

Leszek JURDZIAK*

Korzyści z integracji pionowej kopalń węgla brunatnego i elektrowni

STRESZCZENIE. Możliwość optymalizacji wspólnych działań kopalni węgla brunatnego i elektrowni poprzez wybór wyrobiska docelowego maksymalizującego łączny zysk jest zagrożona sprzecznością interesów obu stron bilateralnego monopolu, istniejącą asymetrią informacji oraz ich oportunistycznym. Integracja pionowa niweluje to zagrożenie przynosząc wiele innych pozytywnych efektów w postaci likwidacji problemu nakładania podwójnych marż oraz redukcji ryzyka operacyjnego poprzez zintegrowane zarządzanie ryzykiem w grupach energetycznych. Istotną sprawą dla inwestorów decydujących o budowie nowych kopalń i elektrowni oraz instytucji finansowych obsługujących takie projekty jest przede wszystkim redukcja ryzyka poniesienia straty przez zintegrowanego producenta w stosunku do ryzyka kopalni i elektrowni działających osobno. Dzięki integracji zmniejsza się też ryzyko przy eksploatacji większych wyrobisk, co zapewnia lepsze wykorzystanie zasobów. Dzięki temu integracja pionowa nie stwarza zagrożenia dla odbiorców energii, gdyż wyrobisko docelowe optymalne dla zintegrowanego producenta będzie większe niż optymalne tylko dla kopalni.

SŁOWA KLUCZOWE: bilateralny monopol, optymalizacja Lerchsa-Grossmanna, wykorzystanie zasobów, gra o sumie zerowej, gra o sumie niezerowej, ryzyko operacyjne, zintegrowane zarządzanie ryzykiem

* Dr inż. – Instytut Górnictwa, Politechnika Wrocławska, Wrocław.

Wprowadzenie

Korzyści z integracji pionowej elektrowni typu *mine-mouth* i pobliskich kopalń węgla lub przynajmniej z ich ścisłego związku dzięki długoterminowym kontraktom były już opisane z punktu widzenia kosztów transakcyjnych przez Williamsona (1998), Joskova (1987, 2003) i Kerkvlieta (1991) oraz z punktu widzenia strategicznych korzyści rynkowych przez Portera (1985). Pomimo że trzej pierwsi autorzy opisali sytuację na rynku energii elektrycznej sprzed ponad 20 lat, zauważone przez nich korzyści z integracji lub bliskich związków, są szczególnie prawdziwe dla kopalń węgla brunatnego i elektrowni dziś z powodu braku możliwości ich rozbicia jak to miało miejsce na rynku węgla kamiennego (Jurdziak 2005a). Elektrownie nie mogą kupować węgla brunatnego z innych źródeł, gdyż ich kotły są przystosowane dla konkretnego węgla brunatnego z pobliskiej kopalni, a kopalnie nie mogą sprzedawać węgla innym producentom energii, bo koszty transportu są zbyt wysokie, by było to dla nich opłacalne. Obie strony realizują inwestycje specyficzne dla tych relacji, prowadzi to do bliskich związków i wynikających z nich korzyści np. obniżenie kosztów transakcyjnych, bezpieczeństwo dostaw itd. Obecnie rynek węgla kamiennego jest inny, jest znacznie bardziej konkurencyjny niż to był poprzednio i elektrownie mogą kupować paliwo od innych dostawców skupiając się więcej na parametrach jakościowych węgla z powodu wymogów ochrony środowiska niż na jego cenie. Kopalnie węgla również zainwestowały w instalacje wzbogacania węgla, co zwiększyło jego wartość i umożliwiło konkurowanie na rynkach międzynarodowych. Liczba elektrowni typu *mine-mouth* zmniejszyła się znacznie na rynku węgla kamiennego, ale nie w branży węgla brunatnego z powodu wyżej wspomnianych przyczyn.

W pracy zaproponowano inne podejście niż opisane powyżej. Nie kwestionując korzyści płynących ze zmniejszenia kosztów transakcyjnych i ścisłego związku obu stron, czy korzyści strategicznych (Jurdziak 2005a), podkreślono inny aspekt integracji. Na pierwszy plan wysunięto eliminację groźby suboptymalnego wykorzystania zasobów z powodu wbudowanego konfliktu racjonalności indywidualnej i grupowej w bilateralnym monopolu (BM) kopalni węgla brunatnego i elektrowni. Podejście oparto na najnowszych osiągnięciach w poszukiwaniu optymalnego rozwiązania maksymalizującego łączne zyski obu stron zarówno poprzez zastosowanie metod optymalizacji kopalń odkrywkowych, jak i teorii gier (Jurdziak 2007).

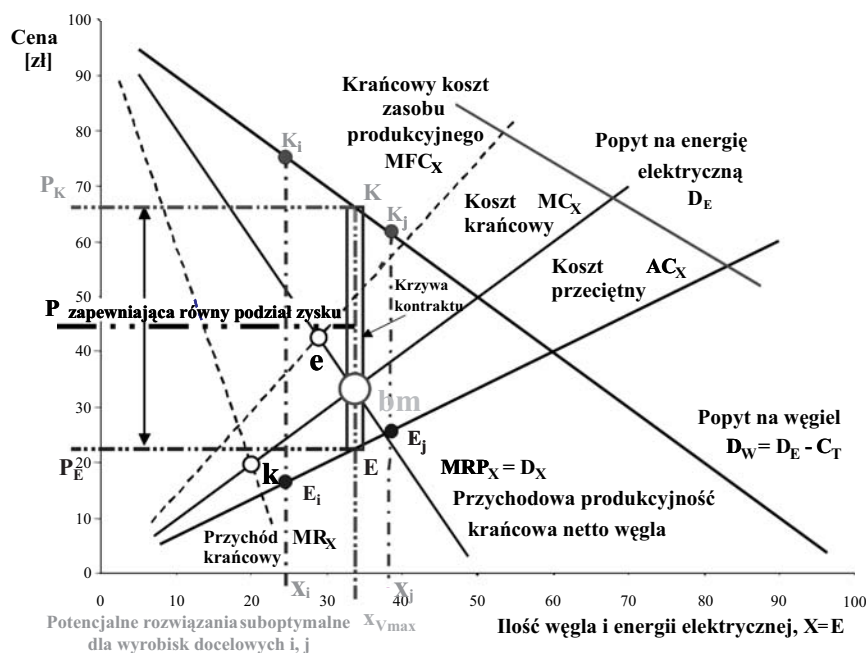
1. Kopalnia i elektrownia jako bilateralny monopol

Odkrywkowa kopalnia węgla brunatnego i elektrownia mogą być potraktowane, jako idealny przykład monopolu bilateralnego (BM). Monopol w górze strumienia przetwarzania dóbr (kopalnia) sprzedaje półprodukty (węgiel brunatny) do monopsonu w dole tego stru-

mienia (elektrownia), który sprzedaje produkty finalne (energię elektryczną) użytkownikom końcowym. Na rynku energii elektrycznej elektrownia może być cenotwórcą (monopolem) albo cenobiorcą (konkurencyjną firmą).

W klasycznym rozwiązaniu (Jurdziak 2004a) cena półproduktu (węgla brunatnego) nie ma wpływu na wybór produkowanej ilości, która byłaby określona na podstawie znajomości kosztu krańcowego jego produkcji MC_X ($c_K'(x)$) i jego przychodowej produktywności krańcowej netto MRP_X . Cena węgla brunatnego powinna, więc być wynegocjowana gdzieś między cenami p_E i p_K (cenami zapewniającymi progi rentowności kopalni i elektrowni, (rys. 1) na krzywej kontraktu. Wynegocjowana cena nie ma więc wpływu na łączny zysk (!), lecz decyduje jedynie o jego podziale pomiędzy obie strony pokazując ich siłę przetargową. Negocjacje ceny węgla są wtedy grą o sumie zerowej. Elektrownia wymuszając w trakcie negocjacji obniżenie ceny węgla zyska dokładnie tyle ile na tej obniżce straci kopalnia i na odwrót kopalnia podnosząc cenę węgla zyska tyle, co straci elektrownia (Jurdziak 2006).

