

OCENA EKONOMICZNA PROJEKTÓW WYDOBYCIA KOPALIN Z PÓL EKSPLOATACYJNYCH W OKRESIE OPERACYJNYM

Jan Kudelko¹, Konrad Wanielista², Herbert Wirth³

¹ KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – CBR, e-mail: jkudelko@cuprum.wroc.pl

² IGSMiE PAN

³ KGHM Polska Miedź SA, e-mail: hwirth@kgbm.pl

Streszczenie

Wydobywanie kopaliny z pól eksploatacyjnych można traktować jako odrębny projekt inwestycyjny. W procesie podejmowania decyzji należy uwzględnić trzy etapy takiego projektu, obejmujące przygotowanie pola do eksploatacji, pozyskanie surowca oraz likwidację pola po zakończeniu działalności górniczej. W procedurze realizacji poszczególnych etapów w każdym z nich uwzględnia się ocenę efektywności ekonomicznej, z zastosowaniem metod statycznych i dynamicznych. Ważnym elementem jest również ocena ryzyka związanego z prowadzeniem inwestycji, będącego ilościową miarą niepewności osiągnięcia zamierzonych celów. Podstawą poprawnie wykonanego rachunku efektywności są odpowiednie dane wejściowe, obejmujące aspekty ekonomiczne i technologiczne. W artykule wskazano na celowość dokonywania oceny ekonomicznej eksploatacji pól w okresie operacyjnym ze względu na ich rozpoznanie w wyższych kategoriach oraz ewentualną zmianę warunków górniczych i ekonomicznych. Stosownie do takich zmian analizuje się ekonomiczną efektywność systemów eksploatacji. Jako kryterium oceny ekonomicznej zaproponowano wartość początkową projektu, uwzględniającą wartość pieniądza w czasie, a za podstawę obliczeń przyjęto wpływy i wydatki, które korespondują z płynnością finansową przedsiębiorstwa. Wartość bieżącą netto przedstawiono jako sumę wartości z okresów przygotowania, eksploatacji i likwidacji pola.

Słowa kluczowe

kopalina, wydobywanie, pole eksploatacyjne, projekt, ocena ekonomiczna, obliczanie

1. WPROWADZENIE

Porządek eksploatacji i klasyfikację zasobów kopaliny (tzn. uznanie ich za przemysłowe lub nieprzemysłowe) określa się w projektach zagospodarowania złóż (Ustawa 2011). W okresie operacyjnym, tzn. w okresie eksploatacji złoża, mogą zmieniać się warunki naturalne (np. dzięki dokładniejszemu rozpoznaniu złoża) oraz warunki górnicze (np. z powodu zmiany porządku eksploatacji), a także okoliczności ekonomiczne, wynikające ze zmienności cen i kosztów.

Z wymienionych powodów w okresie operacyjnym eksploatacja każdego pola powinna być poprzedzona oceną ekonomiczną. Eksploatację pól można traktować jako odrębny projekt inwestycyjny, angażujący w znaczącym stopniu środki trwałe. Przy takim założeniu pozyskanie surowca z pola można analizować w różnych systemach eksploatacji, wybierając wariant najkorzystniejszy. Niekiedy, jeżeli nie ma ograniczeń górniczych i dysponuje się odpowiednimi danymi, można optymalizować niektóre zmienne charakteryzujące pole, a w szczególności jego wymiary i furtę eksploatacyjną.

Do ekonomicznej oceny eksploatacji pól zaproponowano wartość zaktualizowaną netto (NPV) w postaci wartości zaktualizowanych z okresu przygotowania do eksploatacji, z okresu eksploatacji przy pełnej zdolności produkcyjnej oraz z okresu likwidacji. Kategorię NPV zaproponowano, ponieważ w jej przypadku w ocenie uwzględnia się czynnik czasu (wartość pieniądza w czasie) oraz w obliczeniach stosuje się wpływy i wydatki (a nie przychody i koszty), które korespondują z płynnością finansową przedsiębiorstwa.

