

Wydział Zarządzania



UNIWERSYTET EKONOMICZNY
W POZNANIU

Katedra Finansów Przedsiębiorstw

Cezary Mróz

**WYKORZYSTANIE OPCJI RZECZYWISTYCH W
PODEJMOWANIU DECYZJI DOTYCZĄCYCH
LIKWIDACJI ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH**

Rozprawa doktorska

Promotor:

dr hab. Jacek Mizerka, prof. nadz. UEP

Promotor pomocniczy:

dr Tomasz Jewartowski

Poznań 2015

SPIS TREŚCI

Wstęp	3
Rozdział 1 Podejście opcyjne w decyzjach inwestycyjnych przedsiębiorstw	10
1.1 Wycena oparta na zdyskontowanych przepływach pieniężnych.....	10
1.2 Charakterystyka podejścia opcyjnego	24
1.2.1 Opcje rzeczywiste, ich geneza i podobieństwo do opcji finansowych	24
1.2.2 Koncepcje wyceny opcji rzeczywistych. Modele z czasem ciągłym i dyskretnym.....	33
Rozdział 2 Wybrane aspekty organizacyjne, finansowe, prawne i środowiskowe funkcjonowania przedsiębiorstw górniczych	46
2.1 Przedsiębiorstwo i jego otoczenie w kontekście zrównoważonego rozwoju	46
2.2 Górnictwo węgla brunatnego w Polsce w perspektywie roku 2050.....	50
2.3 Wybrane uwarunkowania formalno-prawne dotyczące powstania, funkcjonowania i likwidacji zakładu górniczego w kontekście zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska	54
2.4 Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów jako reprezentatywny przykład kopalni odkrywkowej	65
Rozdział 3 Model decyzyjny likwidacji zakładu górniczego i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.	73
3.1 Uzasadnienie podejścia opcyjnego dla projektu likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych.....	73
3.2 Model opcyjny likwidacji zakładu górniczego i jego parametry	92
Rozdział 4 Walidacja i implementacja modelu	101
4.1 Walidacja modelu – symulacja hipotetycznej kopalni	101
4.2 Walidacja modelu – eksperymenty symulacyjne	110
4.2.1 Symulacja 1 – zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla brunatnego.....	111
4.2.2 Symulacja 2 – zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego.....	112
4.2.3 Symulacja 3 - całkowita wielkość wydobycia	113
4.2.4 Symulacja 4 - całkowity koszt rekultywacji	115

4.2.5 Symulacja 5 - wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR).....	116
4.2.6 Symulacja 6 - wyjściowa wielkość zgromadzonej Rezerwy Likwidacji i Rekultywacji.....	118
4.3 Implementacja modelu opcji likwidacji na przykładzie odkrywki w Bełchatowie	120
4.4 Alternatywne układy wartości parametrów modelu.....	137
Zakończenie.....	145
SPIS RYSUNKÓW	148
SPIS TABEL.....	150
BIBLIOGRAFIA.....	152
ZAŁĄCZNIKI.....	162

Wstęp

Realizacja celu nadrzędnego funkcjonowania przedsiębiorstwa, jakim jest powiększanie majątku jego właścicieli, odbywa się poprzez implementację określonych strategii. Kreowanie dodatkowych środków dla akcjonariuszy w zamian za powierzony kapitał to tworzenie wartości, będące korzyścią otrzymaną w zamian za podjęte przez inwestorów ryzyko. Menedżerowie, podejmując decyzje dotyczące inwestycji o charakterze finansowym lub rzeczowym, podporządkowują je celowi nadrzędnemu. Jednakże chcąc zrealizować ten cel, muszą zapewnić zdolność zarządzanej spółki do osiągnięcia dodatnich wyników finansowych. Podejmowanie decyzji o związanych z realizowaną strategią przedsiębiorstwa wymaga od decydentów dostatecznej ilości oraz wiarygodności informacji w sytuacji, gdy immanentną cechą współczesności jest niepewność. Działalność przedsiębiorstw musi uwzględniać dynamiczne zmiany otoczenia, które powodują odchylenia od oczekiwanych przepływów pieniężnych. Napływające informacje wymuszają na decydentach rewizję podjętych decyzji lub warunkują te, które mają zostać wkrótce podjęte. Konsekwencją takiego stanu może być na przykład zmiana skali przedsięwzięcia, jego przyspieszenie lub opóźnienie, a nawet zaniechanie. Opcje, jakie mają do dyspozycji menedżerowie, ze względu na swoją specyfikę posiadają wymierną wartość. Wartość ta w niektórych przypadkach może być na tyle znacząca, że istotnie zwiększa wycenę przedsięwzięć inwestycyjnych i samego przedsiębiorstwa. Rolą menedżerów jest koncentracja na tych opcjach, które są ważne z punktu widzenia realizacji obranej strategii i mają znaczącą wartość.

Od momentu opublikowania w latach siedemdziesiątych osiągnięć F. Blacka, M. Scholesa i R. Mertona nadal trwają prace nad sformułowaniem modelu pozwalającego na właściwą wycenę opcji oraz nad upowszechnieniem stosowania podejścia opcyjnego wspierającego zarządzających przedsiębiorstwami do stopnia, w jakim wykorzystywane są metody oparte na zdyskontowanych oczekiwanych przepływach pieniężnych.

W niniejszej rozprawie zaprezentowano potencjalne możliwości zastosowania opcji rzeczywistych w procesie podejmowania decyzji dotyczących funkcjonowania przedsiębiorstwa górniczego.

Ze względu na swoją specyfikę funkcjonowanie kopalń postrzegane jest jako długoterminowe projekty górniczego-geologiczne, obejmujące takie etapy jak: poszukiwanie i estymacja zasobów, ich udostępnianie, wydobywanie i przetwarzanie, likwidacja zakładu górniczego i rekultywacja terenów poeksploatacyjnych. Każdy z tych

etapów jest jednakowo ważny w trakcie realizacji projektu i warunkuje rozpoczęcie kolejnej jego fazy.

Problem naukowy podjęty w rozprawie dotyczy określenia optymalnego momentu likwidacji zakładu górniczego w kontekście zdolności do pokrycia kosztów rekultywacji terenów poeksploatacyjnych wyłącznie dzięki środkom gromadzonym w ramach odpisów przy zastosowaniu opcji rzeczywistych. Problem ten ma charakter interdyscyplinarny ze względu na łączenie zagadnień technicznych z zakresu eksploatacji złóż kopalin i rekultywacji terenów oraz ekonomicznych ze względu na finansowo-ekonomiczne aspekty funkcjonowania zakładu górniczego w fazie jego likwidacji.

Należy nadmienić, iż problem badawczy lokalizowany jest na pograniczu zarządzania i finansów przedsiębiorstw ze względu na koncentrację rozważań wokół finansowego rachunku opłacalności inwestycji oraz decyzji zarządczych z niego wynikających.

Podjętą problematykę należy uznać za aktualną, gdyż bezpośrednio dotyczy ona zbliżającego się w Polsce okresu zamykania (likwidacji) kopalń podziemnych i odkrywkowych oraz rekultywacji terenów pokopalnianych na niespotykaną do tej pory skalę. W horyzoncie około 30 lat większość zakładów górniczych zostanie zlikwidowanych, głównie ze względu na wyeksploatowanie złóż lub znaczne utrudnienie w dostępie do nich, wynikające z ciągle pogorszających się warunków geologiczno-eksploatacyjnych.

Praca stanowi próbę wyjaśnienia problemu na podstawie dorobku teoretycznego nauk ekonomicznych, przyjmując za podstawę podejmowania decyzji kryterium efektywnościowe. Zastosowanie opcji rzeczywistych ma posłużyć do rozwiązania problemu określenia optymalnego momentu likwidacji zakładu górniczego i ma stanowić wsparcie w procesie podejmowania decyzji o likwidacji.

W literaturze przedmiotu spotykane są próby zastosowania teorii opcji rzeczywistych do wsparcia podejmowania decyzji dotyczących funkcjonowania zakładów górniczych, lecz na innych etapach realizacji projektów. Przykładem mogą być publikacje M. Brennana i E. Schwartza [1985] – „*Evaluating Natural Resource Investments*” oraz J. Paddocka, D. Siegela i J. Smitha [1988] – „*Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases*”.

Również w polskojęzycznej literaturze przedmiotu podkreśla się przydatność wykorzystania rachunku opcyjnego w działalności górniczej. Przykładem może być opracowanie J. Dzieży [2011] pod tytułem „*Problemy związane z aplikacją opcji*”.

rzeczowych do wyceny przedsięwzięć górniczych” oraz P. Saługi [2011] pod tytułem „*Wycena projektu górniczego z opcjami równoległymi*”. Innymi słowy, literatura przedmiotu porusza zagadnienia stosowania opcji rzeczywistych do wyceny projektów górniczo-geologicznych, lecz według najlepszej wiedzy autora nie przedstawiono w niej szczegółowego algorytmu postępowania w zakresie ustalania optymalnego momentu likwidacji zakładu górniczego i rozpoczęcia rekultywacji terenów pokopalnianych.

Praca ma charakter normatywny i projektowy, wyrażony poprzez przedstawienie autorskiej propozycji rozwiązania praktycznego (aplikacyjnego) określenia optymalnego momentu likwidacji zakładu górniczego za pomocą modelu opcyjnego wspomagającego proces podejmowania decyzji. Wykorzystano literaturę polsko- i anglojęzyczną, opublikowaną w postaci prac zwartych i artykułów w czasopismach naukowych, a także publicznie dostępne informacje publikowane w Internecie, roczne sprawozdania finansowe PGE S.A. oraz obowiązujące w Polsce przepisy prawne.

Celem głównym rozprawy jest zaprojektowanie modelu wykorzystującego opcje rzeczywiste w analizie decyzji dotyczących likwidacji zakładów górniczych.

Dla realizacji celu głównego wymagane było określenie i zrealizowanie celów pośrednich (częstkowych), którymi są:

- a) identyfikacja problemu likwidacji kopalni i związanej z tym rekultywacji terenów pokopalnianych jako opcji rzeczywistej,
- b) identyfikacja podstawowych czynników wpływających na wartość zidentyfikowanej opcji,
- c) określenie kryterium optymalnego momentu likwidacji kopalni i rozpoczęcia rekultywacji (wykonanie opcji) w oparciu o model opcyjny,
- d) identyfikacja dodatkowych czynników warunkujących wykonanie opcji,
- e) implementacja (walidacja) modelu opcyjnego do konkretnego przypadku kopalni odkrywkowej.

Zaprezentowany model może znaleźć zastosowanie praktyczne, a więc mieć charakter aplikacyjny, wspomagając decydentów w procesie podejmowania decyzji dotyczących likwidacji podobnych rzeczywistych przedsięwzięć górniczych. Praca wypełnia istniejącą w tym zakresie lukę, szczególnie w polskojęzycznej literaturze przedmiotu.

Celowi głównemu podporządkowano układ rozprawy. Praca składa się z czterech rozdziałów, poprzedzonych wstępem i podsumowanych zakończeniem.

W rozdziale pierwszym omówiono klasyczne podejście do wyceny projektów inwestycyjnych oparte na zdyskontowanych oczekiwanych przepływach pieniężnych i wynikających z niego kryteriów opłacalności inwestycji. W dalszej kolejności scharakteryzowano najistotniejsze dla realizacji głównego celu rozprawy podejście opcyjne, przybliżając jego genezę, systematykę oraz podejścia do modelowania i koncepcje wyceny opcyjnej. Analiza modeli z czasem ciągłym (Blacka, Scholesa, Mertona) i dyskretnym (Coxa, Rossa, Rubinsteina) stanowiła podstawę wyboru właściwego modelu służącego do rozwiązania problemu naukowego. Podkreślono, iż techniki wyceny wykorzystujące rachunek opcyjny stanowią uzupełnienie oceny opłacalności inwestycji przeprowadzonej z wykorzystaniem zdyskontowanych oczekiwanych przepływów pieniężnych.

Rozdział drugi przedstawia uwarunkowania organizacyjne, finansowe, prawne i środowiskowe funkcjonowania przedsiębiorstw górniczych w Polsce. W szczególności zwrócono uwagę na rolę przedsiębiorstwa górnictwa i jego interakcję z otoczeniem, zarówno w skali mikro i makro. Przedsiębiorstwo górnicze i jego otoczenie zaprezentowane zostały jako system otwarty. Podkreślono rolę interesariuszy należących do otoczenia bliższego i dalszego. Zwrócono uwagę na środowisko naturalne jako jednego z interesariuszy w ramach idei zrównoważonego rozwoju, a także koncepcji społecznej odpowiedzialności biznesu.

Istotne w kontekście dalszych rozważań stało się zagadnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju w świetle perspektywy funkcjonowania branży górnictwa odkrywkowego do roku 2050. Funkcjonowanie zakładów górniczych regulowane jest szeregiem przepisów prawnych. Bliższemu omówieniu poddane zostały aspekty regulacji środowiskowych, górnictwo-geologicznych, planowania i zagospodarowania przestrzennego oraz ochrony gruntów rolnych i leśnych w świetle zagadnień likwidacji zakładu górnictwa i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.

Za tło do dalszych rozważań przyjęto Kopalnię Węgla Brunatnego Bełchatów, stanowiącą reprezentatywny przykład kopalni odkrywkowej jako obiektu, który w wyniku przekształceń wynikających z procesu rekultywacji może stać się atrakcyjny dla przyszłych inwestorów komercjalizujących odzyskane tereny postindustrialne.

W rozdziale trzecim omówiono przykłady zastosowania opcji rzeczywistych w górnictwie światowym dokonując przeglądu literatury przedmiotu. Zwrócono uwagę na przydatność stosowania rachunku opcyjnego dla projektów górniczych, przywołując szereg opracowań o charakterze naukowym dotyczących światowego górnictwa

najczęściej występujących kopalnin (złoto, miedź, węgiel, ropa naftowa, itp.). Projekty górnicze ze względu na częściową lub całkowitą nieodwracalność, wbudowaną w nie niepewność co do przyszłych korzyści z inwestycji oraz elastyczność co do czasu realizacji inwestycji, stwarzają warunki do wykorzystania opcji rzeczywistych w procesie wspierania decyzji inwestycyjnych. Opcje stanowią uniwersalne narzędzie służące wdrażaniu i kontroli projektów w wymiarze strategicznym. To właśnie przemysł wydobywczy był pierwszym, gdzie zastosowano metody opcyjne do podjęcia decyzji dotyczącej czasowego zamknięcia kopalni miedzi [Brennan i Schwartz 1985].

Dotychczasowy dorobek zaprezentowany w pierwszej części rozdziału wykorzystany został do zrealizowania celu głównego pracy, którym była autorska propozycja modelu wykorzystującego opcje rzeczywiste w analizie decyzji dotyczących likwidacji zakładów górniczych. Dokonując oceny przedsięwzięcia, jakim jest likwidacja kopalni, można posłużyć się klasycznym podejściem opcyjnym polegającym na:

- identyfikacji instrumentu bliźniaczego i oszacowaniu parametrów rozkładu jego wartości,
- oszacowaniu prawdopodobieństwa arbitrażowego,
- określeniu rozkładu wartości instrumentu bazowego przy wykorzystaniu informacji o instrumencie bliźniaczym,
- oszacowaniu wartości opcji w oparciu o dostępne modele stosowane do wyceny opcji finansowych.

Proponowany model ma charakter amerykańskiej opcji sprzedaży. Rolę instrumentu bazowego w proponowanym modelu pełni wartość kontynuacji działalności kopalni szacowana na podstawie wolnych przepływów pieniężnych generowanych w wyniku dalszej eksploatacji zasobów. Rolę instrumentu bliźniaczego pełni cena kopaliny, a proces kształtowania się tej ceny zilustrowany został przy pomocy drzewa dwumianowego.

Cenę wykonania stanowią zaktualizowane na dany moment koszty związane z likwidacją kopalni i rekultywacją terenów pokopalnianych, których poniesienia unika się podejmując decyzję o likwidacji kopalni.

W pierwszym kroku określono zaktualizowane wartości kontynuacji działalności w analizowanych okresach i na ich podstawie wyznaczono wartości wewnętrzne opcji. Wartość wewnętrzna stanowi różnicę pomiędzy wartością oszczędności na nieponiesionych (przyszłych) kosztach rekultywacji, a wartością kontynuacji działalności

poniejszą o wymagane w momencie wykonania opcji koszty rekultywacji i koszty stałe. Ustalenie wartości całkowitych opcji likwidacji prowadzi do określenia optymalnego momentu likwidacji kopalni i rozpoczęcia rekultywacji terenów pokopalnianych.

Wykorzystany model opcyjny wskazuje na optymalny z punktu widzenia maksymalizacji korzyści właścicieli zaangażowanego kapitału moment likwidacji kopalni i rozpoczęcia rekultywacji terenów pokopalnianych. Tytułem wyjaśnienia należy dodać, że użyte w rozprawie pojęcie „optymalny” oznacza moment, w którym korzyści z kontynuacji działalności są istotnie mniejsze niż koszty związane z obowiązkową rekultywacją terenów poeksploatacyjnych. W praktyce podjęcie decyzji o likwidacji uzależnione jest także od wielkości zgromadzonych środków pieniężnych pozwalających na sfinansowanie prac związanych z likwidacją kopalni i rekultywacją terenów. Warunek ten został dodatkowo uwzględniony, stanowiąc rozszerzenie modelu decyzyjnego.

W rozdziale czwartym przedstawiono walidację modelu przy wykorzystaniu eksperymentów symulacyjnych bazujących na danych hipotetycznej kopalni węgla brunatnego. W ten sposób podjęto próbę określenia stopnia, w jakim model jest wiernym odzwierciedleniem rzeczywistości. Celem było określenie, czy symulacje dają wyniki wiarygodne w założonym stopniu. W procesie walidacji przeprowadzono szereg scenariuszy, zmieniając wartości kluczowych parametrów modelu do których należą¹:

- cena bieżąca sprzedaży kopaliny [PLN/t],
- zmienność ceny sprzedaży kopaliny wyrażona jako odchylenie standardowe [%],
- całkowita wielkość planowanego wydobycia (złóże do eksploatacji) [mln t],
- całkowity koszt rekultywacji [mln PLN],
- wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) [mln PLN],
- wyjściowa wielkość zgromadzonej Rezerwy Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) [mln PLN], na etapie wcześniejszej eksploatacji kopalni².

Na ostatnim etapie analizy dokonano implementacji modelu opcji likwidacji na przykładzie odkrywki w Bełchatowie. Parametry modelu zostały dobrane na podstawie ogólnodostępnych danych finansowo-technicznych w taki sposób, by możliwie wiernie opisywały rzeczywistość funkcjonowania tej kopalni. Swobodna modyfikacja

¹ Ze względu na czas trwania badań rok 2014 traktowany jest w rozprawie jako przyszłość. W związku z powyższym przedział czasowy zamyka się w latach 2014-2039.

² Wyjściowa w rozumieniu zgromadzonych środków pieniężnych zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi do momentu wyceny opcji.

parametrów modelu pozwala na symulowanie różnych scenariuszy zdarzeń. Przeprowadzono eksperymenty symulacyjne pozwalające na określenie wpływu alternatywnego układu wartości parametrów (cena bieżąca 1 tony węgla brunatnego, skumulowany koszt rekultywacji) na wartość całkowitą opcji, a tym samym na optymalny moment likwidacji kopalni.

Pracę kończy podsumowanie zawierające ustalenia i wnioski, jakie nasunęły się w toku krytycznej analizy literatury przedmiotu oraz własnych badań.

W tym miejscu Autor chciałby złożyć serdeczne podziękowania osobom, bez których powstanie tej pracy byłoby utrudnione:

- promotorowi dr. hab. Jackowi Mizerce prof. nadzw. UEP – za wspólnie spędzone chwile poświęcone rozważaniom naukowym, za wszechstronną pomoc, nieszczędzony czas i wspianą atmosferę,
- promotorowi pomocniczemu dr. Tomaszowi Jewartowskiemu – za interesujące dyskusje, cenne uwagi i wskazówki, wpływające na ostateczny kształt rozprawy,
- rodzinie – żonie Aleksandrze, która z ogromną cierpliwością i wyrozumiałością wspierała mnie podczas czteroletnich studiów doktoranckich i w trakcie trwania przewodu doktorskiego, oraz dzieciom (Alicji i Jakubowi) za udzielony kredyt czasu, w którym mnie z nimi nie było.

Rozdział 1 Podejście opcyjne w decyzjach inwestycyjnych przedsiębiorstw

1.1 Wycena oparta na zdyskontowanych przepływach pieniężnych

Menedżerowie definiując strategię dokonują projekcji celów własnych i organizacji, tworząc ścieżkę z miejsca, w którym są teraz do miejsca, gdzie chcą być za kilka lat. Na konkurencyjnym rynku nikt nie spodziewa się, by formułować szczegółowe plany długoterminowe, a następnie podążać za nimi w sposób bezkrytyczny. Wstąpienie na drogę realizacji strategii oznacza rozpoczęcie nauki warunków biznesowych, sposobów działań konkurentów, stopnia i jakości przygotowań własnych oraz konieczności elastycznego reagowania na to, czego się nauczyliśmy [Luehrman 1998, s. 89]. Połączone między innymi skutki globalizacji, deregulacji i skracania się cykli technologicznych wywołują niestabilność środowiska wpływającego na menedżerów i ich strategiczne decyzje inwestycyjne.

Podjęcie jakiegokolwiek decyzji inwestycyjnej powinno być poprzedzone rachunkiem opłacalności planowanego przedsięwzięcia, bez względu czy ma ono charakter inwestycji rzeczowej, czy kapitałowej.

Metody stosowane do oceny przedsięwzięć inwestycyjnych dzielą się na dwie główne grupy: opierające się na zdyskontowanych przepływach i metody nie wykorzystujące dyskonta. Metody wykorzystujące zdyskontowane przepływy pieniężne (*Discounted Cash Flow, DCF*) powszechnie stosowane są do wyceny projektów i do podejmowania decyzji dotyczących inwestycji w aktywa rzeczowe. Pomimo częstego wzrostu stopnia niepewności, większość przedsiębiorstw opiera swoje decyzje na wynikach analiz przeprowadzonych z wykorzystaniem metod dyskontowych, do których należą: wewnętrzna stopa zwrotu (IRR) i wartości bieżącej netto (NPV). Metody te z natury są statyczne i służą wycenie pasywnie zarządzanych przedsięwzięć.

Niestety, często narzędzia finansowe oparte o DCF przydatne do oszacowania wartości strategii zakładają, że będziemy podążać zgodnie z określonym z góry planem, decyzja zostanie podjęta raz na zawsze i bez możliwości wprowadzania modyfikacji w przyszłości niezależnie od rozwoju wydarzeń [Luehrman 1998, s. 89]. W takim przypadku niemożliwym staje się rozsądne podjęcie decyzji inwestycyjnej bez przeprowadzenia odpowiednio skrupulatnej analizy przypadku i odpowiednich kalkulacji. Aby odpowiednio skalkulować wartość projektu, należy go ocenić wykorzystując prawidłową metodę wyceny [Kościński i Pastusiak 2013].

Przyszli menedżerowie uczeni są prostej zasady finansowej stosowanej do rozwiązywania problemów, reagowania i podejmowania decyzji dotyczących inwestycji w obliczu niepewności. Według niej obliczane wartości bieżące oczekiwanych strumieni gotówki, jakie będą generowane przez inwestycję, należy zestawić z wartością bieżącą strumieni wydatków wymaganych do jej realizacji i sprawdzić, czy różnica owych wartości (bieżąca wartość netto) jest dodatnia. Jeśli jest to wartość większa od zera, menedżer powinien podjąć decyzję o inwestowaniu. Jednakże od samego początku można napotykać problemy związane z szacowaniem strumieni zysków z przedsięwzięcia, doboru stawek podatkowych, stóp dyskontowych i poziomu inflacji [Dixit i Pindyck 1995, s. 105-110].