Klasyczne rozwiązanie opisane w literaturze (np. Blair i in. 1989) i przedstawione poniżej graficznie (rys. 1) jest odpowiednie dla kopalni i elektrowni, jeśli nie mają one żadnej możliwości albo woli zmiany wielkości i kształtu wyrobiska docelowego – co oznacza, że ilość węgla brunatnego jest ograniczona i zdeterminowana np. wybranym projektem kopalni. Niestety proponowane w nim wyrobisko może istotnie odbiegać od optymalnego zawierającego x_{bm} węgla, tak jak np. przy eksploatacji wyrobisk i lub j (rys. 1).



Rys. 1. Maksymalizacja łącznych zysków w BM poprzez eksploatację optymalnej ilości węgla x_{bm} i suboptymalne rozwiązania dla wyrobisk i i j zawierających inną ilość (większą i mniejszą, odpowiednio)

Fig. 1. Maximisation of joint profits in the BM by excavation optimal amount of lignite x_{bm} and suboptimal solutions for pits i and j containing different amount (lower and greater, appropriately)

Jednak gdy kopalnia ma możliwość dostosowania kształtu i rozmiarów wyrobiska docelowego do ceny węgla brunatnego i innych zmieniających się warunków ekonomicznych poprzez optymalizację wyrobisk odkrywkowych i proces parametryzacji z wykorzystaniem algorytmu Lerchsa-Grossmana (L-G), to można znaleźć najlepsze wyrobisko docelowe spośród szeregu innych wyrobisk zagnieżdżonych, które zmaksymalizuje łączne zyski całego układu (Jurdziak 2004b,c). Rozwiązanie dla zmodyfikowanego i pionowo zintegrowanego BM jest zdeterminowane zarówno w zakresie ilości węgla (optymalna wyrobisko) jak i jego ceny.

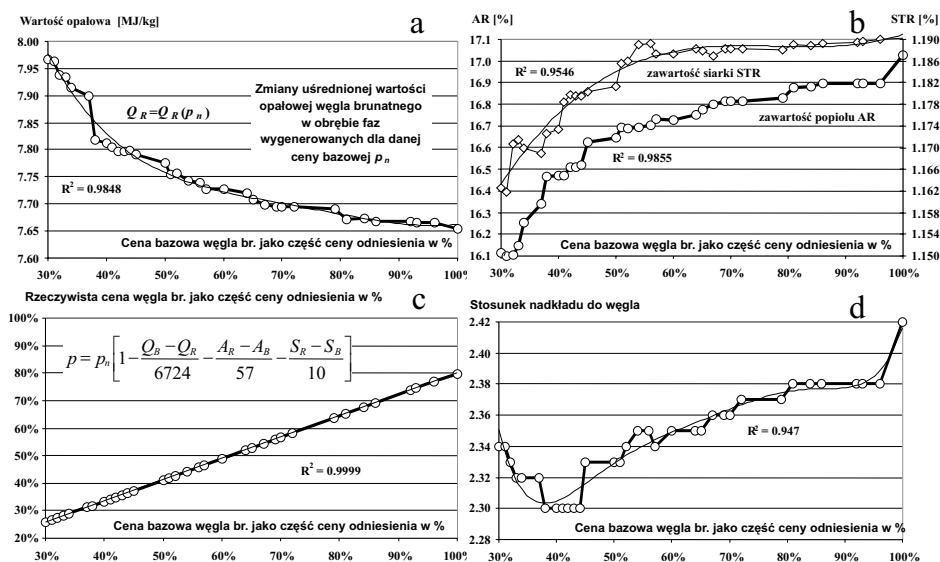
Rozwiązanie to może być znalezione poprzez określenie pośredniego, zależnego od złoża i nieliniowego (skokowego), wpływu ceny bazowej węgla brunatnego na jego podaż w długim okresie (rys. 2) oraz zmianę szeregu parametrów wygenerowanych wyrobisk zagnieżdżonych takich jak stosunek N : W, uśredniona zawartość siarki i popiołu w węglu oraz jego wartość opałowa (rys. 3), które są wykorzystywane w formule ceny węgla brunatnego i do obliczeń przepływów pieniężnych netto z ich eksploatacji (Jurdziak, Kawalec 2004; Jurdziak 2004c).

Możliwość wyboru jednego wyrobiska spośród wielu uzyskanych z optymalizacji Lerchsa-Grossmana powoduje, że negocjacje ceny węgla stają się grą o sumie dodatniej. Zmiana ceny węgla pociąga za sobą zmianę wyrobiska docelowego na optymalne właśnie dla niej, a to zmienia łączny wynik finansowy układu. Można więc wybrać takie wyrobisko (lub cenę), które zmaksymalizuje łączny zysk BM z jego eksploatacji. Kooperując można więc powiększyć „wielkość tortu do podziału”, dlatego w pracy (Jurdziak 2006) zaproponowano rozdzielanie wyboru wyrobiska od podziału zysku i rozgrywanie gry negocjacyjnej pomiędzy kopalnią a elektrownią w dwóch etapach. W pierwszym, kooperacyjnym etapie, powinno się wybierać wyrobisko docelowe maksymalizujące łączne zyski, co jest równoznaczne z wyborem optymalnej ceny węgla zachęcającej kopalnię do jego eksploatacji. Dopiero



Rys. 2. Krzywa podaży węgla w długim okresie – relacja pomiędzy ceną węgla a jego ilością w 34 wyrobiskach zagnieżdżonych wygenerowanych dla złoża Szczerców (Jurdziak, Kawalec 2004)

Fig. 2. The long run lignite supply – the relation between lignite price and amount of lignite inside 34 nested pits generated for the Szczercow deposit (Jurdziak, Kawalec 2004)



Rys. 3. Pośredni wpływ ceny bazowej węgla na zmiany wartości opałowej, zawartości siarki i popiołu oraz rzeczywistej ceny węgla i stosunku N : W wyznaczony na bazie 34 wyrobisk zagnieżdżonych wygenerowanych dla złoża Szczerców (Jurdziak, Kawalec 2004)

Fig. 3. The indirect influence of base price of lignite on changes of calorific value, sulphur and ash content, real lignite price and stripping ratio based on averaged parameters of 34 nested pits generated for the Szczerców deposit (Jurdziak, Kawalec 2004)

w drugim etapie wybierana byłaby cena transferowa węgla prowadząca do uzgodnionego podziału zysku. Należy podkreślić, że to przyjęty podział zysku prowadziłyby do wyznaczenia ceny transferowej węgla, a nie odwrotnie. Oczywiście drugi etap byłby grą o sumie zerowej, ale przedmiotem podziału byłby maksymalny zysk. Niestety, takie rozwiązanie trudne jest do osiągnięcia z uwagi na asymetrię informacji (m.in. o złożu) i istnienie sprzeczności interesów obu stron. Zachęty do oportunistów mogą się pojawić nie tylko przy dwóch różnych właścicielach obu stron BM (Jurdziak 2005b).