2. ALGORYTM OCENY EKONOMICZNEJ PROJEKTU EKSPLOATACJI POLA EKSPLOATACYJNEGO

Ekonomiczną efektywność eksploatacji pola eksploatacyjnego można opisać za pomocą wzoru (Wanielista 1995; Butra 2001)

$$NPV = NPV_r + NPV_e + NPV_l \quad (1)$$

gdzie:

- NPV – wartość zaktualizowana netto z okresu przygotowania, eksploatacji i likwidacji pola, zł;
- NPV_r – wartość zaktualizowana netto z okresu przygotowania pola do eksploatacji, zł;
- NPV_e – wartość zaktualizowana netto z okresu eksploatacji pola, zł;
- NPV_l – wartość zaktualizowana netto z okresu likwidacji pola, zł.

Wartość zaktualizowaną netto z okresu przygotowania pola do eksploatacji można wyrazić wzorem

$$NPV_r = \sum_{t=0}^{T_r} \frac{NCF_{rt}}{(1 + RADR)^t} \quad (2)$$

przy czym

$$NCF_{rt} = CIF_{rt} - COF_{rt} \quad (3)$$

gdzie:

- T_r – okres przygotowania pola do eksploatacji, lata;

NCF_{rt} – saldo przepływów pieniężnych w t -tym roku, zł;
 $RADR$ – stopa dyskontowa z uwzględnieniem ryzyka;
 CIF_{rt} – wpływy pieniężne w t -tym roku, zł/rok;
 COF_{rt} – wydatki pieniężne (nie mylić z kosztami) w t -tym roku, zł.

Dla projektów górniczych, względnie surowcowych, obliczając wpływy i wydatki, można posługiwać się rachunkiem cząstkowym w stosunku do półproduktów lub surowców bądź też rachunkiem ciągnionym w stosunku do produktów finalnych. W pierwszym przypadku stosuje się formuły sprzedażne, zazwyczaj negocjowane na rynku zewnętrznym lub wewnętrznym. Ogólną formułę sprzedażną dla kopalni, których wartość nie zależy od zawartych w niej składników użytecznych, można w przybliżeniu wyprowadzić z równania zysków

$$W_k(p_k - c_k) = W_f(p_f - c_f)r_z \quad (4)$$

skąd

$$p_k = \frac{W_f}{W_k}(p_f - c_f)r_z + c_k \quad (5)$$

lub

$$p_k = \gamma_f(p_f - c_f)r_z + c_k \quad (6)$$

gdzie:

W_k – wydobyte kopaliny, Mg/rok;
 W_f – produkt finalny z wydobytej kopaliny, Mg/rok;
 p_k – umowna cena wydobytej kopaliny, zł/Mg;
 p_f – rynkowa cena produktu finalnego, zł/Mg;
 c_k – koszt wydobywania kopaliny, zł/Mg;
 c_f – ciągniony koszt wytworzenia produktu finalnego, zł/Mg;
 γ_f – wychód produktu finalnego, Mg/Mg;
 r_z – współczynnik określający część zysku przypisanego procesom górniczym lub zakładom górniczym ($r_z < 1$).

Natomiast, jeżeli wartość kopaliny zależy od zawartych w niej składników użytecznych, to przybliżoną wartość kopaliny można wyrazić wzorem

$$p_k = 0,01\alpha\varepsilon(p - c)r_z \quad (7)$$

gdzie:

α – zawartość składnika użytecznego w kopalinie, %;
 ε – całkowity uzysk składnika użytecznego w procesie finalnym;
 p – cena rynkowa produktu finalnego, zł/Mg;
 c – koszt ciągniony produktu finalnego, zł/Mg.

Uwzględniając powyższe uwagi, wpływy pieniężne w okresie przygotowania pola do eksploatacji określa wzór

$$CIF_{rt} = W_{rt}p_k \quad (8)$$

gdzie W_{rt} – wydobyte kopaliny w okresie przygotowania pola do eksploatacji w t -tym roku, Mg/rok.

