

*górnictwo odkrywkowe, węgiel brunatny, bilateralny monopol  
ryzyko, łańcuch tworzenia wartości,  
integracja pionowa, sprzeczność interesów,*

Leszek JURDZIAK\*, Justyna WIKTOROWICZ\*

## **IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW RYZYKA W BILATERALNYM MONOPOLU KOPALNI I ELEKTROWNI**

Artykuł ma na celu identyfikację czynników ryzyka w bilateralnym monopolu (BM) kopalni węgla brunatnego i skojarzonej z nią elektrowni. Przedstawiono w nim ideę dwustronnego monopolu oraz omówiono zagadnienia ryzyka pojawiającego się w łańcuchu tworzenia wartości począwszy od złoża węgla brunatnego, poprzez kopalnię i elektrownię, po sprzedaż wytworzonej z niego energii elektrycznej. Wskazano źródła ryzyka oraz omówiono różne jego typy obejmujące: ryzyko polityczne, gospodarcze, prawne, społeczne, geologiczne, finansowe i ekonomiczne, techniczne, ekologiczne, cen paliwa, organizacyjne oraz ryzyko cen energii w długoterminowym planowaniu.

### **1. WPROWADZENIE**

Liberalizacja rynku energii elektrycznej, uwolnienie cen węgla z obowiązku zatwierdzenia przez Prezesa URE oraz zmiany strukturalne na rynku energii w kraju i na świecie (konsolidacja branży) powodują, że produkcja energii elektrycznej staje się coraz bardziej ryzykownym przedsięwzięciem. Dotyczy to zwłaszcza produkcji energii z węgla brunatnego, gdyż rosnąca irracjonalna presja polityczna i medialna na coraz większe i szybsze ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> i wiążące się z tym coraz mniejsze limity i coraz droższe pozwolenia na emisję gazów cieplarnianych powodują, że to do tej pory najtańsze źródło energii może przestać być rentowne, a jego przyszłość jest coraz bardziej niepewna. Coraz bardziej 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. Potraktowanie kopalni i elektrowni jako bilateralnego monopolu pozwoliło

---

\* Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,  
leszek.jurdziak@pwr.wroc.pl; justyna.wiktorowicz@pwr.wroc.pl

po zastosowaniu metod optymalizacji kopalń odkrywkowych i teorii gier znaleźć optymalne rozwiązanie maksymalizujące łączne zyski tego układu [9]. Rozwiązanie znalezione w warunkach pewności wymaga jednak modyfikacji by uwzględnić niepewność i ryzyko związane z funkcjonowaniem tych podmiotów w nowych warunkach. Pierwszym krokiem na tej drodze jest identyfikacja czynników ryzyka, niepewności i zagrożeń na każdym etapie łańcucha tworzenia wartości w bilateralnym monopolu kopalni i elektrowni.

## 2. INTEGRACJA PIONOWA BM UŁATWIA ELIMINACJĘ ZAGROŻENIA WYBORU WARIANTU SUBOPTYMALNEGO

Istnienie sprzeczności interesu (racjonalności indywidualnej i grupowej) w BM kopalni i elektrowni, w którym obie części należą do dwóch różnych właścicieli zwiększa ryzyko realizacji wariantu suboptymalnego w sensie Pareto [7], a negocjacje ceny węgla [8] stwarzają nowe pole konfliktu mogącego doprowadzić do realnego zagrożenia strajkiem – wstrzymaniem produkcji rujnącym rentowność obu stron [10]. Aby zapewnić wspólne działanie kopalni i elektrowni oraz wyeliminować trudności z dojściem do kompromisu zadowalającego obie strony konieczna jest pionowa integracja obu stron. Eliminuje ona nie tylko sprzeczność interesu, ale usuwa również asymetrię informacji. Wspólny zarząd powinien uzyskać wtedy pełny dostęp do informacji o złożu oraz kosztach obu stron, co powinno pozwolić mu podejmować optymalne decyzje maksymalizujące łączny zysk.

Zagrożenie wynikające z realizacji suboptymalnego wariantu rozwoju kopalni, zidentyfikowane wcześniejszymi pracami [7] można usunąć poprzez pionową integrację, na co już wcześniej zwracano uwagę [6]. Można więc przyjąć, że daje się je łatwo wyeliminować, a przynajmniej można to zrobić. Praktyka pokazuje, że dla dwóch par kopalń KWB „Bełchatów” i KWB : Turów” ze współpracującymi z nimi elektrowniami zagrożenie to już zostało wyeliminowane. W przypadku KWB „Konin” i KWB „Adamów” oraz z ZE PAK coraz częściej się mówi o konieczności ich integracji. Możliwe, że szerokie rozpropagowanie tych zagrożeń i korzyści z integracji w wielu publikacjach [6, 7] i w Internecie<sup>1</sup> przyczyniło się do zmiany podejścia polityków i decydentów do tej sprawy. Wcześniejsza jednostronna i częściowa prywatyzacja bez uprzedniej integracji obu podmiotów była sporym błędem. Po integracji łączna wartość obu podmiotów powinna być większa niż suma wartości każdej ze stron z osobna. Integracja pionowa nie tylko redukuje ryzyko sporów pomiędzy stronami (pojawić się mogą spory ze związkami zawodowymi), lecz przede wszystkim umożliwia wspólną optymalizację działań i maksymalizację łącznego zysku, a to powinno stworzyć dodatkową wartość.

