

Piotr Kosowski*

OPCJE REALNE – ALTERNATYWNE PODEJŚCIE DO OCENY OPLACALNOŚCI PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH W PRZEMYŚLE NAFTOWYM

1. WSTĘP

Podjęcie decyzji inwestycyjnych to trudne, skomplikowane i odpowiedzialne zadanie. Decyzje takie dotyczą różnorodnych kwestii, ale mają wiele cech wspólnych. Kadra zarządzająca musi zdecydować, czy i kiedy wykonać określony ruch biznesowy, który zazwyczaj jest trudny, lub nawet niemożliwy do odwrócenia, a w każdym z takich przypadków występuje duża niepewność odnośnie jego rezultatów. Decyzje te mają bezpośredni wpływ na przepływy pieniężne generowane przez przedsiębiorstwo.

Tradycyjne metody oceny opłacalności projektów inwestycyjnych, oparte na zdyskontowanych przepływach pieniężnych, posiadają szereg wad, które utrudniają prawidłową wycenę inwestycji. Jedną z najważniejszych jest statyczność, czyli brak możliwości uwzględnienia zmian wynikających z procesu decyzyjnego w trakcie trwania inwestycji. Projekty inwestycyjne analizuje się w ten sposób, że kluczowe decyzje zapadają na początku i są nieodwracalne, a przepływy pieniężne są ustalone i nie uwzględniają faktu, iż w czasie trwania inwestycji mogą pojawić się nowe informacje, które zmieniają jej oryginalny kształt. Nie analizuje się również możliwości dostosowania, dzięki decyzjom kadry zarządzającej, do aktualnych warunków rynkowych poprzez np.: rozszerzenie, przyspieszenie/zwolnienie, porzucenie czy zmianę profilu przedsięwzięcia. W rezultacie, tradycyjne metody oceny projektów inwestycyjnych mogą doprowadzić do podjęcia błędnych decyzji.

Odpowiedzią na potrzebę wykorzystania lepszych metod oceny efektywności inwestycji jest, zyskująca w ostatnich latach coraz większe uznanie w światowej ekonomice naftowej, metoda wyceny opcji realnych. Dzięki temu proces decyzyjny ma charakter ciągły, co odpowiada sytuacji rzeczywistego zarządzania projektem inwestycyjnym w przemyśle naftowym.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Kraków

2. OPCJE FINANSOWE

Opcje finansowe to instrumenty pochodne, które działają na zasadzie kontraktu, tj. powstają nie poprzez emisję, jak obligacje czy akcje, ale po zawarciu transakcji przez kupującego (nabywcę) i sprzedającego (wystawcę). Instrumentami bazowymi są tu najczęściej akcje, indeksy giełdowe, waluty obce i kontrakty terminowe. Dają one ich posiadaczowi prawo, ale nie obowiązek do zakupu lub sprzedaży określonego dobra po z góry ustalonej cenie. Istotne jest podkreślenie faktu, że posiadacz opcji nie musi skorzystać z tej możliwości. Wystawca opcji (sprzedający) ma za to obowiązek sprzedaży lub zakupu określonego dobra po wcześniej ustalonej cenie, jeśli posiadacz opcji zdecyduje się skorzystać ze swojego prawa. Rozliczenie transakcji opcyjnej z reguły ma charakter pieniężny, co oznacza, iż nie dochodzi do fizycznego zakupu lub sprzedaży określonego dobra, a nabywca i wystawca opcji rozliczają się pieniężnie [Hull, 1997].

Wyróżniamy dwa podstawowe typy opcji:

- a) **Opcja kupna**, inaczej opcja **call**, upoważnia posiadacza do nabycia określonego dobra po ustalonej cenie i przed upłynięciem wyznaczonego terminu,
- b) **Opcja sprzedaży**, inaczej opcja **put**, daje prawo jej posiadaczowi do sprzedaży określonego dobra po wcześniej ustalonej cenie i przed upłynięciem wyznaczonego terminu.

Cenę, po której ma być zawarta transakcja kupna lub sprzedaży określonego dobra nazywamy **ceną wykonania** lub **realizacji** opcji, a termin skorzystania z prawa zawartego w opcji **datą wygaśnięcia**.