Wydatki pieniężne w okresie przygotowania pola do eksploatacji w t -tym roku można przedstawić za pomocą wzoru

$$COF_{rt} = \sum_{i=1}^n IC_{rti} + \sum_{j=1}^m WC_{rtj} + CO_{rt} + v_{rt}W_{rt} + (F_{kt} - DEP_{kt})\frac{W_{rt}}{W_{kt}} \quad (9)$$

gdzie:

n – środki trwałe zaangażowane do eksploatacji pola, szt.;
 IC_{rti} – cena i -tego środka trwałego wraz z wydatkami na jego transport i montaż w polu eksploatacyjnym w t -tym roku, zł/j.n. (mb., szt.);
 WC_{rtj} – cena j -tego środka obrotowego (lub grupy środków) wraz z wydatkami na transport i ewentualnie ich montaż w polu eksploatacyjnym w t -tym roku, zł/j.n.;
 CO_{rt} – inne operacyjne wydatki na przygotowanie pola do eksploatacji, nieujęte w wydatkach na zakup środków trwałych i obrotowych, zł/rok;
 v_{rt} – jednostkowe koszty zmienne wydobywania rudy w okresie przygotowania pola do eksploatacji i ewentualnego jej przerobu w procesach pozagórnich, zł/j.n.;
 W_{kt} – całkowite wydobyte kopaliny w t -tym roku, Mg/rok;
 F_{kt} – koszty stałe wydobywania kopaliny w t -tym roku, zł/rok;
 DEP_{kt} – koszty amortyzacji środków trwałych w t -tym roku, zł/rok.

Stopę dyskontową można przedstawić za pomocą wzoru

$$RADR = WACC + PR \quad (10)$$

gdzie:

$RADR$ – stopa dyskontowa z uwzględnieniem ryzyka,
 $WACC$ – średnioważony koszt kapitału,
 PR – premia za ryzyko.

Wartość zaktualizowaną netto z okresu eksploatacji pola można wyrazić wzorem

$$NPV_e = \sum_{t=T_r+1}^{T_e} \frac{NCF_{et}}{(1 + RADR)^t} \quad (11)$$

przy czym

$$NCF_{et} = CIF_{et} - COF_{et} \quad (12)$$

gdzie:

T_e – okres eksploatacji pola, lata;
 NCF_{et} – saldo przepływów pieniężnych w t -tym roku, w okresie eksploatacji pola, zł/rok;
 CIF_{et} – wpływy pieniężne w t -tym roku eksploatacji pola, zł/rok;
 COF_{et} – wydatki pieniężne w t -tym roku eksploatacji pola, zł/rok.

Okres eksploatacji pola przedstawia wzór

$$T_e = \frac{W_{ep}}{W_e} \quad (13)$$

gdzie:

W_{ep} – zasoby eksploatacyjne kopaliny wydobyte w okresie eksploatacji pola, Mg;
 W_e – średnioroczne wydobyte kopaliny w okresie eksploatacji pola, Mg/rok.

Całkowite zasoby eksploatacyjne pola można przedstawić za pomocą wzoru

$$W_p = W_{rp} + W_{ep} + W_{lp} \quad (14)$$

skąd

$$W_{ep} = W_p - W_{rp} - W_{lp} \quad (15)$$

przy czym:

$$W_{rp} = W_r T_r \quad (16)$$

$$W_{lp} = W_l T_l \quad (17)$$

gdzie:

W_p – całkowite zasoby eksploatacyjne pola, Mg;

W_{rp} – zasoby eksploatacyjne pola wybrane w okresie przygotowania do eksploatacji, Mg;

W_{lp} – zasoby eksploatacyjne pola wybrane w okresie likwidacji pola, Mg;

W_r – średnioroczne wydobycie kopaliny w okresie przygotowania pola do eksploatacji, Mg/rok;

W_l – średnioroczne wydobycie kopaliny w okresie likwidacji pola, Mg/rok;

T_l – okres likwidacji pola, lata.

Zależność pomiędzy zasobami eksploatacyjnymi a zasobami przemysłowymi pola wyraża wzór

$$W_p = Q_p - S + U \quad (18)$$

przy czym:

$$S = 0,01sQ_p \quad (19)$$

$$U = 0,01zW_p \quad (20)$$

Podstawiając (19) i (20) do (18) otrzyma się

$$W_p = Q_p - 0,01sQ_p + 0,01zW_p \quad (21)$$

skąd

$$W_p = Q_p \frac{100 - s}{100 - z} \quad (22)$$

oraz

$$Q_p = W_p \frac{100 - z}{100 - s} \quad (23)$$

gdzie:

Q_p – zasoby przemysłowe pola, Mg;

S – straty eksploatacyjne, Mg;

U – skały zanieczyszczające kopalinę, Mg;

s – straty eksploatacyjne, %;

z – zanieczyszczenie kopaliny, %.