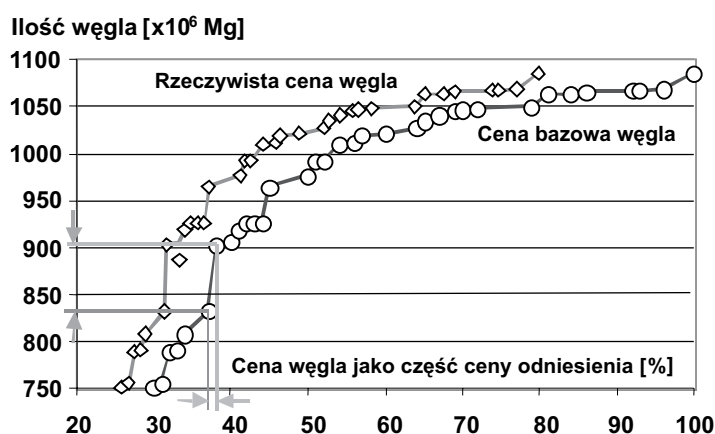
2. Asymetria informacji i sprzeczność interesów w BM

W BM kopalni i elektrowni to kopalnia jest tą stroną, która ma przewagę informacyjną nad elektrownią. Ta przewaga wynika ze znajomości złoża węgla brunatnego. Kopalnia zna jakość węgla i warunki eksploatacji w obszarze przewidzianej eksploatacji i może prognozować koszty eksploatacji na bazie danych o kształcie i wielkości złoża oraz znajomości ilości węgla i nadkładu. Oczywiście wiedza ta jest tylko szacunkowa, gdyż złożo jest rozpoznane w dyskretnych miejscach. Niemniej kopalnia posiada tę wiedzę, a elektrownia nie. Sama wiedza nie stwarza istotnej przewagi, zwłaszcza w krótkim okresie. Co najwyżej

może stanowić usprawiedliwienie braku wywiązania się kopalni ze zobowiązań co do terminów, ilości i jakości dostarczanego węgla. Może jednak być wykorzystana do krótko-terminowej optymalizacji rozwoju kopalni poprzez mieszanie węgla z różnych frontów. (Kawalec 2004).

W długim okresie kopalnia może jednak dla każdej ceny węgla znaleźć wyrobisko optymalne, maksymalizujące niezdyktowane przepływy finansowe netto z jego eksploatacji, dzięki wykorzystaniu algorytmu Lerchsa-Grossmanna (rys. 2). Kooperacja obu stron BM i zastosowanie prezentowanego tu rozwiązania może prowadzić do właściwego określenia zasobów przemysłowych dla całego układu kopalni i elektrowni (Jurdiak, Kawalec 2008a). W alternatywnym podejściu wyrobiska zagnieżdżone uzyskane z parametryzacji L-G mogą być zastąpione przez wiązkę optymalnych harmonogramów rozwoju kopalni wygenerowanych w programach optymalizacyjnych (takich jak np. NPVScheduler+) dla różnych cen węgla. Choć takie podejście jest lepsze z uwagi na wykorzystanie wartości zdyskontowanych i harmonogramów, to jednak jest znacznie bardziej złożone z uwagi na skalę szczegółów niezbędnych do sporządzenia optymalnych planów rozwoju kopalni dla różnych cen węgla.

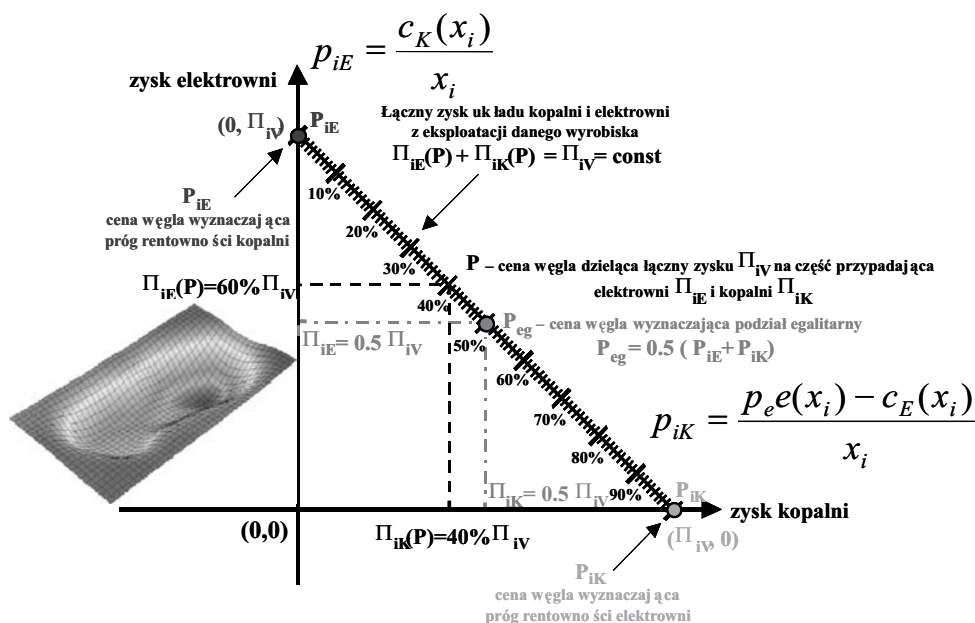
Możliwość optymalnego dopasowania kształtu i wielkości wyrobiska docelowego (lub pozostałej do wybrania części złoża, gdy eksploatacja się już kończy) stwarza strategię dominującą dla kopalni. Elektrownia obniżając cenę węgla w trakcie negocjacji nigdy nie wie, czy kopalnia optymalnie dopasowując się do niej nie zrezygnuje z eksploatacji bieżącego wyrobiska na rzecz mniejszego, lecz przynoszącego jej więcej zysków (z uwagi na jego optymalność) niż bieżące eksploatowane przy obniżonej cenie. Ponieważ zmiany nie są liniowe czasami niewielkie zmiany ceny węgla mogą prowadzić do znacznych zmian wielkości i kształtu wyrobiska (pozostałej do eksploatacji części) (rys. 4). W konsekwencji zamiast spodziewanego wzrostu zysku elektrowni, zarówno ona jak i kopalnia mogą mieć dużo niższe zyski w długim okresie.



Rys. 4. Duże i skokow zmiany wielkości zagnieżdżonych wyrobisk docelowych na skutek niewielkiej zmiany ceny węgla brunatnego na przykładzie wyników optymalizacji złoża Szczerców

Fig. 4. Big and stepwise changes of size of nested pits in effect of little change of lignite price on example results of optimization of the Szczerców deposit

Dla każdego z wyrobisk zagnieżdżonych można znaleźć dwie ceny węgla: p_{iE} i p_{iK} , dla których kopalnia i elektrownia (odpowiednio) osiągają progi rentowności (ich przychody pokrywają jedynie ich koszty) (rys. 5).



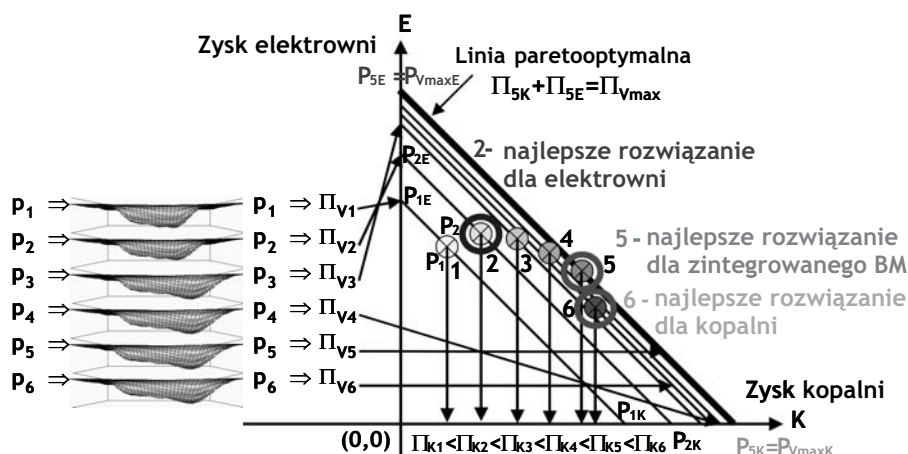
Rys. 5. Krzywa kontraktu dla wyrobiska zagnieżdżonego i (przedział cen pomiędzy cenami wyznaczającymi progi rentowności p_{iE} i p_{iK}) na linii łącznego zysku $\Pi_{iV} = \Pi_{iK} + \Pi_{iE} = \text{const}$ z poziomiami cen węgla