Oczywiście sama pionowa integracja, bez dążenia do maksymalizacji łącznego zysku poprzez zastosowanie metod optymalizacji kopalń odkrywkowych opisanych w [9] jest

---

<sup>1</sup> <http://www.cire.pl/autor,2,31,0.html>; <http://ideas.repec.org/e/pju39.html>;  
[http://mpira.ub.uni-muenchen.de/view/people/Jurdziak,\\_Leszek.html](http://mpira.ub.uni-muenchen.de/view/people/Jurdziak,_Leszek.html)

niewystarczająca. Niemniej można dalej założyć, że przynajmniej to zagrożenie jest w pełni zidentyfikowane, a decydenci mają wiedzę jak go uniknąć. Dlatego dalej będziemy zakładać, że mamy do czynienia z w pełni zintegrowanym bilateralnym monopolem, albo układem, który jest zainteresowany maksymalizacją łącznych zysków i stara się działać optymalnie jak zintegrowana firma. Dlatego będziemy rozpatrywać opłacalność produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego dla całego układu łącznie.

Sposób budowy modelu bilateralnego monopolu kopalni i elektrowni oraz znalezienia dla niego optymalnego rozwiązania maksymalizującego jego łączne zyski (wyrobiska optymalnego i optymalnej ceny) zaprezentowano w pracach [5,6,7,8,9,10,11,12,13]. Artykuł ten będzie bazował na założeniach dotyczące konkretnych elementów i parametrów tego modelu.

### 3. RYZYKO I METODY SZACOWANIA

Angielski ekonomista F. Knight twierdził, że w praktyce gospodarczej dominują zdarzenia niepowtarzalne, do których nie można zastosować żadnej miary prawdopodobieństwa, czyli tzw. zdarzenia niepewne. Zdarzenia, których potencjalne istnienie można zmierzyć za pomocą prawdopodobieństwa matematycznego, statystycznego lub szacunkowego, Knight określił mianem ryzyka [2].

W artykule podjęta zostanie próba wskazania w łańcuchu tworzenia wartości w zintegrowanym (działającym wspólnie) bilateralnym monopolu zarówno czynników niepewnych, jak i ryzykownych. Dla tych ostatnich wskazane zostaną metody i sposoby określenia rozkładów prawdopodobieństw przyjęcia przez nie określonych wartości. W tym celu analizie poddany zostanie zbudowany wcześniej model BM i wybrane zostaną w nim te elementy, których wartości nie da się określić jednoznacznie. Parametry te będą potraktowane jako zmienne losowe mogące przyjąć różne wartości. W przypadku braku możliwości wskazania odpowiedniego rozkładu przyjętych wartości lub metody jego doboru, gdy element/parametr jest niepewny wg terminologii Knighta, sposób postępowania będzie inny. W takiej sytuacji określany będzie zakres potencjalnych wartości i każda z nich będzie traktowana jako równie prawdopodobna. Oznacza to, że parametrowi temu przypisany zostanie rozkład jednostajny.

Jest wiele dostępnych metod uwzględnienia ryzyka w analizach opłacalności np. analiza wrażliwości, analiza scenariuszy, analiza drzew decyzyjnych, analiza symulacyjna (np. symulacja Monte Carlo, warunkowa), równoważnik pewności, NPV ze stopą dyskontową uwzględniająca ryzyko – RADR, metoda opcji realnych i teorii gier strategicznych [1]. W przypadku BM planowane jest skorzystanie z symulacji Monte Carlo, gdyż to ona pozwala w pełni wykorzystać zidentyfikowane rozkłady prawdopodobieństwa zarówno elementów ryzykownych jak i niepewnych. Nie oznacza to jednak, że do określenia rozkładów zmienności poszczególnych parametrów nie będą też używane inne metody.

Jedną z najczęściej stosowanych miar ryzyka jest wariancja symulowanych wartości wynikowych. Im większa jest jej wartość (lub odchylenia standardowego) względem średniej, tym wyższy poziom ryzyka [2]. Zastosowanie symulacji Monte Carlo pozwoli zidentyfikować zmienność przepływów gotówkowych w kolejnych latach rozwoju projektu produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego. Analiza ich wariancji powinno ułatwić dobór właściwej stopy dyskontowej i rzetelnie ocenić opłacalność przedsięwzięcia [13].

#### 4. IDENTYFIKACJA RYZYKA W ŁAŃCUCHU TWORZENIA WARTOŚCI BM

Produkcja energii z węgla brunatnego jest kosztowna. Wymaga sporego nakładu środków na rozpoczęcie inwestycji, pierwsze przychody pojawiają się dopiero po kilku latach, a okres generowania zysków jest tak rozciągnięty w czasie (nawet rzędu kilkudziesięciu lat), że wszelkie prognozy mogą okazać się chybione. W przypadku polskich kopalń węgla brunatnego i powiązanych z nimi elektrowni w okresie ich działania upadł jeden system ekonomiczny i narodził się nowy, a energetyka z regulowanej branży państwowej zamieniła się w konkurencyjną branżę z rozpoczętymi procesami prywatyzacji.

Połączenie coraz trudniejszych warunków funkcjonowania tej branży (por. wprowadzenie) z wysoką kapitałochłonnością oraz długim okresem zwrotu z inwestycji, a także negatywnym nastawieniem części społeczeństwa i niektórych polityków do górnictwa powoduje, że jest to działalność obciążona bardzo wysokim ryzykiem. Trudno jest więc znaleźć inwestorów bez uzyskania wsparcia rządu i jego gwarancji. Kopalnie mają problemy ze znalezieniem środków na udostępnienie nowych złóż, a finansowanie budowy nowych bloków napotyka trudności. Brak jest decyzji w sprawie rozpoczęcia eksploatacji złoża Legnica, choć wielu inwestorów widzi potrzebę budowy na Dolnym Śląsku elektrowni. Planują jednak całkiem poważnie oparcie jej na węglu kamiennym<sup>2</sup>.