Aby doszło do zawarcia kontraktu opcyjnego niezbędne są dwie strony: nabywca opcji (**zajmujący pozycję długą**) oraz wystawiający opcję (**zajmujący pozycję krótką**). Sprzedający opcję po zawarciu transakcji otrzymuje zapłatę, jednocześnie zobowiązując się do sprzedaży lub zakupu określonego dobra zgodnie z warunkami zawartymi w kontrakcie.

W przypadku opcji możemy więc mówić o czterech rodzajach zajętej przez inwestora pozycji:

- a) długa pozycja, opcja kupna (call),
- b) długa pozycja, opcja sprzedaży (put),
- c) krótka pozycja, opcja kupna (call),
- d) krótka pozycja, opcja sprzedaży (put).

Ze względu na moment wykonania opcji dzielimy je na europejskie i amerykańskie. Opcja europejska może być wykonana tylko w dniu wygaśnięcia, natomiast wykonanie opcji amerykańskiej może nastąpić w dowolnym momencie przed terminem wygaśnięcia.

Z opcjami związane są również następujące terminy:

- a) *in-the-money*,
- b) *at-the-money*,
- c) *out-of-the-money*.

Opcja **in-the-money** daje, w przypadku wykonania, dodatni przepływ pieniężny posiadającemu opcję, **at-the-money** zerowy przepływ pieniężny, a **out-of-the-money** ujemny przepływ pieniężny.

Aby nieco bardziej szczegółowo przedstawić zasady zawierania i rozliczania transakcji opcyjnych posłużmy się przykładem zakupu opcji na ropę naftową. Tego typu instrumentami handluje się w wielu miejscach na świecie m.in. na giełdzie NYMEX w Nowym Jorku. Opcja call NYMEX Light Sweet Crude Oil opiewana 1000 baryłek. Załóżmy, że przykładowy inwestor kupuje europejską opcję call na ropę naftową z ceną wykonania 75 USD za baryłkę i terminem wygaśnięcia za sześć miesięcy. Obecna cena baryłki ropy wynosi 73 USD za baryłkę, a cena opcji to 2700 USD. Inwestycja początkowa wynosi więc 2700 USD. Jeśli w dniu wykonania opcji cena rynkowa baryłki ropy nie będzie wyższa niż 75 USD inwestor nie skorzysta z przysługującego mu prawa zakupu, ponieważ nie ma sensu kupować drożej od aktualnej ceny rynkowej i w konsekwencji poniesie na inwestycji stratę w wysokości równej cenie zakupu opcji (pomijamy tutaj koszty transakcyjne). Jeśli natomiast cena będzie na wyższym poziomie zrealizuje opcję. Załóżmy, że w dniu wygaśnięcia cena ropy wyniesie 82 USD za baryłkę. W takim przypadku inwestor realizując opcję zyskuje na 1 baryłce 7 USD (82–75), co łącznie daje 7000 USD. Po odjęciu kosztu zakupu opcji zysk z inwestycji wynosi 4300 USD (7000–2 700). Jak łatwo można zauważyć istnieje możliwość realizacji opcji i poniesienia straty. Ma to miejsce wtedy, gdy cena rynkowa ropy naftowej jest wyższa od 75 USD i niższa od 77,7 USD (koszt opcji na 1 baryłkę wynosi 2,7 USD). W takim przypadku zysk z wykonania nie rekompensuje kosztu zakupu opcji, ale jej wykonanie jest racjonalne, gdyż zmniejsza stratę inwestora.

Inwestycja tego rodzaju daje nam teoretyczną szansę na nieograniczony zysk, przy ograniczonej możliwości poniesienia straty, równej kosztowi zakupu opcji.