Fig. 5. The contract curve for the particular nested pit i (the price interval between break even prices p_{iE} and p_{iK}) on the joint profits line $\Pi_{iV} = \Pi_{iK} + \Pi_{iE} = \text{const}$. with lignite price contours

Jest również cena węgla p_i , która maksymalizuje wartość złoża Π_{iK} w wyrobisku i w porównaniu do zysków osiąganych z eksploatacji innych wyrobisk zagnieżdżonych. Taka cena istnieje, gdyż jest to jedno z wyrobisk zagnieżdżonych wygenerowanych w procesie parametryzacji i dlatego jest to wyrobisko optymalne dla danej ceny p_i . Cena ta, którą można nazwać ceną graniczną, jest najniższą ceną węgla, dla której to wyrobisko zapewnia najwyższy zysk Π_{iK} . Jeśli następna cena graniczna $p_{(i+1)}$ dla następnego wyrobiska ($i+1$, większego) jest niższa od p_{iK} to dla cen z przedziału $[p_{(i+1)}, p_{iK}]$ dla kopalni lepiej jest eksploatować wyrobisko większe. Dla cen z przedziału cen granicznych $[p_i, p_{(i+1)}]$ zysk kopalni wzrasta liniowo z poziomu Π_{iK} i wyrobisko i jest najlepsze (zapewnia największe przepływy netto z eksploatacji różnych wyrobisk). Dla ceny granicznej $p_{(i+1)}$ przepływ gotówki $\Pi_{(i+1)K}$ jest większy i dla kopalni jest lepiej eksploatować następne wyrobisko ($i+1$) niż poprzednie.

W tandemie kopalni węgla brunatnego i elektrowni istnieje wbudowany konflikt racjonalności indywidualnej i grupowej (Jurdiak 2008b) – konflikt maksymalizacji własnych zysków przez obie strony i maksymalizacji łącznych zysków (rys. 6). Kopalnia ma przewagę informacyjną (zna złożo) i zawsze może zastosować swoją strategię dominującą (Jurdiak 2006) – wybierając za wyrobisko docelowe to z wyrobisk zagnieżdżonych, które maksy-

malizuje je własny zysk, zamiast wyrobiska maksymalizującego łączny zysk (nie mówiąc o wyrobisku maksymalizującym zysk elektrowni) (rys. 6). Ta zachęta do oportunistyki pojawia się, gdy wynegocjowana cena węgla jest niższa od ceny optymalnej stanowiącej zdeterminowane rozwiązanie zmodyfikowanego BM. W konsekwencji możliwe do osiągnięcia rozwiązanie optymalne nie jest bezpieczne. Indywidualna chęć maksymalizacji tylko własnych zysków jest naturalnym zachowaniem w warunkach ekonomii rynkowej, zwłaszcza gdy mamy do czynienia z dwoma różnymi właścicielami obu stron BM.



Rys. 6. Potencjalny konflikt interesów pomiędzy kopalnią, a elektrownią z uwagi na różnice udziałów w zysku (Π_{iK} , Π_{iE}) i łącznego zysku (Π_{iV}) przy eksploatacji różnych wyrobisk zagnieżdżonych (i)

Fig. 6. Possible conflict of interests between a mine and a power plant due to differences of their profits shares (Π_{iK} , Π_{iE}) and joint profit (Π_{iV}) for excavation of different nested pits (i)

Oportunizm jednej lub obu stron BM może się pojawić również w innych strukturach właścicielskich np. w joint ventures lub holdingach, jeśli nie ma w nich wspólnego ośrodka zarządzania lub nie ma pełnej pionowej integracji (Jurdziak 2005b).

Oportunizm może prowadzić do realizacji wariantu suboptymalnego w sensie Pareto, co oznacza eksploatację mniejszego wyrobiska niż optymalne dla zintegrowanej firmy i w konsekwencji zmniejszenie zasobów przemysłowych, krótszy okres eksploatacji złoża i niższe zyski dla przynajmniej jednej ze stron.

3. Integracja pionowa sposobem na uniknięcie problemu nakładania podwójnej marży

Niezależnie od korzyści, jakie może przynieść użytkownikom energii elektrycznej integracja pionowa kopalń węgla brunatnego i elektrowni, można wskazać argumenty na pro-

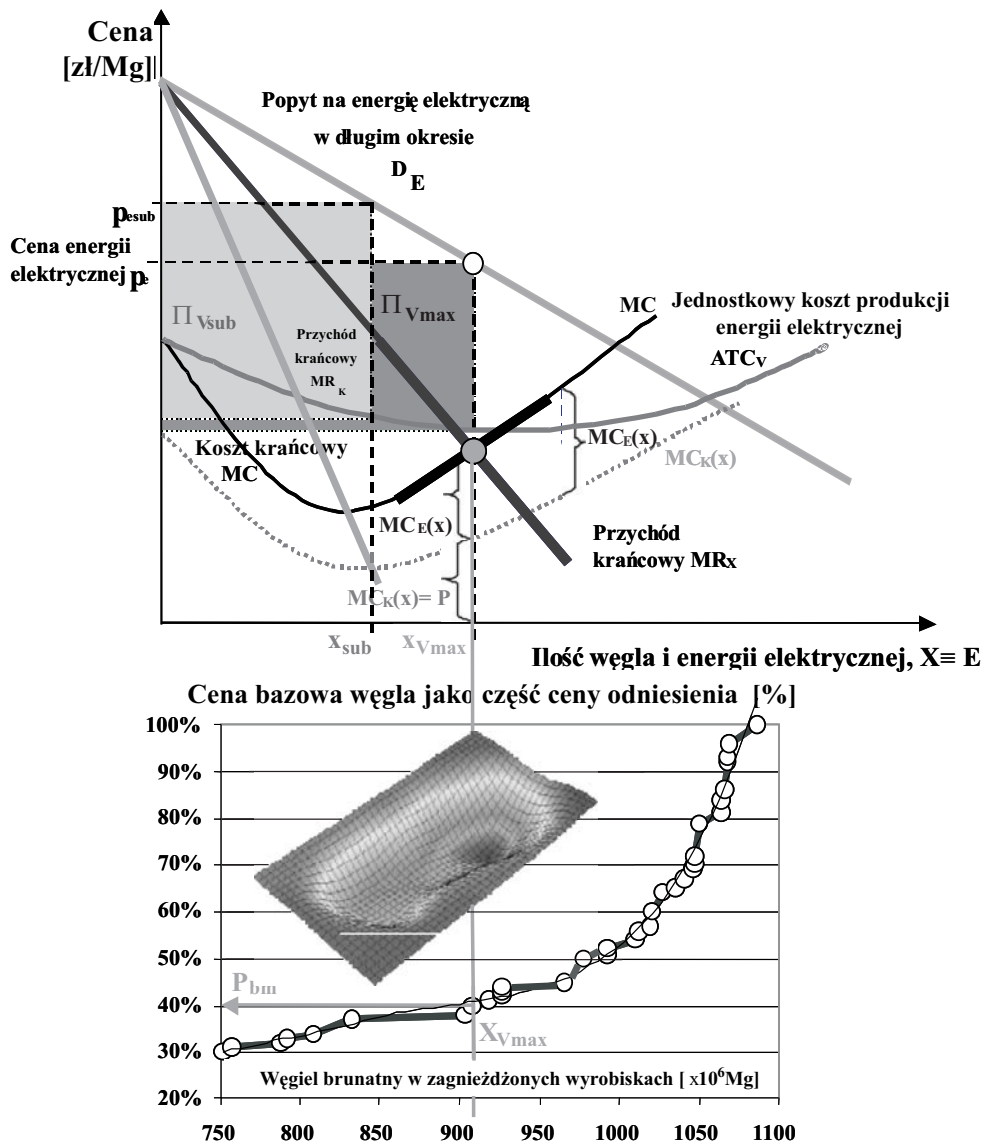
konkurencyjność takiego połączenia. W przypadku, gdy oba podmioty w łańcuchu przetwarzania dóbr dysponują siłą monopolu na swoich rynkach i funkcjonują osobno, może to prowadzić do ich nieefektywnego działania, jeśli zabraknie mechanizmu koordynującego ich decyzje. Zagadnienie to nazywane problemem nakładania podwójnej marży/narzutu (podwójnej marginalizacji – *double marginalization*) lub wykorzystywania siły rynkowej w kolejnych etapach/poziomach pionowego łańcucha dostaw – datowane jest od pracy Lerner (1934) i Spenglera (1950). Pojawia się, gdy więcej niż jedna firma w łańcuchu dostaw styka się z nachyloną ujemnie krzywą popytu, co zachęca ją do wyceny produktu z marżą powyżej kosztu krańcowego. Sekwencja marż prowadzi do wyższych cen dla dóbr finalnych i mniejszego łącznego zysku dla firm w łańcuchu niż można osiągnąć przy ich pionowej integracji. Dzięki integracji możliwy jest nie tylko wzrost zysku zintegrowanych firm, lecz również nadwyżki konsumentów (Badasayan et al. 2005). Osiągnięcie tego samego celu jest możliwe bez integracji pionowej. Wypracowano na to kilka sposobów charakterystycznych jednak dla innych branż niż górnictwo i energetyka. Dotyczy to zwłaszcza wertykalnego zarządzania cenami w relacjach producentów i handlowców, w których konkurencja skoncentrowana jest na cenie (konkurencja Bertranda), a nie na wielkości produkcji (konkurencja Cournot) (Simon 1996).

