostatnim etapem realizacji projektu geologiczno-górniczego są porównywalne z budową nowego zakładu górniczego. Koszty likwidacji determinują przede wszystkim rozmiary przedsiębiorstw górniczych oraz związaną z nimi infrastrukturę przemysłową, jak również wielkość terenów poddanych oddziaływaniu działalności górniczej.

Odwołując się do Prawa geologicznego i górniczego (Dz. U. Nr 27 poz. 96 art. 80) można znaleźć obowiązki przedsiębiorcy przy likwidacji przedsiębiorstwa górniczego lub jego części. Należą do nich m.in.:

- zabezpieczenie i zlikwidowanie wyrobisk górniczych oraz obiektów i urządzeń zakładu górniczego,
- zabezpieczenie niewykorzystanej części złoża kopaliny,
- zabezpieczenie sąsiednich złóż kopaliny,
- przedsięwzięcie niezbędnych środków chroniących wyrobiska sąsiednich zakładów górniczych,
- przedsięwzięcie niezbędnych środków w celu ochrony pozostałych elementów środowiska,
- rekultywacja gruntów i zagospodarowanie terenów po działalności górniczej.

Wycena prac składających się na proces likwidacji zakładu górniczego i rekultywacji terenu jest niejednokrotnie bardzo trudna, gdyż:

- dotyczy działań, które zostaną wykonane w przyszłości,

- rezultat tych działań może być efektem nie tylko przemysłowej działalności człowieka, ale również czynników naturalnych,
- zakres prac może ulegać zmianom z uwagi na stosunkowo długi horyzont czasu likwidacji, jak również całkowitą nieprzewidywalność warunków naturalnych.

W przypadku gdy termin likwidacji zakładu górniczego pokrywa się z momentem zakończenia eksploatacji wywołanym wyczerpaniem zasobów kopaliny, proces przygotowania tego przedsięwzięcia jest łatwiejszy do zaplanowania i realizacji. Okazuje się jednak, że zaprzestanie eksploatacji w praktyce może nastąpić na skutek utraty opłacalności wydobycia i sprzedaży produkcji, co może prowadzić do zaprzestania działalności górniczej bez należytego przygotowania ostatniego etapu życia zakładu górniczego.

Zawiązanie rezerw, mających charakter funduszu celowego oraz konieczność jego stałego podwyższania w trakcie eksploatacji może być zawieszone przez przedsiębiorstwo górnicze w przypadku gdy:

- przedsiębiorstwo zawarło umowę z podmiotem odpowiedzialnym za prowadzenie funduszu, w ramach której nastąpiło całkowite przeniesienie odpowiedzialności za przyszłe wykonanie prac na ten właśnie podmiot będący stroną umowy,
- przedsiębiorstwo udowodni, że środki zgromadzone przez fundusz są wystarczające na pokrycie kosztów prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych.

W polskiej praktyce funkcjonowania przedsiębiorstw górniczych rolę zabezpieczenia realizacji prac likwidacyjnych pełnią środki gromadzone w trakcie eksploatacji na funduszu likwidacji zakładu. Prawo geologiczne i górnicze, co do zasad określenia wielkości wpłat na ten fundusz stanowi, że [13]:

- przedsiębiorca wydobywający kopaliny systemem podziemnym lub otworowym przeznacza na fundusz nie mniej niż 3% odpisów amortyzacyjnych od środków trwałych ustalonych stosownie do przepisów o podatku dochodowym,
- przedsiębiorca wydobywający kopaliny systemem odkrywkowym odprowadza na fundusz równowartość nie mniej niż 10 % należnej opłaty eksploatacyjnej.

Odpisy na fundusz likwidacji zakładu górniczego mają charakter rezerw i na etapie ich tworzenia przedsiębiorstwo ponosi koszty, które mimo tego, że na etapie ich ponoszenia nie stanowią wydatku (koszty niezrealizowane) to są uznawane za koszty uzyskania przychodów.

