

Leszek JURDZIAK*, Justyna WIKTOROWICZ**

Prognozowanie poziomu ryzyka finansowego dla układu kopalni węgla brunatnego i elektrowni

STRESZCZENIE. Artykuł prezentuje wstępne wyniki analizy ryzyka finansowego planowanej budowy kopalni węgla brunatnego i elektrowni w okolicy Legnicy. W oparciu o dane jakościowe i ilościowe z rozpoznania złoża i parametry planowanej kopalni i elektrowni z projektu Foresight zbudowano w arkuszu Excel model ich funkcjonowania. Posłużył on do wygenerowania przepływów finansowych w kolejnych latach działania tego układu. Niepewne parametry (jakościowe, kosztowe i cenowe) potraktowano jako zmienne losowe o dobranych rozkładach i wykorzystano program @Risk do wygenerowania wielu wariantów przebiegu przedsięwzięcia poprzez zastosowanie symulacji Monte Carlo. Uzyskane wyniki pokazują ryzyko finansowe, które może być mierzone, jako prawdopodobieństwo niepowodzenia przedsięwzięcia inwestycyjnego. Ryzyko to zwiększa się wraz ze wzrostem zmienności przepływów pieniężnych pomimo tego, że oczekiwana wartość NPV pozostaje niezmienna. Rezultatem analizy jest istotna redukcja ryzyka inwestycji traktowanej jako wspólne przedsięwzięcie zamiast dwóch przedsięwzięć budowy kopalni i elektrowni realizowanych osobno. Przedstawione wyniki mają jedynie poglądowy charakter i nie mogą być wykorzystane do oceny opłacalności projektu, gdyż celem pracy było przedstawienie metody analizy ryzyka na bazie zmienności przepływów finansowych, a nie precyzyjne prognozy.

SŁOWA KLUCZOWE: górnictwo węgla brunatnego, bilateralny monopol, energetyka, ryzyko finansowe, symulacje Monte Carlo

* Dr hab. inż., ** Mgr inż. J. — Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej;
e-mail: leszek.jurdziak@pwr.wroc.pl, justyna.wiktorowicz@pwr.wroc.pl

Wprowadzenie

Rozpoczęcie produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego np. złoża dolnośląskiego jest ryzykowną inwestycją. Wraz z globalnym kryzysem finansowym, który wpływa na pogorszenie warunków dużych inwestycji, zwiększa się obszar niepewności. Dotyczy to zwłaszcza produkcji energii z węgla brunatnego, gdyż rosnąca irracjonalna presja polityczna i medialna na coraz większe i szybsze ograniczanie emisji CO₂, poprzez malejące limity i prognozowany wzrost cen pozwoleń na emisję gazów cieplarnianych powodują, że to do tej pory najtańsze źródło energii może przestać być rentowne, a jego przyszłość jest coraz bardziej niepewna. Niesprzyjające warunki działania i zagrożenia powinny zachęcić kopalnie i elektrownie do optymalnego działania by nie tylko bezpieczeństwo energetyczne, lecz przede wszystkim korzyści ekonomiczne nadal przemawiały za dalszym rozwojem tej gałęzi energetyki (Jurdziak, Wiktorowicz 2008b). Wymaga to nie tylko optymalizacji wspólnej działalności planowanej kopalni węgla brunatnego i elektrowni, lecz także analizy ryzyka w tworzeniu łańcucha wartości produkcji energii elektrycznej od zalegającego złoża po sprzedaż wytworzonej z węgla energii elektrycznej.

Prognozowanie poziomu ryzyka finansowego dla kopalni i elektrowni oparto na zmienności przepływów pieniężnych (*Cash Flows*) z produkcji i sprzedaży energii uzyskanej ze spalania węgla brunatnego, pochodzącego z eksploatacji złoża Legnica-Zachód oraz symulację przeprowadzono w środowisku @Risk 5.0 firmy PALISADE. Dane dotyczące ilości węgla oraz parametrów jakościowych uzyskano z projektu Foresight, podobnie jak parametry i koszty planowanej elektrowni. Cały proces produkcyjny w bilateralnym monopolu kopalni węgla brunatnego i elektrowni potraktowano jako łańcuch tworzenia wartości obejmujący cztery zasadnicze elementy:

- ✧ złożo węgla brunatnego,
- ✧ kopalnię eksploatującą węgiel,
- ✧ elektrownię będącą głównym odbiorcą węgla oraz
- ✧ rynek energii elektrycznej, na którym się ją sprzedaje (Jurdziak, Wiktorowicz 2008b).

1. Podejście do ryzyka finansowego

Połączenie coraz trudniejszych warunków funkcjonowania branży górniczo-energetycznej z wysoką kapitałochłonnością, długim okresem uzyskania dodatnich przepływów pieniężnych i zwrotu z inwestycji, czy zmiennością cen surowców wraz z przybliżonymi szacunkami rozpoznania złoża powodują, że jest to działalność obciążona bardzo wysokim ryzykiem. Z uwagi na tę specyfikę trudno jest więc znaleźć inwestorów chętnych do sfinansowania tego typu przedsięwzięcia. Kopalnie mają problemy ze znalezieniem środków na udostępnienie nowych złóż, a finansowanie budowy nowych bloków energetycznych napotyka trudności. Opór inwestorów może przełamać rzetelnie

przeprowadzona analiza ryzyka finansowego dla układu kopalni węgla brunatnego i elektrowni.