Wpływy pieniężne w t -tym roku eksploatacji pola można przedstawić za pomocą wzoru

$$CIF_{et} = W_{et} P_k + \sum_{i=1}^n VL_{eti} \quad (24)$$

przy czym

$$VL_{eti} = P_{ei} - DEP_{eti} \quad (25)$$

gdzie:

W_{et} – roczne wydobycie kopaliny z pola eksploatacyjnego, Mg/rok;

VL_{eti} – wartość likwidacyjna (wycofania z użytku) i -tego środka trwałego w t -tym roku eksploatacji, zł/j.n.;

P_{ei} – cena nabycia lub wytworzenia i -tego środka trwałego wraz z jego transportem i zainstalowaniem w polu eksploatacyjnym w t -tym roku, zł/j.n.;

DEP_{eti} – wartość dokonanych odpisów amortyzacyjnych wartości i -tego środka trwałego wg stanu na t -ty rok eksploatacji, zł/j.n.

Wydatki w okresie eksploatacji pola w t -tym roku wyraża wzór

$$COF_{et} = \sum_{i=1}^n IC_{eti} + \sum_{j=1}^m WC_{etj} + v_{et} W_{et} + (F_{kt} - DEP_{kt}) \frac{W_{et}}{W_{kt}} \quad (26)$$

gdzie:

IC_{eti} – wydatki inwestycyjne na zakup i -tego nowego lub wymianę starego środka trwałego w t -tym roku eksploatacji pola, zł/j.n.,

WC_{etj} – wydatki poniesione na zakup j -tego nowego środka obrotowego, zmieniającego początkowy stan środków obrotowych, zł/j.n.,

v_{et} – jednostkowe koszty zmienne wydobywania kopaliny w okresie eksploatacji i ewentualnie jej przerobu w procesach pozagórnich, zł/j.n.

Wartość zaktualizowaną netto z okresu likwidacji pola można wyrazić wzorem

$$NPV_t = \sum_{t=T_r+T_e+1}^{T_l} \frac{NCF_t}{(1+RADR)^t} \quad (27)$$

przy czym

$$NCF_t = CIF_t - COF_t \quad (28)$$

gdzie:

T_l – okres likwidacji pola, lata;

NCF_t – wpływy pieniężne w t -tym roku eksploatacji pola, zł/rok;

COF_t – wydatki pieniężne w t -tym roku eksploatacji pola, zł/rok.

Wpływy pieniężne w t -tym roku likwidacji pola przedstawia wzór

$$CIF_{lt} = W_{lt} P_k + \sum_{i=1}^n VL_{lti} \quad (29)$$

przy czym

$$VL_{lti} = P_{li} - DEP_{lti} \quad (30)$$

gdzie:

W_{lt} – wydobywanie kopaliny w t -tym roku likwidacji pola, Mg/rok;

VL_{lti} – wartość likwidacyjna i -tego środka trwałego w t -tym roku eksploatacji, zł/j.n.;

P_{li} – cena nabycia lub wytworzenia i -tego środka trwałego wraz z jego transportem i zainstalowaniem w polu eksploatacyjnym, zł/j.n.;

DEP_{lti} – wartość dokonanych odpisów amortyzacyjnych wartości i -tego środka trwałego wg stanu na t -ty rok eksploatacji, zł/j.n.

Wpływy z likwidacji środków trwałych dotyczą tylko takich środków (np. maszyn), które zostaną sprzedane lub przekazane do dalszego ich użytkowania.

Wydatki w t -tym roku likwidacji pola wyraża wzór

$$COF_{lt} = IC_{lt} + CO_{lt} + v_{lt} W_{lt} + (F_{kt} - DEP_{kt}) \frac{W_{lt}}{W_{kt}} \quad (31)$$

gdzie:

- IC_{it} – wydatki wg harmonogramu na likwidację zużytych (nieprzekazywanych do dalszej eksploatacji) środków trwałych w t -tym roku likwidacji pola, zł/rok;
 CO_{it} – wydatki na likwidację zużytych środków obrotowych w t -tym roku likwidacji pola, zł/rok;
 v_{it} – jednostkowy koszt zmienny wydobycia kopaliny w t -tym roku eksploatacji pola, zł/Mg;
 W_{it} – wydobycie kopaliny w t -tym roku likwidacji pola, Mg/rok.

3. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA ALGORYTMU

Poniżej przedstawiono przykład oceny ekonomicznej eksploatacji pola złoża rud miedzi o zasobach przemysłowych $Q = 1\,200\,000$ Mg i okruszcowaniu rudy $\alpha = 3,51\%$ Cu.

1) Obliczenie wartości początkowej netto z okresu przygotowania pola do eksploatacji

Dane:

$W_k = 30 \cdot 10^6$ Mg rudy/rok; $p = 15\,000$ zł/MgCu; $c = 10\,000$ zł/MgCu; $\alpha = 3,51\%$; $\varepsilon = 0,7$; $r_z = 0,9$.

$$\sum_{i=1}^n IC_{r1i} = 10 \cdot 10^6 \text{ zł}; \sum_{i=1}^n IC_{r2i} = 12 \cdot 10^6 \text{ zł};$$

$$\sum_{i=1}^m WC_{r1i} = 2 \cdot 10^6 \text{ zł}; \sum_{i=1}^m WC_{r2i} = 3 \cdot 10^6 \text{ zł};$$

$CO_{r1} = 0,5 \cdot 10^6$ zł; $CO_{r2} = 0,5 \cdot 10^6$ zł; $v_{r1} = v_{r2} = 25,0$ zł/Mg rudy;

$W_{r1} = W_{r2} = 80 \cdot 10^3$ Mg rudy/rok;

$F_{k1} = F_{k2} = 500 \cdot 10^6$ zł/rok;

$DEP_{k1} = DEP_{k2} = 300 \cdot 10^6$ zł/rok;

$W_{k1} = W_{k2} = 6 \cdot 10^6$ mg/rok;

$T_r = 2$; $RADR = 0,12$.

a) obliczenie ceny rudy (7):

$$p_k = 0,01 \cdot 3,51 \cdot 0,7(15\,000 - 10\,000) \cdot 0,9 = 110,6 \text{ zł/Mg rudy};$$

b) obliczenie wpływów (8):

$$CIF_{r1} = CIF_{r2} = 80 \cdot 10^3 \cdot 110,6 = 8,848 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

c) obliczenie wydatków (9):

$$COF_{r1} = 10 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^6 + 0,5 \cdot 10^6 + +25 \cdot 80 \cdot 10^3 + (500 - 300) \cdot 10^6 \cdot \frac{80 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 17,1 \cdot 10^6 \text{ zł/rok},$$

$$COF_{r2} = 12 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^6 + 0,5 \cdot 10^6 + 25 \cdot 80 \cdot 10^3 + (500 - 300) \cdot 10^6 \cdot \frac{80 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 20,1 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

d) obliczenie sald rocznych przepływów pieniężnych (3):

$$NCF_{r1} = 8,848 \cdot 10^6 - 17,1 \cdot 10^6 = -8,252 \cdot 10^6 \text{ zł/rok},$$

$$NCF_{r2} = 8,848 \cdot 10^6 - 20,1 \cdot 10^6 = -11,252 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

e) obliczenie wartości początkowej netto z okresu przygotowania pola (2):

$$NPV_r = \frac{-8,252 \cdot 10^6}{1,12} + \frac{-11,252 \cdot 10^6}{1,25} = -16,37 \cdot 10^6 \text{ zł}.$$

2) Obliczenie wartości początkowej netto z okresu eksploatacji pola

Dane:

$Q_p = 1\,200\,000$ Mg; $s = 10\%$; $z = 5\%$; $W_r = 80 \cdot 10^3$ Mg/rok;

$T_r = 2$ lata;

$W_l = 20 \cdot 10^3$ Mg/rok; $T_l = 2$ lata; $W_{et} = 400 \cdot 10^3$ Mg/rok;

$v_{et} = 25,0$ zł/Mg;