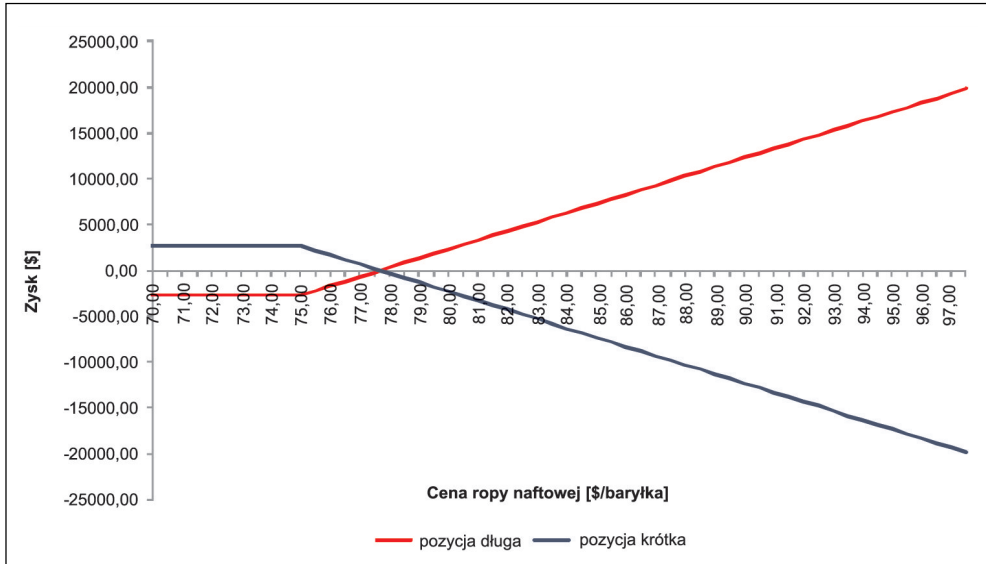
Rozważmy teraz, jak wygląda zysk inwestora, będącego drugą stroną transakcji i wystawiającego opcję zakupu w cenie 2700 USD. Jego całym przychodem jest zapłata za opcję, otrzymana w momencie zawarcia transakcji. Jeśli w dniu wygaśnięcia cena jednej baryłki nie przekroczy 75 USD i opcja nie zostanie zrealizowana to inwestycja zakończy się zyskiem równym 2700 USD. Jeśli jednak, jak przyjęliśmy w przykładzie, cena wyniesie 82 USD i opcja zostanie wykonana, to inwestor traci na jednej baryłce ropy naftowej 7 USD czyli łącznie 7 000 \$. Ponieważ wcześniej otrzymał 2700 USD za wystawienie opcji łączna strata wynosi 4300 USD. Porównanie potencjalnego zysku dla pozycji długiej i krótkiej przedstawione jest na rysunku 1.

Zajęcie pozycji krótkiej daje więc szansę na ograniczony zysk przy teoretycznie nieograniczonej stracie.

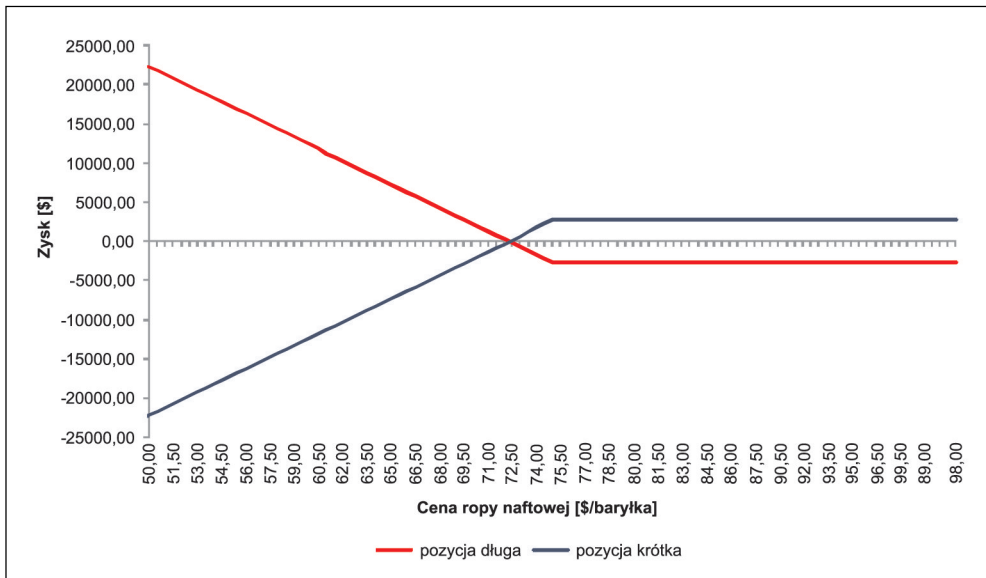
Jeśli inwestor jest przekonany, że cena będzie spadać może zakupić opcje sprzedaży. Przyjmijmy, że inwestor kupuje europejską opcję put na ropę naftową z ceną wykonania 75 USD za baryłkę i terminem wygaśnięcia za sześć miesięcy. Obecna cena ropy naftowej wynosi 78 USD, a cena opcji to 2700 USD. W dniu wygaśnięcia cena ropy naftowej jest na poziomie 70 USD za baryłkę i inwestor realizuje opcję, zyskując na 1 baryłce 5 USD (75–70), co łącznie daje 5000 USD, a całkowity zysk, po odjęciu kosztu zakupu opcji, wynosi 2300 USD (5000–2 700).