W łańcuchu dostaw energii elektrycznej z węgla brunatnego kopalnia dysponuje siłą monopolu, a elektrownia może być cenotwórcą, gdy struktura rynku nie zapewnia pełnej konkurencyjności. Brak koordynacji działań obu stron (np. z uwagi na dbanie przez każdą ze stron jedynie o własne interesy) prowadzi do nieefektywnego wyznaczenia poziomu produkcji. Przy braku kooperacji wielkość produkcji zostanie dobrana na poziomie przynoszącym mniejszy łączny zysk niż możliwy do osiągnięcia przy jej zwiększeniu. Oznacza to mniejszą liczbę transakcji na rynku i wyższe ceny niż przy maksymalizacji łącznego zysku. Paradoksalnie współpraca obu stron – zмова mająca zapewnić im większe zyski, prowadzi do zwiększenia liczby transakcji i niższych cen, a więc powiększa dobrobyt społeczny. Zapewnia więc większy stopień zaspokojenia potrzeb społecznych w zakresie zaspokojenia popytu na produkt finalny tego układu (Motta 2004). W przypadku posiadania przez elektrownie wpływu na cenę, np. poprzez stworzenie pionowych struktur obejmujących dystrybutorów energii i podziale geograficznym rynku (tworzenie lokalnych monopolii takich jak np. Polska Grupa Energetyczna) funkcjonowanie kopalni, jako osobnych struktur gospodarczych jest niecelowe z ekonomicznego punktu widzenia. Prowadzi bowiem do pojawienia się problemu podwójnej marginalizacji, co nie tylko zmniejsza dobrobyt konsumentów, ale również zyski koncernu energetycznego.

Model i rozwiązanie analityczne zagadnienia podwójnej marginalizacji opisano w pracy (Pepall i in. 2005 oraz Church, Ware 2000; Motta 2004). Zawarte są również w pracy (Jurdziak 2008c), w której przedstawiono również wybór wyrobiska docelowego na bazie kosztów krańcowych (rys. 7). Prowadzi on do optymalnego rozwiązania zmodyfikowanego BM, ale od innej strony niż w pracy (Jurdziak 2007).

Można zauważyć (rys. 7), że:

- ✧ suboptymalna ilość węgla x_{sub} (optymalna tylko dla kopalni) jest mniejsza niż optymalna dla całego układu x_{Vmax} ,
- ✧ łączny zysk osiągnięty przy optymalnej ilości węgla jest większy niż przy ilości suboptymalnej ($\Pi_{Vmax} > \Pi_{sub}$).



Rys. 7. Wyznaczanie optymalnej ilości i ceny węgla na bazie kosztów krańcowych jego wydobycia $MC_K(x)$ i produkcji energii $MC_E(x)$ oraz popytu na nią w długim okresie (Jurdziak 2008c; Samuelson, Marks 1998)

Fig. 7. Determination of lignite amount and price based on marginal costs of its excavation $MC_K(x)$ and energy production $MC_E(x)$ as well as on demand for it in the long run (Jurdziak 2008c; Samuelson, Marks 1998)

Jeśli na linię popytu na energię D_E popatrzymy jak na popyt krótkoterminowy np. roczny, to wtedy x_{Vmax} i x_{sub} można zinterpretować jako optymalne i suboptymalne poziomy wydobycia węgla w ciągu roku. Oczywiście, wtedy należy pominąć dolną część rysunku, gdyż jest ona istotna tylko dla długiego okresu. Wykres ten potwierdza, że również w przy-

padku kopalni i elektrowni jest możliwe podniesienie ich efektywności działania poprzez wyeliminowanie podwójnej marginalizacji. Pionowe połączenie kopalni i elektrowni powinno od razu przynieść bezpośrednie korzyści w skali jednego roku, bez czekania na rozliczenia wyników z całego życia kopalni. W krótkim okresie wybór wyrobiska docelowego nie jest bowiem istotny, podobnie jak istnienie asymetrii informacji. Wybór poziomu sprzedaży węgla jednak już ma wpływ na zyski obu stron. Działając wspólnie kopalnia i elektrownia będą sprzedawać więcej energii elektrycznej niż optymalizując swoje działania osobno. Użytkownicy energii mogą jej kupić więcej i po niższych cenach właśnie wtedy, gdy kopalnia i elektrownia się dogadują w celu maksymalizacji łącznego zysku. Potwierdza to analiza działania obu stron BM w krótkim okresie (Jurdiak 2007; Jurdiak 2008a). Z uwagi na wpływ ceny węgla na decyzje podażowe elektrowni jego zakup po cenach wyższych od kosztów krańcowych jego wydobycia (z marżą) może, w przypadku gdy elektrownia ma wpływ na cenę energii (jest cenotwórcą), doprowadzić do pojawienia się efektu podwójnej marży. W efekcie łączny zysk w krótkim okresie może być niższy od możliwego do osiągnięcia. Oczywiście sprawy ceny rozliczeniowej i podziału zysku muszą być rozwiązane w odpowiednio przygotowanych kontraktach o ile strony nie decydują się na integrację. Ważne są też długoterminowe konsekwencje krótkoterminowych rozwiązań, gdyż jak pokazały dotychczasowe rozważania mogą być one kluczowe dla obu stron i całego społeczeństwa.

4. Redukcja ryzyka inwestycyjnego i zintegrowane zarządzanie ryzykiem operacyjnym

Ważnym wnioskiem z przeprowadzonych wstępnych analiz ryzyka w ocenie opłacalności produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego z wykorzystaniem metod symulacji Monte Carlo (Jurdiak, Wiktorowicz 2007–2008) jest istotna redukcja ryzyka elektrowni, którą można osiągnąć poprzez połączenie (zintegrowanie) jej z kopalnią. Integracja pionowa nie tylko redukuje prawdopodobieństwo poniesienia straty przez elektrownię, ale zapewnia również możliwość opłacalnej eksploatacji dużych wyrobisk, które nie zostałyby wybrane w przypadku przynależenia obu stron do dwóch różnych właścicieli. Integracja pionowa zwiększa, więc zasoby bilansowe węgla i istotnie redukuje ryzyko przy ich eksploatacji. Obie strony działając wspólnie lub łącząc się mogą nie tylko zmaksymalizować łączny zysk, lecz również istotnie zredukować ryzyko działania (ryzyko straty) na niepewnym rynku energetycznym.