Ryzyko finansowe to ryzyko powodujące finansowe skutki dla podmiotu, który jest na nie narażony (np. ryzyko rynkowe, kredytowe, operacyjne, płynności, prawne, biznesu, wydarzeń i in.). W pewnych przypadkach, jak np. analizowane ryzyko finansowe dla układu kopalni węgla brunatnego i elektrowni, pojawiają się nowe rodzaje ryzyka, które są specyficzne dla działalności prowadzonej przez te podmioty (Jajuga 2007).

Ryzyko w tradycyjnym ujęciu ma negatywne znaczenie. Słownik języka polskiego definiuje ryzyko jako: „możliwość, że coś się nie uda; przedsięwzięcie, którego wynik jest niepewny, nieznan, problematyczny”. Można więc uznać, że ryzyko to zagrożenie dla powodzenia projektu lub prawdopodobieństwo jego niepowodzenia. Niepowodzeniem wcale jednak nie musi być strata. Wystarczy, że dany projekt nie przyniesie zakładanego zwrotu z inwestycji. Prosta zasada świata finansów mówi, że im wyższe jest ryzyko projektu (zagrożenie dla jego powodzenia), tym wyższy powinien być oczekiwany zwrot z inwestycji. Nieracjonalne jest, więc inwestowanie w ryzykowne przedsięwzięcie przynoszące taki sam zwrot jak bezpieczna inwestycja np. obligacje skarbowe. Powszechną miarą opłacalności inwestycji jest zaktualizowana wartość netto (*NPV*) narastających przepływów gotówkowych (*CF*) generowanych przez daną inwestycję. Skala ponoszonych kosztów w inwestycjach górniczo-energetycznych jest tak duża, że warto sięgnąć po bardziej zaawansowane metody analiza ryzyka tj. symulacje. Pozwalają znacznie lepiej i pełniej określić profil ryzyka danej inwestycji generując wiele potencjalnych jej przebiegów w przeszłości. (Jurdziak, Wiktorowicz 2009b).

2. Metodyka badań

Do analizy ryzyka finansowego działalności górniczo-energetycznej, mierzonego zmiennością przepływów pieniężnych zdecydowano się użyć symulacji Monte Carlo w programie @Risk 5.0. Symulacja Monte Carlo pozwala na zastosowanie zaawansowanych metod statystycznych do analizy wyniku oraz zastosowanie wielowymiarowych miar ryzyka z obszaru świata finansów i bankowości. Symulacja ma pokazać na ile spodziewana zmienność *CFs* zagrozi opłacalności całego przedsięwzięcia dla kopalni, elektrowni i łącznych działań (bilateralnego monopolu). Zbudowano model kosztowo-cenowy, w którym przypisano dane wejściowe i wyjściowe, zmienne parametry wraz z licznymi zależnościami pomiędzy nimi. Niepewne parametry potraktowano, jako zmienne losowe mogące przyjąć różne wartości i dobrano dla nich rozkłady potencjalnych wartości. Zamiast pojedynczej wartości przypisano im możliwe zakresy wraz z oczekiwanym prawdopodobieństwem przyjęcia tych wartości (Jurdziak, Wiktorowicz 2008d).

Przyjęto 7 głównych parametrów wejściowych – założeń (cena energii, cena węgla, koszt wydobycia węgla, koszt zdjęcia nadkładu, jednostkowy koszt zmienny i stały elektrowni, koszt ochrony środowiska) oraz zmienność parametrów ilościowych i jakościowych

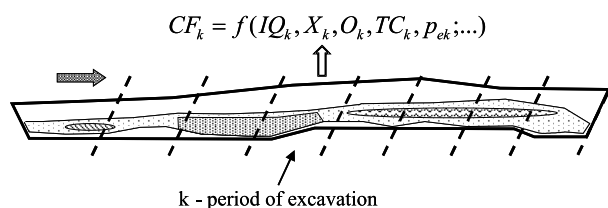
węgla (kaloryczność, zawartość siarki i popiołu). Wprowadzono dodatnią korelację pomiędzy kosztem wydobycia węgla a ceną energii. Określono 36 prognoz dotyczących rocznych przepływów pieniężnych dla kopalni, elektrowni oraz wspólnego działania. Wykorzystanie tych parametrów i założeń ma charakter poglądowy mający jedynie na celu przedstawienie proponowanego podejścia do analizy ryzyka i niepewności w bilateralnym monopolu kopalni i elektrowni, a nie precyzyjną analizę opłacalności i ryzyka rozpatrywanego projektu.

Przyszła cena energii elektrycznej jest trudna do określenia z uwagi na różne czynniki, które na nią wpływają. Przyjęto zatem rozkład trójkątny ze średnią wartością 145 zł/MW·h, minimalną 110 zł/MW·h, natomiast jako górną granicę przyjęto 180 zł/MW·h. Cena energii nie uwzględnia ceny emisji CO₂, co było analizowane w pracy (Jurdiak, Wiktorowicz 2008d). Pozostałym zmiennym dopasowano rozkłady trójkątne, bez głębszej analizy charakteru potencjalnych zmian.