Inwestycja tego rodzaju pozwala na osiągnięcie ograniczonego zysku (ponieważ cena ropy naftowej nie może spaść poniżej 0 \$) i ograniczonej straty (koszt zakupu opcji).

Potencjalny zysk uczestnika rynku, który wystawia w tym przypadku opcję sprzedaży i porównanie pozycji długiej i krótkiej przedstawione jest na rysunku 2.



Rys. 1. Wynik przykładowej inwestycji w europejską opcję zakupu ropy naftowej dla pozycji długiej i krótkiej, w zależności od ceny ropy naftowej, dla ceny zakupu opcji równej 2700 USD i cenie wykonania 75 USD za baryłkę



Rys. 2. Wynik przykładowej inwestycji w europejską opcję sprzedaży ropy naftowej dla pozycji długiej i krótkiej w zależności od ceny ropy naftowej, dla ceny zakupu opcji równej 2700 USD i cenie wykonania 75 USD za baryłkę

3. OPCJE REALNE

W przypadku opcji realnych aktywami bazowymi, na które wystawiona jest taka opcja, są przepływy pieniężne, które zostaną wygenerowane przez daną inwestycję, a także wartość wszystkich późniejszych opcji stworzonych przez realizację danej inwestycji.

Strategiczne decyzje inwestycyjne podejmowane w każdej firmie dotyczą w gruncie rzeczy nabywania, realizacji, porzucenia lub zezwolenia na wygaśnięcie opcji realnych. Decyzje zarządzających tworzą opcje kupna i sprzedaży, dające im prawo, ale nie obowiązek wykorzystania zawartych w nich możliwości, w celu zwiększenia wartości przedsiębiorstwa. Główna przewaga podejścia z wykorzystaniem opcji realnych to połączenie elastyczności w zarządzaniu z procesem wyceny inwestycji. Przykładem opcji realnej w przemyśle naftowym może być posiadanie koncesji poszukiwawczej, która daje prawo prowadzenia badań poszukiwawczych, ale pozostawia znaczną dowolność w ich zakresie. Opcja ta może być wykonana lub też kierujący przedsiębiorstwem mogą pozwolić jej na wygaśnięcie. Po przeprowadzeniu poszukiwań i zlokalizowaniu złoża węglowodorów może pojawić się szereg kolejnych opcji, wśród których najbardziej oczywistą jest opcja na zagospodarowanie złoża i rozpoczęcie eksploatacji. Opierając się na wynikach przeprowadzonych wcześniej badań firma może podjąć się eksploatacji lub też zrezygnować z niej. Może też opóźnić moment rozpoczęcia wydobywania, co także jest przykładem opcji realnej.

Jedną z kluczowych różnic pomiędzy klasycznymi wskaźnikami oceny efektywności ekonomicznej opartymi na zdyskontowanych przepływach pieniężnych a opcjami realnymi jest fakt, iż w przypadku tych pierwszych kryterium decydującym o opłacalności jest nadwyżka obecnej (zdyskontowanej) wartości wpływów nad obecną wartością nakładów generowanych przez inwestycję. W tej metodzie kluczową rolę odgrywa czas, a wstrzymywanie się z pojęciem decyzji rodzi negatywne skutki. W przypadku opcji realnych czekanie i odkładanie podjęcia decyzji może mieć pozytywny skutek dla inwestycji i całego przedsiębiorstwa [Brach, 2003].