$F_{kt} = 500 \cdot 10^6$ zł/rok; $DEP_{kt} = 300 \cdot 10^6$ zł/rok;

$W_{kt} = 6 \cdot 10^6$ Mg/rok;

$$\sum_{i=1}^n IC_{eti} = 0; \sum_{j=1}^m WC_{ej} = 0; \sum_{i=1}^n VL_{eti};$$

a) uzupełnienie danych z obliczeń (22), (15), (13):

$$W_p = 1\,200\,000 \frac{100 - 10}{100 - 5} = 1\,140\,000 \text{ Mg/pole};$$

$$W_{ep} = 1\,140\,000 - 2 \cdot 80 \cdot 10^3 - 2 \cdot 20 \cdot 10^3 = 940\,000 \text{ Mg/pole}$$

$$T_e = \frac{940\,000}{400\,000} = 2,35 \text{ lata};$$

b) obliczenie wpływów (24):

$$CIT_{e1} = CIF_{e2} = 110,6 \cdot 400\,000 = 44,24 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

$$CIF_{e3} = 110,6 \cdot 0,35 \cdot 400\,000 = 15,484 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

c) obliczenie wydatków (26):

$$COF_{e1} = COF_{e2} = 25,0 \cdot 400\,000 +$$

$$+ (500 - 300)10^6 \frac{4 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^6} = 23,3 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

$$COF_{e3} = 25,0 \cdot 0,35 \cdot 400 \cdot 10^3 +$$

$$+ (500 - 300)10^6 \frac{0,35 \cdot 400 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 8,16 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

d) obliczenie sald rocznych przepływów pieniężnych (12):

$$NCF_1 = NCF_2 = 44,24 \cdot 10^6 - 23,3 \cdot 10^6 = 20,94 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

$$NCF_3 = 15,484 \cdot 10^6 - 8,16 \cdot 10^6 = 7,324 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

e) obliczenie wartości początkowej netto z okresu eksploatacji pola (11):

$$NPV_e = \frac{20,94 \cdot 10^6}{1,4} + \frac{20,94 \cdot 10^6}{1,57} + \frac{7,324 \cdot 10^6}{1,76} = 32,46 \cdot 10^6 \text{ zł}.$$

3) Obliczenie wartości netto z okresu likwidacji pola

Dane:

$W_{l1} = W_{l2} = 20 \cdot 10^3$ Mg/rok; $IC_{l1} = 0,5 \cdot 10^6$ zł;

$IC_{l2} = 5,3 \cdot 10^6$ zł;

$CO_{l1} = 0,3 \cdot 10^6$; $CO_{l2} = 0,4 \cdot 10^6$ zł; $p_k = 110,6$ zł/Mg;

$v_{l1} = v_{l2} = 25,0$ zł/Mg;

$F_{k1} = F_{k2} = 500 \cdot 10^6$ zł; $DEP_{k1} = DEP_{k2} = 300 \cdot 10^3$ zł;

$W_{k1} = W_{k2} = 6 \cdot 10^6$ zł/rok.

a) uzupełnienie danych z obliczeń (obliczenie VL_{it})

Przyjęto w uproszczeniu, że żywotność wszystkich środków trwałych wynosi 5 lat, co odpowiada 20-procentowej stopie amortyzacji.

Na początku pierwszego roku zainstalowano środki trwałe o wartości $10 \cdot 10^6$ zł, które wycofano z pola na końcu pierw-

szego roku likwidacji pola. Okres ich użytkowania wynosił: $2 + 2,35 = 4,35$ lat.

Roczna kwota amortyzacji wynosiła $10 \cdot 10^6 \text{ zł} : 5 = 2 \cdot 10^6 \text{ zł}$. Wartość likwidacyjna tych środków wynosiła: $10 \cdot 10^6 - 4,35 \cdot 2 \cdot 10^6 = 1,3 \cdot 10^6 \text{ zł}$.