Pierwsze wykorzystanie dyskonta do wyceny projektu inwestycyjnego datowane jest na XIX wiek. Metody dyskontowe wykorzystano do oceny inwestycji kolejowych i wyceny kopalń w Ameryce [Wiśniewski 2008]. W wieku XX rozkwitła metodologia uwzględniająca wartość pieniądza w czasie. W 1930 roku po raz pierwszy E.L. Grant w książce „*Principles of Engineering Economy*” użył sformułowania „wartość zaktualizowana” i „krańcowa stopa zwrotu z inwestycji”. Metody dyskontowe zdobyły popularność dopiero po publikacji prac dotyczących kosztu kapitału, prowadzonych m.in. przez I. Fishera. Należy jednak zwrócić uwagę na opracowanie J. Williamsa z roku 1938 roku, który jako jeden z pierwszych ekonomistów sformułował teorię wyceny wykorzystującą zdyskontowane przepływy pieniężne w odniesieniu do wyceny wartości akcji będącą funkcją wypłat dywidend [Rubinstein 2006, s. 75].

Po roku 1951, kiedy to J. Dean [1951] wydał swoją publikację zatytułowaną „*Capital Budgeting*” nastąpił prawdziwy „wysyp” opracowań dotyczących wycen wykorzystujących metody dyskontowe. Od tamtego czasu wiodą one prym w wycenie wszelkich projektów inwestycyjnych, niezależnie od dziedziny prowadzonej działalności, a także stanowią podstawę rozwoju kolejnych technik wyceny [Kościński i Pastusiak 2013, s. 3].

Najczęściej używane kryteria (miary) opłacalności oparte na metodach dochodowych wyceny wykorzystujących zdyskontowane przepływy pieniężne to:

- a) wartość bieżąca (zaktualizowana) netto (*Net Present Value, NPV*),
- b) wewnętrzna stopa zwrotu (*Internal Rate of Return, IRR*).

NPV to suma zdyskontowanych przepływów gotówkowych netto (strumieni pieniężnych) kolejnych okresów, stanowiących różnicę między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami pieniężnymi, w tym nakładami inwestycyjnymi.

W najprostszym ujęciu, dla tzw. inwestycji typowych, w których nakłady inwestycyjne poprzedzają oczekiwane korzyści z inwestycji, NPV wyznacza się za pomocą wzoru:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (1.1)$$

gdzie:

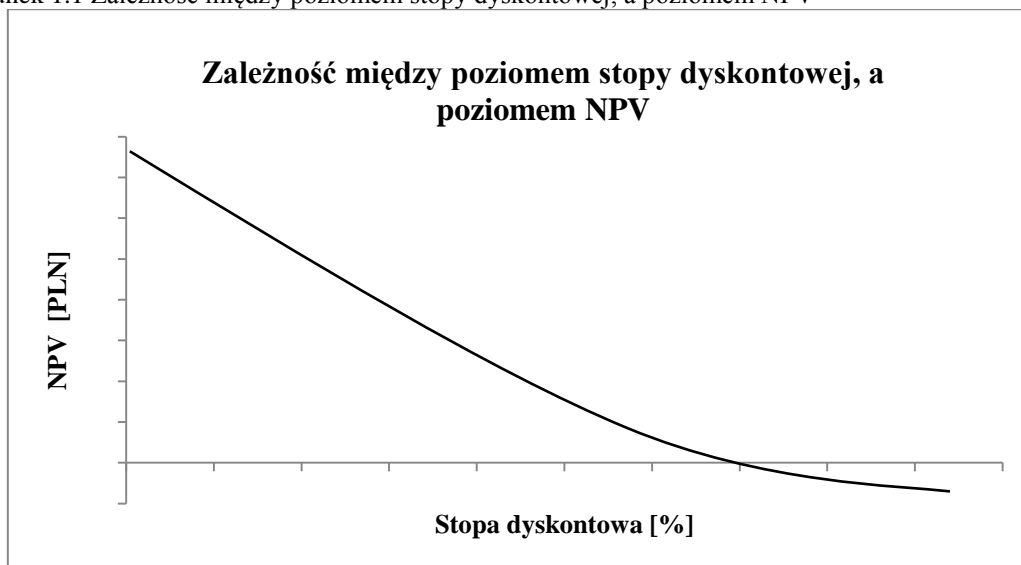
- C_t – oczekiwane przepływy pieniężne w analizowanym okresie,
- k – stopa dyskontowa,
- I_0 – bieżąca wartość początkowych nakładów inwestycyjnych,
- $t = 1, 2, \dots, n$ – kolejne okresy horyzontu inwestycyjnego.

NPV jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $NPV < 0$ – inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy,
- $NPV = 0$ – inwestycja znajduje się na granicy opłacalności,
- $NPV > 0$ – inwestycja jest opłacalna.

NPV zależy od wartości i rozłożenia w czasie prognozowanych przepływów pieniężnych netto oraz od przyjętej stopy dyskontowej. Podniesienie poziomu stopy dyskontowej prowadzi do obniżenia zdyskontowanej wartości przepływów pieniężnych netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego i odwrotnie. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV przedstawiono na Rysunku 1.1

Rysunek 1.1 Zależność między poziomem stopy dyskontowej, a poziomem NPV



Źródło: opracowanie własne

Najpopularniejszą względną miarą finansowej opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego jest wewnętrzna stopa zwrotu. Wewnętrzną stopą zwrotu nazywana jest stopa zwrotu z zainwestowanego kapitału [Brigham i Houston, 2005, tom 1, s. 289] lub stopa dyskontowa zrównująca wartość obecną oczekiwanych wpływów z inwestycji z wartością obecną nakładów [Brigham i Houston, 2005, tom 2, s. 65].

$$PV \text{ wpływów} = PV \text{ nakładów inwestycyjnych}$$

Istotną cechą IRR jest założenie, że inwestor pomnaża wszystkie wpływy. Wysokość tej stopy jest podstawą akceptacji lub odrzucenia projektu inwestycyjnego. W przypadku wyboru spośród kilku alternatywnych przedsięwzięć za najlepszy uważa się ten, dla którego IRR ma najwyższą wartość. IRR jest taką stopą dyskontową, przy której $NPV=0$.

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} - I_0 = 0 \quad (1.2)$$

IRR pozwala na ocenę inwestycji w procentach stopy zwrotu w przeciwieństwie do NPV, która mierzona jest w pieniądzu. Opłacalny będzie ten projekt, dla którego wewnętrzna stopa zwrotu jest nie mniejsza, niż stopa dyskontowa przyjęta do obliczania NPV projektu inwestycyjnego.

Oprócz dwóch wymienionych najczęściej stosowanych miar opłacalności wykorzystywane są inne metody bazujące również na oczekiwanych przepływach pieniężnych, tj. [Kościński i Pastusiak 2013]:

- a) zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu (*Modified Internal Rate of Return, MIRR*),
- b) indeks (wskaźnik) rentowności (*Profitability Index, PI*),
- c) zdyskontowany okres zwrotu (*Discounted Payback Period, DPP*).

W celu uzyskania lepszego jakościowo miernika oceny można zmodyfikować IRR otrzymując MIRR. MIRR jest zatem stopą dyskontową, dla której wartość obecną nakładów jest równa wartości obecnej wartości końcowej, stanowiącej sumę wartości przyszłych dodatnich przepływów pieniężnych, kapitalizowanych według stopy równej kosztowi kapitału.

$$PV \text{ nakładów} = PV \text{ wartości końcowej}$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{ICF_t}{(1 + k)^t} = \frac{\sum_{t=0}^n OCF_t (1 + k)^{n-t}}{(1 + MIRR)^n} \quad (1.3)$$

$$PV_{\text{nakładów}} = \frac{TV}{(1 + MIRR)^n} \quad (1.4)$$

gdzie:

- *ICF (Investment Cash Flows)* – nakłady inwestycyjne,
- *OCF (Operating Cash Flows)* – przepływy operacyjne,
- *PV nakładów* – oznacza nakłady inwestycyjne zdyskontowane kosztem kapitału,
- *TV* – skapitalizowana wartość wpływów (wartość końcowa) obliczona przy założeniu, że nadwyżki pieniężne są reinwestowane oraz przynoszą stopę zwrotu równą kosztowi kapitału.

W metodzie IRR przyjmuje się, że założona stopa reinwestycji jest równa IRR projektu. W przypadku MIRR stopa zwrotu wszystkich reinwestowanych przepływów pieniężnych płynących z realizacji inwestycji będzie równa kosztowi kapitału [Brigham i Houston, 2005, tom 2, s. 74-76]. Założenie o reinwestowaniu środków według kosztu kapitału, a nie wewnętrznej stopy zwrotu projektu, powoduje, że lepiej oddajemy rzeczywistą dochodowość projektu.

MIRR jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $MIRR > k$ - akceptacja projektu,
- $MIRR < k$ - odrzucenie projektu,
- $MIRR = k$ - wymagane dodatkowe uzasadnienie o przyjęciu lub odrzuceniu projektu.

W przypadku oceny kilku projektów inwestycyjnych za najkorzystniejszy uważa się ten, dla którego MIRR osiąga największą wartość. Oczywiście wyboru należy dokonywać ze zbioru tych projektów, których wartość MIRR jest większa od kosztu kapitału.

Wskaźnik PI jest względną miarą rentowności nakładów, czyli relacją zdyskontowanych wpływów do zdyskontowanych wydatków, co pozwala na wybór inwestycji o najwyższych dochodach w przeliczeniu na jednostkę wydatków. Wartość wskaźnika oblicza się według wzoru:

$$PI = \frac{\sum_{t=m+1}^n \frac{NCF_t^+}{(1+k)^t}}{\left| \sum_{t=0}^m \frac{NCF_t^-}{(1+k)^t} \right|} \quad (1.5)$$

gdzie:

- NCF_t^- - ujemne przepływy pieniężne (wydatki),

- $t = 0$ do m - okresy występowania ujemnych przepływów pieniężnych,
- NCF_t^+ – dodatnie przepływy pieniężne (wpływy),
- $t = m+1$ do n – okresy występowania dodatnich przepływów pieniężnych.

Do wad wskaźnika PI należy zaliczyć nieuwzględnienie efektów skali inwestycji, które można ocenić przy zastosowaniu metody NPV. W przypadku występowania tylko jednego ujemnego przepływu pieniężnego w pierwszym okresie cyklu życia przedsięwzięcia równanie przyjmuje formę:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{NCF_t^+}{(1+r)^t}}{I_0} \quad (1.6)$$

gdzie:

- I_0 – początkowe nakłady inwestycyjne.

Wskaźnik rentowności jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $PI > 1$ – akceptacja projektu,
- $PI = 1$ – projekt neutralny,
- $PI < 1$ – odrzucenie projektu.

Optymalna jest inwestycja o najwyższym wskaźniku PI.

W przypadku, gdy stopa reinwestycji jest inna niż stopa dyskontowa wskazane jest zastosowanie zmodyfikowanego wskaźnika PI, czyli MPI (*Modified Profitability Index*).

$$MPI = \frac{\left(\frac{\sum_{t=m+1}^n \frac{NCF_t^+ (1+k_r)^{n-t}}{(1+k)^t}}{(1+k)^n} \right)}{\left| \sum_{t=0}^m \frac{NCF_t^-}{(1+k)^t} \right|} \quad (1.7)$$

gdzie:

- k_r – stopa reinwestowania korzyści z projektu,

MPI wskazuje, ile przepływów pieniężnych netto przypada na jednostkę wartości nakładów inwestycyjnych.

MPI jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $MPI > 1$ – akceptacja projektu,
- $MPI = 1$ – projekt neutralny,

- $MPI < 1$ – odrzucenie projektu.

Optymalna jest inwestycja o najwyższym wskaźniku MPI [Michalski 2009, s. 124-126].

Okres zwrotu (*Payback Period, PP*), nazywany też okresem zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych, okresem spłaty lub - dla odróżnienia od zdyskontowanego okresu zwrotu - prostym albo zwykłym okresem zwrotu, jest jedną ze statycznych metod oceny opłacalności inwestycji. Okres zwrotu określa czas, w którym dodatnie przepływy pieniężne generowane przez przedsięwzięcie inwestycyjne zrównoważą pierwotne nakłady inwestycyjne.

PP jest najkrótszym okresem (n), w którym spełniona jest formuła:

$$\sum_{t=0}^n CF_t \geq 0 \quad (1.8)$$

Używając okresu zwrotu jako kryterium podejmowania decyzji, decydent będzie porównywał okres zwrotu przedsięwzięcia z wartością progową, czyli z granicznym okresem zwrotu, wybierając do realizacji te projekty, dla których okres zwrotu jest krótszy od akceptowanej wartości progowej. W przypadku względnej oceny opłacalności inwestycji preferowane będą przedsięwzięcia o jak najkrótszym okresie zwrotu.

Do zalet okresu zwrotu zalicza się:

- prostotę miary i zrozumiałą formę zgodną z intuicyjnym rozumieniem istoty inwestowania,
- uwzględnienie wyższego ryzyka projektów długoterminowych,
- sprzyjanie zachowaniu płynności finansowej przedsiębiorstwa.

Za wady uznano:

- nieuwzględnienie teorii zmiennej wartości pieniądza w czasie,
- wymóg ustalenia wartości progowej,
- ignorowanie przepływów pieniężnych występujących po momencie zwrotu nakładów,
- niedoskonałość w zastosowaniu podczas oceny projektów nietypowych.

Próbą reakcji na niektóre zarzuty stawiane prostemu okresowi zwrotu jest zdyskontowany okres zwrotu (*Discounted Payback Period, DPP*). Metoda zaliczana jest do dynamicznych metod wyceny i uwzględnia zmienną wartość pieniądza w czasie poprzez wprowadzenie do obliczeń stopy dyskontowej.

DPP jest najkrótszym okresem (n) w którym spełniona jest formuła:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq 0$$

(1.9)

Używając zdyskontowanego okresu zwrotu jako kryterium decyzyjnego decydent będzie porównywał zdyskontowany okres zwrotu przedsięwzięcia z wartością progową, czyli z granicznym zdyskontowanym okresem zwrotu, wybierając do realizacji te projekty, dla których zdyskontowany okres zwrotu jest krótszy od wartości progowej. W przypadku względnej oceny opłacalności inwestycji preferowane będą przedsięwzięcia o jak najkrótszym okresie zwrotu. Niewątpliwą zaletą metody jest uwzględnienie zmiennej wartości pieniądza w czasie i ryzyko, ponadto odrzucanie projektów z ujemną wartością. Wadą jest konieczność subiektywnego ustalenia wartości progowej oraz ignorowanie przepływów pieniężnych występujących po momencie zwrotu nakładów [Nowicki 2013, s. 224-227].

Porównanie opisanych metod oceny opłacalności inwestycji pozwala na sformułowanie następujących wniosków [Różański 1998, s. 88-89]:

1. przepływy pieniężne są reinwestowane:
 - w metodzie NPV – po koszcie kapitału,
 - w metodzie IRR – po stopie IRR,
 - w metodzie MIRR – po koszcie kapitału.
2. najbardziej opłacalnym projektem jest ten, który:
 - w metodzie NPV - ma najwyższą wartość NPV,
 - w metodzie IRR - ma najwyższą wartość IRR,
 - w metodzie MIRR - ma najwyższą wartość MIRR.

Podobnie jak w przypadku oceny opłacalności inwestycji, również w wycenie przedsiębiorstw możemy posłużyć się (jako jedną z metod) metodą dochodową, czyli opartą o zdyskontowane przepływy pieniężne. W praktyce można zastosować trzy ujęcia tego podejścia: klasyczne (oparte na przepływach przynależnych wszystkim kapitałodawcom), APV oraz przepływy przynależne właścicielom.

W podejściu klasycznym posługujemy się wolnymi przepływami pieniężnymi zdyskontowanymi średnim ważonym kosztem kapitału. Alternatywną metodą zaproponowaną przez S.C. Myersa [1974] jest skorygowana wartość netto, czyli APV. Trzecim często stosowanym podejściem wyceny są przepływy przynależne właścicielom.

- a) wolne przepływy pieniężne dyskontowane według średniego ważonego kosztu kapitału (WACC) (*free cash flow discounted at the WACC*),

Suma wartości długu (D_0) i kapitału własnego (E_0) jest równa wartości bieżącej wolnych przepływów pieniężnych (FCF) generowanych przez przedsiębiorstwo zdyskontowanych przy zastosowaniu średniego ważonego kosztu długu i kapitału własnego po opodatkowaniu (WACC).

$$E_0 + D_0 = PV_0 [WACC_t; FCF_t] \quad (1.10)$$

gdzie:

- PV_0 – wartość bieżącą oczekiwanych wolnych przepływów pieniężnych,
- $WACC_t$ – to średni ważony koszt kapitału,

$$WACC_t = \left(\frac{E}{V}\right) k_E + \left(\frac{D}{V}\right) k_D (1 - T_c) \quad (1.11)$$

gdzie:

- k_E – koszt kapitału własnego,
- k_D – koszt długu,
- E – wartość rynkowa kapitału własnego,
- D – wartość rynkowa długu,
- $V = E + D$,
- E/V – procentowy udział kapitału własnego,
- D/V – procentowy udział długu,
- T_c – podatek dochodowy dla firm.

W rzeczywistości wartości rynkowe są wartościami otrzymanymi przy kalkulacji przeprowadzonej za pomocą wzoru (2.10). W związku z tym wycena jest procesem iteracyjnym: wolne przepływy pieniężne dyskontowane są WACC, by obliczyć wartości przedsiębiorstwa ($D+E$), ale w celu uzyskania WACC, musimy znać wartość przedsiębiorstwa ($D + E$).

- b) skorygowana wartość bieżąca (*Adjusted Present Value, APV*)

Wartość długu (D) plus wartość kapitału własnego (E) jest równa sumie nielewarowanych kapitałów własnych (V_u) i wartości bieżącej tarczy podatkowej (VTS).

$$E + D = V_u + VTS \quad (1.12)$$

Jeśli (K_u) jest stopą zwrotu z kapitału własnego w przedsiębiorstwie bez długu (często określane mianem alternatywnego kosztu kapitału), to:

$$V_u = PV[k_u; FCF_t] \quad (1.13)$$

c) przepływy przynależne właścicielom (*expected equity cash flows (ECF) discounted at the required return to equity*),

Wartość kapitału własnego (E) jest wartością bieżącą oczekiwanych przepływów pieniężnych z kapitału własnego (ECF), zdyskontowanych z zastosowaniem wymaganego zwrotu z kapitału własnego (ke).

$$E_0 = PV_0 [k_{e_t}; ECF_t] \quad (1.14)$$

Wartość długu (D) jest wartością bieżącą oczekiwanych przepływów pieniężnych długu (CF_d), zdyskontowanych wymaganym kosztem długu (kd).

$$D_0 = PV_0 [k_{d_t}; CF_{d_t}] \quad (1.15)$$

Równanie przedstawiające relację FCF i ECF jest następujące:

$$ECF_t = FCF_t + \Delta D_t - I_t * (1 - T) \quad (1.16)$$

gdzie:

- ΔD_t – wzrost zadłużenia,
- I_t – odsetki zapłacone przez przedsiębiorstwo.

P. Fernandez w artykule „*Valuing companies by cash flow discounting: ten methods and nine theories*” przedstawia inne metody ustalania wartości przedsiębiorstw (projektów inwestycyjnych). Wszystkie zaprezentowane metody dają zawsze takie same wartości obliczeniowe i uwzględniają wartość pieniądza w czasie poprzez sprowadzenie jego wartości przyszłej do wartości bieżącej przy pomocy odpowiednich stóp dyskontowych, zależnych od kategorii przepływów przyjętych do wyceny [Fernandez 2007, s. 853-876].

G. Brigham i L. Gapenski wyróżniają cztery etapy wyceny wykorzystującej zdyskontowane przepływy pieniężne [Brigham i Gapenski 2000, s. 30]:

- oszacowanie przyszłych przepływów środków pieniężnych,
- oszacowanie ryzyka przepływów,

- ocena ryzyka ujęta jako równoważnik pewności (*Certainty Equivalent, CE*) lub stopę dyskontową,
- znajdowanie wartości obecnej przepływów.

Metody oparte na oczekiwanych zdyskontowanych przepływach pieniężnych zakładają *a priori* osadzenie pojedynczego scenariusza zdarzeń, co oznacza bierne zobowiązanie kierownictwa do pewnej strategii operacyjnej. Stanowi to bezpośrednią przyczyną zaniżenia górnej wartości inwestycji. Ponadto podejście NPV traktuje projekty jako niezależne możliwości inwestycyjne i za kryterium akceptacji przyjmuje się jedynie dodatnią wartość wyników. Oznacza to nieelastyczną formę zarządzania charakteryzującą się od początku podjęciem nieodwołalnego zobowiązania do realizowania pewnej strategii działania w trakcie trwania projektu. Elastyczności operacyjnej menedżerów, polegającej na możliwości zrewidowania decyzji w związku ze zmianami uwarunkowań ekonomicznych, poświęcona jest publikacja N. Kulatilaki, przedstawiająca ową możliwość jako opcję neutralizującą ryzyko i posiadającą swoją wycenianą wartość [Kulatilaka 1993, s. 271-280].

Techniki DCF mają wbudowane ograniczenia i niosą ze sobą następujące zagrożenia:

- przeszacowania ryzyka, zwłaszcza, gdy obserwowany jest jego spadek w późniejszych fazach realizacji projektu,
- nieuwzględniania możliwości wpływu menedżerów na redukcję ryzyka projektu poprzez jego dywersyfikację lub natychmiastowe reagowanie na przyszłe zdarzenia [Hodder J.E., Riggs H. E 1985, s. 128-135].

Świadomość tych zagrożeń powinna pomóc menedżerom uniknąć bezkrytycznego stosowania technik DCF, które potencjalnie prowadzą do błędnych decyzji. Główna krytyka metod koncentruje się na ukrytym założeniu, że wyniki projektu będą niezależne od przyszłych decyzji w firmie, ignorując tym samym wszelkie wartości pochodzące z elastyczności menedżerskiej. Tradycyjne metody często nie zapewniają wyceny niepewności środowiska biznesowego i mogą nie wziąć pod uwagę skutków wywołanych zmianą decyzji powziętych w trakcie trwania przedsięwzięcia (utożsamianej z reakcją na ryzyko) lub nieodpowiednio ją wycenić.

Elastyczność zarządzania jest zdolnością do podejmowania decyzji w trakcie realizacji projektu, tak aby oczekiwane zwroty z inwestycji były maksymalizowane lub oczekiwane straty były minimalizowane. Przykładem elastyczności jest zwiększenie lub

zmniejszenie skali przedsięwzięcia w odpowiedzi na warunki rynkowe, porzucenie projektu, który jest nierentowny, odroczenie inwestycji w czasie, tymczasowe zawieszanie działalności lub wznowienie działalności po czasowym wyłączeniu [Brandao, Dyer i Hahn 2005, s. 69-88]. Elastyczność menedżerska ma swoją wymiarną wartość, która może mieć wpływ na wzrost rentowności analizowanych przedsięwzięć i zmianę kierunku podjętych działań w wyniku gromadzonej wiedzy.

Techniki DCF dostarczają ważnej informacji o przewidywanej wartości projektu, jednocześnie niewiele mówiąc o jego ryzyku. Nie uwzględniają "decyzji warunkowych", czyli w jaki sposób projekt będzie zarządzany po otrzymaniu większej ilości informacji. W wielu przypadkach korzyści płynące z aktywnego zarządzania, będącego innym sposobem opisanego właściwego działania, nie mają swojego odzwierciedlenia w wycenie [Skinner 2009]. Podejście tradycyjne nie uchwyci realistycznej wyceny przedsięwzięcia, ponieważ wyraźnie nie uwzględnia wartości wbudowanych opcji rzeczywistych tkwiących w projekcie. Z punktu widzenia menedżera przydatna wydaje się być możliwość porównania efektów płynących ze scenariuszy inwestowania oraz odroczenia inwestycji w czasie [Dixit i Pindyck 1995, s. 105-110].