Środki z funduszu zgromadzone na osobnym koncie mogą być wykorzystywane tylko na likwidację działalności zakładu górniczego, a moment realizacji wypłat zależy od przedstawienia bankowi decyzji właściwych dla organu nadzorującego, potwierdzających zatwierdzenie planu ruchu likwidowanego podmiotu lub jego części.

Od 1 stycznia 2006 roku obowiązuje Rozporządzenie Rady Ministrów (Dz.U. Nr 106 poz. 887), które doprecyzowuje cele, na jakie mogą być wydane środki z funduszu likwidacji. Są to:

- likwidacja oraz zabezpieczenie wyrobisk górniczych, otworów wiertniczych oraz innych związanych z eksploatacją,
- likwidacja zbędnych obiektów oraz demontaż maszyn i urządzeń,
- likwidacja gruntów i uporządkowanie terenów działalności górniczej,
- utrzymanie obiektów przeznaczonych do likwidacji w kolejności zapewniającej bezpieczeństwo zakładu górniczego,
- wykonywanie prac zabezpieczających oraz przedsięwzięć zapobiegających zagrożeniom, przede wszystkim związanym z odwadnianiem likwidowanych wyrobisk zakładu górniczego.

Środki pieniężne gromadzone na rachunkach bankowych nie mogą być wykorzystane do bieżącej działalności kopalni, lecz muszą być lokowane w banku, gdzie ich wartość podlega kapitalizacji o obowiązującą w danym okresie stawkę oprocentowania.

### 3. Opcje rzeczowe wspomagające decyzje inwestycyjne w działalności projektowej

Elastyczność działania jako istotny element wpływający na tworzenie wartości w przedsiębiorstwie nie może zastąpić niezbędnego zaangażowania kapitałowego. Zorientowane na sukces przedsiębiorstwa poszukują w sposób ciągły rozwiązań skutkujących ponoszeniem jak najniższych nakładów kapitałowych w zamian za wysokie efekty. Rezultatem poszukiwania nowych metod oceny ekonomicznej i ryzyka inwestycji jest metoda opcji rzeczowych.

S.C. Myers w artykule *Determinant of Capital Borrowing* opublikowanym w 1977 roku wprowadził pojęcie opcji rzeczowej (rzeczywistej) i zauważył analogię pomiędzy opcją finansową a podejmowaniem decyzji inwestycyjnych charakteryzujących się „wbudowaną” elastycznością decyzyjną [11]. Opcje rzeczywiste stanowią naturalne rozszerzenie opcji finansowych i stosowane są do wyceny aktywów niefinansowych, czyli rzeczowych. Metoda wyceny pozwala na uwzględnienie i kwantyfikację wartości elastyczności decyzji menedżerskich. Uwzględnienie wartości płynącej z elastyczności może stanowić przesłankę do akceptacji projektów inwestycyjnych o podwyższonym ryzyku, które byłyby odrzucone w oparciu o wskazania wynikające z tradycyjnych metod oceny efektywności bazujących na dyskontowaniu przepływów pieniężnych. D. Laughton wraz z H. Jacoby zauważyli, że źle oszacowane stopy dyskontowe w metodach tradycyjnych wpływają w znacznym stopniu na niedowartościowanie przyszłych długoterminowych rozwiązań alternatywnych [7].

Tradycyjna metoda wyceny projektów inwestycyjnych pozwala na podejmowanie decyzji w oparciu o jasne i proste kryteria dotyczące wartości NPV. Studiując literaturę przedmiotu, nie trudno przekonać się, że jest ona najpopularniejszą metodą wyceny, jednakże nie daje możliwości pełnej kontroli projektu. W latach dziewięćdziesiątych minionego wieku poddano krytyce metody DCF. W metodzie pomijana jest możliwość reakcji decydentów na zmieniające się otoczenie biznesowe i pojawiające się nowe okoliczności. Nie bez znaczenia jest możliwość niespodziewanego załamania się lub wzrostu rynku skutkująca zmniejszeniem lub zwiększeniem skali działalności, czy też zmiana cen, która wpływa na opłacalność projektu. Zdarzenia tego typu nie są wpisane w logikę narzędzi DCF. Zarzuty kierowane pod adresem metod dyskontowych w procesie budżetowania kapitałowego wskazują na zasadność zastosowania podejścia opcyjnego. Wyniki obliczeń uzyskane z wykorzystaniem metody opcji rzeczowych pokazały, że zignorowanie możliwości uwzględnienia wyceny istniejących opcji istotnie wpływa na wynik, co może prowadzić do popełnienia błędów decyzyjnych [4].