Poruszone powyżej zagadnienia dotyczą redukcji ryzyka w skali całego okresu działania obu podmiotów. Są więc niezmiernie istotne dla podjęcia decyzji o rozpoczęciu nowych inwestycji energetycznych – rozpoczęciu udostępniania nowego złoża i budowy nowej elektrowni spalającej węgiel brunatny. Mogą więc pomóc w podjęciu decyzji o budowie nowej kopalni i elektrowni np. Legnica, czy Gubin. Inwestycje te są ogromnie kosztowne (są

wielomiliardowe), okres zwrotu jest bardzo długi, a inwestorzy obawiają się niepewności i zawirowań związanych z poziomem cen energii, wielkością limitów i ceną pozwoleń na emisję gazów cieplarnianych. Przyczynia się to do trudności ze znalezieniem ich finansowania, gdyż nie tylko bezpośredni inwestorzy, lecz i banki oraz instytucje finansowe boją się wyłożyć tak ogromne kwoty. Możliwość redukcji ryzyka poprzez integrację pionową i obniżenie zagrożenia opłacalności przy eksploatacji większych wyrobisk mogą więc zachęcić inwestorów do podjęcia pozytywnej decyzji.

W pracy (Kuciński 2008) zwrócono uwagę na jeszcze inny aspekt redukcji ryzyka przy integracji pionowej – likwidację nieefektywności przenoszenia ryzyka na poddostawców w łańcuchu tworzenia wartości w firmach energetycznych. Klasyczne zarządzanie ryzykiem nakazuje każdej firmie identyfikowanie ryzyk, badanie ich istotności i prawdopodobieństwa materializacji, zarządzanie nimi z naciskiem na ich ograniczenie na ekonomicznie uzasadnionych zasadach i kontrolowanie skuteczności podjętych działań. Najbardziej skuteczne ograniczenie ryzyka następuje wtedy, gdy jest przeniesione poza firmę. Stosunkowo najlepsze efekty daje przeniesienie ryzyka na dostawcę lub odbiorcę, zwłaszcza gdy można na niego wyrzucić odpowiedzialność ekonomiczną. Z punktu widzenia całego łańcucha tworzenia wartości nie jest to jednak zjawisko efektywne.

Integracja pionowa wszystkich elementów grupy energetycznej obejmującej kopalnię, elektrownię i lokalnego dystrybutora energii i zintegrowane zarządzanie ryzykiem pozwala zredukować ryzyko działalności operacyjnej tych podmiotów i zmniejszyć koszty ubezpieczenia wzajemnych transakcji pomiędzy tymi podmiotami. Z uwagi na skalę działania takich grup korzyści z redukcji ryzyka i kosztów są znaczne. W efekcie zintegrowanego zarządzania ryzykiem jest ono zabezpieczane w tej jednostce, w której minimalizuje to koszt zabezpieczeń z punktu widzenia Grupy Energetycznej.

SAS Institute – lider w zakresie wdrożeń rozwiązań *Risk Intelligence* (RI), proponuje następujące cele zarządzania ryzykiem w Grupach Energetycznych (Kuciński, 2008):

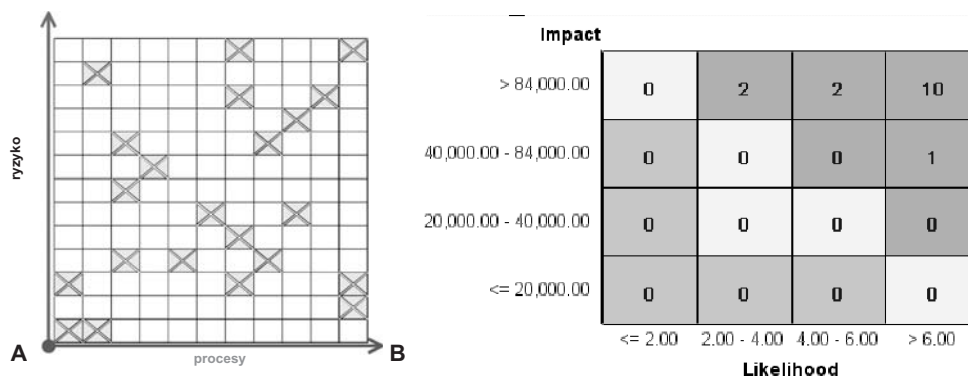
- ✧ optymalny dobór metod zarządzania ryzykiem z punktu widzenia całego łańcucha dostaw, a nie partykularnych interesów poszczególnych ogniw,
- ✧ obserwację zagrożeń z punktu widzenia skutków całego procesu (od wydobywania węgla do rozliczenia odbiorcy finalnego energii),
- ✧ formułowanie propozycji metod zarządzania ryzykiem przez wszystkich uczestników procesu, a szacowanie skuteczności metod na poziomie Grupy i kierownictwa Grupy, które podejmuje decyzję, co do wyboru optymalnej metody.

Rozwiązania RI wykorzystywane są w Polsce m.in. w BOT GiE S.A. do prowadzenia polityki zarządzania ryzykiem.

W każdej organizacji występuje wiele struktur biznesowych i z każdą z nich może być powiązane ryzyko, a każda z takich struktur wzajemnie się przenika.

Implementując proces zarządzania ryzykiem należy umiejscowić ryzyko w strukturach biznesowych organizacji, zdefiniować zależności funkcjonalne i formalne, np. odwzorować ryzyka związane z danym procesem (rys. 8.A) oraz stworzyć tzw. *Risk Heatmap* (mapy wpływu kluczowych zagrożeń) (rys. 8.B)

Proces zarządzania ryzykiem powinien być transparentny dla każdego ogniw procesu wytwarzania, przesyłu i dostarczania energii elektrycznej niezależnie od tego, czy jest to



Rys. 8. A – Powiązanie ryzyka z procesami realizowanymi w firmie w postaci macierzy ryzyk, B – Mapa wpływu ryzyka tzw. *Risk Heatmap* (Kuciński 2008)

Fig. 8. A – Tying together risk with process realized in a company in a form of the risk matrix, B – Map of risk influence, so called *Risk Heatmap* (Kuciński 2008)

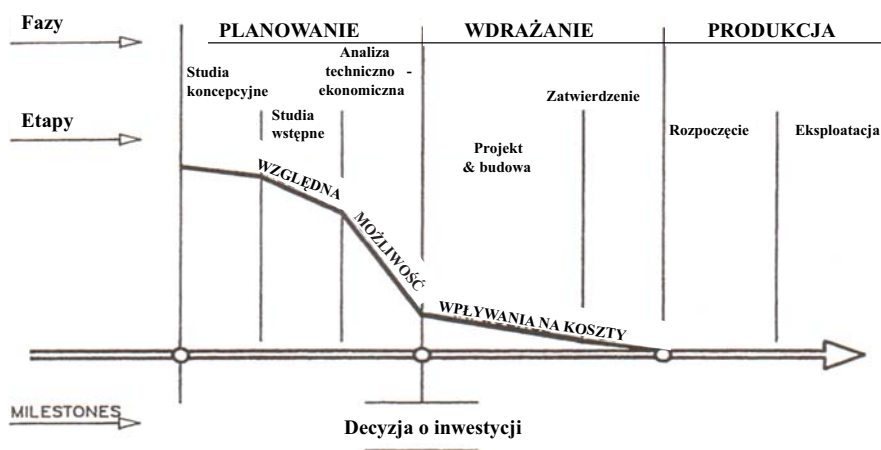
jeden podmiot czy cała Grupa Energetyczna. Aby to zadanie ułatwić w firmie SAS Institute opracowano specjalny moduł SAS OpRisk. Zapewnia on użytkownikom:

- ✧ kompleksowe obsłużenie procesu zarządzania ryzykiem,
- ✧ transparentność procesu zarządzania ryzykiem,
- ✧ szybsze identyfikowanie ryzyk i ich materializacji,
- ✧ łatwość zarządzania procesem,
- ✧ szybki i prosty dostęp do danych,
- ✧ skrócenie czasu przygotowywania raportów (dla regulatorów, instytucji nadzorujących lub na potrzeby własne) oraz
- ✧ zapewnienie natychmiastowego odwzorowania dynamicznie zachodzących zmian w Organizacji i jej otoczeniu.