Powszechną praktyką jest ocena kilku scenariuszy realizacji przedsięwzięcia, co rozszerza analizę NPV poza ten najbardziej prawdopodobny. Zazwyczaj rozważane są dwa dodatkowe, mniej prawdopodobne warianty: optymistyczny i pesymistyczny. Są one konstruowane w oparciu o zestaw innych parametrów, które mogą wpływać zarówno pozytywnie, jak i negatywnie na opłacalność inwestycji [Mathews 2009, s. 32-41]. W przypadku stosowania NPV zakłada się jedną z dwóch sytuacji: inwestycja jest odwracalna (innymi słowami, może w jakiś sposób być cofnięta i wydatki odzyskane, gdy warunki rynkowe mogą okazać się gorsze niż przewidziano); inwestycja jest nieodwracalna (jej realizacja bazuje na decyzji „teraz-albo-nigdy”) [Dixit i Pindyck 1995, s. 105-106]. W większości przypadków inwestycje są nieodwracalne, a ich rozpoczęcie może być jedynie opóźnione, co nie zawsze powinno być utożsamiane z opóźnieniem podjęcia decyzji. Możliwość opóźnienia podjęcia decyzji podważa ważność zasady wartości bieżącej netto. Tak więc do analizy decyzji inwestycyjnych, musimy ustanowić ramy, które umożliwiają rozwiązanie kwestii nieodwracalności, niepewności i czasu w sposób bardziej bezpośredni. Dla przykładu odroczenie rozpoczęcia inwestycji wiąże się nieodłącznie z upływającym czasem i nabywaną wiedzą, co ma swoją wymiarną wartość, która nie znajduje odzwierciedlenia w standardowej kalkulacji.

Powszechnym staje się założenie o występowaniu stałego scenariusza, w którym firma rozpoczyna i kończy projekt generujący określone przepływy pieniężne w czasie. Kalkulacja nie uwzględnia żadnych działań na wypadek opóźnienia przedsięwzięcia lub jego zaniechania w wyniku zmiennych warunków rynkowych [Dixit i Pindyck 1995, s. 105-110]. Możliwość odroczenia decyzji w czasie daje decydentowi sposobność określenia przebiegu przyszłych zdarzeń i szansę, aby uniknąć kosztownych błędów, jeśli wystąpią niekorzystne zmiany. Zapewnia również dodatkowy czas, podczas którego pozytywny zwrot wydarzeń może uczynić przedsięwzięcie znacznie bardziej opłacalnym.

Stosując metodę dochodową zakłada się wielkości przyszłych przepływów gotówkowych, a następnie dyskontuje się je przewidywanym kosztem kapitału, uzyskując ich wartość obecną. W metodach dyskontowych należy przewidywać przyszłość, identyfikować potencjalne zdarzenia i ich przebieg oraz kwantyfikować ich skutki w przyszłości. Jedną z wątpliwości dotyczących szacowania wartości obecnej w metodzie dochodowej jest fakt prognozowania w oparciu o dane historyczne analizowanych zmiennych, czyli związek deterministyczny. W ten sposób pojawia się sytuacja, w której przeszłość jest już nieaktualna lub nieznaną i trudność w określeniu przyszłości staje się determinantą wartości obecnej, z czym niełatwo się zgodzić [Krysiak 2013, s. 546-550].

Dziesiątki lat stosowania technik DCF spowodowały, że analizowanie projektów inwestycyjnych z wykorzystaniem tych metod stało się niemal rutyną. Najnowsze badania na temat wyceny elastyczności sugerują, że podejście opcyjne zwycięża tradycyjne metody analizy oparte o DCF [Yuan-yuan, Jun i Jianxin 2007, s. 1389-1404].

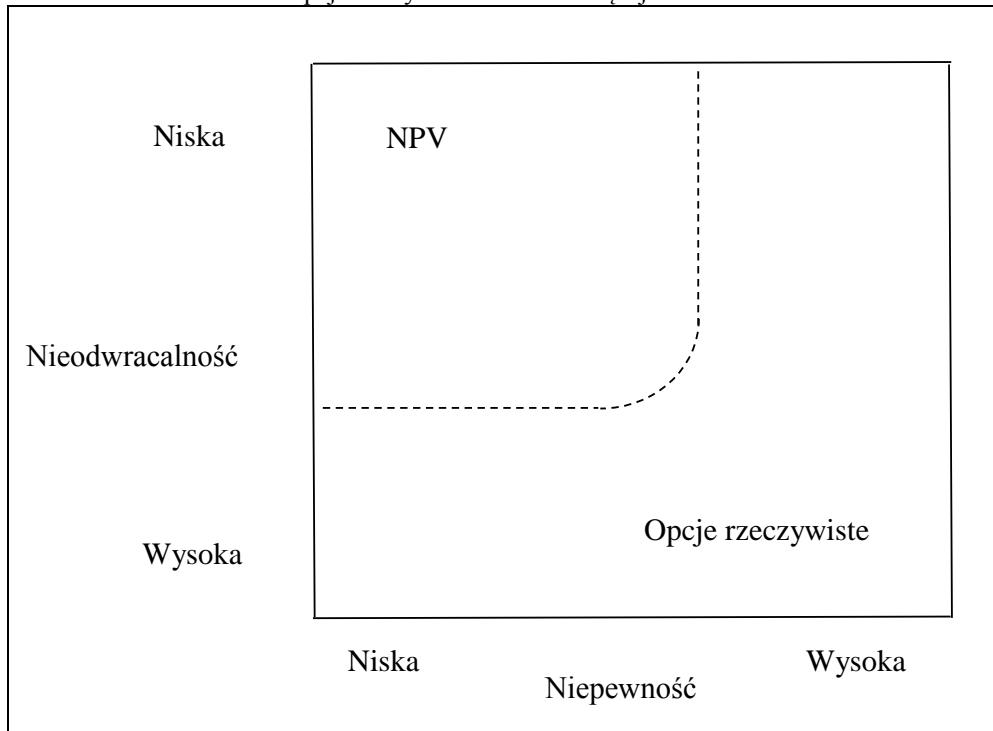
Zdarzają się przypadki, kiedy menedżerowie, mimo ujemnej wartości bieżącej netto podejmują decyzję o realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, argumentując swoje decyzje potrzebą realizacji strategii. W przypadku, gdy wzrost wartości przedsiębiorstwa stanowi podstawowe kryterium podejmowania decyzji, to planowanie strategiczne (w tym głównie planowanie inwestycji) polega na identyfikacji, kreowaniu i wycenie wartości portfela opcji rzeczowych. Takie podejście wymusza konstrukcję miernika efektywności inwestycji, jakim jest rozszerzona wartość zaktualizowana netto (*Expanded Net Present Value, ENPV*), wyrażonego formułą:

$$ENPV = NPV + \text{wartość opcji rzeczywistych} + \text{wartość zależności między tymi opcjami.}$$

To właśnie występujące zależności między realizowanymi projektami o ujemnym NPV stanowią uzasadnienie dla podjęcia decyzji o ich realizacji [Mizerka 2005, s. 74-75].

Na Rysunku 1.2 zilustrowano zasadę stosowania metody opcji rzeczowych i wartości bieżącej netto.

Rysunek 1.2 Granice stosowania opcji realnych i wartości bieżącej netto



Źródło: Adner i Levinthal 2004, s. 74–85

Ponad 30 lat po wprowadzeniu terminu opcji realnych metoda nie została jeszcze jednoznacznie przyjęta jako uniwersalne narzędzie do podejmowania decyzji strategicznych. Odejście od wyłącznego stosowania tradycyjnych metod DCF może nastąpić dopiero, gdy niektóre branże, takie jak naftowa, gazowa lub górnicza przyjąłoby stosowanie rachunku opcyjnego w większym stopniu niż inne. Opcje realne dostarczają innych ważnych informacji, w porównaniu z tradycyjnymi technikami DCF, które nie mogą ich zapewnić.

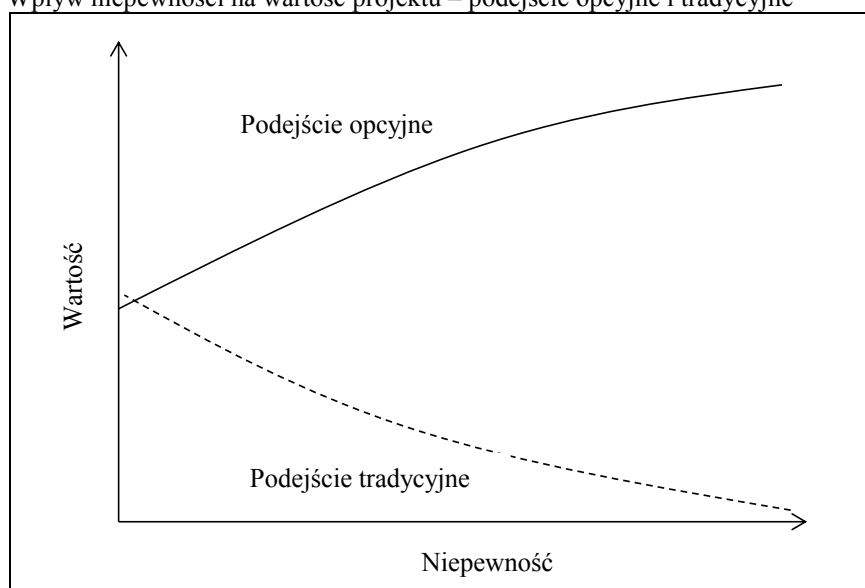
W przypadku występowania opcji rzeczywistych, tradycyjna metodologia DCF może nie zapewnić odpowiednich ram podejmowania decyzji, ponieważ niewłaściwie wycenia się zdolność kierownictwa do oczekiwania, czy zrewidowania wstępnej strategii działania, jeśli przyszłe wydarzenia okazują się być odmienne w stosunku do tych antycypowanych.

W rzeczywistości podejmowanie inwestycji wiąże się z ponoszeniem ryzyka. Nieustannym obowiązkiem menedżera jest takie zarządzanie ryzykiem, by maksymalizować korzyści z funkcjonowania przedsiębiorstwa, co wydaje się obecnie bezdyskusyjne. Ze względu na wiele rodzajów ryzyka w działalności górniczej (wyjątkowość złóż, niepowtarzalność budowy geologicznej, sytuacja rynkowa, itp.) wycena przedsięwzięć staje się zadaniem trudnym. Przyjmując paradygmat racjonalności strategicznej, wyrażający się podejściem analitycznym w procesie podejmowania decyzji,

decydent powinien zgromadzić jak najlepszą wiedzę dotyczącą problemu decyzyjnego [Nita 2007, s.8].

W metodach opcyjnych wzrost niepewności przekłada się na wzrost wartości projektu. Dzieje się tak za sprawą uwzględniania ponadprzeciętnie wysokich korzyści płynących z projektu, przy jednoczesnej możliwości wprowadzania działań korygujących w przypadku wyniku mniej korzystnego niż oczekiwany. Tymi działaniami może być na przykład opóźnienie, przerwanie lub zatrzymanie projektu. Rysunek 1.3 przedstawia opisaną zależność.

Rysunek 1.3 Wpływ niepewności na wartość projektu – podejście opcyjne i tradycyjne



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Amram i Kulatilaka 1999, s. 15

Model opcji rzeczowych nie eliminuje ewentualnej potrzeby korzystania z innych metod wyceny, stanowiąc swoistego rodzaju ich uzupełnienie i pozwalając na pogłębioną analizę problemu. Lata stosowania technik DCF spowodowały, że analizowanie projektów inwestycyjnych z wykorzystaniem tych metod stało się rutyną. Natomiast metoda opcji realnych nie została jeszcze powszechnie zaakceptowana jako uniwersalne narzędzie do podejmowania decyzji strategicznych.

1.2 Charakterystyka podejścia opcyjnego

1.2.1 Opcje rzeczywiste, ich geneza i podobieństwo do opcji finansowych

Instrumentami pochodnymi (*derivative instruments*) nazywane są instrumenty finansowe, których wartość zależy od wartości innego instrumentu finansowego, zwanego podstawowym lub bazowym (*underlying instrument*). Instrumenty pochodne

służą transferowi ryzyka (jedna lub obie strony kontraktu przekazują ryzyko drugiej stronie) i stanowią najmłodszą grupę instrumentów finansowych. Ze względu na charakter relacji występujących pomiędzy stronami wyróżniane są dwie grupy instrumentów pochodnych:

- symetryczne – obie strony (długa - posiadacz i krótka - wystawca) przyjmują określone zobowiązanie,
- niesymetryczne – strona długa nabywa określone prawo, a strona krótka określone zobowiązanie.

Główne czynniki wpływające na wycenę opcji:

- bieżący poziom ceny instrumentu bazowego,
- cena wykonania opcji,
- czas do wygaśnięcia opcji,
- zmienność,
- stopa procentowa wolna od ryzyka,
- wielkość oczekiwanej dywidendy.

W tabeli 1.1 przedstawiono, jak wpływa zmiana poszczególnych czynników na wycenę opcji.

Tabela 1.1 Podsumowanie wpływu zmiany poszczególnych parametrów na cenę opcji przy założeniu stałości pozostałych parametrów

Zmienna	Europejska opcja call	Europejska opcja put	Amerykańska opcja call	Amerykańska opcja put
Bieżący poziom ceny akcji	+	-	+	-
Cena wykonania	-	+	-	+
Czas do wygaśnięcia opcji	?	?	+	+
Zmienność	+	+	+	+
Stopa wolna od ryzyka	+	-	+	-
Wielkość oczekiwanej dywidendy	-	+	-	+
„+” oznacza, że wraz ze wzrostem wartości zmiennej wzrasta wartość opcji				
„-” oznacza, że wraz ze wzrostem wartości zmiennej maleje wartość opcji				
„?” oznacza, że relacja jest niepewna/niejednoznaczna				

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Hull 2012, s. 215

Dwa pierwsze czynniki determinują poziom funkcji wypłaty określającej wartość dochodu otrzymanego z opcji w dniu jej wykonania. Opcja powinna zostać wykonana

wówczas, gdy wartość instrumentu bazowego jest większa lub mniejsza od ceny wykonania odpowiednio dla opcji kupna lub sprzedaży. Premia opcyjna jest rynkową ceną odzwierciedlającą wartość całkowitą opcji i składa się z wartości wewnętrznej (zależnej od relacji pomiędzy ceną instrumentu, a ceną wykonania) i wartości czasowej. Zmienność kursu instrumentu bazowego jest dodatnio skorelowana z wartością opcji kupna i sprzedaży. Miarą zmienności jest odchylenie standardowe procentowej zmiany ceny instrumentu bazowego. Zmienność może być wyznaczona w oparciu o dane historyczne instrumentu bazowego [Rudny 2009, s. 76].

Opcja sprzedaży staje się mniej wartościowa wraz ze wzrostem cen akcji i bardziej wartościowa wraz ze wzrostem ceny wykonania. Opcja kupna zachowuje się w odwrotny sposób w porównaniu do opcji sprzedaży. W przypadku opcji sprzedaży wypłata z realizacji opcji jest kwotą, o którą cena wykonania przewyższa cenę akcji.

Analizując czas do wygaśnięcia opcji jako zmienną zauważalna jest zależność dotycząca zarówno opcji kupna, jak i sprzedaży: im dłuższy czas do wygaśnięcia opcji tym większa jest jej wartość (lub nie traci na wartości).

Zgodnie z J.C. Hull zmienność cen akcji jest miarą tego, jak bardzo inwestor nie jest pewien zmienności cen akcji w przyszłości. Wraz ze wzrostem zmienności szansa, że wartość akcji będzie wzrastać lub spadać, rośnie. Właściciel opcji kupna czerpie korzyści ze wzrostu cen, ale ma ograniczone ryzyko spadku w przypadku spadku cen, ponieważ maksymalna strata właściciela to cena opcji. Podobnie właściciel opcji sprzedaży czerpie korzyści ze spadku ceny, ale ma ograniczone ryzyko spadku w przypadku wzrostu cen. Wartość opcji kupna i sprzedaży wzrasta wraz ze wzrostem zmienności.

Wraz ze wzrostem stóp procentowych oczekiwany przez inwestorów zwrot z akcji ma tendencje wzrostowe. Na dodatek wartość bieżąca jakichkolwiek przyszłych przepływów pieniężnych otrzymanych przez właściciela opcji maleje. W wyniku połączenia obydwu efektów jest wzrost wartości opcji kupna i spadek wartości opcji sprzedaży. W przypadku jednoczesnego spadku wartości stopy procentowej i wzrostu ceny akcji może nastąpić wzrost wartości opcji kupna i spadek wartości opcji sprzedaży.

Dywidendy mają wpływ na zmniejszenie cen akcji, co ma negatywny wpływ na wartość opcji kupna i pozytywny dla opcji sprzedaży. Rozważając dywidendę, która może być wypłacona w czasie trwania opcji, to wartość opcji jest negatywnie związana z wielkością dywidendy w przypadku opcji kupna i pozytywnie związana w przypadku opcji sprzedaży [Hull 2012, s. 215-218].

Opcja kupna stanowi prawo do zakupu określonej ilości instrumentu bazowego (np. kruszce, waluty, papiery wartościowe, itp.) w określonym czasie i z góry uzgodnionej cenie (*exercise, strike price*). Zabezpiecza to inwestującego przed ryzykiem związanym ze wzrostem cen instrumentu bazowego. Moment, w którym wygasa prawo do zakupu określany jest mianem momentu wygaśnięcia opcji (*maturity, expiration date*). Opcja, którą można wykonać jedynie w dniu wygaśnięcia opcji nazywamy opcją europejską (*European option*). Opcję amerykańską (*American option*) można wykonać w każdej chwili do dnia jej wygaśnięcia. Wartość opcji kupna w momencie jej wykonania, czyli wartość wewnętrzną (*intrinsic value*), opisana jest formułą:

$$c_{\text{wew}} = \max(V-X; 0) \quad (1.17)$$

gdzie:

- V – wartość instrumentu bazowego w momencie wykonania,
- X – cena wykonania.

Na całkowitą wartość opcji składa się jeszcze wartość czasowa (*time value*) związana z czasem oczekiwania do momentu wygaśnięcia opcji. Występująca nadwyżka nad wartością wewnętrzną generowana jest przez szansę na wzrost wartości instrumentu bazowego w okresie do momentu wygaśnięcia opcji.

O teorii wyceny opcji można mówić od lat siedemdziesiątych XX wieku. F. Black i M. Scholes zaprezentowali po raz pierwszy model wyceny opcji. W tym samym roku R. Merton rozszerzył ich model [Hull 2012, s. 299]. Badania naukowców wykazały, że teoria wyceny opcji jest istotna dla niemal każdej dziedziny finansów. Na przykład korporacyjne papiery wartościowe mogą być traktowane jako portfel opcji kupna lub sprzedaży wystawionych na aktywa przedsiębiorstwa. W rzeczywistości teoria odnosi się do bardzo ogólnej klasy problemów ekonomicznych, których rezultat dla każdej ze stron zależy od kwantyfikowanej niepewności przyszłych zdarzeń.

Wyceniając wartość opcji można posłużyć się podstawowym modelem wyceny opcji europejskich. Wartość opcji w momencie kupna t opisana jest wzorem [Hull 2012, s. 313]:

$$c_t = V_t N(d_1) - X e^{-r_f T} N(d_2) \quad (1.18)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{X}\right) + T\left(r_f + \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}}$$

(1.19)

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{V_t}{X}\right) + T(r_f - \frac{\sigma^2}{2})}{\sigma\sqrt{T}}$$

(1.20)

gdzie:

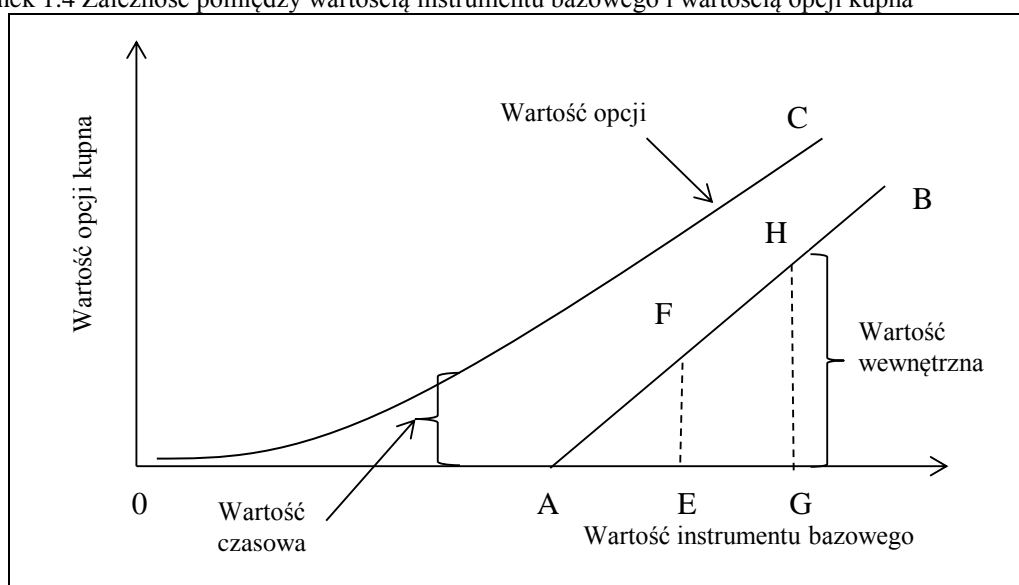
- V_t – wartość instrumentu bazowego w chwili t ,
- T – czas do wygaśnięcia opcji,
- $N(d_1)$ – wartość dystrybuanty rozkładu normalnego w punkcie d_1 ,
- $N(d_2)$ – wartość dystrybuanty rozkładu normalnego w punkcie d_2 ,
- e – podstawa logarytmu naturalnego,
- r_f – stopa oprocentowana papierów wartościowych pozbawionych ryzyka,
- σ^2 – wariancja wartości instrumentu bazowego, przy czym $\forall t \in (0, T): \sigma^2 = \sigma_t^2 = \text{const}$.

Zgodnie z tym modelem wartość opcji kupna rośnie wraz z:

- wydłużeniem okresu do wygaśnięcia opcji, T ,
- wzrostem wartości instrumentu bazowego, V_t ,
- spadkiem ceny wykonania, X ,
- wzrostem zmienności instrumentu bazowego, σ .

Rysunek 1.4 przedstawia zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji kupna.

Rysunek 1.4 Zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji kupna



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mizerka 2005, s. 53

Krzywa OAB przedstawia wartości opcji w momencie jej wykonania (wartość wewnętrzną) zakładając, że cena wykonania wynosi OA . W przypadku, gdy wartość instrumentu jest niższa niż OA , to w momencie wykonania wartość opcji wynosi zero. Im bardziej cena wykonania przekracza cenę instrumentu bazowego, tym większa jest wartość wewnętrzna opcji, co odzwierciedla krzywa AB . Dla przykładu dla wartości instrumentu bazowego OE wartość opcji wynosi EF i odpowiednio dla OG równa się GH .

Krzywa OC obrazuje całkowitą wartość opcji, z reguły przekraczając wartość wewnętrzną ze względu na czas pozostający do momentu wykonania opcji. Wartość całkowita może być odczytywana jako suma wartości wewnętrznej i wartości czasowej. Wraz z wydłużaniem okresu do momentu wygaśnięcia opcji wydłuża się czas, w którym może się zmienić wartość instrumentu bazowego. Wzrost wartości instrumentu bazowego wpływa na wzrost wartości czasowej opcji i pośrednio wartości całkowitej. Spadek wartości instrumentu bazowego poniżej ceny wykonania skutkuje tym, że wartość opcji będzie równa zero.

Opcja sprzedaży stanowi prawo do sprzedaży określonej ilości instrumentu bazowego w określonym czasie i z góry uzgodnionej cenie. Zabezpiecza to inwestującego przed ryzykiem związanym ze spadkiem cen instrumentu bazowego. Wartość opcji sprzedaży w momencie jej wykonania, czyli wartość wewnętrzną opisana jest formułą:

$$p_{wew} = \max(X - V; 0) \quad (1.21)$$

Wartość opcji sprzedaży przed momentem wygaśnięcia opcji t opisana jest wzorem [Hull 2012, s. 313]:

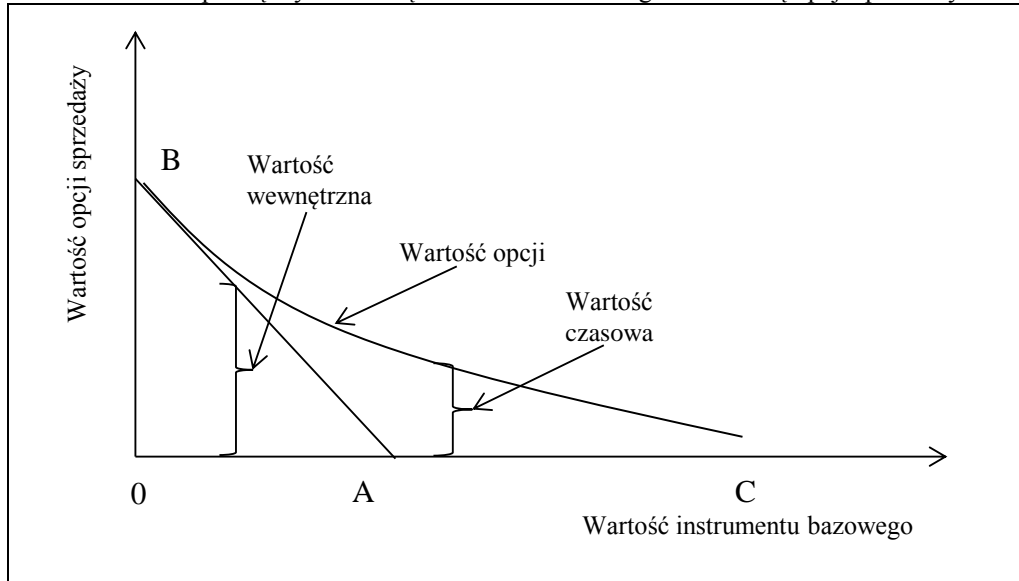
$$p_t = Xe^{rfT}N(-d_2) - V_tN(-d_1) \quad (1.22)$$

Zgodnie z tym modelem wartość opcji sprzedaży rośnie wraz z:

- wydłużeniem okresu do wygaśnięcia opcji, T ,
- spadkiem wartości instrumentu bazowego, V_t ,
- wzrostem ceny wykonania, X ,
- spadkiem stopy oprocentowania papierów wartościowych pozbawionych ryzyka, r_f ,
- wzrostem zmienności instrumentu bazowego, σ .