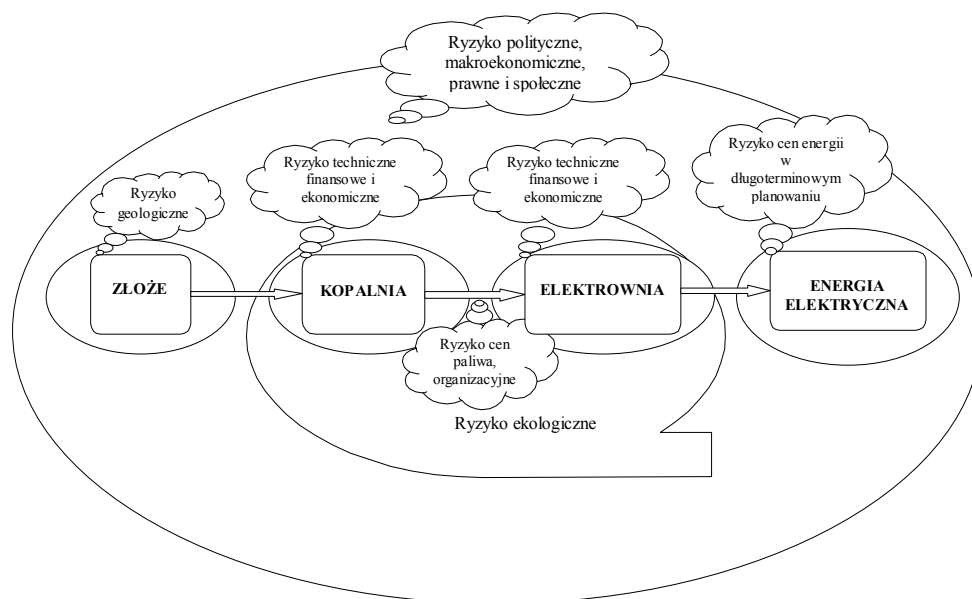
Wszystko to sprawia, że identyfikacja potencjalnych zagrożeń i właściwe działanie zmierzające do redukcji ryzyka (nazywane często „zarządzaniem ryzykiem”) staje się koniecznością. W tym celu proces produkcyjny w BM kopalni węgla brunatnego i elektrowni przedstawiono schematycznie w postaci łańcucha tworzenia wartości (Rys. 1). Obejmuje on cztery zasadnicze elementy:

---

<sup>2</sup> Vattenfall chce wybudować w Polsce elektrownie (6.12), Elektrownia węglowa na Dolnym Śląsku to nienajlepszy pomysł (26.11), Nowakowski, EnergiaPro: elektrownia na Dolnym Śląsku w 2014 r. (21.11); RWE Power i Kompania Węglowa zbudują na Śląsku nową elektrownię? (30.10), CEZ i RWE także chcą budować elektrownię w Legnic (9.10), Vattenfall zbuduje elektrownię za 5 mld euro (2.10.2007) [www.wnp.pl](http://www.wnp.pl)

- złożę węgla brunatnego,
- kopalnię eksploatującą węgiel,
- elektrownię będącą głównym odbiorcą węgla oraz
- energię elektryczną wraz z rynkiem, na którym się ją sprzedaje.

Na każdym etapie występują elementy niepewności i ryzyka, scharakteryzowane w dalszej części artykułu.



Rys. 1. Źródła ryzyka w bilateralnym monopolu

Fig. 1. The risk source in bilateral monopoly

#### 4.1. RYZYKO POLITYCZNE, MAKROEKONOMICZNE, PRAWNE I SPOŁECZNE

Spójnym elementem ryzyka całego układu są niepewności natury politycznej, makroekonomicznej, prawnej i społecznej. Polska należy do krajów o stosunkowo niskim ryzyku politycznym. Jesteśmy w UE i NATO, rating dotyczący zadłużenia zagranicznego podniesiony został do kategorii „A-”, a kraj nasz uważany jest za jedno z atrakcyjniejszych miejsc do inwestowania. Złotówka się ciągle umacnia, a inflacja, choć rosnąca, cały czas jest na przyzwoitym poziomie. Pojawiają się jednak niepokojące symptomy dotyczące przyznanych przez UE limitów na emisję gazów, których poziom nasze władze uznały za zbyt niski (sytuacja ta dotyczy prawie wszystkich nowych członków UE), a deklaracje i plany ograniczeń są jeszcze dalej idące. Rośnie lobby antygórnictwa, które wraz z grupami tzw. „obrońców przyrody” może doprowa-

dzić do zablokowania każdego planu budowy nowej kopalni. Negatywnym przykładem zablokowania nawet wysoce zaawansowanych inwestycji przez działania takich grup jest obwodnica wokół Augustowa. Branża produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego jest już na celowniku różnych organizacji szermujących hasłami „obrony przyrody”, o czym świadczą ekscesy malowania hasła na chłodniach kominowych elektrowni w Bełchatowie.

Niestety rozwiązania prawne przyjmowane hurtem z UE bez głębszej refleksji nad ich adekwatnością do polskich warunków oraz bez sprawdzenia skutków ekonomicznych ich przyjęcia również mogą stanowić poważny czynnik ryzyka dla przedsięwzięć górniczych. Dla niektórych urzędników z UE wzorem pod względem produkcji energii są małe kraje afrykańskie, w których 100% energii pochodzi ze źródeł odnawialnych. W związku z wymogami UE dochodzi do takich paradoksów, że niektóre elektrownie w Polsce spalały duże ilości drewna z wycinki lasów<sup>3</sup>, by wypełnić narzucone normy procentowe udziału energii odnawialnej w ogólnym jej bilansie. Niestety Polska nie ma dogodnych warunków do produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, ma za to bogate złoża węgla, który można bezpiecznie dla środowiska spożytkować, gdyż są już dostępne technologie czystego jego spalania.