Przedstawione narzędzie posiada interfejs przygotowany pod wdrożenie procesu zarządzania ryzykiem we wszystkich podmiotach Grupy Energetycznej tak, aby odzwierciedlało efekty zarządzania ryzykiem dla każdego z podmiotów oddzielnie oraz dla Grupy jako całości. Jak podaje firma SAS obecnie prowadzone są negocjacje w sprawie pierwszej instalacji OpRisk w Polsce.

Opisane powyżej korzyści z integracji pionowej i jego zintegrowanego zarządzaniem są oczywiście elementem zmniejszenia kosztów transakcyjnych. Połączenie firm np. w grupę lub ich pełna integracja pionowa sprawia, że transakcje pomiędzy nimi przestają być kontraktami rynkowymi obciążonymi ryzykiem biznesowym, lecz stają się transakcjami wewnątrz grupy znajdującymi się pod kontrolą wspólnego właściciela. Teoria kosztów transakcyjnych przyjmuje, że internalizacja transakcji rynkowych ma miejsce jedynie wtedy, gdy to się opłaca bardziej niż zaspokajanie potrzeb firmy poprzez rynek. Niewątpliwie korzyści ze zintegrowanego zarządzania ryzykiem operacyjnym istotnie obniżają koszty w łańcuchu tworzenia wartości i są znaczne z uwagi na skalę rocznych transakcji – nie powinny przekraczać jednak poziomu kilku lub najwyżej kilkunastu procent rocznych obrotów, czyli kosztów ubezpieczeń tych transakcji. Warto się jednak zastanowić jakiej

skali korzyści można się spodziewać po wyborze wyrobiska docelowego maksymalizującego łączne zyski całego układu. Według szacunków wykonanych w projekcie Foresight może być to rząd 20% łącznych zysków, który został osiągnięty po zastosowaniu ograniczonej optymalizacji w obrębie, zaproponowanej przez Poltegor Instytut, granicy eksploatacji. Pełna optymalizacja bez innych ograniczeń poza zadanymi kosztami powierzchniowymi (kosztów przesunięcia dróg, torów kolejowych, jezior i rzek, budynków itp.) może przynieść z pewnością jeszcze większy wzrost zysków (Jurdziak, Kawalec 2008b). Należy pamiętać, że to właśnie na etapie tworzenia koncepcji nowej kopalni i elektrowni (m.in. wyboru wyrobiska docelowego) można osiągnąć najwięcej w tym zakresie obniżenia poziomu przyszłych kosztów (rys. 9). Później na każdym etapie potencjalne realizacji inwestycji skala możliwych oszczędności maleje i w fazie operacyjnej (produkcyjnej) osiąga poziom kilkuprocentowy.



Rys. 9. Względna możliwość wpływania na poziom kosztów (Lee 1984 za Hustrulid, Kuchta 2006)

Fig. 9. Relative ability to influence costs (Lee 1984 za Hustrulid, Kuchta 2006)

Wnioski

Korzyści z integracji pionowej kopalni węgla brunatnego i elektrowni były już opisywane (Jurdziak 2005a). Omówiono je z punktu widzenia ekonomicznej teorii kosztów transakcyjnych i nowej instytucjonalnej ekonomii oraz analizy strategicznych przewag konkurencyjnych.

Nie umniejszając wagi i znaczenia tych korzyści w obecnej pracy, kontynuując zupełnie nowe podejście, skupiono uwagę na korzyściach wynikających z możliwości łącznej optymalizacji działań zintegrowanych firm zarówno w długim jak i krótkim okresie. Opierając się najnowszych wynikach analiz funkcjonowania kopalni węgla brunatnego i elektrowni z wykorzystaniem modelu bilateralnego monopolu, metod optymalizacji kopalni i teorii gier

(Jurdziak 2007) pokazano, że poprzez wybór odpowiedniego wyrobiska docelowego można zmaksymalizować łączne zyski.

Sprzeczność interesów, asymetria informacji i zachęty do oportunistycznego zachowania charakterystyczne dla bilateralnego monopolu stanowią poważne utrudnienie w osiągnięciu tego celu. Dzięki integracji pionowej obu stron BM można to zagrożenie skutecznie wyeliminować.

Zwrócono również uwagę na inne korzyści z integracji pionowej możliwe do osiągnięcia w krótkim okresie jak: wyeliminowanie problemu nakładania podwójnych marż oraz redukcję ryzyka operacyjnego poprzez zintegrowane zarządzanie ryzykiem w grupach energetycznych proponowane przez SAS Institute (Kuciński 2008).

Ważniejsze jednak z punktu widzenia podjęcia decyzji dotyczących nowych inwestycji energetycznych jest skala możliwych do osiągnięcia zysków dzięki zastosowaniu metod optymalizacji oraz redukcja ryzyka w okresie całego życia kopalni i przy eksploatacji dużych wyrobisk. Wskazują na to najnowsze wyniki zastosowania metod optymalizacji i analiz ryzyka z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo.

Czasami podnoszone są wątpliwości, że integracja pionowa firm może wzmacniać ich pozycję rynkową kosztem odbiorców energii. W przypadku kopalń węgla brunatnego i elektrowni ich integracja pionowa nie stwarza takich zagrożeń, gdyż wyrobisko optymalne dla zintegrowanego producenta energii będzie większe niż optymalne tylko dla kopalni. Zwiększa to podaż energii elektrycznej w długim okresie. Wyniki analizy działalności BM w krótkim okresie (Jurdziak 2008a) oraz możliwość pojawienia się problemu nakładania podwójnej marży (Jurdziak 2008c) pokazują, że również w krótkim okresie brak integracji może prowadzić do wyznaczenia nieoptymalnego poziomu produkcji, a więc do ograniczenia podaży i wzrostu cen energii dla konsumentów końcowych. Sytuacja jest więc zupełnie odwrotna, to brak integracji może okazać się niekorzystny dla konsumentów z uwagi na mniejszą podaż energii, wyższe jej ceny oraz nieefektywne wykorzystanie zasobów.

Zysk pionowo zintegrowanego BM nie zależy od ceny węgla brunatnego. Oznacza to, że jego poprawy należy szukać w optymalnym dopasowaniu kształtu i wielkości wyrobiska docelowego do popytu na energię w długim okresie (jej ceny), a nie przeciągających się negocjacji ceny węgla brunatnego. Dla wybranego optymalnego wyrobiska docelowego cena węgla brunatnego przesądza jedynie o podziale zysku pomiędzy elektrownię i kopalnię i nie może poprawić ich łącznego wyniku finansowego.

Publikacja oparta jest na wynikach projektu Foresight Nr WKP_1/1.4.5/2/2006/4/7/585/2006 i była sponsorowana przez projekt badawczy MNiSW, Nr N524 010 32/2086.

Literatura

- BADASYAN N., GOEREE K.K., HARTMANN M., HOLT Ch., MORGAN J., ROSENBLAT T., SERVATKA M., YANDELL D., 2005 – Vertical integration of successive monopolists: A classroom experiment. [In:] Internet. http://faculty.haas.berkeley.edu/rjmorgan/double_monopoly.pdf
- BLAIR R.D., KASERMAN D.L., 1987 – A note on bilateral monopoly and formula price contracts. The American Economic Review, June 77, 3.