Metoda opcji rzeczowych może mieć zastosowanie zarówno na poziomie operacyjnym (do oceny efektywności ekonomicznej inwestycyjnych lub wyceny wartości przedsiębiorstw), jak i na poziomie strategicznym (jako wsparcie procesów tworzenia i implementacji strategii organizacji).

Model opcji rzeczywistych służy do prognozowania wartości przedsięwzięć w przyszłości, co ma kluczowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji dotyczących planowania, tworzenia strategii rozwoju, alokacji aktywów lub ich finansowania. Działanie to ma na celu zapewnienie stabilności kontynuacji działalności lub jej zaniechania.

W klasycznych metodach wyceny opartych o przepływy pieniężne wzrost stopnia niepewności (wyrażony jest wzrostem poziomu stopy dyskontowej) powoduje spadek wartości ocenianego projektu. W metodach opcyjnych wzrost niepewności przekłada się na wzrost wartości projektu. Dzieje się tak za sprawą uwzględniania ponadprzeciętnie wysokich korzyści płynących z projektu, przy jednoczesnej możliwości wprowadzania działań korygujących w przypadku wyniku mniej korzystnego niż oczekiwany. Tymi działaniami może być na przykład opóźnienie, przerwanie lub zatrzymanie projektu.

Model opcji rzeczowych nie eliminuje ewentualnej potrzeby korzystania z innych metod wyceny, stanowiąc swoistego rodzaju ich uzupełnienie i pozwala na pogłębioną analizę problemu. Metody tradycyjne przydatne są bardziej w sytuacjach niskiego poziomu niepewności i przewidywalności przyszłości, w przeciwieństwie do opcji rzeczywistych stosowanych w sytuacjach wymagających wielowariantowych zdarzeń.

### 4. Zastosowanie opcji rzeczowych w działalności górniczej

Niedoskonałości metod dyskontowych do wyceny inwestycji w dynamicznych warunkach rynkowych i warunkach aktywnego zarządzania przedsiębiorstwem górniczym są argumentem za stosowaniem rachunku opcyjnego.

Pierwsze zastosowania opcji rzeczowych dotyczyły przemysłu wydobywczego. M. Brennan i E. Schwartz wykorzystali teorię opcji w problematyce inwestycji w górnictwie oraz wyceniali czasowe zamknięcie kopalni miedzi w celu uniknięcia strat, spowodowane zmianami cen surowca na rynku. Kluczową rolę w modelu Brennana i Schwartza odgrywał sposób modelowania zachowania się cen danego zasobu [1]. Ponadto wskazali na fakt, że zmiany ceny danego zasobu charakteryzują się dużym stopniem niepewności, a podejście oparte na oczekiwanych przepływach pieniężnych w niewystarczający sposób ujmuje wahania cen.

Ciekawe podejście do zagadnienia zastosowania opcji w procesie wyceny projektu geologiczno-górniczego przedstawia M. Samis. W opracowaniu [14] podkreślił problematykę upraszczania wyceny projektu geologiczno-górniczego polegające na traktowaniu kopalni odkrywkowej jako zwartej całości, zaprzeczając jej rzeczywistej naturze funkcjonowania w postaci wielu obszarów wydobywczych charakteryzujących się różną wielkością, jakością zasobów i lokalizacją. Zabieg ten pozbawia wycenę elementu elastyczności (np. zamknięcia czasowego lub opóźnienia w rozwoju jednego z obszarów wydobywczych) i sprowadza ją do jednego scenariusza zdarzeń i związanej z nim strategii. Metoda opcji rzeczywistych stosowana w górnictwie do oceny projektów górniczo-geologicznych jest alternatywną metodą wyceny uwzględniającą dynamiczną naturę projektów [14].