Innym istotnym zagrożeniem może być sprzeciw lokalnej społeczności wrogo nastawionej do działalności górniczej. Media niestety nie pomagają w tym zakresie, gdyż często z góry zakładają, że górnictwo to dewastacja środowiska. Na szczęście przykłady gmin górniczych z bardzo dobrą współpracą z przemysłem wydobywczym pokazują, że lokalna społeczność zyskuje finansowo na działalności górniczej prowadzonej na jej terenie, a po zakończeniu eksploatacji i rekultywacji terenów może zyskać na atrakcyjności turystycznej. Prawdopodobnie przeprowadzona rekultywacja podnosi bowiem, a nie obniża wartość terenów.

W rezultacie wiele w/w zagrożeń wiele firm energetycznych (RWE, Vatnefall, Tauron itp.) widząc potrzebę budowy elektrowni na Dolnym Śląsku preferuje zakup węgla kamiennego z górnośląskich kopalń pomimo wysokich kosztów jego dostawy, bo obawia się długiej procedury uzyskania pozwoleń na eksploatację, zgody lokalnej społeczności i spełnienia w przyszłości coraz bardziej zaostrzających się przepisów dotyczących ochrony środowiska. Dla nich to węgiel kamienny jest tańszy, bo bezpieczniejszy; kto inny będzie się martwił jak spełnić te wszystkie wymagania i kto inny będzie ponosił ryzyko polityczne, makroekonomiczne, prawne i społeczne.

Właśnie dlatego eksploatacja węgla brunatnego musi mieć ogromną przewagę opłacalności inwestycji i działać w pełni optymalnie, by zwrot z inwestycji w węgiel brunatny był tak duży, by z nadstatkiem zniwelować istniejące różnice w ryzyku i rozwiązać wszelkie wątpliwości i obawy.

---

<sup>3</sup> Prąd z drewna - absurd XXI wieku, pon, 4. lipca 05, 07:39; <http://www.cire.pl/item,18532,1.html>;  
Lepiej spalić w kotle, pią, 17. grudnia 04, 08:0; <http://www.cire.pl/item,15757,1.html>

Ryzyko makroekonomiczne i społeczne należy odróżnić od ryzyka ekologicznego, gdyż to ostatnie związane jest z rzeczywistymi kosztami ochrony środowiska, a nie kosztami walki z grupami nacisku i szantażu pseudoekologicznego. Zagania te celowo zostały omówione osobno, by nie mylić obu tych zagrożeń ze sobą.

#### 4.2. RYZYKO GEOLOGICZNE

Ocena ekonomiczna przedsięwzięcia górniczego musi się rozpocząć od oszacowania zasobów złoża kopaliny użytecznej (jej masy, objętości, jakości i położenia w przestrzeni) w oparciu o różne teorie i metody: począwszy od tradycyjnych, poprzez metodę wieloboków wpływu (Bołdyriewa), graniastosłupów o podstawie trójkąta, przekrojów, poziomic, sferycznych stref wpływów, po geostatystykę i komputerowe modelowanie. Obliczenia mogą być wykonane ręcznie lub przy użyciu specjalistycznego oprogramowania (np. Datamine Studio). Niezależnie jednak od przyjętej metody z każdym oszacowaniem związane jest ryzyko wynikające z jego niedokładności, gdyż próbuje się w nim ustalić faktyczny stan złoża – sposób jego zalegania w przestrzeni oraz ilość i jakość surowca na bazie dyskretnego rozpoznania złoża w wybranych punktach przestrzeni. Kompania górnicza musi wybrać kompromisowe rozwiązanie pomiędzy zwiększaniem nakładów na dodatkowe, kosztowne rozpoznawanie złoża np. poprzez dodatkowe wiercenia i badania geofizyczne a akceptowanym poziomem dokładności oszacowania uzyskanym na podstawie dotychczas zgromadzonych danych o złożu.

Błędy w ocenie zasobów będące konsekwencją optymistycznych założeń, co do ciągłości złoża lub możliwości jego eksploatacji i przyjętej technologii, albo niewłaściwie przyjętej metodyki obliczeń mają zazwyczaj fatalne konsekwencje. Pieniądze i czas mogą zazwyczaj naprawić błędy w oszacowaniu niektórych parametrów technicznych. Nie mogą jednak stworzyć kopaliny użytecznej tam gdzie jej po prostu nie ma.

Metody identyfikacji, rozpoznania i sprawozdawczość z badań zasobów naturalnych były i są tematem częstych dyskusji. Po negatywnych doświadczeniach (afery Bre-X i Busang) wypracowano metody weryfikacji wiarygodności danych oraz zasady dokumentowania (due diligence). Uzgadniane są też jednolite zasady klasyfikacji zasobów (np. JORC code), by inwestorzy mieli jednoznaczny i wiarygodny obraz dostępnych zasobów. Sprawa niedokładności rozpoznania pozostaje nadal otwarta, choć i tu coraz szerzej stosuje się metody geostatystyczne i opartą na nich symulację warunkową pozwalającą określić zasoby wraz z popełnianym błędem dla zadanego poziomu ufności. Właśnie dzięki symulacji warunkowej możliwa stała się optymalizacja ekonomiczna procesu rozpoznania złoża, bo możliwe jest porównanie rosnących krańcowych kosztów rozpoznania z krańcowym wzrostem dokładności jego rozpoznania – krańcowym przyrostem wartości złoża na zadanym poziomie ufności.

Dokładność rozpoznania parametrów zmienności złoża ma istotne znaczenie dla procesu sterowania wydobywaniem i jego opłacalności. W przypadku eksploatacji węgla

brunatnego najistotniejsza jest jakość samego węgla obejmująca takie parametry jak wartość opałowa (kaloryczność), zawartość wilgoci całkowitej, zawartość popiołu i siarki całkowitej, ale nie tylko. Specjalistom od spalania węgla przydałyby się również inne parametry chemiczne węgla (np. zawartość tlenków żelaza), których znajomość poprawiłaby efektywność procesu spalania – dała możliwość jego optymalizacji. Niestety nie były one do tej pory badane i tylko dla nowych odwiertów mogą być one analizowane i modelowane.