Rysunek 1.5 przedstawia zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji sprzedaży.

Rysunek 1.5 Zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji sprzedaży



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mizerka 2005, s. 55

Krzywa *CAB* przedstawia wartości opcji w momencie jej wykonania (wartość wewnętrzną) zakładając, że cena wykonania wynosi *OA*. W przypadku, gdy wartość instrumentu jest wyższa niż *OA*, to w momencie wykonania wartość opcji wynosi zero. Wartość wewnętrzną opcji osiąga swoją wartość maksymalną równą cenie wykonania w przypadku, gdy wartość instrumentu bazowego spadłaby do zera. Kształtowanie się wartości wewnętrznej opcji ilustruje krzywa *BAC*, a wartość całkowitą krzywa *BC*. Gdy wartość instrumentu bazowego dąży do zera, to wartość opcji dąży do maksimum i zrównuje się w wartością wewnętrzną. Wzrost wartości instrumentu bazowego ponad wartość *A* powoduje, że wartość wewnętrzna opcji równa się zero [Mizerka 2005, s. 51-56].

Wycena opcyjna może mieć zastosowanie nie tylko na poziomie operacyjnym (do oceny efektywności ekonomicznej inwestycyjnych lub wyceny wartości przedsiębiorstw), ale również na poziomie strategicznym (jako wsparcie procesów tworzenia i implementacji strategii organizacji). Stosowanie modeli opcji rzeczywistych służy do prognozowania wartości przedsięwzięć w przyszłości, co ma kluczowe znaczenie przy podejmowaniu decyzji dotyczących planowania, tworzenia strategii rozwoju, alokacji aktywów lub ich finansowania. Działanie to ma na celu zapewnienie stabilności kontynuacji działalności lub jej zaniechania. Ma to swoje szczególne znaczenie w sytuacji, w której każda decyzja uzależniona jest od ewoluujących zmiennych, co może być poddane próbie kwantyfikacji.

Literatura przedmiotu wyróżnia kilka podstawowych opcji, które mają swoje jednolite nazwy [Rudny 2009, s. 105-117]:

- opcja opóźnienia (*option to defer, option to delay, waiting to invest*) – opcja odroczenia w czasie realizacji przedsięwzięcia. Opcja szczególnie przydatna w sytuacji nieodwracalności lub częściowej odwracalności inwestycji, stanowiąca sposób na zmniejszenie niepewności wynikającej z upływu czasu, a wpływającej na korzyści płynące z projektu. Przykładem takiej opcji może być decyzja dotycząca wprowadzenia nowego produktu na rynek w zależności od popytu, eksploatacja złóż zależna od nowych technologii, rozbudowa zakładu produkcyjnego zależna od sytuacji ekonomicznej regionu, itp. Inwestor powstrzymujący się od podjęcia decyzji inwestycyjnej ponosi koszty utraconych korzyści wynikających z braku decyzji, lecz ma jednak szansę na otrzymanie premii związanej z oczekiwaniem. Za termin wykonania opcji można przyjąć moment, do którego można przesuwac podjęcie decyzji.
- opcja rezygnacji (*option to abandon, option to discontinue*) – opcja zaprzestania kontynuacji przedsięwzięcia jako reakcja na wyraźne i długotrwałe pogorszenie się sytuacji rynkowej. Przykładem opcji rezygnacji jest odrzucenie realizacji projektów autostradowych, budowy nowych rodzajów środków transportu, leasingu operacyjnego, wdrażania nowych technologii, itp. Opcje tego typu występują szczególnie w inwestycjach przemysłowych wymagających dużych nakładów inwestycyjnych.
- opcja zmiany skali działalności czyli rozszerzenia (*option to expand*), zmniejszenia (*option to reduce*) lub czasowego zamknięcia (*option to shut down*) i powtórnego uruchomienia (*option to restart*) – opcja zmiany skali związana jest z sytuacją rynkową. Przykładem opcji jest zwiększenie/zmniejszenie wielkości produkcji, poniesienie nakładów inwestycyjnych związanych z nowym produktem, zmiana wielkości wydobycia kopalin, itp. Opcje występują w tych branżach, w których ponosi się duże nakłady inwestycyjne (farmacja, górnictwo, infrastruktura, itp.).
- opcja przełączenia (*option to switch use*) – opcja dotyczy zmiany w sposobie funkcjonowania danego biznesu (wykorzystania zasobów, surowców, technologii). Opcje te zależą do obranej ścieżki ewolucji. Przykładem opcji jest wybór alternatywnych technologii, sposób gospodarowania powierzchniami użytkowymi, itp. Opcje tego typu stosowane są w przemyśle nowych technologii, energetyce, itp.
- opcja wzrostu (*growth option*) – opcja dotyczy realizacji inwestycji warunkujących realizację kolejnych projektów inwestycyjnych. Wartość opcji wzrostu zależy od

elastyczności decyzyjnej dotyczącej nowych przedsięwzięć. Opcja ma wymiar strategiczny i dotyczy dłuższego horyzontu czasowego. Przykładem opcji jest przejęcie firmy skutkujące pozyskaniem nowych rynków i produktów, itp. Wyceniając opcję należy zestawić korzyści płynące z nowego projektu z nakładami związanymi z tym projektem.

- opcja podziału na etapy (*option to stage investment, compound option*) – opcja oznacza możliwość podziału przedsięwzięcia na etapy, których realizacja zależy od wyników etapu poprzedzającego i analizy opłacalności etapu kolejnego w momencie podejmowania decyzji. Przykładem opcji może być próbna eksploatacja górnicza na podstawie wcześniej wykonanych odwiertów badawczych. Ze względu na swoją specyfikę opcja może być postrzegana jako sekwencja opcji tworząc sekwencyjną opcję złożoną (*sequential compound option*), gdyż zakończony etap projektu daje decydentowi prawo podjęcia decyzji o realizacji kolejnego etapu – opcja wystawiona na opcję.
- opcje tęczowe (*rainbow options*) – opcje, których wartość zależy od większej ilości źródeł niepewności (np. technologia i rynek).

Alternatywną klasyfikacją opcji jest podział na opcje wbudowane w projekt (*in projects*) (immanentnie związane z projektem) i kreowane przez projekt (*on projects*) (nieistniejące gdyby nie realizowany projekt) [Jajuga 2000, s. 88].

Termin opcji rzeczowych (realnych) (*real options*) po raz pierwszy wprowadził do literatury przedmiotu S.C. Mayers w 1977 roku, publikując artykuł „*Determinants of Corporate Borrowing*”. Autor odniósł się do koncepcji aplikacji teorii dotyczącej wyceny opcji finansowych do wyceny możliwości inwestowania w aktywa rzeczowe takie jak grunty, nieruchomości, zakłady produkcyjne, maszyny i urządzenia, itp. Cechą charakterystyczną wymienionych inwestycji niefinansowych jest wbudowana w nie elastyczność decyzyjna oraz możliwość nabywania wiedzy w trakcie trwania procesu inwestycyjnego. Często potencjalna inwestycja posiada wbudowane opcje rzeczowe (na przykład rozbudowa zakładu produkcyjnego).

Zgodnie z J. Mizerką [2005, s.62] opcję rzeczywistą można zdefiniować jako prawo dysponującego nią do podjęcia określonego działania dotyczącego aktywów niefinansowych i źródeł ich finansowania.

W przypadku opcji finansowej inwestor nabywa opcję, której wartość i okres trwania zmienia się w zależności od czynników zewnętrznych, pod wpływem instrumentu

bazowego i czasu. Inwestor nie ma wpływu na wartość instrumentu bazowego, a informacje płynące z rynku finansowego są łatwo dostępne. Aktywność inwestora sprowadza się do pasywnego oczekiwania na zmianę poziomu niepewności. W przypadku opcji rzeczywistych inwestor ma potencjalnie wpływ na wartość instrumentu bazowego i związane z nim ryzyko [Rudny 2009, s. 118-120].

Doszukiwanie się analogii pomiędzy opcjami finansowymi, a rzeczowymi polega na uzasadnieniu posługiwania się modelem wyceny opcji finansowych dla potrzeb wyceny opcji rzeczywistych. Ze względu na występujące różnice pomiędzy dwoma rodzajami opcji nie należy spodziewać się, że do wyceny opcji rzeczowych będą wykorzystywane dokładnie te same modele, co w przypadku opcji finansowych. Będą one odpowiednio zmodyfikowane, przy założeniu stosowania tej samej koncepcji wyceny. Analogii między opcjami realnymi i finansowymi należy upatrywać dla opcji kupna (*call option*) i sprzedaży (*put option*).

A. Dixit i R. Pindyck [1994, s. 6] zwracają uwagę na fakt, iż wykorzystanie analizy opcji rzeczywistych do oceny inwestycji rzeczowych ma zastosowanie przy następujących założeniach:

- występuje niepewność dotycząca wyników,
- występuje elastyczność w podejmowaniu decyzji menedżerskich,
- występuje całkowita lub częściowa nieodwracalność inwestycji (odzyskanie nakładów inwestycyjnych).

Przedsiębiorstwa korzystające w możliwości inwestowania posiadają „opcję” analogiczną do finansowej opcji kupna – mają prawo, ale nie obowiązek nabycia aktywów w wybranym czasie. Wyniki obliczeń publikowane w literaturze, uzyskane z wykorzystaniem metody opcji rzeczowych wskazują, że zignorowanie możliwości uwzględnienia wyceny istniejących opcji istotnie wpływa na wynik, co może prowadzić do popełnienia błędów decyzyjnych [Dixit i Pindyck 1994].

1.2.2 Koncepcje wyceny opcji rzeczywistych. Modele z czasem ciągłym i dyskretnym

Poszukując uzasadnienia dla posługiwania się modelem wyceny opcji finansowych do wyceny opcji rzeczywistych, trzeba wskazać na odpowiedniość tego modelu do kształtowania się w czasie wartości nakładów i płynących korzyści z inwestycji. Odpowiedniość parametrów i zasad podejmowania decyzji w przypadku opcji

finansowych i inwestycji rzeczowych oraz zależności wartości opcji i wartości inwestycji rzeczowych od określonych parametrów można określić mianem *homomorfizmu* lub *odzworowania homomorficznego* [Mizerka 2005, s. 57].

Przyjmując założenie, że każda inwestycja w aktywa rzeczowe stanowi opcję lub opcje złożone, które można zidentyfikować, kluczowym zagadnieniem staje się ich wycena. J. Brautigam, C. Esche i A. Mehler-Bicher [2003, s. 2-3] przedstawili system identyfikacji i wyceny opcji składający się z:

- poziomu organizacji – kładzie nacisk na rolę ludzi i aspektów organizacyjnych jako wpływających na rzetelność wyceny. Jedynie w przypadku poprawnych danych wejściowych można otrzymać satysfakcjonujące wyniki.
- poziom strategii – właściwie zdefiniowana strategia inwestycyjna determinuje wycenę opcyjną. Zgodnie z T. Luehrman [1998, s. 90] dzięki zaawansowaniu technik komputerowych oraz lepszemu zrozumieniu wyceny opcyjnej można traktować strategię biznesową jako łańcuch opcji rzeczywistych. W ujęciu finansowym strategia jest bardziej serią opcji niż serią statycznych przepływów pieniężnych. Naturą tych relacji jest ich dwukierunkowość: strategia wpływa na opcje rzeczywiste, podczas gdy proces wyceny opcji wpływa na strategię. Proces wyceny opcji pozwala na maksymalizację optymalizacji strategii w związku z jej realizacją.
- poziom wyceny,
- poziom kontroli – wartość wielu reguł decyzyjnych oparta jest bardziej o ich spójność, niż optymalności. Biorąc pod uwagę, że opcje są wartościowe jedynie, gdy są wykonane we właściwym momencie, rola kontroli zyskuje na wadze. Wobec tego kontrola odpowiednich reguł decyzyjnych oraz momentu wykonania opcji zwiększy uzyskaną wartość projektu [Brautigam, Esche i Mehler-Bicher 2003, s. 2-3].

M. Amram i N. Kulatilaka opisują w nieco inny sposób proces stosowania opcji rzeczywistych w przedsiębiorstwie, który obejmuje:

- identyfikację opcji rzeczowych w projekcie inwestycyjnym (określenie źródeł niepewności i reguł podejmowania decyzji),
- wycenę opcji przy pomocy dobrego modelu (określenie poziomów parametrów modelu),
- analizę i interpretację wyników,
- powtórzenie procedury w przypadku niespełnienia oczekiwań [Amram i Kulatilaka 1999, s. 90]

J. Mizerka [2005, s. 82] postuluje przeprowadzenie badań określających cztery etapy pozwalające na wdrożenie podejścia opcyjnego w przedsiębiorstwach do oceny projektów inwestycyjnych. Owe etapy to:

- przeprowadzenie co najmniej jednego projektu pilotażowego o charakterze eksperymentalnym,
- otrzymanie akceptacji „sponsora” dla podejścia opcyjnego bazując na projekcie pilotażowym,
- opracowanie procesu oceny inwestycji wykorzystując zespół ekspertów i specjalistów,
- zagnieżdżenie procesu wyceny opcyjnej w procesach firmy.

Ze względu na różnice w założeniach oraz podstawowych parametrach modelu mamy do czynienia z różnymi podejściami do modelowania opcji rzeczywistych. Przyjmując za kryterium kształtowanie się instrumentu bazowego w czasie mamy do czynienia z:

- modelowaniem w czasie ciągłym (*continuous time*),
- modelowaniem w czasie dyskretnym (*discrete time*).

Ze względu na przyjęte techniki wyceny i stosowane założenia można dokonać kolejnego wyróżnienia podejść do wyceny opcji obejmującego:

- podejście klasyczne (brak arbitrażu, dane rynkowe) – stanowiące odwzorowanie metod stosowanych do wyceny opcji finansowych przedstawione na przykład przez M. Amram i N. Kulatilakę,
- podejście subiektywne (brak arbitrażu, dane subiektywne) – polega na przyjęciu istnienia instrumentu bliźniaczego, subiektywnym szacowaniu wartości i zmienności instrumentu bazowego, stosowania metod wyceny jak dla opcji finansowych,
- podejście wykorzystujące MAD (NPV projektu bez elastyczności jako instrument bliźniaczy [Barton i Lawryshyn 2010], dane subiektywne),
- zmodyfikowane podejście klasyczne (dwa typy inwestycji),
- podejście zintegrowane (dwa typy ryzyka – rynkowe i indywidualne) [Borison 2003, s. 1-30].

Dokonując podziału metod wyceny opcji ze względu na sposób traktowania ryzyka wyróżniamy metody:

- oparte na hipotezie ryzyka – uwzględniania się przyszłe ryzyko i przyszłą stopę zwrotu zawierającą premię za ryzyko,

- oparte na hipotezie braku arbitrażu [Varian 1987, s. 55] – arbitraż pojmowany jest jako możliwość jednoczesnego zakupu i sprzedaży tego samego lub zasadniczo podobnego papieru wartościowego na dwóch różnych rynkach w korzystnie różnych cenach [Shleifer i Vishny 1997, s. 35].

Podstawowym założeniem towarzyszącym wycenie opcji rzeczywistych, zarówno w czasie ciągłym jak i dyskretnym, jest występowanie zupełności rynku (*market completeness*). W praktyce oznacza to możliwość zreplikowania (utworzenia portfela zawierającego instrument bazowy i instrument pozbawiony ryzyka) każdego instrumentu finansowego za pomocą innych dostępnych na rynku instrumentów.

Model z czasem ciągłym obejmuje wykorzystanie równań z jednoznacznie wyznaczalnym wynikiem, stochastycznych równań różniczkowych i metod symulacyjnych np. Monte Carlo.

Równania z jednoznacznie wyznaczalnym wynikiem pozwalają na jednoznaczne wyznaczenie wartości opcji rzeczywistej przy jednoznacznym zdefiniowaniu i spełnieniu założeń dotyczących danych wejściowych. Jednakże znaczącym ograniczeniem przydatności tego narzędzia obliczeniowego jest towarzysząca równaniom duża ilość założeń, często niemożliwych w praktyce do spełnienia. W rezultacie równania te mogą być wykorzystywane jedynie w specyficznych kontekstach decyzyjnych służąc jako porównanie dla innych modeli opcji rzeczywistych. W rachunku wyceny stosowane są cztery tego typu równania: Blacka-Scholesa [Black i Scholes 1973 s. 637-659], W. Margrabego [1978, s. 177-186], S. Geskego [1979, s. 63-81] i P. Carra [1988, s. 1235-1256]. Większość wykorzystywanych modeli opcyjnych stanowi modyfikację modelu Blacka-Scholesa lub wykorzystuje podobne podejście do sposobu wyceny. W przypadku równań Margrabiego występuje istotna różnica w porównaniu z modelem Blacka-Scholesa dotycząca ceny wykonania opcji, która zakłada cenę jako zmienną stochastyczną, a nie deterministyczną. S. Geske opracował formułę pozwalającą wycenić opcję złożoną (wykorzystywaną do wyceny przedsięwzięć inwestycyjnych o charakterze sekwencyjnym), wykorzystując cenę jako zmienną deterministyczną, w odróżnieniu do Carra [Rudny 2009, s. 131-132).

Zastosowanie stochastycznych równań różniczkowych sprowadza się w praktyce do rozwiązania szeregu cząstkowych równań różniczkowych. Przysparza to wiele kłopotów związanych ze skomplikowanym aparatem obliczeniowym, który wymaga wspomagania metodami numerycznymi. Wobec tego zasadnym staje się stosowanie metody Monte Carlo.

W przypadku wyceny opcji z czasem ciągłym model obrazuje nieprzerwane funkcjonowanie rynku finansowego w przedziale czasowym $[0, T]$. Przyjmuje się wówczas następujące założenia, które spełnia rynek finansowy [Edwards i Ma, 1992, s. 538]:

- brak możliwości arbitrażu,
- istnieć możliwość krótkiej sprzedaży,
- rynek działa w sposób nieprzerwany,
- ceny akcji zmieniają się w sposób ciągły,
- stopa procentowa wolna od ryzyka jest stała,
- nie ma kosztów transakcji,
- aktywa są doskonale podzielne.

Na ogół przyjmuje się, że wartość instrumentu bazowego i bliźniaczego zmienia się zgodnie z procesem stochastycznym. Proces stochastyczny jest zbiorem zmiennych losowych S zależnych od t , gdzie t należy do pewnego zbioru I liczb rzeczywistych. Parametr t procesu stochastycznego najczęściej traktowany jest jako czas. Jeżeli $\{V_t\}$ ($t=1,2,3,\dots$) jest przeliczalny, a zbiór I , do którego należy t , jest zbiorem liczb naturalnych, to proces stochastyczny nazywamy procesem z czasem dyskretnym. Jeżeli I jest zbiorem nieprzeliczalnym to proces nazywamy procesem ciągłym lub z czasem ciągłym [Mizerka 2005, s. 112-113].

W roku 1973 F. Black, M. Scholes i R. Merton dokonali przełomu w wycenie opcji europejskich publikując odpowiednio swoje artykuły “*The Pricing of Options and Corporate Liabilities*” w *Journal of Political Economy* oraz “*Theory of Rational Option Pricing*” w *Bell Journal of Economics and Management Science*. Osiągnięcie to stało się znane jako model Blacka-Scholesa-Mertona (lub krócej Blacka-Scholesa). Model ten miał ogromny wpływ na sposób wyceny opcji oraz pochodnych instrumentów finansowych, co zyskało uznanie przyznaniem nagrody Nobla. Pierwsza i najbardziej popularna metoda Blacka-Scholesa służy wycenie europejskich opcji kupna wystawionej na akcje spółki (bez praw do dywidendy).

Przedstawione podejście miało na celu znalezienie portfela samofinansującego, którego przepływy pieniężne replikują przepływy pieniężne generowane przez wyceniany obiekt. Portfel samofinansujący ma tę własność, że jego wartość w każdej chwili jest dokładnie równa wartości inwestycji i przepływowi pieniężnym wymaganym w tym czasie. Pojęcie samofinansującego portfela replikującego jest bardzo związane z modelem

Blacka-Scholesa. F. Black i M. Scholes stosują model wyceny aktywów kapitałowych w celu określenia związku między wymaganą stopą zwrotu z opcji i wymaganym zwrotem z akcji. Nie było to jednak proste, ponieważ związek ten uzależniony jest od cen akcji i czasu.

Podejście R. Mertona stanowiło uogólnienie podejścia Blacka i Scholesa. R. Merton postulował portfel wolny od ryzyka składający się z opcji i akcji na które te opcje zostały wystawione twierdząc, że zwrot z portfela w krótkim okresie musi być zwrotem wolnym od ryzyka. Model Mertona odnosi się do opcji na akcje spółki wypłacającej dywidendę.

Do opisu dynamiki zmian cen akcji oraz innych instrumentów finansowych jako instrumentów bazowych w podejściu opcyjnym wykorzystuje się proces Wienera (*Wiener process*).

Zmienna z zmienia swoją wartość zgodnie z procesem Wienera, gdy w krótkim czasie Δt spełnione są zależności:

1. Zmiana Δz w małym przedziale czasu Δt opisana jest formułą:

$$\Delta z = \varepsilon \sqrt{\Delta t} \tag{1.23}$$

gdzie:

- $\Delta z = z_{t+\Delta t} - z_t$,

- ε – standaryzowana zmienna losowa mającą rozkład normalny $N(0,1)$.

2. Wartości Δz dla dwóch różnych interwałów czasu Δt są niezależne.

Warunek (1) oznacza, że:

- średnia

$$\Delta z = 0,$$

- odchylenie standardowe

$$\Delta z = \sqrt{\Delta t},$$

- wariancja

$$\Delta z = \Delta t.$$

Warunek (2) implikuje, że z podąża zgodnie z procesem Markova [Hull 2012, s. 282].

Zapis 1.23 dla postaci ciągłej przyjmuje formę:

$$dz = \varepsilon \sqrt{dt}. \tag{1.24}$$

Proces Wienera ma następujące właściwości [Dixit i Pindyck 1994, s. 63]:

- rozkład prawdopodobieństw wszystkich przyszłych wartości procesu zależy jedynie od ich wartości bieżącej i jest niewymuszony przez wcześniejsze wartości procesu i inne bieżące informacje. W rezultacie obecne wartości procesu jest wszystkim czego potrzeba, by prognozować ich wartości przyszłe.
- proces ma niezależne przyrosty – rozkład prawdopodobieństwa zmiany w procesie w dowolnym interwale czasu jest niezależny od jakichkolwiek innych interwałów czasowych (nie pokrywających się),
- zmiany w procesie w każdym skończonym interwale czasu przyjmuje rozkład normalny z wariancją wzrastającą liniowo wraz z interwałem czasu.