Na końcu drugiego roku przygotowania pola zainstalowano środki trwałe (VL_{it}) o wartości $12 \cdot 10^6 \text{ zł}$, a wycofano je z użytkowania na końcu drugiego roku likwidacji, czyli okres ich użytkowania wynosił także 4,35 lat. Roczna kwota amortyzacji wynosiła $12 \cdot 10^6 : 5 = 2,4 \cdot 10^6 \text{ zł}$. Wartość likwidacyjna tych środków wynosiła $12 \cdot 10^6 - 4,35 \cdot 2,4 \cdot 10^6 = 1,56 \cdot 10^6 \text{ zł}$.

b) obliczenie wpływów (29):

$$CIF_{11} = 20 \cdot 10^3 \cdot 110,6 + 1,3 \cdot 10^6 = 3,51 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

$$CIF_{12} = 20 \cdot 10^3 \cdot 110,6 + 1,56 \cdot 10^6 = 3,77 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

c) obliczenie wydatków (31):

$$COF_{11} = 0,5 \cdot 10^6 + 0,3 \cdot 10^6 + 25 \cdot 20 \cdot 10^3 + (500 - 300)10^6 \frac{20 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 1,96 \cdot 10^6 \text{ zł};$$

$$COF_{12} = 5,3 \cdot 10^6 + 0,4 \cdot 10^6 + 25 \cdot 20 \cdot 10^3 + (500 - 300)10^6 \frac{20 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^6} = 6,86 \cdot 10^6 \text{ zł};$$

d) obliczenie rocznych sald pieniężnych (28):

$$NCF_{11} = (3,51 - 1,96)10^6 = 1,55 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

$$NCF_{12} = (3,77 - 6,86)10^6 = -3,09 \cdot 10^6 \text{ zł/rok};$$

e) obliczenie wartości początkowej netto likwidacji pola (27):

$$NPV_1 = \frac{1,55 \cdot 10^6}{(1 + 0,12)^{5,35}} - \frac{3,09 \cdot 10^6}{(1 + 0,12)^{6,35}} = -0,66 \cdot 10^6 \text{ zł};$$

4) Obliczenie wartości początkowej netto projektu (1)

$$NPV = (-16,37 + 32,46 - 0,66)10^6 = 15,43 \cdot 10^6 \text{ zł}.$$

Wniosek: Eksploatacja projektu jest opłacalna.

4. ZAKOŃCZENIE

Wydobycie kopaliny z pola eksploatacyjnego można traktować jako projekt inwestycyjny i stosować do jego oceny standardowe metody. W eksploatacji pola, podobnie jak w innych projektach, wyróżnia się trzy okresy: 1) przygotowanie do eksploatacji, a w szczególności roboty chodnikowe i komorowe, 2) właściwą eksploatację i 3) likwidację pola. W ten sposób różnicuje się poziom wydobycia kopaliny, wskazując na jej brak w okresie przygotowania i likwidacji. Okres początkowy charakteryzuje zazwyczaj duży poziom wydatków inwestycyjnych, a okres likwidacji łączy się z dużymi wydatkami, ale też z niewielkimi wpływami spowodowanymi wycofaniem maszyn do innych pól.

Do oceny ekonomicznej eksploatacji pól zaproponowano wartość zaktualizowaną netto traktowaną jako sumę wartości zaktualizowanych z trzech wymienionych okresów. Pozwala to posługiwać się wpływami i wydatkami, mającymi ścisły związek z płynnością finansową przedsiębiorstw i uwzględniać wartość pieniądza w czasie. Oceniając projekt eksploatacji pola, zaleca się ograniczać rachunek do procesów górniczych, posługując się umowną ceną kopaliny, bazującą na cenie produktu finalnego. Takie uproszczenie jest uzasadnione także w projektach surowcowych, bowiem procesy pozagórnice mają znikomy wpływ na efektywność eksploatacji pola. Projekty eksploatacji analizuje się w wielu wariantach systemów eksploatacji, a jeśli pozwalają na to związki między zmiennymi charakteryzującymi pole, można optymalizować bądź jego wymiary, bądź też parametry furty eksploatacyjnej.

Literatura

1. Butra J. (2001): Metoda doboru systemu eksploatacji złóż rud miedzi w polach o jednakowej charakterystyce geologicznej. Kraków, Wydaw. IGSMiE PAN,
2. Ustawa (2011): Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze.
3. Wanielista K. (1995): Rachunek ekonomiczny w gospodarce zasobami kopalini. Katowice, Śląskie Wydaw. Techniczne.