Do podstawowych typów opcji realnych należą:

Opcja odroczenia

Opcja ta pozwala na odłożenie decyzji dotyczącej inwestycji, dopóki nie pojawią się nowe, użyteczne informacje lub korzystnym zmianom ulegnie otoczenie rynkowe przedsiębiorstwa. Dzięki tej opcji inwestor nie musi podejmować nieodwołalnej decyzji i może poczekać na korzystne zmiany lub informacje.

Opcja zaniechania

To opcja, która daje prawo do pozbycia się inwestycji w przypadku, gdy sytuacja rynkowa lub wewnętrzna spowoduje trwałe pogorszenie się warunków funkcjonowania inwestycji.

Opcja zmiany skali działalności

Opcja zmiany skali, pozwala na dostosowanie skali działalności do aktualnych potrzeb przedsiębiorstwa. Można wyróżnić trzy rodzaje tej opcji: opcję zwiększenia skali,

zmniejszenia skali oraz czasowego zaprzestania działalności. Przykładem opcji na czasowe zaprzestanie działalności jest rezygnacja z wierceń poszukiwawczych na danym obszarze z zachowaniem koncesji poszukiwawczej. Może to być uzasadnione np. oczekiwaniem na wyniki nowych badań sejsmicznych.

Opcja przełączenia (zmiany trybu)

Opcja ta pozwala na zmianę sposobu działania, technologii lub produktów. Możliwość taka daje zdolność adaptacji do zmieniających się warunków wewnętrznych i zewnętrznych.

Opcja wzrostu

Ten rodzaj opcji jest nabywany przez przedsiębiorstwo w drodze inwestycji w nowy rynek, produkt lub technologię. Często inwestycje początkowe tego typu charakteryzują się ujemnym NPV, co przy zastosowaniu tradycyjnych metod oceny prowadziło do odrzucenia projektu. Są to jednak inwestycje, dające firmie perspektywy dalszego rozwoju i wzrostu, które w razie sukcesu mogą mieć kluczowe znaczenie dla przedsiębiorstwa. Opcje te są szczególnie ważne w branżach cechujących się wysokim stopniem ryzyka i niepewności i/lub dużym zaawansowaniem technologicznym. Wariantem opcji wzrostu jest opcja podziału na etapy, w której kolejne etapy, prowadzące do zwiększenia skali działalności są realizowane w zależności od wyników etapów wcześniejszych.

W rzeczywistości gospodarczej opcje występujące w związku z inwestycjami mają często charakter złożony i wielostopniowy. Każda z opcji początkowych wiąże się z stworzeniem szeregu nowych opcji następujących po niej, a wszystkie kolejne mogą być źródłem powstania następnych opcji.

4. WYCENA OPCJI REALNYCH

Podobnie jak w wycenie opcji finansowych, modele wyceny opcji rzeczowych opierają się na znalezieniu modelu matematycznego odzwierciedlające przyszłe przepływy pieniężne uzyskane przez opcję. Najczęściej stosuje się dwie podstawowe metody: model Blacka-Scholesa oraz model dwumianowy.

Ze względu na dość restrykcyjne założenia model Blacka-Scholes ma ograniczone zastosowanie w wycenie opcji realnych w przemyśle naftowym, ponieważ [Kobyłańska M. i in. 2005]:

- a) dotyczy tzw. opcji europejskich (termin realizacji w dniu wygaśnięcia), podczas gdy w inwestycjach naftowych większość opcji rzeczowych to opcje amerykańskie,
- b) uwzględnia tylko jedno źródło niepewności, podczas gdy projekty rzeczywiste mają ich zazwyczaj wiele oraz zakłada, że cena realizacji opcji jest znana i stała,
- c) nie uwzględnia utraconych wpływów pieniężnych (w przypadku opcji finansowych to utracone dywidendy), co wyklucza zastosowanie modelu do wyceny takich opcji jak opcja ekspansji, ograniczenia działalności, zmiany trybu operacyjnego itd.