Jeżeli określony parametr charakteryzujący złożę wykazuje małą zmienność przestrzenną, wówczas rozkład przestrzenny można określić z dużą dokładnością w kilku otworach rozpoznawczych. W sytuacji dużych zmienności, nawet gęsta sieć otworów nie pozwoli na dokładne rozpoznanie jej rozkładu [14]. Oba przypadki wiąże niepewność dokładnego rozpoznania parametrów jakościowych złoża i stanowi główny element „słabego ogniwa” łańcucha wartości w bilateralnym monopolu.

Do ryzyka geologicznego można zaliczyć także zagrożenia naturalne. Potencjalnymi źródłami niepewności i ryzyka geologicznego mogą również być [15]:

- źle dobrana siatka otworów (zbyt duża odległość między otworami),
- nieregularna siatka podążająca za mineralizacją (potrzeb deklusteryzacji informacji o złożu z uwagi na możliwość przeszacowania),
- brak badań trójwymiarowego przebiegu otworów w górotworze (błędy na skutek odchylenia otworów od zaplanowanego przebiegu),
- błędy rozpoznania złoża na podstawie otworów (zła klasyfikacja próbek),
- mechaniczne błędy we wprowadzonych danych,
- niewłaściwie dobrane metody modelowania złoża,
- błędy w modelowaniu strukturalnym,
- inne błędy modelowania,
- celowe oszustwo na etapie zbierania danych i rozpoznania złoża,
- brak zastosowania metod geostatystycznych i symulacji warunkowej pozwalającej lepiej oszacować faktyczną zmienność parametrów złoża itp.

Przy rozpoznaniu złoża można popełnić błędy dwóch rodzajów. Zaklasyfikować kopalinę nieużyteczną, jako wartościowe złożę oraz złożę, jako skałę płonę. Dzięki symulacji warunkowej można zminimalizować ryzyko obu błędów tego typu.

Wymienione potencjalne źródła błędów nie wyczerpują wszystkich możliwości, lecz pokazują złożoność problematyki.

#### 4.3. RYZYKO FINANSOWE I EKONOMICZNE

Górnictwo jest kapitałochłonną gałęzią przemysłu, dlatego jedną z istotnych rzeczy o które trzeba zadbać jest znalezienie źródeł finansowania dla planowanego przedsięwzięcia górniczego. Generalnie duże i znane kompanie górnicze mają praktycznie zawsze dostęp do środków finansowych (BHP Billington, Rio Tinto, Anglo-American itp.) o czym świadczą ostatnie wielomiliardowe przejęcia innych firm. Średnie firmy odczuwają już wahania koniunktury na rynkach finansowych. Zdecy-



dowanie najgorszą sytuacją mają małe i nowe firmy, które szukają środków gdzie tylko się da. Na szczęście pod koniec lat dziewięćdziesiątych wzrosła konkurencja na rynkach finansowych i nie tylko banki są źródłem kapitału pożyczkowego dla górnictwa, lecz również kompanie finansowe, instytucjonalni inwestorzy, firmy handlujące złotem i metalami, grupy kapitałowe itp. [4].

Tradycyjna droga starania się o finanse to przygotowanie feasibility study (studium wykonalności techniczno-ekonomicznej), przy czym dużo większe możliwości w zdobyciu pieniędzy na inwestycje daje przygotowanie go pod kątem wymagań banku lub innych instytucji finansowych, czyli przygotowanie tzw. bankowego feasibility study. Jedną z przeszkód przy uruchamianiu eksploatacji nowych złóż i budowy nowych bloków i elektrowni są właśnie trudności w zdobyciu finansowania. Właśnie chęć wzmocnienia możliwości zdobywania środków na nowe inwestycje była motywem przewodnim konsolidacja firm na polskim rynku w tym powstanie grupy BOT „Górnictwo i energetyka” S.A., a później włączenie jej do jeszcze większej grupy energetycznej PGE. Wcześniej, przy rozdrobnieniu rynku (funkcjonowaniu kopalń i elektrowni osobno), modernizację elektrowni przeprowadzono w oparciu o kontrakty długoterminowe (KDT), które w początkowym okresie wydawały się doskonałym narzędziem zabezpieczenia kosztownych inwestycji, lecz wkrótce okazały się przeszkodą przy planowanej prywatyzacji i wprowadzaniu większej liberalizacji. Również UE niechętnie na nie spoglądała widząc w nich niedozwoloną pomoc publiczną. Obecnie po wyróżnieniu kilku dużych grup energetycznych ich możliwości inwestowania w infrastrukturę znacznie wzrosły i pojawiają się zapowiedzi budowy nie tylko nowych bloków, lecz i nowych elektrowni. Rozważane są też możliwości dopuszczenia do naszego rynku inwestorów z zewnątrz np. RWE i Vattenfall.

W tradycyjnym górnictwie ze wszystkich parametrów niezbędnych do przeprowadzenia analizy opłacalności przedsięwzięcia górniczego najprostszym i najważniejszym jest cena surowców. Jej wahania zawsze postrzegane były jako wyznacznik ryzyka, gdyż jest ona niezbędnym czynnikiem do określenia opłacalności działania i wyznaczenia przepływów pieniężnych [3].