Nakłady inwestycyjne dla kopalni przyjęto na poziomie 500 mln zł zaś dla nowej elektrowni 4 915 mln zł, na podstawie planów z projektu Foresiht „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobycia i przetwórstwa węgla brunatnego” (Praca zbiorowa 2008). Można byłoby wprowadzić jeszcze więcej niepewnych parametrów, jednak oznaczałoby to skomplikowanie modelu obustronnego monopolu. W pierwszym podejściu ważniejsze dla autorów wydawało się zbadanie charakteru wpływu zmienności analizowanych kluczowych parametrów niż precyzja prognoz. Zakres zmienności i złożoność modelu może być zwiększana by dokładniej i lepiej uwzględnić wpływ różnorodnych, a niepewnych czynników na wynik finansowy całego układu. Tu prezentowane są jedynie wstępne wyniki analizy dla danych złoża Legnica.

Korzystając z opracowanego w projekcie Foresight (Praca zbiorowa 2008) harmonogramu wydobycia węgla w poszczególnych latach, określono ilość energii generowanej z poszczególnej partii złoża uwzględniając powyższe założenia i parametry. Pozwoliło to, po przyjęciu poziomu kosztów i cen, na oszacowanie rocznych przepływów pieniężnych dla kopalni, elektrowni traktowanych jako osobne inwestycje i wspólnego przedsięwzięcia (1).

Dla każdego etapu rozwoju kopalni „k” (każdego roku eksploatacji, rys. 1), niektóre parametry potraktowano, jako zmienne niepewne opisane histogramem możliwych war-



Rys. 1. Harmonogram eksploatacji złoża węgla brunatnego w okresie życia kopalni z CF z kroków postępu traktowanych jako zmienne losowe – funkcje poszczególnych parametrów symulacji warunkowej i symulacji Monte Carlo (Jurdiak, Wiktorowicz 2008a)

Fig. 1. The optimal Life of Mine schedule of lignite deposit excavation with CFs from pushbacks treated as random variables – functions of several conditional and MC simulated parameters (Jurdiak, Wiktorowicz 2008a)

tości. Zmienność parametrów jakościowych w danym obszarze złoża uzyskano na podstawie histogramów zmienności parametrów jakościowych węgla dla otworów poprzez obliczenie uśrednionych wartości dla kolejnych serii symulacji, jednak w przyszłości w przypadku precyzyjnej analizy powinno się skorzystać z wyników symulacji warunkowej (Jurdiak, Wiktorowicz 2008a). Tak uzyskane dane stanowiły podstawę wyznaczenia przepływów pieniężnych CF_k (1) na podstawie: wskaźnika jakości węgla w obrębie danego kroku postępu (QI_k), ilości węgla (X_k) w danym obszarze, ilości nadkładu (O_k), całkowitego kosztu wydobycia i funkcjonowania kopalni (TC_k), ceny energii elektrycznej w danym roku (p_{ek}), oraz innych niezbędnych danych (Jurdiak, Wiktorowicz 2008a).

$$CF_k = f(QI_k, X_k, O_k, TC_k, p_{ek}; \dots) \quad (1)$$

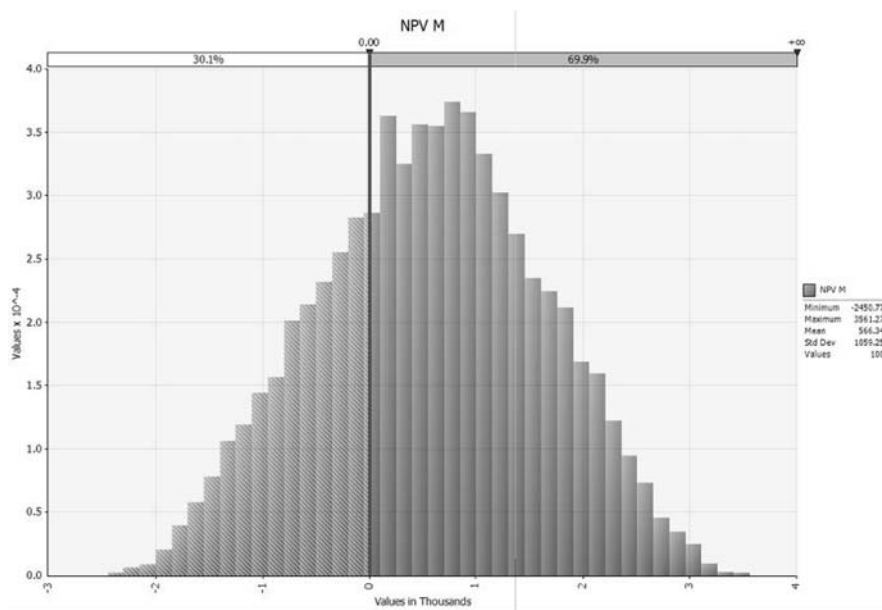
Wstępne wyniki analizy opłacalności produkcji energii elektrycznej ze złoża legnickiego zaprezentowano przez NPV, uwzględniającego roczne przepływy pieniężne (CF), założoną stopę zwrotu (DR) na poziomie 8% oraz nakłady inwestycyjne (NINV) w planowanym Zagłębiu Górniczno-Energetycznym w Legnicy (2).