A. Moel i P. Tufano dokonali analizy „klasycznych” opcji rzeczywistych: otwarcia i zamknięcia kopalni. W oparciu o dane z lat 1988-1997 dotyczące 285 północno-amerykańskich kopalni złota potwierdzili wiele założeń dotyczących modeli opcyjnych. Teoria opcji rzeczywistych ma użyteczne, pozytywne i normatywne implikacje, a w sytuacji jej zastosowania w analizie przypadków służy prognozowaniu, jednocześnie dobrze opisując rzeczywistość [10].

Podobne badania nieco później przeprowadzili D. Colwell, T. Henker i J. Ho, w odniesieniu do australijskich kopalni złota i przedsiębiorstw górniczych, wykorzystując dane z okresu 1992-1995. Wyniki tych badań również potwierdziły adekwatność wniosków płynących z zastosowania modelu opcyjnego jako użytecznego narzędzia do opisu i wyceny elastyczności operacyjnej. Jednocześnie wartości wbudowanych opcji są

bardzo wrażliwe na ewentualne błędy w oszacowanych wartościach parametrów modelu [2].

S. Shafiee, E. Topala i M. Nehring rozpoczynają rozważania dotyczące zastosowania opcji rzeczywistych od stwierdzenia faktu, że większość metod wyceny zakłada stałość zmiennych, takich jak: wielkość produkcji, koszty zmienne, koszty stałe i czas życia projektu.

Autorzy swoje rozważania poparli analizą zastosowania modelu opcji rzeczywistych do porównania wyceny kopalni cynku w Australii wykonanej metodą DCF (NPV). Uzyskane wyniki świadczyły na korzyść metod opcyjnych, gdyż wskazywały na czasowe zamknięcie kopalni w sytuacji spadku cen surowca na rynku i ponowne otwarcie w sytuacji poprawy koniunktury [15].

G. Cortazar i J. Cassaus [3] zaprezentowali zastosowanie modelu opcji rzeczywistych do wyceny projektu inwestycyjnego mającego na celu zwiększenie zdolności produkcyjnych i redukcję kosztu jednostkowego w kopalni miedzi. Zastosowany model pozwolił między innymi na ustalenie poziomu ceny miedzi, przy którym należy inwestować, zamknąć lub powtórnie otworzyć kopalnię. Są to opcje jednocześnie dostępne dla decydentów i będące wyrazem elastyczności menedżerskiej. Wyniki analiz wykazały większe wartości wyceny otrzymane przy wykorzystaniu opcji rzeczywistych w porównaniu z metodami tradycyjnymi.

## 5. Opcje rzeczowe w projektach geologiczno-górnich

Na potrzeby oceny projektu likwidacji projektu geologiczno-górnich można wykorzystać podejście określane mianem klasycznego. Polega ono w szczególności na:

- identyfikacji instrumentu bliźniaczego, oszacowaniu parametrów rozkładu jego wartości, ewentualnie prawdopodobieństwa arbitrażowego,
- określeniu rozkładu wartości instrumentu bazowego na podstawie informacji o instrumencie bliźniaczym,
- oszacowaniu wartości opcji z wykorzystaniem modeli stosowanych do wyceny opcji finansowych.

Ważną rolę przy wycenie odgrywa założenie dotyczące traktowania czasu. Z tego punktu widzenia wyróżnić można modele z czasem ciągłym i z czasem dyskretnym.

Podstawową rolę w procesie wyceny odgrywa model drzewa dwumianowego (model Coxa, Rossa i Rubinsteina) stanowiący dyskretne przybliżenie logarytmiczno-normalnego procesu dyfuzji, opisujący zmiany cen akcji. Drzewo składa się z węzłów (wierzchołków) oraz strzałek oznaczających drogi pomiędzy węzłami. Wierzchołki te odzwierciedlają zmiany instrumentu bazowego (podstawowego) w czasie, a z każdego wierzchołka wychodzą dwie strzałki obrazujące kierunek podążania wartości instrumentu - wzrost lub spadek jego wartości. Wierzchołki oznaczają momenty, w których decydent może podjąć decyzję. Drzewo zmian wartości instrumentu bazowego może być drzewem multiplikatywnym, co oznacza, że wartość węzłów drzewa jest iloczynem wartości w okresie poprzednim i wskaźnika wzrostu lub spadku.