W literaturze przedmiotu przedstawiony jest również ogólny proces Wienera (*generalized Wiener proces*) jako odpowiedni do opisu sytuacji, w której cena akcji w długim okresie ma tendencję wzrostową. Przyjmuje on zapis:

$$dx = adt + b dz, \tag{1.25}$$

gdzie a i b są wartościami stałymi. Część adt opisuje zmianę zmiennej x w jednostce czasu o oczekiwaną wartość dryfu równą a . Natomiast część $b dz$ jest składnikiem stochastycznym wprowadzającym zmienność do wyznaczonej przez dryf ścieżki, zgodnie z którą wartość zmiennej x ulega zmianie.

Innym rodzajem procesu stochastycznego jest proces znany jako proces Itó³ będący ogólnym procesem Wienera, w którym parametry a i b są funkcją wartości bazowej zmiennej x i czasu t . Proces Itó można zapisać jako:

$$dx = a(x, t)dt + b(x, t)dz \tag{1.26}$$

W przypadku w którym cena akcji zmienia się zgodnie z procesem Wienera oznacza to, iż absolutna zmiana dx w przedziale czasu jest wartością stałą, równą a . Inwestorzy kierując się fundamentalną wartością akcji, oczekują identycznej stopy zwrotu z inwestycji, niezależnie od aktualnego poziomu ceny akcji. Analizując zmianę cen akcji i przyjmując założenie o stałości dryfu należy zastąpić założeniem o niezmienności stopy zwrotu (stanowiący iloraz dryfu i ceny akcji) w kolejnych przedziałach czasu. Oznaczając cenę akcji w momencie t jako S , to oczekiwany dryf w S przyjmuje wartość μS dla stałej

³ Więcej na ten temat w Ito K., “*On Stochastic Differential Equations*”, *Memoirs of the American Mathematical Society*, 4 (1951), s. 1–51

wartości parametru μ . Parametr μ oznacza oczekiwaną niezmienną stopę zwrotu z akcji. W przypadku gdzie $dz = 0$ (brak niepewności), to model przyjmuje zapis:

$$\Delta S = \mu S \Delta t. \quad (1.27)$$

W praktyce jednak występuje element niepewności. Wówczas równanie (1.27) przyjmuje zapis:

$$\frac{dS}{S} = \mu \Delta t + \sigma dz \quad (1.28)$$

gdzie:

- μ – oczekiwana stopa zwrotu z akcji (w świecie wolnym od ryzyka odpowiada stopie wolnej od ryzyka),
- σ – zmienność ceny akcji mierzona odchyleniem standardowym procentowej zmiany cen [Hull 2012, s. 287].

Wycena opcji europejskich stała się możliwa dzięki równaniom Blacka-Scholesa-Mertona. J. Cox, S. Ross i M. Rubinstein w artykule „*Option pricing: A simplified approach*” opublikowanym w 1979 roku przedstawili prosty model wyceny opcji w czasie dyskretnym. Autorzy uwzględnili zasady wyceny opcji metodami arbitrażowymi stosując elementarną matematykę dotyczącą modelu Blacka-Scholesa wykorzystującego dotychczas zaawansowane metody obliczeniowe. Zaprezentowany model podstawowy nadaje się do łatwego uogólnienia na wiele sposobów.

J. Cox, S. Ross i M. Rubinstein przyjęli założenie, że cena akcji zmienia się zgodnie z multiplikatywnym procesem dwumianowym (*binomial process*) w czasie dyskretnym (*discrete time*). Drzewo dwumianowe (*binomial tree*) przyjmuje podstawową rolę opisu zmienności instrumentu bazowego. Ze względu na brak narzędzi analitycznych do wyceny opcji amerykańskich drzewo dwumianowe stało się najbardziej przydatnym do wyceny tego typu opcji. Drzewo dwumianowe składa się z wierzchołów (węzłów) oraz strzałek oznaczających ścieżki między węzłami. Drzewo ilustruje wszystkie możliwe ścieżki, którymi może podążać wartość instrumentu bazowego w czasie trwania opcji.⁴ Decydent może podjąć decyzję w każdym z wierzchołów, a zmiana wartości w węzłach przyjmuje postać błędzenia losowego. Wynika to z faktu, iż stopa zwrotu z akcji w każdym okresie może przyjmować dwie wartości: u (wskaźnik wzrostu) z

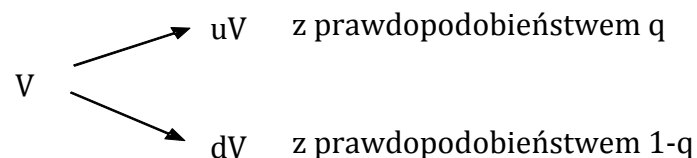
⁴ W sytuacji, gdy krok czasowy staje się coraz mniejszy model ten staje się modelem Blacka-Scholesa-Mertona.

prawdopodobieństwem q lub d (wskaźnik spadku) z prawdopodobieństwem $(1-q)$. Zmiana waloru bazowego może mieć charakter symetryczny (gdy $u=1/d$) i niesymetryczny. W pierwszym przypadku powstanie drzewo dwumianowe rekombinowane (*recombining tree*), a w drugim nierekombinowane (*nonrecombining tree*), mające większą ilość węzłów.

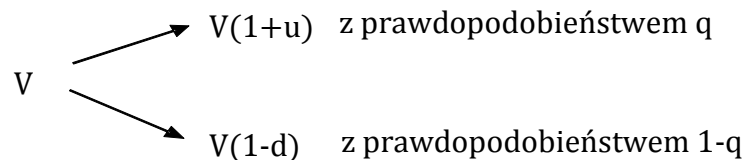
W przypadku drzew dwumianowych wielookresowych, każdy okres drzewa może być analizowany osobno i stosując analizę wsteczną, czyli od końca czasu trwania opcji do początku wyznaczać wartość bieżącą opcji. Bardzo ważną zasadą podczas wyceny opcji jest czynienie założenia o traktowaniu świata jako neutralnego na ryzyko.

W przypadku, gdy obecna wartość instrumentu bazowego równa jest V , jego wartość na koniec okresu może przyjąć wartość uV lub dV . Ruch ten można zilustrować w następujący sposób:

a) drzewo multiplikatywne jednookresowe



b) drzewo addytywne jednookresowe



Ponadto założono, że stopa procentowa jest stała, nie ma podatku, kosztów transakcyjnych i oczekiwanych marż. Oznaczając r jako jeden plus wartość stopy procentowej wolnej od ryzyka ($r_f > 0$) w danym okresie, wówczas $u > r > d$ lub $u > (1+r_f) > d$. W rozważaniach pomijany jest przypadek szczególny, w którym $q = 0$ lub $q = 1$ i $u = r = d$ [Cox, Ross i Rubinstein 1979, s. 229-232].

W dalszych rozważaniach przyjęto, że zmiany wartości instrumentu bazowego kształtowane są przez procesy multiplikatywne.

Posługując się ciągłym modelem przyjmujemy, że geometryczny ruch Browna opisuje kształtowanie się wartości instrumentu bazowego i zachodzi ciągła kapitalizacja przyrostów wartości tego instrumentu. Wówczas stopa wzrostu dana jest wzorem:

$$\frac{dV}{V} = e^{\alpha dt + \sigma \varepsilon \sqrt{dt}} = e^{\alpha dt} e^{\sigma \varepsilon \sqrt{dt}} \quad (1.29)$$

gdzie:

– α i $\sigma = \text{const.}$

Czynnik $e^{\alpha dt}$ opisuje deterministyczną część procesu nie mającą wpływu na wartość opcji, a czynnik $e^{\sigma \varepsilon \sqrt{dt}}$ opisuje część stochastyczną. Wobec tego wskaźnik wzrostu u i spadku d wartości instrumentu bazowego można obliczyć odwołując się do części stochastycznej ruchu Browna.

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}, \quad (1.30)$$

$$d = e^{-\sigma \sqrt{\Delta t}}. \quad (1.31)$$

Opcję można wycenić wykorzystując pojęcie prawdopodobieństwa arbitrażowego (prawdopodobieństwa w świecie pozbawionym ryzyka), obliczanym przy założeniu, że oczekiwana stopa zwrotu z instrumentów finansowych, na które wystawiona została opcja, jest równa stopie procentowej oprocentowania papierów pozbawionych ryzyka r_f . Metoda ta określana jest mianem metody obojętności na ryzyko, a według niej inwestorzy funkcjonują w świecie, w którym niezależnie od ich preferencji oczekiwana stopa zwrotu z inwestycji we wszystkie aktywa zrównuje się ze stopą zwrotu z inwestycji w papiery pozbawione ryzyka.

Przyjmując założenie o zupełności rynku musi być spełniony następujący warunek:

$$uV * q + dV * (1 - q) = V * (1 + r_f) \quad (1.32)$$

- q – prawdopodobieństwo arbitrażowe wzrostu wartości instrumentu bazowego,
- $1-q$ – prawdopodobieństwo arbitrażowe spadku wartości instrumentu bazowego [Mizerka 2005, s. 91-92].

W wyniku przekształceń otrzymujemy:

$$q = \frac{V(1 + r_f) - dV}{uV - dV} = \frac{(1 + r_f) - d}{u - d} \quad (1.33)$$

$$1 - q = \frac{uV - V(1 + r_f)}{uV - dV} = \frac{u - (1 + r_f)}{u - d}$$

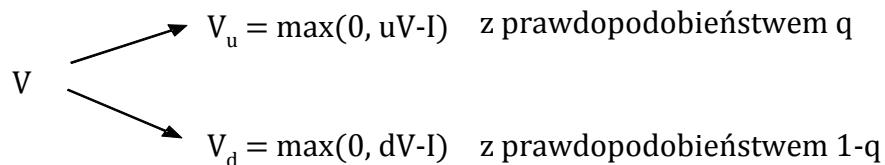
(1.34)

Wartość q nosi nazwę prawdopodobieństwa w świecie pozbawionym ryzyka (*risk neutral probability*) i jego wartość należy do przedziału od 0 do 1. Prawdopodobieństwo to nie może być mylone z prawdopodobieństwem wzrostu u lub spadku d zmian wartości instrumentu bazowego.

W celu zobrazowania wartości opcji kupna akcji jako instrumentu bazowego przyjmujemy, że V będzie aktualną wartością opcji kupna, V_u jest jej wartością na koniec okresu w przypadku, gdy wartość instrumentu bazowego przyjmie wartość uV i V_d dla ceny akcji równej dV . I jest ceną wykonania opcji.

$$V_u = \max(0, uV - I) \text{ i } V_d = \max(0, dV - I).$$

W takim razie:



Ponadto Cox, Ross i Rubinstein wprowadzili pojęcie współczynnika hedgingowego (*hedge ratio*) Δ określającego liczbę akcji, jaką należy zakupić w celu zabezpieczenia wystawionej opcji. Zabezpieczenie wystawionej opcji określane jest mianem zabezpieczenia delta (*delta hedging*).

$$\Delta = \frac{V_u - V_d}{(u - d)V} = \frac{V_u - V_d}{uV - dV} \quad (1.35)$$

W wyniku przekształceń matematycznych autorzy konkludują, że w przypadku wystąpienia możliwości arbitrażu bez ryzyka cena opcji kupna C równa się:

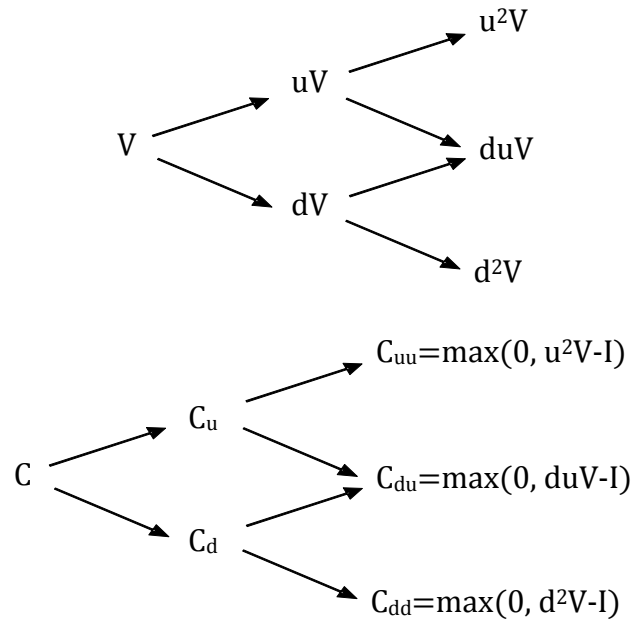
$$C = \left[\frac{qC_u + (1 - q)C_d}{1 + r} \right] \quad (1.36)$$

Analiza formuł 1.33 i 1.36 prowadzi do wniosku, że premia za opcję jest niezależna od oczekiwanej stopy zwrotu z instrumentu bazowego, a zależy jedynie od wartości współczynników u i d oraz wartości stopy zwrotu wolnej od ryzyka.

Dla wyceny opcji sprzedaży P zmodyfikowana formuła 1.36 przyjmuje zapis:

$$P = \left[\frac{qP_u + (1 - q)P_d}{1 + r} \right] \quad (1.37)$$

Rozszerzając model dwumianowy na dwa okresy do wygaśnięcia opcji i zachowując ten sam poziom współczynników u i d , wartość instrumentu bazowego i wartość opcji kupna zmieniają się według poniższych schematów:



C_{uu} oznacza wartości opcji kupna w drugim okresie, jeżeli instrument bazowy porusza się w górę w każdym z kolejnych okresów. C_{du} i C_{dd} mają przyjmują wartości analogicznie.

$$C_u = \left[\frac{qC_{uu} + (1 - q)C_{du}}{1 + r} \right] \quad (1.38)$$

i

$$C_d = \left[\frac{pC_{du} + (1 - p)C_{dd}}{1 + r} \right] \quad (1.39)$$

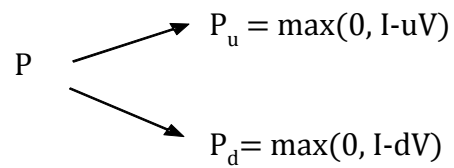
Autorzy zauważają, że naturalnym zachowaniem inwestora może być utożsamianie każdego okresu z jakimś konkretnym interwałem czasu np. dniem. Mając to na uwadze można sformułować dwa zarzuty. Ceny instrumentu mogą w ciągu dnia przyjmować więcej niż tylko dwie możliwe wartości, a transakcje na rynku odbywają się niemal bez przerwy. Zarzuty te są z pewnością ważne, jednakże proponowane podejście wyceny opcji ma możliwość ich spełnienia. Tak, jak naturalnym może być myśl o okresie jednego

dnia, można także brać pod uwagę znacznie krótszy interwał, jakim jest godzina czy nawet minuta. W ten sposób możliwe jest dokonywanie transakcji znacznie częściej biorąc pod uwagę setki wartości cen akcji [Cox, Ross i Rubinstein 1979, s. 229-263].

Powyższe rozważania oraz założenia dotyczą również opcji sprzedaży. Niech P oznacza aktualną cenę sprzedaży opcji z jednym okresem do wygaśnięcia opcji, wówczas:

$$P_u = \max(0, I - uV) \text{ i } P_d = \max(0, I - dV).$$

W takim razie:



Rozdział 2 Wybrane aspekty organizacyjne, finansowe, prawne i środowiskowe funkcjonowania przedsiębiorstw górniczych

2.1 Przedsiębiorstwo i jego otoczenie w kontekście zrównoważonego rozwoju

Podręczniki do ekonomii [Begg 2007, s. 23-24] przedstawiają uproszczony schemat funkcjonowania gospodarki w postaci „ruchu okrężnego” występującego pomiędzy przedsiębiorstwem i gospodarstwem domowym, dotyczącego wzajemnej wymiany dóbr i usług w zamian za strumienie pieniężne. Można odnieść wrażenie, że proces ten odbywa się niezależnie od otoczenia. Rzeczywistość pokazuje, że sytuacja jest bardziej złożona. Wydaje się być niezwykle istotnym poznanie aspektów otoczenia, które mają znaczenie dla osiągnięcia przez przedsiębiorstwo założonych celów. Interakcja zachodząca pomiędzy przedsiębiorstwem i otoczeniem uzależniona jest od potencjału przedsiębiorstwa oraz od jego umiejętności odnajdywania pojawiających się szans i ich wykorzystywania. Konieczność bieżącego śledzenia zmian i rozpoznawania zjawisk zachodzących w otoczeniu oraz identyfikacja potencjalnych zagrożeń skutkuje efektywnemu zapobieganiu ewentualnym problemom. Ponadto współczesny przedsiębiorca zmuszony jest do zrozumienia otaczającej go przestrzeni biznesowej i wnikliwej analizy bieżącej sytuacji pod kątem realizacji celów i płynących korzyści jako efektu „hojności” otoczenia.

Teoria organizacji i zarządzania poświęca dużo miejsca zagadnieniom funkcjonowania przedsiębiorstw, ich otoczeniu oraz występującym relacjom. W latach sześćdziesiątych powszechnie uważano, że organizacje są systemami otwartymi znajdującymi się z otoczeniem w stanie równowagi dynamicznej [Strategor 1996, s. 293]. Skutkuje to powstaniem relacji o charakterze dwukierunkowym, której efektem jest wzajemne oddziaływanie polegające na pobieraniu z otoczenia zasobów i dostarczaniu efektów swojej działalności. W ten sposób wytworzony zostaje specyficzny układ warunków decydujących w perspektywie czasu o powodzeniu lub klęsce funkcjonowania organizacji.

Otoczenie przedsiębiorstwa określane inaczej jako środowisko zewnętrzne obejmuje wszystkie elementy znajdujące się poza organizacją i mające związek z jej funkcjonowaniem (w tym elementy w bezpośrednim (mikrootoczenie) i pośrednim (makrootoczenie) oddziaływaniu) [Stoner, Freeman i Gilbert 1999, s. 79]. Odnosząc się do teorii systemów organizacje nie są odizolowane od otoczenia i samowystarczalne.

Uwypuklony jest holistyczny charakter organizacji powiązanej ze środowiskiem zewnętrznym licznymi i wielokierunkowymi interakcjami [Bielski 2002, s. 38-43]

Do najbliższego otoczenia przedsiębiorstw zaliczani są interesariusze (*stakeholders*): akcjonariusze, dostawcy, związki zawodowe, klienci, konkurenci, władze i organizacje, partnerzy strategiczni, mieszkańcy oraz wszyscy ci, którzy mogą mieć bezpośredni wpływ na działalność przedsiębiorstwa. W tym otoczeniu mogą pojawić się „gracze”, z którymi przedsiębiorstwo może ustanawiać układy i relacje, w przeciwieństwie do otoczenia dalszego, w którym są „aktorzy” tworzący określone sytuacje [Bogdanienko 2005, s. 84-85].

Za otoczenie dalsze wpływające w sposób pośredni na przedsiębiorstwo uznaje się tą część otoczenia, którego zmiany wpływają na przedsiębiorstwo, lecz przedsiębiorstwo nie ma na nie wpływu [Oblój 2001, s. 109]. Do tej grupy zaliczamy technikę i technologię, prawo i politykę, ekonomię oraz uwarunkowania społeczno-demograficzne, które wzajemnie na siebie zachodzą, częściowo z zacierającymi się granicami podziału i kształtujące klimat działalności gospodarczej. Wpływ otoczenia dalszego na organizację uzależnione jest od intensywności i częstotliwości zachodzących interakcji.

Współczesna troska o środowisko naturalne i nacisk na zagadnienia ekologiczne sprawia, że kolejnym składnikiem otoczenia przedsiębiorstwa staje się otoczenie naturalne (fizyczne). Otoczenie fizyczne można określić jako ogół warunków naturalnych, klimatycznych, ukształtowania terenu, zasoby fauny i flory, zasoby wodne, zanieczyszczenie środowiska itp. mające wpływ na podejmowane decyzje w zakresie działalności przedsiębiorstwa. Otoczenie to może w sposób istotny determinować powstanie (np. wybór lokalizacji), funkcjonowanie (np. zastosowanie technologii) i późniejszą likwidację przedsiębiorstwa (np. rekultywacja i rewitalizacja terenów).

Lista zagadnień związanych z oddziaływaniem przedsiębiorstwa na środowisko naturalne jest długa i obejmuje problematykę o charakterze makro (zanieczyszczenia stałe, ciekłe i gazowe nagromadzone w środowisku, emisje pochodzące z nowych źródeł, zmiany klimatyczne, itp.) oraz mikro (zmiany rzeźby terenu, warunków wodnych, wyczerpanie się zasobów, itp.). Rolą współczesnego menedżera jest podejmowanie przemyślanych decyzji co do sposobu działania tak, by było zgodne z często używanym określeniem „ekologiczny”.

Właśnie takiemu podejściu do funkcjonowania ma służyć sposób myślenia określony jako zrównoważony rozwój (*sustainable growth*). Zrównoważony rozwój to rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań

politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń [Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001, art. 4]. Według innej definicji jest to rozwój zaspokajający potrzeby teraźniejsze bez utrudniania przyszłym pokoleniom zaspokajania ich potrzeb własnych [Stoner, Freeman i Gilbert 1999, s. 101-102].

Wpływ ludzi i przedsiębiorstw na środowisko przyjmuje obecnie wymiar ponadnarodowy i wyrażony jest we wzrastającym poziomie konsumpcji, związanej z nią produkcji oraz wzroście ludności świata.

Rozwój i funkcjonowanie organizacji może mieć wpływ także na dobrobyt i jakość życia społeczności lokalnej, na przykład poprzez zmniejszenie stopy bezrobocia na danym obszarze. Poza tym rozwój przedsiębiorstw może przyciągnąć nowych inwestorów, co przełoży się na ogólny rozwój społeczno-ekonomiczny regionu. Utrzymywanie przyjaznych relacji ze społecznością lokalną i przyczynianie się do rozwoju środowiska naturalnego mają niezwykle istotne znaczenie dla przedsiębiorstwa, ponieważ to właśnie od rozwoju otoczenia, zaufania i akceptacji społecznej uzależnione jest jego powodzenie. Troska o dobre stosunki z najbliższym otoczeniem wyraża się również w działaniu w zgodzie z przyrodą i środowiskiem. To właśnie środowisko naturalne warunkowało od pradziejów decyzje przodków dotyczące osadnictwa i związanego z nim wytwórstwa. Zmieniło tryb życia człowieka z wędrownego łowcy do osiadłego rolnictwa, co skutkowało wykształceniem się społeczeństw i organizacji. Degradacja środowiska naturalnego była częstą przyczyną uniemożliwienia dalszego rozwoju społeczeństw. Problem ten wydaje się być aktualny również w czasach współczesnych.

Ze względu na postępujące zmiany klimatyczne wywołane działalnością człowieka środowisko naturalne postrzegane jest również jako interesariusz. Podstawowym kryterium uznawania środowiska naturalnego za interesariusza jest stopień zależności przedsiębiorstwa od tego środowiska [Chodyński 2011, s. 250]. Dla przedsiębiorstw górniczych środowisko naturalne będzie odgrywało rolę interesariusza ostatecznego (krytycznego) ze względu na dostępność do zasobów naturalnych, których eksploatacja stanowi przedmiot działalności gospodarczej. Odpowiedzialność za środowisko naturalne może również być źródłem szans i zagrożeń dla przedsiębiorstwa.

To właśnie środowisko naturalne dostarcza różne zasoby oraz usługi niezbędne do naszej egzystencji, działalności i dobrobytu, a bez których nie byłaby możliwa działalność gospodarcza. Należy wymienić tu między innymi warunki życia (dostęp do pożywienia, powietrza, dogodnego klimatu oraz usługi ekosystemów polegające na regeneracji, stabilizacji, itp.) [Kronenberg i Bergier (red.) 2010, s. 12].

Społeczna odpowiedzialność biznesu (*Corporate Social Responsibility, CSR*) odnosi się bezpośrednio do koncepcji będącej wyrazem odpowiedzialnego dobrowolnego działania w stosunku do wszystkich interesariuszy i powinna być oceniana w aspekcie: wolontariatu, zarządzania relacjami z interesariuszami i powiązań sieciowych (*networking*) [Cetindamar i Husoy 2007, s. 165]. Społeczna odpowiedzialność przedsiębiorstwa może być wyrażona na płaszczyźnie ekonomicznej (tworzenie miejsc pracy, wynagradzanie pracowników, wytwarzanie produktów wysokiej jakości, itp.), socjalnej (kultura, rozrywka, zdrowie, itp.), socjologicznej (podnoszenie umiejętności zatrudnionych, rozwój intelektualny i emocjonalny, integracja społeczności, itp.), etycznej i ekologicznej [Lichtarski 2007, s. 90-93].