$$NPV = \sum_{k=1}^N \frac{CF_k(\dots)}{(1 + DR_{(k)})^k} - NINV \quad (2)$$

3. Szacowanie ryzyka finansowego na podstawie symulacji Monte Carlo

Procedura symulacji Monte Carlo składała się z kilku etapów. Poczynając od opracowania modelu ekonomicznego dla układu kopalni i elektrowni z uwzględnieniem ich przychodów i kosztów, poprzez określenie rozkładów prawdopodobieństwa zmiennych wejściowych, założenie występowania korelacji pomiędzy nimi, kończąc na wielokrotnie powtarzonym procesie symulacji oraz analizą statystyczną otrzymanych wyników. Końcowym etapem jest wnikliwa interpretacja uzyskanych rezultatów (Jurdiak, Wiktorowicz 2008c). Analiza wynikowych rozkładów umożliwiła określenie prawdopodobieństwa pojawienia się pewnych zdarzeń w tym np. ryzyka mierzonego zmiennością NPV. Przeprowadzono 10 000 symulacji uzyskując szereg rezultatów i wykresów, najważniejsze z nich zestawiono poniżej.

Analiza rozkładu prawdopodobieństwa NPV dla kopalni (rys. 2), pokazuje, że choć wartość oczekiwana tego wskaźnika jest dodatnia i wynosi 566,5 mln zł, to jednak z uwagi na możliwą zmienność wielu parametrów pojawia się istotne prawdopodobieństwo poniesienia straty przy realizacji budowy kopalni wynoszące około 30,1%. Tym samym mamy prawie 70% pewność, że $NPV_M > 0$, $P(NPV_M(8\%, CF_M) > 0) = 69,9\%$. Oczywiście nie same



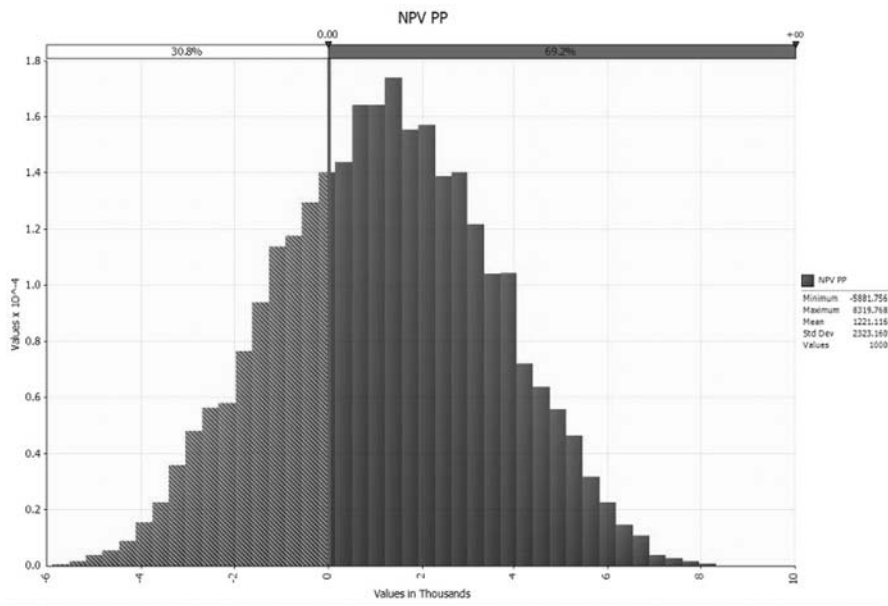
Rys. 2. Histogram NPV dla kopalni (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 2. NPV histogram for the mine (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

wartości są tu istotne, lecz możliwość ich uzyskania w rzeczywistej i precyzyjnej analizie ryzyka projektu z zastosowaniem symulacji Monte Carlo i proponowanego tu podejścia. Wprawdzie dane wejściowe przyjęte z projektu Foresight (Praca zbiorowa 2008) więc są wiarygodne, jednak celem artykułu nie jest dokładna prognoza rzeczywistej opłacalności tego przedsięwzięcia, lecz jedynie prezentacja metody analizy jego ryzyka. Wykorzystanie wyników tu przedstawionych do oceny opłacalności tego projektu byłoby, więc nieuprawnione, nie przywiązywano w nim bowiem odpowiedniej wagi do precyzji prognozy skupiając się głównie na opisie metody i wynikach jakościowych, a nie ilościowych.