- CHURCH J., WARE R., 2000 – Industrial organization: A strategic approach. [In:] Irwin McGraw-Hill.
- HUSTRULID W., KUČHTA M., 2006 – Open pit mine planning and Design, Talor and Francis.
- JOSKOW P., 1987 – Contract duration and relationship-specific investments: Empirical evidence from coal markets. *The American Economic Review*, Mar 1987, 77, 1.
- JOSKOW P., 2003 – Vertical integration. December 2, 2003 (Revised), Forthcoming, *Handbook of New Institutional Economics*, Kluwer.
- JURDZIAK L., 2004a – Odkrywkowa kopalnia węgla brunatnego i elektrownia jako bilateralny monopol w ujęciu klasycznym. *Górnictwo i geologia VII*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 106, *Studia i Materiały* nr 30, Oficyna Wydaw. Pol. Wroc. ISSN 0370-0798, s. 103–112.
- JURDZIAK L., 2004b – Tandem lignite opencast mine & power plant as a bilateral monopoly. *Mine planning and equipment selection 2004. XIII International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection.*, A.A.Balkema, Taylor & Francis Group, London, s. 673–679.
- JURDZIAK L., 2004c – Wpływ optymalizacji kopalń odkrywkowych na rozwiązanie modelu bilateralnego monopolu: kopalnia i elektrownia w długim okresie. *Górnictwo Odkrywkowe* 7–8, s. 103–110.
- JURDZIAK L., 2005a – Czy integracja pionowa kopalń odkrywkowych węgla z elektrowniami jest korzystna i dla kogo? [W:] *Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki* Nr 2 (40).
- JURDZIAK L., 2005b – Wpływ struktury organizacyjno-właścicielskiej na funkcjonowanie bilateralnego monopolu kopalni węgla brunatnego i elektrowni. *Węgiel brunatny – energetyka – środowisko. IV Międzynarodowy Kongres Górnictwa Węgla Brunatnego. Bełchatów*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 112, Seria: Konferencje nr 34, Oficyna Wydaw. Pol. Wroc., ISSN-0324-9670 s. 299–308.
- JURDZIAK L., 2006 – Negocjacje pomiędzy kopalnią węgla brunatnego a elektrownią jako kooperacyjna, dwuetapowa gra dwuosobowa o sumie niezerowej. *Energetyka* nr 2, s. 91–100.
- JURDZIAK L., 2007 – Analiza ekonomiczna funkcjonowania kopalni węgla brunatnego i elektrowni z wykorzystaniem modelu bilateralnego monopolu, metod optymalizacji kopalń i teorii gier. *Monografia*, s. 307, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- JURDZIAK L., 2008a – Bilateral monopoly of a lignite mine and a power plant in the short run. *The 21st World Mining Congress, Kraków, IX 2008* (przyjęty na konferencję).
- JURDZIAK L., 2008b – Inherent conflict of individual and group rationality in relations of a lignite mine and a power plant. *Economic evaluation and risk analysis of mineral projects. International Mining Forum. Taylor and Francis*, s. 73–83.
- JURDZIAK L., 2008c – Problem podwójnej marży w bilateralnym monopolu kopalni i elektrowni. *Górnictwo i geologia X*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, 2008 (złożony do druku).
- JURDZIAK L., KAWALEC W., 2004 – Analiza wrażliwości wielkości i parametrów wyrobiska docelowego kopalni węgla brunatnego na zmianę ceny bazowej węgla. *Górnictwo i geologia VII*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 106, *Studia i Materiały* nr 30, Oficyna Wydaw. Pol. Wroc. ISSN 0370-0798, s. 113–125.
- JURDZIAK L., KAWALEC W., 2008a – Method of identification of mineable lignite reserves in the bilateral monopoly of an open pit and a power plant. *Economic evaluation and risk analysis of mineral projects. Taylor and Francis*, s. 85–94.
- JURDZIAK L., KAWALEC W., 2008b – Studium optymalizacji scenariuszy technologicznych kopalni węgla brunatnego Legnica. *Górnictwo Odkrywkowe* (złożony).

- JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2007 – Elementy analizy ryzyka przy ocenie opłacalności produkcji energii elektrycznej z węgla brunatnego. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 23, z. spec., 131–150.
- JURDZIAK L., WIKTOROWICZ J., 2008 – Wpływ niepewności dotyczącej nałożonych restrykcji na emisję CO₂ na opłacalność produkcji prądu elektrycznego z węgla brunatnego. XXII Konferencja z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej” pt. „Przyszłość energetyczna Polski a dostępność paliw i energii, X 2008 (zgłoszony na konferencję).
- KAWALEC W., 2004 – Short-term scheduling and blending in lignite open-pit mine with BWEs. *Mine Planning and Equipment Selection*, A.A Balkema Publishers.
- KERKVLIT J., 1991 – Efficiency and Vertical Integration: The Case of Mine-Mouth Electric Generating Plants, *Journal of Industrial Economics*, XXXIV, 5, 467–468.
- KUCIŃSKI J., 2008 – System zarządzania ryzykiem operacyjnym – kompleksowe podejście do zarządzania ryzykiem w grupach energetycznych. Prezentacja z V Kongresu Nowego Przemysłu, SAS Institute Polska, 2–3.06, Warszawa.
- LEE T.D., 1984 – Planning and mine feasibility study – An owner perspective. *Proceedings of the 1984 NWMA Short Course „Mine Feasibility–Concept to Completion”*. (G.E. McKelvey, compiler) Spokane, WA.
- LERNER A.P., 1934 – The Concept of Monopoly and the Measurement of Monopoly Power. *Review of Economic Studies*. 1(3), 157–175.
- MOTTA M., 2004 – *Competition Policy – Theory and Practice*. Cambridge University Press.
- PEPALL L., RICHARDS D.J., NORMAN G., 2005 – *Industrial organization: Contemporary theory and practice*. [In:] Thomson South-Western.
- PORTER M.E., 1992 – *Strategia konkurencji. Metody analizy sektorów i konkurentów*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- SAMUELSON W.F., MARKS S.G., 1998 – *Ekonomia menedżerska*. PWE.
- SIMON H., 1996 – *Zarządzanie cenami*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- SPENGLER J.J., 1950 – Vertical integration and antitrust policy. *Journal of Political Economy*, 58(4), 347–352.
- WILLIAMSON O.E., 1998 – *Ekonomiczne instytucje kapitalizmu. Firmy, rynki, relacje kontraktowe*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Seria: Przedsiębiorczość, Warszawa.

Leszek JURDZIAK

Benefits of vertical integration of lignite mines and power plants

Abstract

Possibility of optimisation of joint activity of a lignite mine and a power plant through selection of the ultimate pit maximising joint profits is threaten by conflict of interests of both sides of bilateral

monopoly, existing asymmetry of information and opportunism of both sides. Vertical integration eliminates this threat bringing many different positive effects in form of liquidation of double marginalization problem and reduction of operational risk through integrated risk management within energy producers groups. Essential matter for investors deciding about new mines and power stations erection and financial institutions supporting such projects is first of all reduction of risk of carrying loss by integrated producer in relationship to such risk of the mine or the power station considered as separate entities. Thanks to integration also risk of excavation of big ultimate pits is also reduced, what assures better utilization of lignite resources. Thanks to it vertical integration does not create any threat for electric energy recipients, because the ultimate pit optimal for the integrated producer is bigger than optimal only for the mine.

KEY WORDS: bilateral monopoly, Lerchs-Grossmann optimisation, resources utilization, zero-sum game, non-zero sum game, operational risk, integrated risk management, double marginalization