W przypadku większości projektów inwestycyjnych mamy do czynienia z sytuacją, w której projekt podzielony jest na szereg etapów, a po każdym z nich istnieje pewna grupa wykluczających się możliwości kontynuacji lub porzucenia projektu. Problemy decyzyjne są wtedy bardziej złożone, ponieważ występuje kilka rodzajów opcji np. opcja kupna (kontynuacji) i opcja porzucenia.

Opcja porzucenia to opcja amerykańska (zrealizowana może być w każdym momencie przed datą wygaśnięcia), nie możemy więc wykorzystać w obliczeniach modelu Blacka–Scholesa. Z tego względu zazwyczaj do wyceny takich projektów inwestycyjnych wykorzystywany jest model drzewa dwumianowego [Winston, 2008]

W drzewach dwumianowym do modelowania przyszłych wartości często wykorzystuje się model geometrycznego ruchu Browna, który zakłada, że w czasie Δt cena aktywa zmienia się o wartość, która ma rozkład normalny o:

$$\text{średniej} = \mu S \Delta t \tag{1}$$

$$\text{odchyleniu standardowym} = \sigma S \sqrt{\Delta t} \tag{2}$$

gdzie:

- μ – chwilowa stopa zwrotu z aktywa,
- σ – odchylenie standardowe chwilowych wahań wartości aktywa,
- S – obecna cena aktywa.

Podczas budowy drzewa dwumianowego wartość analizowanego aktywa (S_1) po czasie Δt może przyjąć dwie wartości:

$$\text{Z prawdopodobieństwem } p \quad S_1 = S_0 * u \quad \text{dla } u > 1 \tag{3}$$

$$\text{Z prawdopodobieństwem } q = 1 - p \quad S_1 = S_0 * d \quad \text{dla } d = \frac{1}{u} < 1 \tag{4}$$

gdzie:

- S_0 – wartość początkowa aktywa,
- S_1 – wartość aktywa po czasie Δt ,
- u – współczynnik wzrostu wartości,
- d – współczynnik spadku wartości.

Przy założeniu geometrycznego ruchu Browna:

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \tag{5}$$

Prawdopodobieństwo wolne od ryzyka wynosi więc:

$$p = \frac{e^{r \Delta t} - d}{u - d} \tag{6}$$

gdzie r – stopa wolna od ryzyka (najczęściej oprocentowanie krótkoterminowych bonów skarbowych).

Przyjmijmy, iż przedsiębiorstwo naftowe analizuje eksploatację potencjalnego złoża gazu niekonwencjonalnego. Projekt pilotażowy, mający potwierdzić możliwość opłacalnej eksploatacji, będzie trwał 2 lata i na początku każdego kwartału konieczne będzie wydatkowanie na niego 15 mln zł. Po dwóch latach firma podejmie decyzję o rozpoczęciu lub zaniechaniu inwestycji na pełną skalę. Ocenia się, że przychody z inwestycji, zdyskontowane na moment podjęcia decyzji (za dwa lata) wyniosą 700 mln zł, a konieczne do poniesienia nakłady inwestycyjne 500 mln zł. Stopa wolna od ryzyka (służąca dyskontowaniu nakładów) wynosi 6%, a przychody są dyskontowane stopą równą 15% (ze względu na wyższe ryzyko). Zakładamy roczną zmienność wartości inwestycji na poziomie 40%, co wynika ze zmienności kluczowych parametrów, takich jak np. rynkowa cena gazu ziemnego.

Kalkulacja NPV inwestycji dla powyższych założeń przedstawiona jest w tabeli 1.

Tabela 1
Kalkulacja NPV inwestycji

Czas [lata]	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
Nakłady [mln zł]	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	500,00
Przychody [mln zł]									700,00
Współczynnik dyskontowy	1,0000	0,9855	0,9713	0,9572	0,9434	0,9298	0,9163	0,9031	0,8900
PV nakładów [mln zł]	15,00	14,78	14,57	14,36	14,15	13,95	13,74	13,55	445,00
NPV przychodów [mln zł]	529,30								
NPV nakładów na projekt pilotażowy [mln zł]	114,10								
NPV nakładów [mln zł]	559,10								
NPV inwestycji [mln zł]	-29,80								

NPV inwestycji jest ujemny, co w przypadku kierowania się tradycyjnym podejściem do oceny efektywności oznacza, że firma nie przystąpi do realizacji projektu pilotażowego.