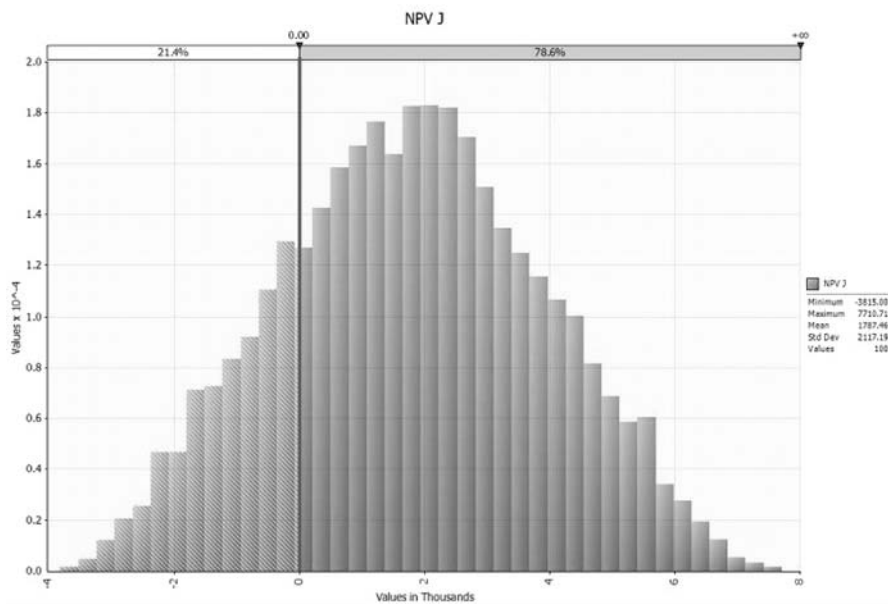
Podobne wyniki uzyskano dla elektrowni skojarzonej z kopalnią (rys. 3). Wartość oczekiwana NPV dla tej inwestycji była ponad dwukrotnie większa niż dla kopalni i wyniosła 1 221,1 mln zł, jednak ryzyko poniesienia straty nie było wcale mniejsze i wyniosło 30,8%, $P(NPV_{PP}(8\%, CF_{PP}) < 0) = 30,8\%$.

Obserwacja histogramu NPV dla wspólnej inwestycji (rys. 4), tzn. budowy kopalni i elektrowni przez jednego inwestora pokazuje, że oczekiwana wartość NPV jest sumą wcześniej uzyskanych wartości dla kopalni i elektrowni i wynosi 1 787,5 mln zł, jednak ryzyko poniesienia straty istotnie się zmniejszyło (o ok. 30%) i wynosi już tylko 21,4%, $P(NPV_{JO}(8\%, CF_{JO}) < 0) = 21,4\%$. Prawdopodobieństwo, że wspólna inwestycja będzie opłacalna wynosi prawie 80%, $P(NPV_{JO}(8\%, CF_{JO}) > 0) = 78,6\%$. Dzięki prowadzeniu wspólnej inwestycji polegającej na budowie kopalni i elektrowni razem, jako jedno przedsięwzięcie ryzyko poniesienia straty wyraźnie maleje. Efekt ten będzie zachowany również po zmianie wartości.



Rys. 3. Histogram NPV dla elektrowni (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 3. NPV histogram for the power plant (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)



Rys. 4. Histogram NPV dla wspólnego przedsięwzięcia (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 4. NPV histogram for joint operations (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Możliwości programu @Risk pozwoliły dzięki analizie statystycznej wykonanych symulacji przeprowadzić analizę wrażliwości opłacalności inwestycji podmiotów na zmiany kluczowych parametrów dla kopalni (rys. 5), elektrowni (rys. 6) i bilateralnego monopolu (rys. 7).

Analiza wrażliwości opłacalności budowy kopalni (rys. 5) pokazuje, że dominującym czynnikiem wpływającym na wynik *NPV* dla kopalni jest cena węgla. Dodatnio skorelowanym parametrem jest również kaloryczność węgla (*QIR*, na poziomie 5%). Ujemny wpływ na wynik *NPV* mają natomiast koszty kopalni (30%) oraz zawartość siarki (*Scs* – 5%) i zawartość popiołu (*AR* – 1%).

Największy wpływ na wartość opłacalności budowy elektrowni (rys. 6) ma cena energii.

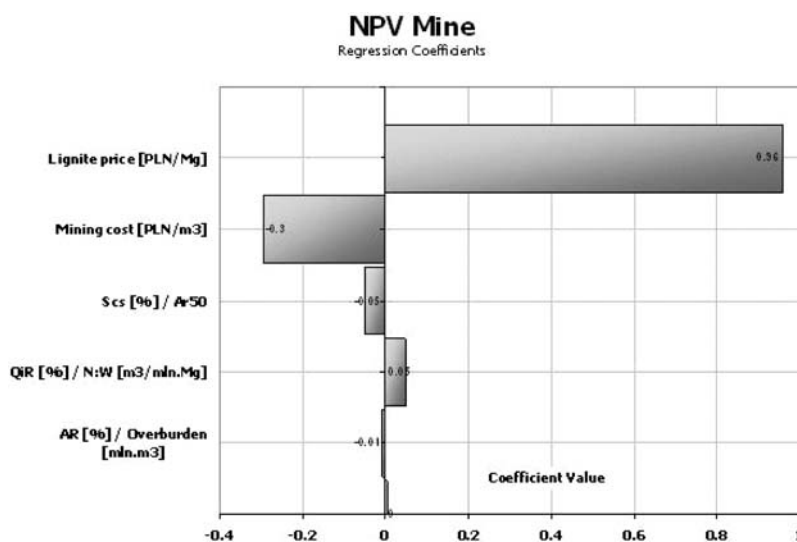
Analiza wrażliwości opłacalności wspólnego przedsięwzięcia (rys. 7) pokazuje, że podobnie jak dla elektrowni dominującym czynnikiem jest cena energii. Na wartość *NPV* ma również dodatni wpływ osiągana sprawność elektrowni oraz kaloryczność węgla, a negatywny: koszty kopalni, koszty stałe i zmienne elektrowni (bez kosztów paliwa), koszty ochrony środowiska.