Odpowiedzialność ekologiczna odgrywa dużą rolę w realizacji założeń zrównoważonego rozwoju, a w szczególności spójnego i jednolitego podejścia do osiągania celów ekologicznych, ekonomicznych i społecznych. Osiągnięcie wymienionych celów można rozpatrywać również w kontekście ładu i zagospodarowania przestrzennego regionu, w którym działa przedsiębiorstwa oraz oddziaływanie na zmiany w potencjale gospodarczym, strukturze gospodarczej, oddziaływaniu na ekosystemy, infrastrukturę, itp. Nie bez znaczenia są uwarunkowania sektorowe czy też strategia Państwa, które to często określają lokalizację przedsiębiorstw ze względu na interes gospodarczy, dostępne zasoby lub rynki zbytu. Niska świadomość powiązań występujących pomiędzy gospodarką, środowiskiem naturalnym i społeczeństwem stanowi barierę zrównoważonego rozwoju. Działalność przedsiębiorstw może w wielu przypadkach powodować powstawanie kosztów związanych z odtworzeniem środowiska, a które niestety będą musiały być poniesione przez inne podmioty. By temu zapobiec, jedną z zasad zrównoważonego rozwoju będącą jednocześnie zasadą Unii Europejskiej w dziedzinie środowiska [Dyrektywa 2004/35/WE z dnia 21 kwietnia 2004 roku] jest „zanieczyszczający płaci”. Uwarunkowania te znalazły swoje odzwierciedlenie także w Ustawie z 13 kwietnia 2007 roku o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie. Stanowi to swoistego rodzaju przymus o charakterze prawnym.

Postawa przedsiębiorstwa pokazująca jego nastawienie do środowiska naturalnego powinna być widoczna w strategii. Strategia proekologiczna charakteryzuje się koncentracją uwagi na prewencji, ciągłym uczeniu i zarządzaniu ekologią jako jakością totalną, planowaniem i uwzględnianiem ryzyka oraz wsparciem najwyższego kierownictwa [Menguc, Auh i Ozanne 2010, s. 279-298]. Rzecz w tym, by procesy wynikające ze strategii były ciągle doskonalone na etapie realizacji, by zapobiegać negatywnemu oddziaływaniu na środowisko. Stosowanie zasad zrównoważonego rozwoju to proces polegający na poszukiwaniu konsensusu pomiędzy potrzebami gospodarczymi i ochroną środowiska.

2.2 Górnictwo węgla brunatnego w Polsce w perspektywie roku 2050

Od zarania dziejów człowiek swoje działania ukierunkowywał na poszukiwanie i przetwarzanie zdobyczy lub złóż. Proces ten w miarę upływu czasu determinowany był ciekawością i dostępnością do wszelkiego rodzaju zasobów. Ujarzmienie jednego z żywiołów, jakim jest ogień, stanowiło fundament do zarządzania energią pochodzącą z procesu spalania dostępnych materiałów. Owa dostępność warunkowana była lokalizacją, w której znajdował się człowiek rozwijając cywilizację. W wielu przypadkach nie wymagało to większego wysiłku, natomiast trudność pozyskania materiałów palnych znajdujących się na powierzchni ziemi zmusiła człowieka wraz z rozwojem cywilizacji do rozpoczęcia działalności „wydobywczej”. Jak powszechnie wiadomo substancje pochodzenia organicznego poddane procesom przekształcenia pod wpływem temperatury i ciśnienia zamieniały się w torf, węgiel brunatny i kamienny wraz z towarzyszącymi gazami i cieczami, również o charakterze palnym. Oczywiście procesy te trwały miliony lat, a wspomniane formy są dostępne współcześnie, stanowiąc o rozwoju gałęzi przemysłu, jakim jest górnictwo węgla kamiennego i brunatnego. Dalsze rozważania podejmowane w rozprawie będą koncentrowały się głównie wokół kopalni węgla brunatnego.

Największa koncentracja zasobów węgla brunatnego na kontynencie europejskim występuje głównie na terenach Czech, Polski, Grecji, Rumunia, Bułgaria, Bośni i Hercegowiny, Rosji i Niemiec. Pozyskiwanie tej kopaliny odbywa się metodą odkrywkową i ma dość długą tradycję sięgającą XIX wieku. Do roku 1945 na obecnych terenach Polski funkcjonowało około 345 kopalń. Małe kopalnie odkrywkowe działające okresowo i o zasięgu lokalnym nie przetrwały. Przemysł górnictwa odkrywkowego w Polsce zlokalizowany jest na Łużycach (okolice Turoszowa), ziemi Lubuskiej,

Wielkopolsce (okolice Konina i Adamowa) oraz ziemi łódzkiej (okolice Bełchatowa). Rozwój górnictwa węgla brunatnego w Polsce w okresie powojennym podzielić można na trzy etapy: do roku 1957 jako kontynuacja stanu zastanego, do 1980 jako okres, w którym węgiel brunatny stanowi bazę polskiej elektroenergetyki oraz czasy współczesne, gdzie węgiel brunatny stanowi o bezpieczeństwie energetycznym kraju [Kasztelewicz 2004, s. 11-21]. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na fakt tworzenia od roku 1958 kompleksów energetycznych (np. w Koninie), czyli współistniejących zakładów, jakimi są kopalnie i przyległe do nich elektrownie. Pięć kopalń odkrywkowych prowadzących eksploatację i tyle samo elektrowni opalanych węglem brunatnym wchodzi w skład Polskiej Grupy Energetycznej S.A. (Bełchatów, Turoszów) oraz Zespołu Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin S.A.

Średnioroczny poziom wydobycia węgla kamiennego w Polsce to około 78 mln ton, natomiast węgla brunatnego kształtuje się na poziomie 64 mln ton [Tajduś i in. 2014, s. 11, 279]. Dotychczas rozpoznane zasoby węgla brunatnego w Polsce rozlokowane są w 150 złożach, przy czym zasoby 14 mld ton znajdują się w złożach pewnych. Poza tym w złożach oszacowanych może znajdować się kolejne 600 mld ton surowca, co pozwala gospodarce krajowej eksploatować tę kopalinę przez kolejnych kilkadziesiąt lat [Kasztelewicz i Sikora 2012]. W związku z tym Polska należy do światowych producentów węgla brunatnego zajmując siódme miejsce w rankingu światowym i drugie w UE [Tajduś i in. 2014, s. 22].

Rola rodzimego surowca energetycznego dla kraju i jego bezpieczeństwa energetycznego jest bezsporna - pozwala na zaspokojenie 35% zapotrzebowania na energię elektryczną [Tajduś i in. 2014, s. 12, 22, 279]. Jest to o tyle istotne, że cała gospodarka krajowa oparta jest na węglu kamiennym i brunatnym. Wiąże się to oczywiście bezpośrednio ze znaczną liczbą zatrudnionych w tym obszarze działalności górniczej, na poziomie 150 000 osób. Po uwzględnieniu tzw. zaplecza technicznego, czyli firm okołogórniczych łącznie zatrudnienie sięga do poziomu 500 000 osób [Tajduś i in. 2014, s. 11].

Struktura polskiego sektora energetycznego wynika z realizacji „Programu dla energetyki”, który został przyjęty przez Radę Ministrów w 2006 roku. Największy udział w zakresie wytwarzania wśród polskich wytwórców mają: PGE S.A. (38%), Tauron Polska Energia S.A. (13%), ENEA S.A. (8%), PAK S.A. (7%) i Energa S.A. (3%) [Olkuski 2014, s. 206]. Koszt wytworzenia 1 MWh energii pochodzącej z węgla brunatnego (136 PLN) jest najniższy w porównaniu z węglem kamiennym (199 PLN),

gazem (366 PLN), wodą (142 PLN) i wiatrem (265 PLN), a o atomie nie wspominając. Wiele z obecnie funkcjonujących kopalń zacznie wyczerpywać swoje złoża po roku 2020 [Tajduś i in. 2014, s. 41-42].

Ze względu na fakt notowanego od 2011 roku spadku cen węgla kamiennego na rynkach światowych skutkującego pogorszeniem się koniunktury polskich kopalń tego surowca wzrasta rola węgla brunatnego w produkcji energii. Ze względu na właściwości fizyko-chemiczne węgiel brunatny nie jest przedmiotem wolnego obrotu na rynkach (np. niższa kaloryczność w porównaniu z węglem kamiennym, nieopłacalność transportu na odległości powyżej 100 km, duże zawilgocenie, itp.), co jednościennie tłumaczy zasadność budowy elektrowni przyległych do kopalń, będących jednocześnie ich jedynymi odbiorcami. Oddanie w 2011 roku do eksploatacji nowego bloku energetycznego w Bełchatowie o mocy 858 MW wpłynęło na wzrost zapotrzebowania na ten surowiec.

Analizując perspektywę rozwoju branży węgla brunatnego należy zaakcentować plany zagospodarowania kolejnych złóż zwiększających zdolności wydobywcze i wydłużając działalność branży. Na uwagę zasługują złoża zlokalizowane w: rejonie Bełchatowa (Złoczew), Konina (Dęby Szlacheckie) i Gubina. Obecna eksploatacja węgla realizowana jest w oparciu o 18% udokumentowanych zasobów bilansowych, których wyczerpanie nastąpi w 2022 roku (Adamów) oraz w 2044 roku (Turów). Uruchomienie nowej kopalni węgla brunatnego przewidziane jest na rok 2020 i związane jest z eksploatacją Złoża Legnica, które swoją zasobnością przekracza dwukrotnie zasobność obecnie eksploatowanych złóż węgla brunatnego w Polsce. Biorąc pod uwagę potencjalne uruchomienia kopalń na terenie złóż zlokalizowanych w Złoczwie, Gubinie, Rzepinie i Mostach zdolności wydobywcze wzrosłyby do poziomu około 100 mln ton rocznie z eksploatacją przez kolejne 50 lat [Tajduś i in. 2014, s. 151-209].

Konieczność rozwoju górnictwa węgla brunatnego w Polsce wynika głównie z [Tajduś i in. 2014, s. 173]:

- zachowania bezpieczeństwa energetycznego kraju,
- asymetrii rozkładu elektrowni i związanego z tym wytwarzania energii elektrycznej (koncentracja w Polsce centralnej, południowej i południowo-wschodniej),
- wysokiej efektywności ekonomicznej produkcji energii z omawianego paliwa,
- utrzymanie miejsc pracy w wyniku zamykania kopalń wyeksploatowanych.

Idea budowy nowego ośrodka energetycznego ma swoje odzwierciedlenie w dokumentach rządowych pod tytułem „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” [Ministerstwo Gospodarki 2009], Koncepcji Przestrzennego zagospodarowania kraju, dokumentach strategicznych i planistycznych województwa lubuskiego [Tajduś i in. 2014, s. 173-213]. Obecnie trwają prace nad projektem Polityki energetycznej Polski do 2050 roku.

Eksploatacja węgla brunatnego, poza korzyściami dla gospodarki, to także zobowiązania wobec środowiska oraz ludzi, stanowi ona szerszy kontekst gospodarowania w ramach idei zrównoważonego rozwoju. Wraz z postępowaniem eksploatacyjnym pojawia się problem rekultywacji terenów poeksploatacyjnych. Rekultywacja jest nierozłącznym etapem funkcjonowania każdej kopalni, w którym rekompensowane są destrukcyjne zmiany spowodowane działalnością górnictwem (dotyczy między innymi krajobrazu, gleb i wód).

Kopalnie odkrywkowe stanowią wielkoprzestrzenne obszary terenu przekształcone w znaczącym stopniu w trakcie wydobywania węgla, ale będące jednocześnie atrakcyjnymi terenami po ich „odzyskaniu” i zmianie formy zagospodarowania. Działalność górnictwa może wpływać na środowisko w bardzo zróżnicowany sposób. Do najistotniejszych obciążeń środowiska pochodzących z działań górniczych należą [Dubieński i Tajduś 2009, s. 102]:

- całkowite i znaczące przekształcenia powierzchni terenu w obrębie odkrywki,
- przekształcenia hydrogeologiczne prowadzące do obniżenia poziomu wód gruntowych i zmiany ich jakości,
- wyjałowienie gruntów rolnych i leśnych,
- deformacje gruntu pochodzące z osuwisk i osiadań,
- zanieczyszczenie powietrza w wyniku emisji pyłów oraz emisja hałasu.

Zrekultywowane tereny, znacznie różniące się od tych sprzed okresu eksploatacji, mogą stanowić przedmiot powtórnego zagospodarowania. W procesie ponownego wykorzystania obszarów poeksploatacyjnych istotną rolę odgrywają dokumenty planistyczne i strategie przygotowywane na różnych poziomach administracji. Polityki dotyczące rozwoju kraju, regionów, powiatów i gmin objętych działalnością wydobywczą powinny pozostawać w ścisłym związku. Poddając zagadnienie bliższej analizie można postawić tezę, że zrekultywowane tereny mogą być bardziej atrakcyjne i wartościowe dla planistów i inwestorów ze względu na ewentualne nowe formy działalności gospodarczej

o oddziaływaniu regionalnym lub ponadregionalnym. Dokonując przysiędek dotyczących przyszłych form zagospodarowania terenu należy zwrócić uwagę na kierunki i strategie rozwoju regionu.

2.3 Wybrane uwarunkowania formalno-prawne dotyczące powstania, funkcjonowania i likwidacji zakładu górniczego w kontekście zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska

Działalność górnicza może być postrzegana jako kilkietapowy projekt geologiczno-górniczy posiadający swój cykl życia. Realizacja określonych i powiązanych ze sobą prac geologicznych i górniczych warunkuje eksploatację złóż i pozyskiwanie surowców mineralnych. Identyfikacja projektu geologiczno-górniczego następuje w wyniku ujęcia każdego etapu prac w jeden ciąg każdorazowo określając ich początek i koniec. Realizacja projektu odbywa się z reguły w kilku kolejnych etapach: poszukiwania, rozpoznania i oceny złoża kopaliny, budowy kopalni, produkcji górniczej, likwidacji i rekultywacji terenu.

Górnictwo jako jedna z gałęzi działalności przemysłowej dostarcza znaczne korzyści gospodarcze jednocześnie prowadząc do konfliktu ze środowiskiem naturalnym. Przejawia się to w postaci zmniejszenia zasobów naturalnych, degradacji (a nawet dewastacji) kolejno zajmowanych terenów, usuwaniu pierwotnych ekosystemów, zmianie oryginalnej topografii, nieodwracalnym zakłóceniu podstawowych relacji ekologicznych, zaburzeniu stosunków hydrogeologicznych i emisji do atmosfery. Przepisy prawne obowiązujące w Polsce porządkują i egzekwują obowiązek przeprowadzenia rekultywacji terenów pokopalnianych w celu przywrócenia wartości użytkowych obszarom dotkniętym. Współcześnie rekultywacja poza przywróceniem wartości użytkowej terenów, tworzy kompleksowe i kompletne ekosystemy w obszarach pokopalnianych. Kopalnie odkrywkowe stosując nowoczesne techniki rekultywacji mogą stworzyć nowe możliwości kształtowania krajobrazu, w tym wody, ekosystemów leśnych i rolnych [Galiniak i Bik 2012, s. 179].

Obecnie zagadnienie zrównoważonego rozwoju oraz ochrony i dbałości o środowisko naturalne stanowią zagadnienia traktowane poważnie i będące wyzwaniem dla wielu przedsiębiorstw. O istotności problematyki może świadczyć odwołanie w najważniejszym dokumencie prawnym naszego Państwa, jakim jest Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej uchwalonej 2 kwietnia 1997 roku [Dz.U. Nr 78, poz. 483 z dnia 2 kwietnia 1997].

Zgodnie z Artykułem 5 Konstytucji „*Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolność i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju*”. Artykuł 68 ustęp 4 podkreśla, iż „*Władze publiczne są obowiązane do zwalczania chorób i zapobiegania negatywnym skutkom degradacji środowiska*”. Natomiast artykuł 86 podkreśla obowiązek wobec środowiska w słowach „*Każdy jest obowiązany do dbałości o stan środowiska i ponosi odpowiedzialność za spowodowane przez siebie jego pogorszenie*” [Dz.U. Nr 78, poz. 483 z dnia 2 kwietnia 1997 roku].

Spośród wielu dokumentów o charakterze prawnym, wynikających z Konstytucji i regulujących zasady funkcjonowania zakładów górniczych na wszystkich etapach ich funkcjonowania (podjęcie, wykonywanie i zakończenie działalności) na uwagę zasługują te najważniejsze:

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity z dnia 26 czerwca 2014 roku Dz. U. Nr 2013, poz. 1232 z późn. zm.),
2. Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (tekst jednolity Dz. U. Nr 80, poz. 717 z późn. zm.),
3. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981 z późn. zm.),
4. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku o ochronie gruntów rolnych i leśnych (tekst jednolity z dnia 18 lipca 2013 roku Dz. U. Nr 2013, poz. 1205).⁵

Prawo ochrony środowiska [Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku] reguluje zakres stosowania ustawy, co do zasad ochrony środowiska oraz warunków korzystania z jego zasobów, z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju definiując jednocześnie szereg podstawowych pojęć, a wśród nich:

⁵ Poza wyżej wymienionymi Ustawami należy wspomnieć o dokumentach powiązanych:

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z dnia 29 listopada 2013 poz. 1409 z późn. zm.),
2. Ustawa z dnia 10 lipca 2008 roku o odpadach wydobywczych (Dz. U. Nr 138, poz. 865 z późn. zm.),
3. Ustawa z dnia 28 września 1991 roku o lasach (tekst jednolity z dnia 28 września 1991 Dz. U. Nr 101, poz. 444),
4. Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 roku o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (tekst jednolity z dnia 13 kwietnia 2007 roku Dz. U. Nr 75, poz. 493 z późn. zm.),
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (tekst jednolity z 2002 Dz. U. Nr 165, poz. 1359),
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 czerwca 2002 roku w sprawie szczegółowych zasad tworzenia i funkcjonowania funduszu likwidacji zakładu górniczego (Dz. U. Nr 108, poz. 951),
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 kwietnia 2004 roku w sprawie zakresu projektu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (Dz. U. Nr 118, poz. 1233).

- kompensacja przyrodnicza – zespół działań obejmujących w szczególności roboty budowlane, roboty ziemne, rekultywację gleby, zalesianie, zadrzewianie lub tworzenie skupień roślinności, prowadzących do przywrócenia równowagi przyrodniczej lub tworzenie skupień roślinności, prowadzących do przywrócenia równowagi przyrodniczej na danym terenie, wyrównania szkód dokonanych w środowisku przez realizację przedsięwzięcia i zachowanie walorów krajobrazowych,
- ochrona środowiska – podjęcie lub zaniechanie działań, umożliwiających zachowanie lub przywracanie równowagi przyrodniczej; ochrona ta polega w szczególności na:
 - a) racjonalnym kształtowaniu środowiska i gospodarowaniu zasobami środowiska zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju,
 - b) przeciwdziałaniu zanieczyszczeniom,
 - c) przywracaniu elementów przyrodniczych do stanu właściwego,
- równowaga przyrodnicza – stan, w którym na określonym obszarze istnieje równowaga we wzajemnym oddziaływaniu: człowieka, składników przyrody żywej i układu warunków siedliskowych tworzonych przez składniki przyrody nieożywionej,
- zrównoważony rozwój – rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń [Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001, art. 4].

Ochrona środowiska w zagospodarowaniu przestrzennym i przy realizacji inwestycji uwzględnia zasady zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska jako podstawy do sporządzania i aktualizacji koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju, strategii wzrostu województw, planów zagospodarowania przestrzennego województw, studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin oraz miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. W dokumentach tych określa się rozwiązania niezbędne do zapobiegania powstawaniu zanieczyszczeń, zapewnienia ochrony przed powstającymi zanieczyszczeniami i przywracania środowiska do właściwego stanu. Ponadto ustala się warunki realizacji przedsięwzięć, umożliwiające uzyskanie optymalnych efektów w zakresie ochrony środowiska. Przeznaczenie i sposób zagospodarowania terenu powinny w jak największym stopniu zapewniać zachowanie jego walorów krajobrazowych pokoleń. W przypadku, gdy ochrona elementów

przyrodniczych nie jest możliwa, przedsiębiorca zobligowany jest do podejmowania działań mających na celu naprawienie wyrządzonych szkód, w szczególności przez kompensację przyrodniczą [Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku, art. 71- 75].

Zasady kształtowania polityki przestrzennej przez jednostki samorządu terytorialnego i organy administracji rządowej oraz zakres i sposób postępowania w sprawach przeznaczania terenów na określone cele, ustalania zasad ich zagospodarowania i zabudowy przyjmując ład przestrzenny i zrównoważony rozwój za podstawę tych działań zostały określone w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [Ustawie z dnia 27 marca 2003 roku].

W planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym uwzględnia się między innymi:

- wymagania ładu przestrzennego, w tym urbanistyki i architektury,
- walory architektoniczne i krajobrazowe,
- wymagania ochrony środowiska, w tym gospodarowania wodami i ochrony gruntów rolnych i leśnych,
- walory ekonomiczne przestrzeni,
- potrzeby interesu publicznego.

Za ład przestrzenny przyjmuje się takie ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe oraz kompozycyjno-estetyczne. Natomiast walorami ekonomicznymi przestrzeni są cechy przestrzeni, które można określić w kategoriach ekonomicznych.

Odpowiedzialność za kształtowanie i prowadzenie polityki przestrzennej na poziomie gminy, powiatu, województwa i kraju przypisując ją odpowiednio władzom gminy, samorządowi powiatu i województwa oraz Radzie Ministrów [Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku, art. 3].

Określenie polityki przestrzennej gminy, w tym lokalnych zasad zagospodarowania przestrzennego, podejmowane jest przez radę gminy w drodze uchwały o przystąpieniu do sporządzenia studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy. Studium uwzględnia najważniejsze uwarunkowania, a wśród nich:

- stan ładu przestrzennego i wymogów jego ochrony,
- stan środowiska,
- potrzeby i możliwości rozwoju gminy,
- zadania służące realizacji ponadlokalnych celów publicznych,

- kierunki zmian w strukturze przestrzennej gminy oraz przeznaczeniu terenów,
- obszary oraz zasady ochrony środowiska i jego zasobów, ochrony przyrody, krajobrazu kulturowego i uzdrowisk,
- obszary, na których rozmieszczone będą inwestycje celu publicznego o znaczeniu lokalnym,
- obszary wymagające przekształceń, rehabilitacji lub rekultywacji [Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku, art. 10].

W artykule 38 Rozdziału 3. ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym wskazano, że organy samorządu województwa sporządzają plan zagospodarowania przestrzennego województwa, prowadzą analizy i studia oraz opracowują koncepcje i programy, odnoszące się do obszarów i problemów zagospodarowania przestrzennego odpowiednio do potrzeb i celów podejmowanych w tym zakresie.

Plan zagospodarowania przestrzennego województwa uwzględnia ustalenia strategii rozwoju województwa i określa między innymi:

- systemy obszarów chronionych, w tym obszary ochrony środowiska, przyrody, krajobrazu, ochrony uzdrowisk oraz dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej,
- rozmieszczenie inwestycji celu publicznego o znaczeniu ponadlokalnym.

Ustalenia planu zagospodarowania przestrzennego województwa wprowadza się do planu miejscowego po uprzednim uzgodnieniu terminu realizacji inwestycji celu publicznego o znaczeniu ponadlokalnym i warunków wprowadzenia ich do planu miejscowego [Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku, art. 38-49].

Minister do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej koordynuje zgodność planów zagospodarowania przestrzennego województw z koncepcją zagospodarowania przestrzennego kraju. Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju uwzględniająca zasady zrównoważonego rozwoju kraju w oparciu o przyrodnicze, kulturowe, społeczne i ekonomiczne uwarunkowania zostaje sporządzona przez ministra właściwego do spraw rozwoju regionalnego, współpracującego z właściwymi ministrami oraz centralnymi organami administracji rządowej. Koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju określa uwarunkowania, cele i kierunki zrównoważonego rozwoju kraju oraz działania niezbędne do jego osiągnięcia, a wśród nich:

- wymagania z zakresu ochrony środowiska zabytków,
- rozmieszczenie infrastruktury społecznej o znaczeniu międzynarodowym i krajowym,
- rozmieszczeniu obiektów infrastruktury technicznej i transportowej, strategicznych zasobów wodnych i obiektów gospodarki wodnej o znaczeniu międzynarodowym i krajowym,
- obszary problemowe o znaczeniu krajowym, w tym obszary zagrożeń wymagających szczegółowych studiów i planów.