Nakłady na projekt pilotażowy można jednak potraktować jako koszt zakupu opcji na rozpoczęcie inwestycji w pełnym wymiarze. W tym przypadku uwzględniamy fakt, że po jego przeprowadzeniu i na podstawie otrzymanych wyników podjęta będzie decyzja o realizacji lub zaniechaniu inwestycji.

Tabela 2
Parametry wejściowe analizy

Stopa procentowa	0,06
Zmienność	0,40
Współczynnik wzrostu w kolejnym okresie	1,22
Współczynnik spadku w kolejnym okresie	0,82
Prawdopodobieństwo wolne od ryzyka	0,49

Pierwszym etapem obliczeń jest sporządzenie tabeli z możliwymi wartościami inwestycji w analizowanym okresie (tab. 3).

Tabela 3

Kalkulacja potencjalnej wartości inwestycji ($V_{i,j}$) w poszczególnych kwartałach

j	Okres (kwartały) - i								
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
8,00									2621,64
7,00								2146,42	1757,34
6,00							1757,34	1438,79	1177,98
5,00						1438,79	1177,98	964,45	789,62
4,00					1177,98	964,45	789,62	646,49	529,30
3,00				964,45	789,62	646,49	529,30	433,35	354,80
2,00			789,62	646,49	529,30	433,35	354,80	290,49	237,83
1,00		646,49	529,30	433,35	354,80	290,49	237,83	194,72	159,42
0,00	529,30	433,35	354,80	290,49	237,83	194,72	159,42	130,52	106,86

Wartości inwestycji w poszczególnych węzłach wynoszą:

$$V(0, 0) = NPV \text{ przychodów inwestycji} \quad (7)$$

$$V(i + 1, j + 1) = V(i, j) * u \quad (8)$$

$$V(i + 1, j) = V(i, j) * d \quad (9)$$

gdzie:

V – wartość inwestycji,

i – numer kolumny,

j – numer wiersza.

Następnie wycenimy opcję przeprowadzenia inwestycji na pełną skalę (nie uwzględniając możliwości porzucenia projektu pilotażowego w czasie jego trwania). Kalkulację rozpoczynamy od ostatniej kolumny po prawej stronie i posuwamy się w lewo. Wartość opcji w kolejnych węzłach wynosi:

$$C(n, j) = \text{Max} [0, V(n, j) - E] \quad (10)$$

$$C(i, j) = \frac{p * C(i+1, j+1) + q * C(i+1, j)}{1 + r * \Delta t} - N \quad \text{dla } i < n, j \leq i \quad (11)$$

gdzie:

E – cena wykonania opcji,

N – nakłady na kolejny etap projektu pilotażowego,

n – ilość kolumn/wierszy.

Tabela 4

Kalkulacja wartości opcji ($C_{i,j}$) bez możliwości porzucenia inwestycji w trakcie projektu pilotażowego

	Okres (kwartały)								
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
8,00									2121,64
7,00								1639,05	1257,34
6,00							1242,62	931,34	677,98
5,00						916,77	663,13	456,94	289,62
4,00					648,73	442,27	274,69	138,95	29,30
3,00				432,80	269,62	142,88	51,30	-0,92	0,00
2,00			264,19	141,13	52,66	-1,97	-23,01	-15,00	0,00
1,00		136,50	48,67	-8,21	-36,68	-41,09	-29,78	-15,00	0,00
0,00	42,09	-16,84	-49,97	-61,46	-57,12	-44,34	-29,78	-15,00	0,00

Wyniki obliczeń zaprezentowane są w tabeli 4. Wartość opcji na przeprowadzenie inwestycji w pełnej skali wynosi 42,09 mln zł i jest zbliżona do wartości, którą można uzyskać w modelu Blacka–Scholesa (wielkości te będą się do siebie zbliżać w miarę zmniejszania skoku czasowego).