Zakres zmienności wygenerowanych przepływów pieniężnych (*CF*) dla kopalni i elektrowni oraz wspólnej inwestycji pokazano na rysunku 8. Wykresy pasm:

- ✧ wartość średnia (linia na środku),
- ✧ 5%–95% (linie zewnętrzne) oraz
- ✧ średnia \pm odchylenie standardowe wokół średniej (linie wewnętrzne)

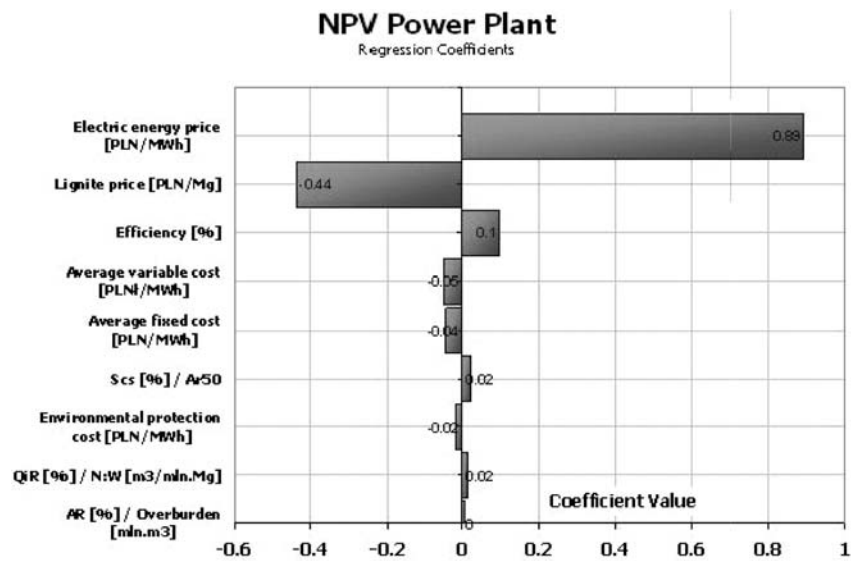
pokazują nie tylko zakres możliwych wartości przepływów w poszczególnych latach, lecz i prawdopodobieństwa ich pojawienia się.

Krótkie linie poziome na poszczególnych wykresach wyznaczają bezpieczny poziom przepływów pieniężnych, który zapewnia rentowność kopalni, elektrowni i wspólnego



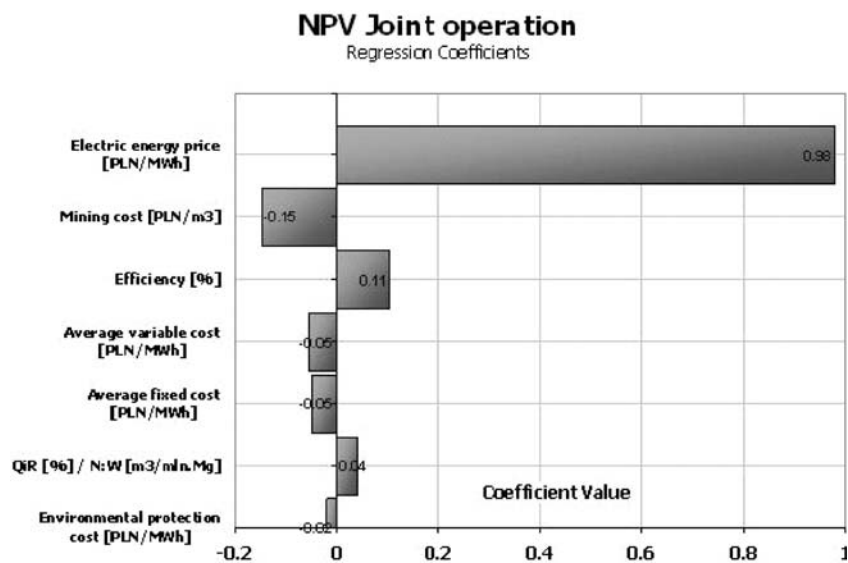
Rys. 5. Analiza wrażliwości *NPV* dla kopalni na zmiany założeń pokazana jako wskaźnik korelacji (Jurdiak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 5. Sensitivity analysis of *NPV* for the mine as a result of assumptions changes shown as an indicator of correlation (Jurdiak, Wiktorowicz 2009a)