W przypadku BM cena węgla brunatnego nie ma jednak żadnego wpływu na jego łączne zyski. Służy jedynie realizacji uzgodnionego wcześniej podziału zysku pełniąc rolę ceny transferowej. W niektórych zintegrowanych pionowo koncernach energetycznych np. RWE, cena węgla została zupełnie wyeliminowana. Jej rolę przejęła cena energii elektrycznej – końcowego produktu w łańcuchu tworzenia wartości BM kopalni i elektrowni. Krótkoterminowe wahania ceny energii elektrycznej są znacznie większe niż dla cen surowców (np. miedzi, czy złota), lecz dla znalezienia finansowania ważniejsze są długoterminowe trendy jej zmian, a te wyglądają raczej zachęcająco dla inwestorów.

Eksploatacja węgla brunatnego była do tej pory rentowna, poza epizodami niewielkich strat w KWB „Konin” i KWB „Adamów”, co doprowadziło do groźby strajku przy negocjacjach wyższej ceny węgla. Szacuje się, że koszt 1 MWh wyprodukowanej z węgla brunatnego jest od 30 do 40% niższy niż dla węgla kamiennego. Ko-

palnie próbują realizować udostępnienie nowych złóż na bazie własnych środków (np. udostępnianie pola „Szczerców”). Jednak nie zawsze jest to możliwe (por. oczekiwania KWB „Konin” na wsparcie i gwarancje rządowe). Pełna optymalizacja łącznych działań kopalń i elektrowni powinna jeszcze bardziej zwiększyć atrakcyjność inwestycji i pogłębić dysproporcje kosztów energii pomiędzy węglem kamiennym, a węglem brunatnym na korzyść tego ostatniego. Również dlatego, że tak duże organizmy jak BOT, a tym bardziej PGE mogą mieć wpływ na cenę energii, podczas gdy górnictwo rud metalicznych zawsze zdane było na cenę rynkową kształtowaną na giełdzie.

Czynnikami ryzyka ekonomicznego i finansowego poza zmiennością cen energii/surowca są również:

- niepewność popytu (generalnie można spodziewać się wzrostu popytu z uwagi na wzrost gospodarczy kraju oraz konieczności zastępowania wysłużonych elektrowni nowymi, zainteresowanie wielu firm budową nowych elektrowni potwierdza to oczekiwanie),
- koszty eksploatacji (finansowe, operacyjne),
- poziom inflacji (ta może wzrosnąć)
- niestabilność kursów wymiany walut (stała tendencja do umacniania kursu złota tego m.in. na skutek napływu środków z UE powoduje, że nie należy oczekiwać większych wahań, niemniej groźba załamania się gospodarki światowej zawsze istnieje np. na skutek kryzysu energetycznego. Paradoksalnie własne zasoby paliwa w BM stanowią doskonałe zabezpieczenie przed takimi kryzysami),
- wysokość stóp procentowych – oprocentowanie kredytów
- ogólna sytuacja ekonomiczno – gospodarcza kraju (koniunktura lub recesja). W rozwijającym się kraju na dorobku należy spodziewać się koniunktury. Wiele trzeba by zrobić by dobrą koniunkturę popsuć, jak pokazuje historia ostatnich lat dzięki nadmiernemu schładzaniu gospodarki można taką recesję skutecznie wywołać.

Istotnym czynnikiem ekologiczno–ekonomicznym jest cena pozwoleń na emisję. Z jednej strony związane są one z ochroną środowiska, a z drugiej szybko mogą się stać poważną pozycją kosztów w budżecie elektrowni. Konieczność dokupienia pozwoleń by zwiększyć opłacalną produkcję jest oczywista. Wybór ile pozwoleń dokupić i ile energii wyprodukować powinien być dokonany poprzez optymalizację ich łącznego działania w krótkim okresie [9].

#### 4.4. RYZYKO TECHNICZNE

Ten rodzaj ryzyka ma związek z eksploatacją węgla, założeniami technicznymi i technologicznymi, parkiem maszynowym i załogą. Wybór odpowiedniego systemu eksploatacji i optymalny projekt kopalni warunkują bowiem sukces przedsięwzięcia. Istotny jest również dobór maszyn i urządzeń, a także poziom zatrudnienia. Decyzje

tego typu są zazwyczaj podejmowane na wczesnym etapie w fazie przygotowawczej i determinują wielkość rocznego wydobycia.

Porównania poziomu zatrudnienia oraz wydajności w kopalniach polskich i niemieckich (np. RWE i BOT) pokazują znacznie niższą wydajność w polskich kopalniach. Pociąga to za sobą zwiększone koszty produkcji energii elektrycznej i niższą opłacalność inwestycji, gdyż ceny energii są już zbliżone.

Przed przystąpieniem do projektowania kopalni konieczne jest stworzenie modelu geotechnicznego, który musi uwzględniać wpływ zachowania wód podziemnych, co jest istotne dla stateczności skarp. Istotnym składnikiem kosztów (zwiększającym energochłonność wydobycia) są też koszty wypompowywania wody.

Z uwagi na wzajemne powiązanie ze sobą wielu parametrów technicznych i wynikającą z tego konieczność wielokrotnych przeliczeń opłacalności różnych wariantów przy sporządzaniu projektu kopalni i jej rozwoju (modelu operacyjnego) konieczne staje się korzystanie ze wspomaganie komputerowego.

Program NPVScheduler v.4 oferuje w tym zakresie jeszcze większe ułatwienia i dodatkowe opcje. Możliwości te są wprost nieocenione przy badaniu wrażliwości modelu operacyjnego i opłacalności przedsięwzięcia górniczego na zmiany parametrów techniczno-ekonomicznych, a jego możliwości optymalizacji z wykorzystaniem wyników symulacji warunkowej dodatkowo przyczyniają się do zredukowania ryzyka [16].

#### 4.5. RYZYKO EKOLOGICZNE

Ten typ ryzyka dotyczy zarówno kopalni, jak i elektrowni, a więc obu stron BM. Ma on ścisły związek z kosztami użytkowania środowiska, które z roku na rok są coraz większe, co przyczynia się do wzrostu kosztów obu stron.