Kalkulacja wartości inwestycji z opcją porzucenia inwestycji w trakcie trwania projektu pilotażowego opiera się na założeniu, że decyzja o zakończeniu projektu pilotażowego podejmowana jest w momencie, w którym wartość opcji w danym węźle jest ujemna. Obliczenia przebiegają zgodnie z poniższymi formułami:

$$C(n, j) = \text{Max} [0, V(n, j) - E] \quad (12)$$

$$C(i, j) = \text{Max} \left[\frac{p * C(i+1, j+1) + q * C(i+1, j)}{1 + r * \Delta t} - N, 0 \right] \quad \text{dla } i < n, j \leq i \quad (13)$$

Wyniki obliczeń prezentuje tabela 5.

Łączna wartość opcji na przeprowadzenie inwestycji i rezygnację w trakcie trwania projektu pilotażowego wynosi 61,17 mln zł (sama opcja rezygnacji jest zatem warta 19,08 mln zł). Przykład ten wskazuje, że posiadanie opcji rezygnacji może korzystnie wpływać na wartość inwestycji.

Tabela 5

Kalkulacja wartości inwestycji ($C_{i,j}$) z możliwością porzucenia inwestycji w trakcie projektu pilotażowego

	Okres (kwartały)								
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
8,00									2121,64
7,00								1639,05	1257,34
6,00							1242,62	931,34	677,98
5,00						916,77	663,13	456,94	289,62
4,00					648,73	442,27	274,69	138,95	29,30
3,00				432,85	269,74	143,11	51,76	0,00	0,00
2,00			265,80	144,26	58,75	9,87	0,00	0,00	0,00
1,00		143,50	60,99	13,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	61,17	14,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5. PODSUMOWANIE

Inwestycje naftowe, w tym eksploatacja złóż węglowodorów niosą ze sobą wiele wyzwań, z których jednym z najistotniejszych jest osiągnięcie ekonomicznej opłacalności i uzyskanie wartości dodanej dla inwestora. Opłacalność ta zależy od niepewnego bilansu pomiędzy kosztami, a przychodami osiągniętymi dzięki wprowadzeniu inwestycji w życie i wymaga zastosowania odpowiednich metod wyceny inwestycji.

Analiza efektywności inwestycji oparta na wycenie opcji realnych umożliwia pokonanie ograniczeń wskaźników, opartych na zdyskontowanych przepływach pieniężnych, choć nie jest ich substytutem a uzupełnieniem. Łączy w sobie metody dyskontowe i wycenę powstających podczas prowadzenia działalności gospodarczej opcji realnych w bardziej zaawansowane narzędzie, dostarczające szczegółowych informacji decydom. Daje to szansę uniknięcia kosztownych błędów na etapie planowania i realizacji inwestycji, a także pozwala na wprowadzenie w życie projektów inwestycyjnych, które w świetle tradycyjnych metod są nieopłacalne, a w rzeczywistości stwarzają przedsiębiorstwom znaczące perspektywy rozwoju. Jest to szczególnie ważne w obecnych czasach, gdy zwiększa się rynekowa konkurencja, rosną koszty związane z wydobywaniem węglowodorów, a co za tym idzie znacznie zmniejsza się margines błędu, na który mogą sobie pozwolić firmy naftowe.

LITERATURA

- [1] Brach M.A.: *Real Options in Practice*. John Wiley&Sons Inc., Hoboken, New Jersey 2003.

- [2] Gouveia J., Citron G.P.: *A Statistical Approach to the Effective Economic Modeling and Portfolio Selection of Unconventional Resource Opportunities*. SPE 121525, 2009.
- [3] Hull J.: *Kontrakty terminowe i opcje – wprowadzenie*. Wig-Press, Warszawa 1999.
- [4] Kobyłańska M., Kudelko J.: *Opcje realne w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w geologii i górnictwie*. Gospodarka surowcami mineralnymi, vol. 21, z. spec., 2005.
- [5] Winston W.: *Financial Models using Simulation and Optimization II*. Palisade Corporation, Ithaca, New York 2008.