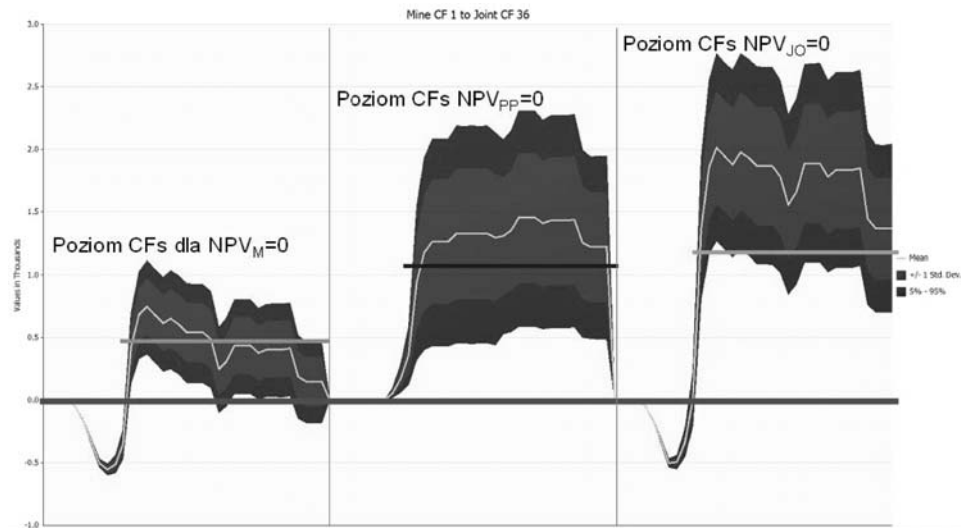
Rys. 6. Analiza wrażliwości NPV dla elektrowni na zmiany założeń pokazana jako wskaźnik korelacji (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 6. Sensitivity analysis of NPV for the power plant as a result of assumptions changes shown as an indicator of correlation (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)



Rys. 7. Analiza wrażliwości NPV dla wspólnego przedsięwzięcia na zmiany założeń pokazana jako wskaźnik korelacji (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 7. Sensitivity analysis of NPV for joint operations as a result of assumptions changes shown as an indicator of correlation (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)



Rys. 8. Przepływy pieniężne i bezpieczny ich poziom zapewniający minimalny wymagany poziom rentowności dla: kopalni, elektrowni i wspólnego przedsięwzięcia (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

Fig. 8. CFs and their safety level ensuring attaining minimal required rate of return for: the mine, the power plant and joint operations (Jurdziak, Wiktorowicz 2009a)

przedsięwzięcia na poziomie przyjętej stopy dyskontowej (8%) dla nakładów na przyjętym poziomie. Jak można zauważyć jedynie dla wspólnej inwestycji większość przepływów znajduje się powyżej bezpiecznego poziomu, co oznacza, że prawdopodobieństwo nie osiągnięcia bezpiecznego poziomu nie przekracza 5%. Dla kopalni sytuacja jest najgorsza, gdyż dla połowy okresu jej działania ryzyko nie osiągnięcia bezpiecznego poziomu przepływów finansowych przekracza 50% (wartość średnia leży poniżej poziomu bezpieczeństwa, a z uwagi na symetryczność rozkładu średnia zbliżona jest do mody). Dla elektrowni sytuacja jest lepsza, ale i tu dla całego okresu jej działania wartość średnia – odchylenie standardowe, leży poniżej bezpiecznego poziomu. Tak więc i analiza zmienności przepływów finansowych (CF) pokazuje, że tylko wspólna budowa kopalni i elektrowni generuje dodatnie przepływy powyżej bezpiecznego poziomu.

Zastosowanie symulacji Monte Carlo umożliwia więc wyznaczenie prawdopodobieństwa poniesienia straty dla inwestycji polegającej na samodzielnej budowie kopalni i elektrowni oraz dla wspólnej inwestycji. W analizowanym przypadku wyniosły one:

- ✧ dla kopalni $P(NPV_M < 0) = 30,1\%$,
- ✧ dla elektrowni $P(NPV_{PP} < 0) = 30,8\%$,
- ✧ dla łącznego działania $P(NPV_{JO} < 0) = 21,4\%$.

Wyraźnie pokazuje to redukcję ryzyka poniesienia straty z 30,1% dla kopalni i z 30,8% dla elektrowni, do poziomu 21,4%, gdy obie inwestycje realizowane są wspólnie jako jedno przedsięwzięcie. Podobny rezultat w postaci redukcji ryzyka przy rozpatrywaniu wspólnego przedsięwzięcia uzyskano w analizie ryzyka dla niezdyskontowanej wartości inwestycji i wyboru optymalnego wyrobiska docelowego (Jurdziak, Wiktorowicz 2007). W pracy tej dodatkowo wykazano, że przy wspólnym przedsięwzięciu opłaca się eksploatować większe wyrobiska.