Minister do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej występuje do marszałków województw z wnioskiem o wprowadzanie programów (zadań rządowych) do planów zagospodarowania przestrzennego województw [Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku, art. 37-49d].

Prawo geologiczne i górnicze [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku] stanowi zbiór zasad i warunków podejmowania, wykonywania i zakończenia działalności gospodarczej w zakresie: prac geologicznych, wydobywania kopalin ze złóż, podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji i podziemnego składowania odpadów.

Ustawa definiuje szereg pojęć. Do najważniejszych mających zastosowanie w niniejszej rozprawie należą [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 1-6]:

- obszar górniczy – przestrzeń, w granicach której przedsiębiorca jest uprawniony do wydobywania kopaliny, podziemnego bezzbiornikowego magazynowania substancji, podziemnego składowania odpadów, podziemnego składowania dwutlenku węgla oraz prowadzenia robót górniczych niezbędnych do wykonywania koncesji,
- przywrócenie stanu poprzedniego – odtworzenie stanu sprzed powstania szkody, w szczególności przez zapewnienie obiektom budowlanym, urządzeniom oraz instalacjom nie pogorszonej odporności, ciepłochłonności, szczelności i użyteczności techniczno-funkcjonalnej,
- robota górnicza – wykonywanie w ramach prac geologicznych wszelkich czynności poniżej powierzchni terenu, w tym przy użyciu środków strzałowych, a także likwidacja wyrobisk po tych czynnościach,
- wyrobisko górnicze – przestrzeń w nieruchomości gruntowej lub górotworze powstałą w wyniku robót górniczych,
- zwałowanie nadkładu – jest zespół czynności prowadzonych w odkrywkowych zakładach górniczych, nierozzerwalnie związanych technicznie i organizacyjnie z

przemieszczeniem i składowaniem mas ziemnych i skalnych usuwanych zwał złoże, w celu umożliwienia wydobycia kopaliny użytecznej.

Ustawa reguluje kwestie własności górniczej, użytkowania górniczego oraz innych uprawnień górniczych. Złóża węgla brunatnego bez względu na miejsce ich występowania objęte są własnością górniczą, do której prawo przysługuje Skarbowi Państwa. Obiekty, urządzenia i instalacje wzniesione w przestrzeni objętej użytkowaniem górniczym stanowią własność użytkownika górniczego [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 10-18].

Koncesjonowaniu podlega między innymi działalność w zakresie poszukiwania, rozpoznawania złóż kopaliny oraz ich wydobywania. W myśl przepisów koncesja udzielana jest na czas oznaczony, nie krótszy niż 3 lata i nie dłuższy niż 50 lat, chyba, że zostanie złożony wniosek o udzielenie koncesji na czas krótszy. W przypadku, gdy działalność sprzeciwia się interesowi publicznemu, w szczególności związanemu z bezpieczeństwem państwa lub ochroną środowiska, bądź uniemożliwi wykorzystanie nieruchomości zgodnie z przeznaczeniem określonym w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego lub studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy, odmawia się udzielenia koncesji. Ponadto organ koncesyjny odmawia udzielenia koncesji, jeżeli przestrzeń oraz rodzaj działalności objęte są koncesją udzieloną innemu podmiotowi [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 21-30].

Obszary i tereny górnicze uwzględnia się w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Jeżeli w wyniku zamierzonej działalności określonej w koncesji przewiduje się istotne skutki dla środowiska można sporządzić miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Przewidywane skutki działalności określonej w koncesji dla środowiska określa się w opracowaniu ekofizjograficznym sporządzonym na potrzeby studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, a także na podstawie projektu zagospodarowania złoże.

Ruch zakładu górniczego prowadzi się zgodnie z przepisami prawa, planem ruchu zakładu górniczego i zasadami techniki górniczej. Plan ruchu obejmuje swoim zakresem między innymi zagadnienia ochrony elementów środowiska i zapobiegania szkodom i ich naprawie. Odstąpienie od zatwierdzonego planu ruchu zakładu górniczego jest dopuszczalne tylko w przypadku powstania zagrożenia bezpieczeństwa zakładu

górnictwa, bezpieczeństwa powszechnego lub środowiska [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 104-111].

Regulacji prawnej podlega także ostatnia faza cyklu życia projektu górnictwa-geologicznego, jakim jest likwidacja zakładu górnictwa. W myśl przepisów przedsiębiorca posiadający koncesję tworzy fundusz likwidacji zakładu górnictwa i gromadzi na nim środki. Środki gromadzone są na odrębnym rachunku bankowym w formie pieniądza, bonów skarbowych lub obligacji emitowanych lub gwarantowanych przez Skarb Państwa. Środki zwiększane są o wpływy z ich oprocentowania, przychodów z bonów lub obligacji. W przypadku wydobywania kopalin ze złóż metodą odkrywkową na fundusz przeznaczona jest równowartość nie mniej niż 10% należnej opłaty eksploatacyjnej. Zebrane środki stanowią koszt uzyskania przychodów w świetle przepisów o podatku dochodowym i mogą być wykorzystane na pokrycie kosztów związanych z likwidacją zakładu górnictwa a także zbędnych z punktu widzenia technicznego lub technologicznego instalacji, urządzeń, obiektów i wyrobisk [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 128].

W przypadku likwidacji zakładu górnictwa w całości lub jego części przedsiębiorca zobowiązany jest do [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 129]:

- zabezpieczenia lub zlikwidowania wyrobiska, urządzeń, instalacji i obiektów,
- przedsięwzięcia niezbędnych środków chroniących sąsiednie złoża kopalin,
- przedsięwzięcia niezbędnych środków chroniących wyrobiska sąsiednich zakładów górniczych,
- przedsięwzięcia niezbędnych środków w celu ochrony środowiska i rekultywacji gruntów po działalności górniczej.

Do rekultywacji gruntów stosuje się odpowiednio zapisy ustawy z dnia 3 lutego 1995 roku o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz. U. z 2004 r. Nr 121, poz. 1266, z późn. zm.) Opłata eksploatacyjna stanowi iloczyn jej stawki oraz ilości kopaliny wydobytej ze złoża bilansowego i pozabilansowego w okresie rozliczeniowym [Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku, art. 128-134].

Odpowiedzialność za szkody ponosi przedsiębiorca prowadzący ruch zakładu górnictwa, wskutek którego wystąpiła szkoda. Naprawienie szkód w gruncie rolnym i leśnym zdegradowanym i zdewastowanym musi nastąpić w sposób określony przepisami o ochronie tych gruntów. Ponadto obowiązek przywrócenia stanu poprzedniego ciąży na

tym, kto jest odpowiedzialny za szkodę. Przepisy o naprawianiu szkód stosuje się również w odniesieniu do zapobiegania tym szkodom.

Działalność górnictwa odkrywkowego prowadzona jest na gruntach rolnych i leśnych. Zasady ochrony tych gruntów, rekultywacji i poprawie ich wartości użytkowej przedstawione są w ustawie o ochronie gruntów rolnych i leśnych [Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku]. W myśl ustawy gruntami rolnymi lub leśnymi nazywa się także odpowiednio grunty zrehabilitowane dla potrzeb rolnictwa lub leśnictwa.

Ochrona gruntów rolnych polega między innymi na zapobieganiu procesom degradacji i dewastacji gruntów, szkodom w produkcji rolniczej powstającym wskutek działalności nierolniczej i ruchów masowych ziemi oraz na rekultywacji i zagospodarowaniu gruntów na cele rolnicze i ograniczaniu zmian naturalnego ukształtowania powierzchni ziemi.

W przypadku gruntów leśnych ochrona polega między innymi na ograniczaniu przeznaczania ich na cele nieleśne i nierolnicze, zapobieganiu procesom degradacji i dewastacji gruntów, szkodom w drzewostanach i produkcji leśnej, powstającym wskutek działalności nieleśnej i ruchów masowych ziemi oraz przywracaniu gruntom wartości użytkowej.

Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych również definiuje szereg pojęć, a wśród nich [Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku, art. 4]:

- przeznaczenie gruntów na cele nierolnicze i nieleśne - ustalenie innego niż rolniczy lub leśny sposobu użytkowania gruntów rolnych oraz innego niż leśny sposobu użytkowania gruntów leśnych,
- grunt zdegradowany - grunt, których rolnicza lub leśna wartość użytkowa zmalała, w szczególności w wyniku pogorszenia się warunków przyrodniczych albo wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej,
- grunt zdewastowany - grunt, który utracił całkowicie wartość użytkową w wyniku przyczyn innych niż w przypadku gruntu zdegradowanego,
- rekultywacja gruntów – nadanie lub przywrócenie gruntom zdegradowanym albo zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg,

- zagospodarowanie gruntów – rolnicze, leśne lub inne użytkowanie gruntów zrehabilitowanych,
- działalność przemysłowa – działalność nierolnicza i nieleśna, powodująca utratę albo ograniczenie wartości użytkowej gruntu,
- ruchy masowe ziemi – ruchy masowe ziemi w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150, z późn. zm.).

Budując, rozbudowując lub modernizując obiekty związane z działalnością przemysłową, a także inne obiekty budowlane należy stosować takie rozwiązania, które ograniczają skutki ujemnego oddziaływania na grunty. Przeznaczenie gruntów rolnych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne, wymagające zgody odpowiedniego organu administracji państwowej, dokonuje się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego [Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku, art. 6-7].

Osoby powodujące utratę albo ograniczenie wartości użytkowej gruntów zobowiązane są do zrehabilitowania terenów na własny koszt. Rehabilitację i zagospodarowanie gruntów planuje się, projektuje i realizuje na wszystkich etapach działalności przemysłowej. Proces rehabilitacji gruntów prowadzi się w miarę jak grunty te stają się zbędne całkowicie, częściowo lub na określony czas do prowadzenia działalności przemysłowej oraz kończy się w terminie do 5 lat od zaprzestania tej działalności. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy na terenach przewidywanego osiadania gruntów na skutek działalności górniczej zakład przemysłowy, na wniosek właściciela, rozpoczyna rehabilitację przed wystąpieniem degradacji gruntów [Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku, art. 20-22].

Zapewnienie finansowania prac likwidacyjnych i rehabilitacyjnych ma krytyczne znaczenie dla przebiegu tego procesu. Warunkiem dokonania rozgraniczenia kolejnych etapów projektu górniczo-geologicznego jest zidentyfikowanie określonych czynności charakterystycznych, często o charakterze umownym i w praktyce czasami trudnych do wydzielenia, szczególnie w sytuacji, gdy niektóre procesy mogą być realizowane równolegle. Długie okresy inwestycyjne i produkcyjne są niekorzystne dla przedsiębiorstwa z punktu widzenia nakładów i przepływów pieniężnych generowanych przez projekt. Analizując opłacalność poszczególnych projektów geologiczno-górnich należy szczegółowo uwzględnić każdy z etapów projektu w kontekście całego cyklu życia.

Zamknięcie kopalni i rekultywacja terenów poeksploatacyjnych jest ostatnim etapem w cyklu życia projektu geologiczno-górniczego, wymagającym poniesienia znacznych nakładów finansowych po zakończeniu funkcjonowania zakładu górniczego. Okres ten charakteryzuje się najczęściej brakiem przychodów i jednocześnie brakiem kosztów operacyjnych (dla zakładów górniczych likwidację można rozpocząć w trakcie ich funkcjonowania przy jednoczesnym obniżeniu wydobycia o 50% w stosunku do zdolności wydobywczych). W związku z tym środki finansowe muszą być zgromadzone w trakcie działalności zakładu górniczego. W przypadku gdy termin likwidacji zakładu górniczego pokrywa się z momentem wyczerpania zasobów złoża i zakończeniem eksploatacji, proces przygotowania tego przedsięwzięcia staje się łatwiejszy do zaplanowania i realizacji. W praktyce zaprzestanie eksploatacji może także nastąpić w wyniku nieprzewidzianej utraty opłacalności wydobycia i sprzedaży produkcji, co może prowadzić do zaprzestania działalności górniczej [Kustra i Mróz 2014, s. 86-87].

Zakłady górnicze działając w myśl koncepcji zrównoważonego rozwoju często podejmują próbę utrzymania efektywności swojego działania nie tylko w obszarze ekonomicznym, lecz także społecznym i ekologicznym. Będąc pod wpływem społeczności lokalnych i środowiskowych mogą składać różne deklaracje, których realizacja na etapie likwidacji zakładu górniczego nie wynika z obowiązków regulacji prawnych, ale z domniemanego obowiązku, o którym mówi MSR 37.

Zakończenie projektu równoznaczne z likwidacją i rekultywacją terenów pokopalnianych finansowane jest z funduszu likwidacji zakładu górniczego regulowanego prawem geologiczno-górnicznym i ewentualnych środków pieniężnych zamrożonych do czasu ich wydatkowania, a wykazanych w postaci rezerw. Rezerwa powinna odzwierciedlać rzeczywiste koszty prac likwidacyjno-rekultywacyjnych. Sposób wyceny projektów geologiczno-górnicznych może być oparty na kosztach historycznych lub wartości rynkowej z wykorzystaniem metod dyskontowych [Kustra 2013, s. 107-118].

Obowiązek uwzględnienia kosztów zamknięcia i rekultywacji wynika z Międzynarodowych Standardów Rachunkowości (MSR 37), jak również w przypadku Polski z Ustawy o rachunkowości. MSR 37 zakłada obowiązek tworzenia rezerw, a tym samym ponoszenia kosztów w trakcie eksploatacji na przyszłe wydatki związane z zamknięciem i rekultywacją terenu [Kustra 2013, s. 118-121].

W praktyce rolę zabezpieczenia realizacji prac likwidacyjnych pełnią środki gromadzone w trakcie eksploatacji na funduszu likwidacji zakładu górniczego. Minister

Gospodarki określił zasady (Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 24.06.2002 r.) tworzenia i funkcjonowania funduszu likwidacji zakładu górniczego, oraz jego wykorzystania. Dokument zastosowanie ma między innymi dla górnictwa podziemnego, otworowego i odkrywkowego. Środki funduszu zwiększane są o wpływy z ich oprocentowania za zgromadzenie środków na rachunkach bankowych. Środki mogą zostać wykorzystane między innymi na pokrycie kosztów:

- likwidację i zabezpieczenie wyrobisk górniczych,
- rekultywację gruntowa i uporządkowanie terenów po działalności górniczej.

2.4 Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów jako reprezentatywny przykład kopalni odkrywkowej

Największa i najmłodsza kopalnia odkrywkowa węgla brunatnego w Polsce znajduje się koło Bełchatowa i wraz z największą elektrownią o mocy 5 298 MW opalaną wydobywanym paliwem należą do Polskiej Grupy Energetycznej S.A. Kopalnia stanowi część spółki PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. jako Oddział Kopalnia Węgla Brunatnego KWB Bełchatów. W skład kopalni wchodzi Pole Bełchatów (7 210 ha), Pole Szczerców (2 608 ha) oraz Pole Kamieńsk (jako złożę perspektywiczne). Zdejmowanie nadkładu rozpoczęto w roku 1977, a wydobywanie węgla z odkrywki Bełchatów rozpoczęto od roku 1980. W przypadku Pola Szczerców eksploatację rozpoczęto od roku 2009. Z kopalnią skojarzona jest elektrownia funkcjonująca od roku 1981 należąca również do spółki PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. jako Oddział Elektrownia Bełchatów. W roku 2012 kopalnia wydobyła około 40 mln ton węgla i około 107 000 mln m³ nadkładu, co stanowi ponad 60% całego wydobycia tej kopaliny w Polsce. Na koniec roku 2013 ilość wydobytego węgla w Bełchatowie przekroczyła 1 mld ton [Tajduś i in. 2014, s. 42-65, 155]. Stan zasobów przemysłowych kopalni szacowany jest na poziomie 745 mln ton, co pozwoli na eksploatację Pól Szczerców i Bełchatów do 2038 roku zachowując roczny poziom wydobycia od 35,0 do 41,5 mln ton.

W Tabeli 2.1 przedstawiono podstawowe parametry pól eksploatacyjnych KWB Bełchatów.

Tabela 2.1 Zestawienie podstawowych parametrów pól eksploatacyjnych KWB Bełchatów

Wyszczególnienie obiektów	Pole Bełchatów	Pole Szczerców
Zakończenie eksploatacji węgla [rok]	2019	2038
Zakończenie prac reeksploatacyjnych i związanych z kształtowaniem zboczy [rok]	2026	2048
Zakończenie wypełniania wodą wyrobisk ze wspomaganie dodatkowym [rok]	2058	2062
Wyrobisko		
Powierzchnia lustra wody [ha]	1691,00	2200,00
Objętość zbiornika wodnego [mln m ³]	1323,00	1752,00
Średnia głębokość zbiornika wodnego [m]	78,24	79,64
Maksymalna głębokość zbiornika wodnego [m]	205,30	165,30
Zwałowisko wewnętrzne		
Powierzchnia zwałowiska wewnętrznego [ha]	770,00	69,00
Zwałowisko zewnętrzne		
Objętość zwałowiska zewnętrznego [mln m ³]	zagospodarowane	907,00
Powierzchnia stopy zwałowiska i terenu wokół [ha]	zagospodarowane	1264,00
Wysokość zwałowiska [m]	zagospodarowane	140,00
Zaplecze techniczno-biurowe		
Powierzchnia terenu zaplecza biurowo-technicznego [ha]	212,00	72,00
Centralna oczyszczalnia ścieków		
Powierzchnia terenu oczyszczalni ścieków [ha]	12,00	-
Powierzchnia terenu wokół zbiorników [ha]	824,00	473,00
Pozostałe tereny [ha]	183,00	185,00
Całość Pole Bełchatów [ha]	3692,00	-
W tym razem rekultywacja wodna [ha]	1691,00	-
W tym razem rekultywacja lądowa [ha]	2001,00	-
Całość Pole Szczerców [ha]	-	4194,00
W tym razem rekultywacja wodna [ha]	-	2200,00
W tym razem rekultywacja lądowa [ha]	-	1994,00
Całość KWB Bełchatów [ha]	7886,00	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 196-197

Rekultywacją poeksploatacyjną objęty zostanie obszar o powierzchni około 7 886 ha, na którym powstaną dwa zbiorniki wodne (o głębokości około 280 m i czasie napełniania około 60. lat), a zrehabilitowany obszar znacząco będzie się różnił potencjalnym sposobem użytkowania w porównaniu z tym sprzed eksploatacji. Jednakże nie mogą uniknąć przekształceń powierzchni, można znacząco je ograniczyć poprzez

dążenie do odzyskiwania terenów w formie pełnowartościowej. W tym celu kopalnia opracowała szereg koncepcji i projektów dotyczących zagospodarowania terenów.

Proces przywracania terenów poeksploatacyjnych do powtórnego wykorzystania w aspekcie działań inwestycyjnych może przebiegać w kierunkach przedstawionych w Tabeli 2.2

Tabela 2.2 Ogólne i szczegółowe kierunki rewitalizacji i zagospodarowania terenów

Kierunki ogólne	Kierunki szczegółowe
Rolniczy	Hodowla: zwierząt, drobiu, ryb
Leśny	Ochrona (na podstawie ustawy o lasach)
	Gospodarczy
	Rekreacja: trasy turystyczne, parki, ścieżki pieszo-rowerowe, ścieżki zdrowia, leśne kompleksy promocyjne
Przyrodniczy	Formy ochrony w zależności od wartości przyrodniczych, zadarnienie, zakrzewienie, zalesienie
Rekreacyjny	Obiekty sportowe, w tym dla sportów zimowych, np. stoki narciarskie, tory saneczkowe, trasy turystyczne, parki, ścieżki pieszo-rowerowe, ścieżki zdrowia, place zabaw, parki rozrywki, ośrodki sportów ekstremalnych, skate-parki
Wodny	Rekreacja: kąpieliska, sporty wodne
	Gospodarczy: zbiorniki retencyjne, zbiorniki wody pitnej
Gospodarczy	Budownictwo mieszkaniowe, kampusy, garaże, bazy turystyczno-hotelowe, parki przemysłowe
	Składowiska odpadów
	Usługi: inkubatory przedsiębiorczości, magazyny, sklepy, hurtownie, parkingi, obiekty sportowe, itp.
Kulturowy	Dydaktyczny: ścieżki tematyczne, laboratoria, pracownie komputerowe, sale koncertowo-konferencyjne
	Kontemplacyjny i artystyczny: muzea, ekspozycje, sale wystawowe i koncertowe, galerie, teatry, sceny, kina, itp.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Ostręga 2004 oraz Ostręga i Uberman 2010

Przedstawiona systematyka kierunków ogólnych stanowi listę sposobów rewitalizacji obszarów i obiektów pogórnich. Systematyka kierunków szczegółowych przedstawia najistotniejsze kierunki mieszczące się w kierunkach głównych. Wyżej wymienione formy zachodzą na siebie nie wykluczając się wzajemnie. Przykładem może

zamieszkaniu i gospodarce przy dążeniu do budowy wewnętrznej spójności i zachowaniu różnorodności jego miejsc” [Uchwała Nr LI/865/2006 Sejmiku Województwa Łódzkiego z dnia 31 stycznia 2006 roku, s. 14].

Przyjęta wizja rozwoju województwa opiera się na czterech filarach:

1. Rozwoju kluczowych inwestycji z zakresu infrastruktury transportowej i technicznej.
2. Rozwoju gospodarki innowacyjnej, wykorzystującej endogeniczny potencjał rozwojowy i tworzącej nowoczesne formy organizacyjne w postaci struktur sieciowych.
3. Systemie osadniczym, którego rdzeń w postaci metropolii łódzkiej i Aglomeracji łódzkiej będzie wspomagany przez regionalne i ponadlokalne bieguny wzrostu.
4. Kształtowaniu spójnego systemu ekologicznego oraz kulturowo-turystycznego.

W dokumencie przyjęto, że o rozwoju obszaru decydować będą „miasta - bieguny wzrostu” będące dużymi i średnimi ośrodkami miejskimi. Jednym z takich biegunów wzrostu ma być miasto Bełchatów skupiając na swoim terytorium najlepiej wykształcone i wyspecjalizowane kadry, wykorzystując swój endogeniczny potencjał. Miasto, współpracując z Łodzią, będzie uzupełniać jego funkcje i napędzać rozwój terytorialny. [Uchwała nr LX/1648/10 Sejmiku Województwa Łódzkiego z dnia 21 września 2010 roku, s. 93-95].

Elementem podnoszącym atrakcyjność Powiatu Bełchatowskiego jest istnienie Strefy Przemysłowej zlokalizowanej w Kleszczewie, atrakcyjnej dla przyszłych inwestorów między innymi ze względu na:

- jedne z najtańszych w Polsce w pełni uzbrojonych terenów inwestycyjnych,
- dostęp do tańszej energii elektrycznej,
- pomoc kapitałową i organizacyjno-prawną udzielaną przyszłym inwestorom.

Zarządcy Strefy w celu uatrakcyjnienia oferty dla Inwestorów świadczy usługi polegające na:

- odbiorze ścieków i odpadów,
- ochronie obiektów,
- udostępnianiu terenów uzbrojonych we wszystkie media po preferencyjnej cenie,
- oferowaniu ulg i zwolnień podatkowych,
- pomocy organizacyjno-prawnej w zakresie realizacji inwestycji,
- dotowaniu szkoleń dla pracowników zgodnie z potrzebami nowopowstających firm.

Warto zwrócić uwagę na wizję rozwoju powiatu wyrażoną w słowach: „*Powiat Bełchatowski – lider rozwoju gospodarczego regionu, nastawiony na trwałe wzrost jakości życia i bezpieczeństwa mieszkańców. Powiat otwarty na współpracę z otoczeniem, wspierający aktywność i inicjatywę, kontynuujący skuteczną politykę promocji walorów inwestycyjnych oraz przewag lokalizacyjnych. Powiat dbający o stan dziedzictwa środowiska naturalnego zgodnie z idea zrównoważonego rozwoju*” [Strategia Rozwoju Powiatu Bełchatowskiego na lata 2005 – 2015, 2005, s. 93].