Metodologię opcji rzeczowych opartych na drzewach dwumianowych można zastosować na etapie likwidacji i zamknięcia projektu geologiczno-górnich. J. Mizerka i C. Mróz [9] podjęli próbę przedstawienia modelu ustalenia optymalnego momentu likwidacji kopalni w związku z koniecznością ponoszenia kosztów rekultywacji gruntów pokopalnianych. Podejście opcyjne pozwala na uwzględnienie zmienności wartości parametrów istotnych dla podjęcia decyzji o likwidacji oraz elastyczności w podejmowaniu decyzji przez przedsiębiorcę. Zastosowanie podejścia opcyjnego można wyróżniać w dwóch modelach:

1. Kontynuację funkcjonowania kopalni można rozpatrywać jako amerykańską opcję kupna (*call*) wystawioną na wartość rynkową kopalni, pełniącą rolę instrumentu bazowego. Z kolei rolę ceny wykonania odgrywają koszty likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych. Opcja kontynuacji jest wykonywana, gdy korzyści wynikające z wartości przepływów generowanych z istnienia kopalni są większe niż oszczędności kosztowe determinowane wcześniejszym podjęciem likwidacji i rekultywacji. Dodatkowo, proces likwidacji kopalni uzależniono od wysokości środków gromadzonych w celu sfinansowania rekultywacji gruntów pokopalnianych [9].
  2. Zaprzeszanie kontynuacji funkcjonowania kopalni można rozpatrywać jako amerykańską opcję sprzedaży (*put*). Jest ona wykonywana w przypadku, gdy korzyści wynikające z wcześniejszego niż planowano rozpoczęcia likwidacji są większe niż dodatkowa wartość generowana dzięki przepływowi z kontynuowania działalności. Oczywiście, tak jak w pierwszym modelu rozpoczęcie wcześniej likwidacji jest uzależnione zgromadzonymi wcześniej środkami w postaci odpowiedniej rezerwy (w świetle ustawy o rachunkowości) i funduszu likwidacji (w świetle prawa górnich i geologicznego)
- Zastosowanie opcji kontynuacji lub zamknięcia będzie miało wpływ na wartość projektu geologiczno-górnich, uwzględniając cały cykl jego życia.

## 6. Podsumowanie

Projekt geologiczno-górnich może być w praktyce identyfikowany jako przedsięwzięcie inwestycyjne, obejmujące charakterystyczne etapy, takie jak eksploracja złoża, budowa i jego udostępnienie, eksploatacja oraz zamknięcie i likwidacja. Ich wzajemne powiązanie w spójny ciąg o logicznie zdefiniowanym początku i końcu składa się na całkowity cykl życia projektu. W każdym z wymienionych etapów koniecznym jest ponoszenie określonych nakładów i kosztów, które muszą być pokrywane z generowanych przychodów, powstających ze sprzedaży wydobytých i przetworzonych surowców mineralnych.

Analiza rentowności, czy kreowania wartości w projektach musi uwzględniać cały ich cykl życia. Jest to istotne w kontekście ogromnych nakładów i kosztów występujących w fazach eksploracji i zamknięcia, a które w rzeczywistości nie są współmierne do przychodów z działalności operacyjnej generowanych na etapie eksploatacji. Z rachunkowego punktu widzenia w świetle sprawozdawczości finansowej, współmierność ta jest realizowana poprzez aktywowanie nakładów i kosztów na etapach przedprodukcyjnych (przeniesienie do majątku jako rzeczowe aktywa trwałe lub rozliczenia międzyokresowe czynne) i tworzenie rezerw w działalności operacyjnej na przyszłe wydatki z tytułu likwidacji.