Podsumowanie

Przedstawiona metoda prognozowania poziomu ryzyka finansowego dla inwestycji polegającej na budowie nowej kopalni węgla brunatnego i elektrowni z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo przepływów finansowych w trakcie ich przebiegu, pozwala wyznaczyć prawdopodobieństwo poniesienia straty $P(NPV < 0)$. Okazało się, że prowadzenie wspólnej inwestycji istotnie redukuje to ryzyko. Wyznaczenie bezpiecznego poziomu przepływów finansowych zapewniających osiągnięcie zakładanego minimalnego zwrotu z zainwestowanego kapitału (poziomowi przyjętej stopy dyskontowej w obliczeniach NPV) pozwala zbadać, jaka część z wygenerowanych przepływów wypada poniżej tej linii i jakiego okresu to dotyczy. Dzięki temu można ocenić ryzyko inwestycji w kolejnych latach (prawdopodobieństwo, że przepływy będą niższe od poziomu bezpieczeństwa). Właśnie te informacje powinny posłużyć do dobrania odpowiedniej stopy dyskontowej dopasowanej do ryzyka ($RADR$) (Jurdziak, Wiktorowicz 2008a). Przydatnym narzędziem do prowadzenia tego typu analiz okazał się program @Risk. Dokładna analiza opłacalności i ryzyka projektu budowy kompleksu górniczo-energetycznego na złożu Legnica powinna wykorzystać wyniki symulacji warunkowej parametrów jakościowych złoża by precyzyjniej określić ich zmienność w strumieniu węgla trafiającym do elektrowni oraz być oparta na dokładniej dobranych rozkładach potencjalnej zmienności parametrów tej inwestycji, w tym wpływu cen pozwoleń na emisję CO_2 lub kosztów jego separacji i składowania (CCS), które nie były tu analizowane. Uzyskane wyniki mają dlatego poglądowy charakter i nie mogą być wykorzystane do rzeczywistej oceny tego przedsięwzięcia. Pełna ocena tej inwestycji wymaga więc powtórzenia analizy. Pomimo tego zarówno proponowane podejście do analizy ryzyka jak i uzyskane rezultaty już teraz stanowią cenne wskazówki dla potencjalnych inwestorów.

Literatura

- [1] JAJUGA K., 2007 – Zarządzanie ryzykiem. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- [2] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2008a – Conditional and Monte Carlo simulation – the tools for risk identification in mining projects. Economic evaluation and risk analysis of mineral projects. Taylor and Francis Group, s. 61–72.
- [3] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2007 – Elementy analizy ryzyka przy ocenie opłacalności produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 23, z. spec.
- [4] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2008b – Identyfikacja czynników ryzyka w bilateralnym monopolu kopalni i elektrowni. Górnictwo i Geologia X. Oficyna Wydawnicza Pol. Wroc. s. 99–113.
- [5] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2008c – Monte Carlo simulation in a risk analysis the bilateral monopoly model of lignite mine and power plant. IV Int. Conference Coal 2008 in Belgrad (October 2008).
- [6] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2009a – Risk Assessment in the Value Creation Chain of Electric Energy Production from Lignite based on Cash Flows Variability Estimation (tł. Ocena ryzyka w łańcuchu tworzenia wartości produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego na pod-

- stawie szacowania zmienności przepływów pieniężnych). Raport nr I-11/2009/P-002 z uczestnictwa w konferencji Summer Risk Congress, 16 June 2009 Monachium (niepublik.).
- [7] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2008d – Wpływ niepewności dotyczącej nałożonych restrykcji na emisję CO₂ na opłacalność produkcji prądu elektrycznego z węgla brunatnego. Materiały konferencyjne Ustroń.
- [8] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2009b – Wykorzystanie symulacji do oceny ryzyka niepowodzenia przedsięwzięć górniczych. Referat zgłoszony na konferencję Szkoła Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie. Krynica 23–25 wrzesień 2009 r.
- [9] Praca zbiorowa 2008 – Scenariusze Rozwoju Technologicznego Przemysłu Wydobycia i Przetwórstwa Węgla Brunatnego. Projekt celowy – Foresight. Raport i sprawozdanie końcowe z realizacji projektu – opracowany przez Poltegor-Institut.

Leszek JURDZIAK, Justyna WIKTOROWICZ

Forecasting the financial level of risk for a system of a lignite mine and a power station

Abstract

The paper presents preliminary outcomes of financial risk analysis for planned construction of a lignite mine and a power station near Legnica. Based on quality and quantitative data from the deposit exploration and parameters of the planned mine and the power station from the Foresight project the model of their operation has been built in the Excel spreadsheet. It has been used to generate cash flows in following years of operation of this system. Uncertain parameters (quality, cost and price) were treated as random variables with selected probability distributions and the @Risk program was used for generating many variants of the project development by application of Monte Carlo simulations. The results show the financial risk, which can be measured as the probability of losses. This risk increases together with the increase of variability of cash flows although the expected *NPV* value remains constant. The important outcome from the analysis is the substantial reduction of risk of losses when the investment is treated as joint operation instead of separate enterprises of building the mine and the power plant separately. The outcomes have only general character and can not be used for profitability evaluation of considered project due to the objective of the approach was presentation of the methodology of risk analysis based on cash flows variability but not the precise prognosis.

KEY WORDS: lignite mining, energy market, bilateral monopoly, finance risk, Monte Carlo simulations