Elektrownie ponoszą ryzyko obciążenia karami za przekroczenia dopuszczalnych norm emisji siarki do atmosfery, dlatego wymuszają na kopalniach homogenizację urobku w celu stabilizacji parametrów jakościowych węgla oraz ściśle je kontrolują na taśmie przenośnika. W przypadku przekroczeń kopalnia również płaci karę. Dzięki tej praktyce ryzyko ponoszone jest przez obie strony.

W związku z przyznanymi limitami na emisję gazów cieplarnianych elektrownia musi dopasować poziom produkcji energii elektrycznej do przyznanego im limitu, albo dokupić pozwolenia na wolnym rynku i zwiększyć produkcję. Opłaca się to czynić tak długo, jak przychód krańcowy ze sprzedaży dodatkowej energii jest wyższy od kosztu krańcowego dokupienia pozwoleń. Wzrost kosztów związany z wykupem pozwoleń może być przerzucony na konsumentów, gdy elektrownia ma wpływ na cenę, a popyt na energię jest nieelastyczny. W przypadku w pełni konkurencyjnego rynku przychód krańcowy elektrowni jest stały i równy cenie energii. Jedynym sposobem

wyrównania tego wzrostu jest więc przetrzucenie go na kopalnię poprzez obniżenie cen węgla. Ryzyko wzrostu cen pozwoleń, a co zatem idzie wzrostu kosztów produkcji energii jest realnym zagrożeniem w świetle wcześniej wspomnianych okoliczności. Dlatego tym bardziej kopalnia i elektrownia powinny działać jak najefektywniej by zagrożenie to groziło utratą rentowności.

Elektrownia ma też problemy ze składowaniem popiołów. Współdziałanie z kopalnią raz jeszcze może przyczynić się do redukcji ryzyka ponoszenia wysokich opłat za składowanie odpadów i zajęty teren pod składowisko. Odpady można deponować w wyrobisku lub po zmniejszeniu na składowisku kopalnianym.

Ryzyko ekologiczne dotyczy również kopalni. Wzrost opłat za użytkowanie środowiska może poważnie zagrozić jej rentowności.

#### 4.6. RYZYKO CEN PALIWA, ORGANIZACYJNE

Ryzyko cen paliwa odgrywa istotną rolę w BM, w którym kopalnia i elektrownia należą do dwóch różnych właścicieli. Można wtedy zaobserwować przeciągające się negocjacje dotyczące ceny węgla. Kopalnia posiadająca przewagę informacyjną w postaci znajomości złoża, może zawsze, korzystając z metod optymalizacji, dopasować wyrobisko docelowe do wynegocjowanej ceny i nie patrząc na łączne zyski zmaksymalizować tylko swoje. Ta dominująca strategia może prowadzić do realizacji suboptymalnego wariantu BM, w którym będzie eksploatowane mniejsze wyrobisko. Oznacza to krótszy czas trwania eksploatacji, mniejszą produkcję energii w długim okresie i marnotrawstwo złoża węgla. Restrukturyzacja branży polegająca na łączeniu kopalń i elektrowni w jeden organizm zagrożenie to redukuje. Przeprowadzone analizy wskazują, że dla konkretnego wyrobiska cena węgla nie ma wpływu na łączny zysk a jedynie determinuje jego podział. Oprócz samej ceny węgla bazowego przedmiotem negocjacji powinny być również nałożone wymagania jakościowe wymuszające na kopalni mieszanie urobku w celu zapewnienia strugi o stałej jakości określonej przez elektrownię.

#### 4.7. RYZYKO CEN ENERGII W DŁUGOTERMINOWYM PLANOWANIU

W związku z liberalizacją rynku energii elektrycznej oraz tworzeniem giełd energii wiele uwagi poświęca się zagadnieniu krótkoterminowego prognozowania jej cen. Ma to istotne znaczenie dla elektrowni, gdyż pozwala prowadzić racjonalną politykę sprzedaży i generować dodatkową wartość dodaną z umiejętnego jej sterowania. Rynek energii elektrycznej jest trudny i ryzykowny, gdyż wahnięcia cen są na nim dużo wyższe niż na giełdach metali. Brak możliwości magazynowania energii, konieczno-

ści ciągłego bilansowania podaży i popytu oraz ograniczenia możliwości przesyłu (możliwość wystąpienia blackoutów) trudności te pogłębiają.

Przy podejmowaniu decyzji o budowie kopalni i elektrowni lub dobudowie nowych bloków ryzyko krótkotrwałych zmian cen nie jest istotne. Ważniejsze są długotrwałe trendy, a te są korzystne dla inwestorów. Z uwagi na wzrost popytu na rynkach światowych na wszelkiego rodzaju paliwa oraz ograniczone możliwości szybkiego zwiększenia ich podaży można oczekiwać, że cen energii elektrycznej będą w przyszłości rosły i to szybciej niż koszty. Oznacza to, że będzie się opłacało eksploatować coraz większe wyrobiska i zwiększać podaż, bo proporcje cen do kosztów będą w długim okresie rosnące.

## 5. PODSUMOWANIE

Artykuł identyfikuje i omawia różnorodne czynniki ryzyka i zagrożenia pojawiające się w kolejnych etapach łańcucha tworzenia wartości w bilateralnym monopolu kopalni węgla brunatnego i elektrowni. Wskazano źródła ryzyka oraz omówiono różne jego typy, w szczególności: ryzyko geologiczne, finansowe i ekonomiczne, techniczne, ekologiczne, cen paliwa i energii w długoterminowym planowaniu. Za najistotniejsze źródło ryzyka uznano ryzyko geologiczne, związane z rozpoznaniem i oszacowaniem złoża. Wpływa ono istotnie na kolejne etapy działalności górniczo – energetycznej. Wykazano raz jeszcze [12], że pionowa integracja kopalni z elektrownią przyczynia się do redukcji, a nawet eliminacji niektórych typów i źródeł ryzyka. Integracja pionowa lub wspólne działanie redukują zagrożenie realizacji wariantu suboptymalnego rozwoju kopalni. Wyeliminowane jest też ryzyko cen paliwa. W zintegrowanym pionowo koncernie cena węgla nie ma bowiem wpływu na łączne zyski, a w niektórych przypadkach np. RWE, nie pojawia się wcale. Wspólnie obie strony mogą więc nie tylko zoptymalizować łączny zysk, lecz również istotnie zredukować ryzyko działania na niepewnym rynku energetycznym [12].