Moment likwidacji i zamknięcia projektu geologiczno-górnich ma duże znaczenie finansowe, ponieważ tworzone przez lata rezerwy na przyszłe zobowiązania zaczynają się realizować w postaci konkretnych wydatków.

Optymalizacja etapu zamknięcia projektu, a tym samym jego wartość mogą być przedmiotem procesów decyzyjnych, wspomaganých rachunkiem opcyjnym. Jego zastosowanie pozwoli na uwzględnienie elastyczności, która będzie zakładała wariantowość rozwiązań w zależności od zgromadzonych rezerw na przyszłe zobowiązania. Jednocześnie rachunek opcyjny może zostać wykorzystany do analizy terminu rozpoczęcia likwidacji.

Zastosowanie podejścia opcyjnego w fazie zamknięcia i likwidacji projektu może przybrać formę amerykańskiej opcji kupna, w przypadku rozpatrywania kontynuacji lub też

amerykańskiej opcji sprzedaży, w przypadku zaprzestania funkcjonowania i zamknięcia projektu geologiczno-górniczego.

## Literatura

1. *Brennan M, Schwartz E.*: Evaluating Natural Resource Investments, *Journal of Business*, 1985, Vol. 58, Issues 2, str. 135-157 oraz A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments, *Midland Corporate Finance Journal*, 1985, Vol. 3, No. 1, str. 37-47.
2. *Colwell D., Henker T.*: Real Options Valuation of Australian Gold Mines and Mining Companies, 2002, working paper, <http://papers.ssrn.com/>
3. *Cortazar G., Cassaus J.*: Optimal timing if Mine Expansion: Implementing a Real options model, *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 1998, Special issue, Vol. 38, str. 755-769.
4. *Dixit A.K., Pindyck R.S.*: Investment under Uncertainty, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1994.
5. *Drury C.*: Management and cost accounting, Thomson Learning, Cincinnati, Ohio, 2000, str. 454.
6. *Kustra A.*: Zarządzanie kosztami w cyklu życia projektu geologiczno-górniczego, Wydawnictwo AGH, Nr 278, Kraków 2013.
7. *Laughton D., Jacoby H.*: Reversion, Timing Options and Long-Term Decision Making, *Financial Management*, 1993, Vol. 22, No. 3, str. 225-240.
8. *Lisowski A.*: Podstawy ekonomicznej efektywności podziemnej eksploatacji złóż, Wydawnictwo GiG, Wydawnictwo PWN, Katowice – Warszawa 2001, str. 49.
9. *Mizerka J., Mróz C.*: Jak metoda opcji rzeczywistych wspiera podejmowanie decyzji w górnictwie, „Przeгляд Górnicy”, 2013, nr 9, s. 118-122.
10. *Moel A., Tufano P.*: When are real options exercised? An empirical study of mine closings, 2000, working paper, <http://papers.ssrn.com/>
11. *Myers S.C.*: Determinant of Capital Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 1977 r., Vol. 5, No 2, str. 147-175.
12. *Paddock J., Siegel D., Smith J.*: Option valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. *Quarterly Journal of Economics*, 1988, Vol. 103, Issue3, Str. 479-508.
13. Prawo geologiczne i górnictwo, Art. 128, pkt. 4, Dz.U. z 2011 Nr 163 poz. 981.
14. *Samis M.*: Valuing a Multi-Zone Mine as a Real Asset Portfolio – A Modern Asset Pricing (Real Options) Approach, materiały na 5th Annual International Conference on Real Options – Theory Meets Practice, Los Angeles, California, United States, 13 and 14 July 2001.
15. *Shafiee S., Topala E., Nehring M.*: Adjusted Real Option Valuation to Maximise Mining Project Value – A Case Study Using Century Mine., 2009, [www.infomine.com/library/](http://www.infomine.com/library/)
16. *Uberman R.*: Wpływ rekultywacji gruntu na wartość złoża (przedsiębiorstwa górniczego), „Gospodarka Surowcami Mineralnymi” 2006, t. 22, z. 2.