W artykule zwrócono też uwagę na coraz trudniejsze warunki działania omawianej branży w związku z rosnącą presją opinii publicznej i możliwością szantażu przez różne grupy mieniające się „obrońcami przyrody”.

## LITERATURA

- [1] BASTANTE F. G., TABOADA J.L., ALEJANO E. 2007. *Alonso, Optimization tools and simulation methods for designing and evaluating a mining operation*, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, September 08.

- [2] BERNSTEIN P.L., 1997. *Przeciw Bogom Niezwykłe Dzieje Ryzyka*: WIG–Press, Warszawa.
- [3] JURDZIAK L., 2000. *Uwzględnienie Ryzyka Zmiany Ceny Surowców Przy Sporządzaniu Optymalnego Harmonogramu Rozwoju Kopalni i Ocenie Jej Opłacalność*., Konferencja „Zarządzanie ryzykiem finansowym”, Wrocław.
- [4] JURDZIAK L., 2000. *Zarządzanie ryzykiem nowych przedsięwzięć w górnictwie*. Konferencja „Zarządzanie ryzykiem finansowym”, Wrocław.
- [5] JURDZIAK L., 2004. *Wpływ optymalizacji kopalń odkrywkowych na rozwiązanie modelu bilateralnego monopolu: kopalnia & elektrownia w długim okresie*. Górnictwo Odkrywkowe Nr 7–8.
- [6] JURDZIAK L., 2005. *Wpływ struktury organizacyjno-właścicielskiej na funkcjonowanie bilateralnego monopolu kopalni węgla brunatnego i elektrowni*. Węgiel brunatny – energetyka – środowisko. IV Międzynarodowy Kongres Górnictwo Węgla Brunatnego, Bełchatów, 6–8 czerwca. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 34, Seria: Konferencje, nr 112. Oficyna Wydaw. P.Wr., s. 299–308.
- [7] JURDZIAK L., 2006. *Czy integracja pionowa kopalń odkrywkowych węgla z elektrowniami jest korzystna i dla kogo?*. Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki nr 2, s. 24–33.
- [8] JURDZIAK L., 2006. *Negocjacje pomiędzy kopalnią węgla brunatnego a elektrownią jako kooperacyjna, dwuetapowa gra dwuosobowa o sumie niezerowej*. Energetyka. 2006 nr 2, s. 91–100.
- [9] JURDZIAK L., 2007. *Analiza ekonomiczna funkcjonowania kopalni węgla brunatnego i elektrowni z wykorzystaniem modelu bilateralnego monopolu, metod optymalizacji kopalń odkrywkowych i teorii gier*. Monografia. Oficyna Wyd. P.Wr. (w druku).
- [10] JURDZIAK L., 2007. *Schemat arbitrażowy Nasha, a podział zysków w bilateralnym monopolu kopalni węgla brunatnego i elektrowni*: Cz. 1. Podstawy teoretyczne. Cz. 2. Zastosowania w negocjacjach strategicznych i taktycznych. Górnictwo Odkrywkowe. R. 49, nr 1/2, s. 81–88.
- [11] JURDZIAK L., 2008. *Inherent conflict of individual and group rationality in relations of a lignite mine and a power plant*. International Mining Forum, Balkema (zgłoszony na konferencję).
- [12] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ L., 2007. *Elementy analizy ryzyka przy ocenie opłacalności produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego*: Gospodarka surowcami mineralnymi, Kwartalnik, Tom 23– zeszyt specjalny, 131–150, PKG, Kraków.
- [13] JURDZIAK L., WIKTOROWICZ L., 2008. *Conditional and Monte Carlo simulation – tools for risk identification in mining projects*: International Mining Forum, Balkema, (zgłoszony na konferencję)
- [14] NAWORYTA W., MAZUREK S., 2007. *Weryfikacja poprawności doboru gęstości sieci otworów rozpoznawczych dla określonego stopnia rozpoznania parametrów złoża z zastosowaniem metod geostatystycznych*: GO 5–6.
- [15] SNOWDEN D.V., GLACKEN I., NOPPE M., 2002. *Dealing With Demands of Technical Variability and Uncertainty Along the Mine Value Chain*, Value Tracking Symposium, Brisbane, Qld, 7–8 October 2002.
- [16] VANN J., BERTOLI O. and JACKSON S., 2002. *An Overview of Geostatistical Simulation for Quantifying Risk*, Proceedings of the Geostatistical Association of Australasia Symposium "Quantifying Risk and Error" March.

Artykuł powstał w ramach projektu celowego „Foresight” nr WKP\_1/1.4.5/2/2006/4/7/585/2006 „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego” realizowanego przez konsorcjum firm koordynowanych przez IGO „Poltegor–Instytut”.

The objective of this paper is identification of risk factors in a bilateral monopoly of a lignite mine and a power plant. The paper described a bilateral monopoly market and risk factors which appear on each step of value creation chain from the lignite deposit, through mine and power plant until the sale of electric energy on the energy market. The sources of risk have been depicted and different types of risk have been described including: political, economical, legal, social, geological, financial, technological, ecological, connected with fuel price variation, organizational and price of energy risk in long term planning horizon.