Realizacja wizji rozwoju ma być realizowana między innymi poprzez ciągłą poprawę jakości życia mieszkańców. Według danych zawartych w Strategii rozwoju Powiatu Bełchatowskiego na lata 2005-2015 „*struktura rynku pracy odbiega znacznie od benchmarku gospodarki postindustrialnej. Modyfikacja ta polega na dużym ważonym udziale [...] znajdujących się na terenie powiatu zakładów wydobywczych i energetycznych. Przemysł generuje 64% miejsc pracy, usługi 32%, rolnictwo zaś 0,5%. Struktura gospodarki z czasem będzie się zmieniała, czego wyrazem będzie wypieranie przemysłu przez usługi, lecz proces ten ze względu na specyfikę powiatu będzie charakteryzował się relatywnie małą dynamiką w porównaniu ze średnią krajową*” [Strategia Rozwoju Powiatu Bełchatowskiego na lata 2005 – 2015, 2005, s. 29-31].

Znaczącym walorem turystycznym na obszarze Powiatu Bełchatowskiego są również ogromne przekształcenia środowiska naturalnego spowodowane budową kopalni odkrywkowej węgla brunatnego. Zwałowisko zewnętrzne, zwane potocznie Górą Kamieńsk, wyniesione jest 180 metrów ponad otaczający ją teren. Warunki tego terenu wymusiły zagospodarowania tego terenu dla potrzeb wypoczynku zimowego – obecnie istnieje i funkcjonuje tam oświetlony stok narciarski o długości 760 metrów [Strategia Rozwoju Powiatu Bełchatowskiego na lata 2005 – 2015, 2005, s. 41].

Na podstawie analizy strategicznej powiatu sformułowano jego misję: „*Powiat bełchatowski – lider rozwoju gospodarczego regionu, nastawiony na trwałe wzrost jakości życia i bezpieczeństwa mieszkańców. Powiat otwarty na współpracę z otoczeniem, wspierający aktywność i inicjatywę, kontynuujący skuteczną politykę promocji walorów inwestycyjnych oraz przewag lokalizacyjnych. Powiat dbający o stan dziedzictwa środowiska naturalnego zgodnie z idea zrównoważonego rozwoju*”. [Strategia Rozwoju Powiatu Bełchatowskiego na lata 2005 – 2015, 2005, s. 93]

Analizując dokumenty strategiczne na poziomie miasta należy zwrócić uwagę na treść misji Miasta Bełchatowa:

„Zmierzamy do zapewnienia harmonijnego rozwoju Bełchatowa, dobrobytu i bezpieczeństwa mieszkańców, poprzez wspieranie przedsiębiorczości, wykorzystanie potencjału ludzkiego oraz istniejącej infrastruktury” [Uchwała nr XXXV/242/09 z dnia 26 lutego 2009 Rady Miejskiej w Bełchatowie, Załącznik s. 16]

Zapewnienie mieszkańcom gminy wysokiego poziomu życia poprzez rozwój przedsiębiorczości, infrastruktury społecznej, a także tworzenie przyjaznych warunków zamieszkania stanowi główny cel jaki stawia sobie Gmina Kleszczów. Stanowi to uzupełnienie planów rozwojowych Powiatu Bełchatowskiego. Znajdująca się na jej terenie kopalnia odkrywkowa zajmuje ponad 30% powierzchni gminy [Biuletyn Informacji Publicznej, 2009, Plan rozwoju lokalnego gminy Kleszczów na lata 2008 – 2015, s. 9, 57].

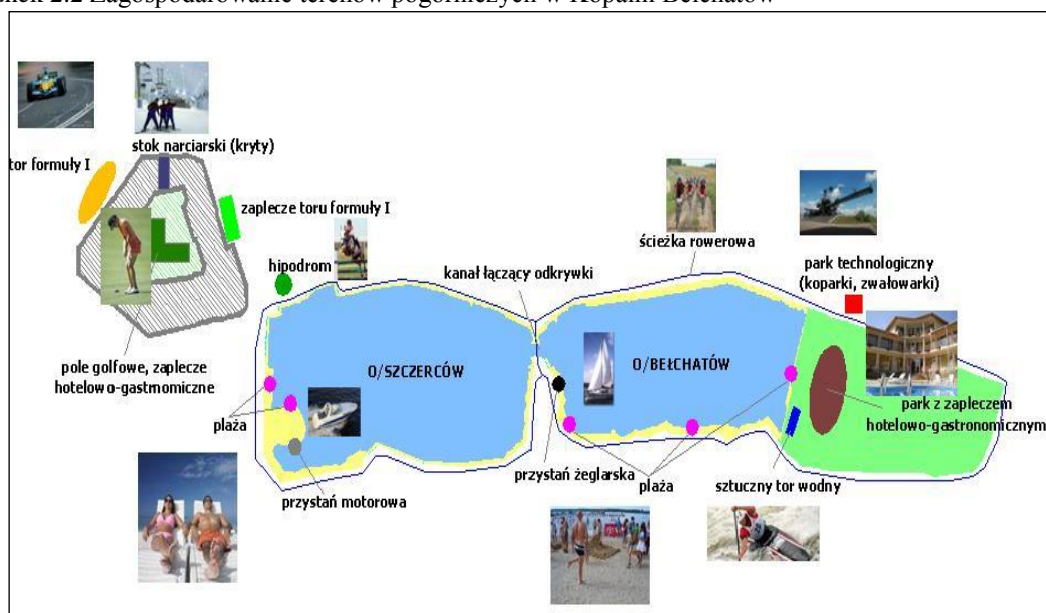
Wykorzystanie atrakcyjności zbiorników wodnych do celów turystyczno-wypoczynkowych wspomagane ich lokalizacją w centrum Polski może skutkować rozbudową infrastruktury hotelowo-gastronomicznej i sportowo-rekreacyjnej. Nadanie nowych funkcji obiektom znajdującym się w obszarze poeksploatacyjnym wpłynie w sposób katalityczny na rozwój gospodarczy rekompensując równocześnie utracone miejsca pracy w wyniku likwidacji zakładu górniczego. Ponadto zachowanie górniczej historii regionu nierozzerwalnie kojarzonej z rejonem Bełchatowa wpłynie na rozwój sektora turystycznego i rekreacyjnego. Docelowe zagospodarowanie terenu może być uzależnione od przebiegu realizacja prac rekultywacyjnych nakierowanych na modelowanie terenu kopalni, by w przyszłości umożliwić realizację zamierzeń komercyjnych inwestycyjnych. Lokalizacja kopalni w środkowej Polsce może umożliwiać korzystanie z nowej infrastruktury turystyczno-sportowej zarówno w okresie letnim i zimowym. Istniejąca baza sportowa, która powstała na zwałowisku zewnętrznym może być stopniowo rozbudowywana wraz z postępowaniem w przekazywaniu kolejnych gruntów pokopalnianych.

W roku 2008 pracownicy Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie opracowali na zlecenie PGE S.A. nową koncepcję rekultywacji przedstawioną w dokumencie „Koncepcja rekultywacji i zagospodarowania wyrobisk końcowych zakładu Górniczego KWB Bełchatów – Pole Bełchatów i Pole Szczerców” [Grupa Kapitałowa PGE Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów S.A., 2009, s. 48] zakładającą przekształcenie obszaru poeksploatacyjnego w centrum sportowo-rekreacyjne oraz kulturowe. Centrum sportowo-rekreacyjne i kulturowe mają tworzyć:

- zbiorniki wodne o zróżnicowanej funkcji sportowej i rekreacyjnej (trzy strefy kąpieliskowo-plażowe, przystanie jachtowe, tory kajakowe, bazy nurkowe, itp.),
- obiekty sportowe i pola namiotowe z urządzeniami rekreacyjnymi,
- trasy narciarskie na terenie zwałowisk,
- pole golfowe,
- samochodowy tor wyścigowy i motocrossowy,
- trasy kolarstwa przełajowego,
- trasy narciarskie i jazdy konnej,
- obiekty sportów ekstremalnych np. bungee, tory crossowe dla samochodów i motocykli, quadów i rowerów, skate-parki, paralotniarstwo, itp.
- muzeum górnictwa węgla brunatnego utworzone na terenie zaplecza technicznego kopalni i składające się z wyselekcjonowanych maszyn i urządzeń wykorzystanych do eksploatacji węgla,
- ośrodek konferencyjny z zapleczem wystawienniczym,
- tereny zadrzewione o funkcji parkowo-rekreacyjnej rozbudowane o ścieżki rowerowe i spacerowe (teren wewnętrznego zwałowiska Pola Belchatów).

Rozmieszczenie poszczególnych elementów kompleksu dobrano tak, by w jak największym stopniu wykorzystać walory krajobrazu, a ze względu na zajmowany obszar stworzyć zespół obiektów o charakterze ponadregionalnym, co przedstawiono na Rysunku 2.2.

Rysunek 2.2 Zagospodarowanie terenów pogórnich w Kopalni Belchatów



Źródło: Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 202

Rozdział 3 Model decyzyjny likwidacji zakładu górniczego i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.

3.1 Uzasadnienie podejścia opcyjnego dla projektu likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych.

Stosowania metod DCF pomimo ich wad stało się powszechne także w branżach wysokorozwiniętych. Sytuacja ta wynika z faktu łatwości dokonywania wyceny w oparciu o zastosowanie nieskomplikowanego mechanizmu matematycznego i prostoty interpretacji otrzymanych wyników stanowiących podstawę do podejmowania decyzji. Wszędzie tam, gdzie projekty inwestycyjne nie wymagają wielowymiarowej i wielowariantowej analizy ekonomicznej uwzględniającej elastyczność, metody DCF są narzędziem satysfakcjonującym. Współczesne projekty górnicze wymagają sposobu wyceny opartego o elastyczność wbudowaną w projekt. Wzrost dynamiki zmian w otoczeniu firm wymusza na decydentach zwiększenie elastyczności w podejmowaniu decyzji menedżerskich i stanowi cechę charakteryzującą także działalność górniczą. Większość przedsięwzięć inwestycyjnych w górnictwie charakteryzuje się następującymi cechami:

- inwestycja jest częściowo lub całkowicie nieodwracalna,
- istnieje niepewność co do przyszłych korzyści z inwestycji,
- istnieje pewna swoboda co do czasu realizacji inwestycji.

W każdym projekcie górniczym niepewność determinuje wzrost ryzyka, a menedżer potrzebuje elastyczności, by nim zarządzać. Ryzyko jest jedną z kluczowych zmiennych w trakcie realizacji projektu górniczo-geologicznego.

M. Maubassin [1999, s. 9] przedstawił poglądy W. Briana Arthura i H. Mintzberga. Brian Arthur podkreśla, że biznes tradycyjny koncentrujący się na optymalizacji swojego działania (hierarchii, planowaniu i kontroli) jest powszechny. Biznes oparty o wiedzę orientuje się na poszukiwaniu „wielkich nowych rzeczy”. W rezultacie struktury ulegają spłaszczeniu, menedżerowie mają więcej swobody w działaniu, a planowanie odchodzi na dalszy plan. O ile metody DCF sprawdzają się dość dobrze w odniesieniu do tzw. tradycyjnej gospodarki, nowa gospodarka jest nastawiona na opcje. Mintzberg jako strateg przedstawia podobny pogląd, podkreślając, że planowanie strategiczne jest obecnie programowaniem strategicznym, czyli artykulacją istniejącej strategii. Opowiada

się za myśleniem strategicznym będącym syntezą intuicji i kreatywności. Planowanie strategiczne wykorzystuje DCF, natomiast myślenie strategiczne wykorzystuje opcje.

Teoria opcji rzeczywistych ma użyteczne, pozytywne i normatywne implikacje, a w sytuacji jej zastosowania w analizie przypadków służy prognozowaniu, jednocześnie dobrze opisując rzeczywistość. Opcje rzeczywiste można zdefiniować jako systemowe i zintegrowane podejście, wykorzystujące dorobek finansów, nauk o zarządzaniu, teorii podejmowania decyzji, statystyki i modelowania ekonometrycznego do wyceny aktywów rzeczowych w dynamicznym i charakteryzującym się wysokim stopniem niepewności otoczeniu biznesowym. Decyzje biznesowe dotyczące strategicznych decyzji inwestycyjnych, wyceny możliwości inwestowania i wydatków inwestycyjnych podejmowane są w sposób elastyczny [Mun 2002, s. 24].

Wycena za pomocą opcji rzeczywistych jest jedną z nowoczesnych metod, która oferuje narzędzie do adaptacji i rewizji projektów górniczych. Metody opcyjne zaleca się stosować w sytuacjach wymagających analizy wielu wariantów zdarzeń, w których występuje wysoki poziom niepewności i nieprzewidywalność przyszłości. Większość stosowanych alternatywnych sposobów wyceny zakłada, że część parametrów modeli, takich jak wielkość produkcji, koszty zmienne, koszty stałe, czas życia projektu są z góry znane lub zdefiniowane. Oczywiście traktowane są one jako zmienne losowe, ale nie zakłada się możliwości podejmowania decyzji w ujęciu dynamicznym, co oznacza analizę opartą na jednym, najbardziej prawdopodobnym scenariuszu zdarzeń. Opcyjna metoda wyceny pozwala na uwzględnienie i kwantyfikację wartości elastyczności decyzji menedżerskich. Uwzględnienie wartości płynącej z elastyczności może stanowić przesłankę do akceptacji projektów inwestycyjnych o podwyższonym ryzyku, które byłyby odrzucone w oparciu o wskazania wynikające z tradycyjnych metod oceny efektywności bazujących na dyskontowaniu przepływów pieniężnych.

Finansowe ujęcie cyklu życia projektu geologiczno-górniczego wymusza zastosowanie odpowiednich rachunków i kalkulacji, które determinują ewidencję nakładów i kosztów na każdym etapie ich powstawania oraz ich współmiernym rozliczeniu do przychodów, które mogą powstawać tylko w fazie eksploatacji. Rozliczenie przychodów i kosztów w projektach jest zgodne z przyjętymi zasadami i uregulowaniami obowiązującymi w rachunkowości, lecz ich źródło identyfikowane jest w fazie budżetowania kapitałów.

Budżetowanie kapitałów polega na weryfikacji, czy wymagany zasób pieniądza jest dostępny przez cały czas realizacji przedsięwzięcia w celu zapewnienia poziomu

realizacji poszczególnych operacji określonych w budżetach. Ze względu na fakt, iż budżetowanie kapitałów charakteryzuje się niepewnością, koniecznym jest zapewnienie wartości większych niż niezbędne minimum, by uniknąć problemów w przypadku wystąpienia błędu w procesie planowania. C. Drury [2000, s. 454] uważa, że proces ten dotyczy decyzji podejmowanych w następujących obszarach:

- określenia, które projekty inwestycyjne powinny być zaakceptowane przez przedsiębiorstwo,
- określenia poziomu całkowitych wydatków inwestycyjnych,
- określenia źródeł finansowania portfela projektów.

Elastyczność działania jako istotny element wpływający na tworzenie wartości w przedsiębiorstwie wymusza poszukiwania w sposób ciągły rozwiązań skutkujących ponoszeniem jak najniższych nakładów kapitałowych w zamian za satysfakcjonujące efekty. Rezultatem owych poszukiwań jest identyfikacja i ocena wpływu opcji na sytuację finansową przedsiębiorstwa. Opcje wbudowane w aktywa lub inwestycje mają istotną wartość ekonomiczną i wymagają analizy w każdym przypadku.

Pierwsze zastosowania opcji rzeczowych dotyczyły przemysłu wydobywczego. M. Brennan i E. Schwartz [1985, s. 135-157, 1985a, s. 37-47] wykorzystali teorię opcji w problematyce inwestycji w górnictwie oraz wyceniali efekty czasowego zamknięcia kopalni miedzi w celu uniknięcia strat spowodowanych zmianami cen spot (w transakcjach natychmiastowych) surowca na rynku. Kluczową rolę w modelu Brennana i Schwartz'a odgrywał sposób modelowania zachowania się cen. Autorzy, wykorzystując do tego celu proces stochastyczny, określany mianem geometrycznego ruchu Browna, wskazali na fakt, iż zmiany ceny danego zasobu charakteryzują się dużym stopniem niepewności, a podejście oparte na oczekiwanych przepływach pieniężnych w niewystarczający sposób ujmuje ich wahania. Model Brennana i Schwartz'a umożliwia nie tylko wycenę kopalni, ale także wspiera tworzenie optymalnej z punktu widzenia jej właścicieli polityki w zakresie rozwoju kopalni, jej zarządzania, a także ewentualnego przerwania, czy nawet zakończenia działalności.

W modelu przyjęto, że zasób podlegający eksploatacji (wydobyciu) jest jednorodny, znana jest jego wielkość i koszty pozyskania, a stopa procentowa nie jest stochastyczna. W pierwszym etapie ustalono wartość bieżącą przyszłych przepływów pieniężnych generowanych przez projekt i porównano ją z wymaganymi nakładami inwestycyjnymi. Mimo pozytywnej wartości NPV może pojawić się opcja czasowa

związana z oczekiwaniem na jej wzrost. Autorzy wykazali między innymi jak mogą być wyceniane aktywa, których przepływy pieniężne zależą od zmiennych cen surowców i decyzji menedżerskich. Nie bez znaczenia jest możliwość niespodziewanego załamania się lub wzrostu rynku skutkująca zmniejszeniem lub zwiększeniem skali działalności, czy też zmiany ceny, która wpływa na opłacalność projektu.

Do dnia dzisiejszego praktycznie każdy artykuł poświęcony problematyce wyceny i zarządzania kopalnią z wykorzystaniem podejścia opcyjnego odwołuje się do modelu Brennana-Schwartza.

S.C. Myers [1977, s. 147-175] w artykule *Determinant of Corporate Borrowing* posłużył się pojęciem opcji rzeczowej (rzeczywistej) i zauważył analogię pomiędzy opcją finansową, a podejmowaniem decyzji inwestycyjnych charakteryzujących się „wbudowaną” elastycznością decyzyjną. Wiele aktywów przedsiębiorstw, a szczególnie szanse wzrostu mogą być postrzegane jako opcje kupna. Wartość tych opcji zależy od przyszłych inwestycji i strategii inwestowania przedsiębiorstwa. Wartość przedsiębiorstwa (V) może być postrzegana jako kombinacją dwóch odrębnych typów aktywów: rzeczowych (*real assets* - V_A) i opcji rzeczywistych (*real options* - V_G) (szanse nabycia aktywów rzeczowych na potencjalnie korzystnych warunkach).

$$V = V_A + V_G$$

Opcje rzeczywiste mogą być specyficzne i charakterystyczne dla danej firmy, jednocześnie będąc bezwartościowe dla innego przedsiębiorstwa.

W ciągu ostatnich dekad zauważalny jest systematyczny wzrost zainteresowania opcjami rzeczywistymi, o czym świadczy m.in. wzrastająca ilość publikacji związana z zastosowaniem modeli wyceny opcji rzeczywistych w praktyce. Uwaga badaczy koncentruje się głównie wokół obszaru projektów badawczo-rozwojowych, jednak spektrum gałęzi przemysłu, w których coraz częściej stosuje się podejście opcyjne ulega ciąglemu poszerzaniu: energetyka, przemysł stoczniowy, rolnictwo, farmacja, telekomunikacja, transport, ochrona środowiska, bankowość.

W Tabeli 3.1 zestawiono przykładowe zastosowania metod dyskontowych i opcyjnych w obszarze eksploatacji surowców nieodnawialnych.

Tabela 3.1 Zestawienie zastosowania metod DCF i ROV w eksploatacji surowców nieodnawialnych

Nr	Rok	Autor	Metoda	Surowiec	Kopalnia/ Projekt	Lokalizacja
1	1985a	M. J. Brennan, E. S. Schwartz	ROV	Miedź	Hipotetyczny	Brak danych
2	1985b	M. J. Brennan, E. S. Schwartz	ROV	Złoto	Hipotetyczny	Brak danych
3	1986	S. K. Palm, N. D. Pearson	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
4	1988	J. L. Paddock, D. R. Siegel, J. L. Smith	DCF,ROV	Ropa	Zatoka Meksykańska	USA
5	1992	N. Kulatilaka, A. J. Marcus	DCF,ROV	Ropa, gaz	Brak danych	Brak danych
6	1992	B. Cavender	DCF,ROV	Złoto	Hipotetyczny	USA
7	1993	D. G. Laughton, H. D. Jacoby	DCF,ROV	Ropa	Brak danych	Brak danych
8	1993	J. L. Mardones	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Chile
9	1994	E. Pickles, J. L. Smith	DCF,ROV	Ropa	Brak danych	USA
10	1996	N. Kulatilaka, L. Trigeorgis	DCF,ROV	Ropa	Hipotetyczny	Brak danych
11	1996	D. G. Laughton	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
12	1996	M. Samis, R. Poulin	DCF,ROV	Złoto	Brak danych	Brak danych
13	1997	S. Frimpong, J. Whiting	DCF,ROV	Miedź	Tajne	Brak danych
14	1998	G. Salahor	DCF,ROV	Gaz	Brak danych	Brak danych
15	1998	M. Samis, R. Poulin	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
16	1998	G. Cortazar, J. Casassus	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
17	1998	W. S. Dunbar, S. Dessureault, M. Scoble	ROV	Kopalnia podziemna	Brak danych	Brak danych
18	1998	W. S. Dunbar, S. Dessureault, M. Scoble	ROV	Złoto	Brak danych	Brak danych
19	1998	J. S. Sagi, E. E. Hiob, S. Jones	ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
20	1998	S. Kelly	DCF,ROV	Złoto	Wyspa Lihir	Papua, Nowa Gwinea
21	1999	J. E. Smith, K. F. McCardle	DCF,ROV	Ropa, gaz	Hipotetyczny	Brak danych

cd. Tabeli 3.1

22	1999	J. P. Camus, C. W. Pelley	DCF	Miedź	Brak danych	Brak danych
23	2000	R. T. McKnight	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
24	2001	M. E. Slade	DCF,ROV	Miedź	21 kopalń	Kanada
25	2001	S. Faiz	DCF,ROV	Ropa	Chevron Texaco	USA
26	2002	J. A. Drieza, J. Kicki, P. Saluga	DCF,ROV	Cynk, ołów	Olkusz Pomorzany	Polska
27	2002	A. Moel, P. Tufano	ROV	Złoto	285 kopalń	Północna Ameryka
28	2003	D. Colwell, T. Henker, J. Ho, K. Fong	DCF,ROV	Złoto	27 przedsiębiorstw	Australia
29	2004	W. Bailey, A. Bhandari, S. Faiz, S. Srinivasan, H. Weeds	ROV	Gaz	Wyspa Elba	Gruzja
30	2004	S. Kelly	DCF,ROV	Złoto	41 kopalń	Australia
31	2005	V Blais, R Poulin, M Samis	DCF,ROV	Miedź, złoto	Brak danych	Kanada
32	2006	M. Samis, G. A. Davis, D. Laughton, R. Poulin	DCF,ROV	Miedź	Brak danych	Brak danych
33	2007	J. Hall, S. Nicholls	DCF,ROV	Węgiel	Hipotetyczny	Brak danych
34	2007	S. Dessureault, V. N. Kazakidis, Z. Mayer	DCF,ROV	Nikiel, miedź	Sudbury, Zachodnia Arizona	Kanada, USA
35	2007	P. Guj, R. Garzon	DCF,ROV	Nikiel	Brak danych	Brak danych
36	2007	G. Dogbe, S. Frimpong, J. Szymanski	DCF,ROV	Miedź	Hipotetyczny	Brak danych
37	2008	S. Shafiee, E. Topal	DCF,ROV	Złoto	Hipotetyczny	Australia

Źródło: Shafiee, Topala i Nehring 2009, s. 127

J. Paddock, D. Siegel i J. Smith [1988, s. 479-508] zastosowali wycenę opcyjną jako rozwinięcie nowego podejścia do wyceny aktywów rzeczowych w amerykańskim przemyśle petrochemicznym (naftowym). Na przykładzie dzierżawy pól naftowych (*lease of offshore petroleum*) zlokalizowanych w zachodniej i centralnej części Zatoki Meksykańskiej określono w sposób szczegółowy problemy wyceny tak, by

przeanalizować kilka teoretycznych i praktycznych zagadnień związanych z rozszerzeniem zastosowania wyceny opcji finansowych do opcji rzeczowych. Rząd USA wykorzystuje różne metody wyceny w celu ustalenia cen transakcyjnych i określenia wielkości oczekiwanych należności pochodzących z dzierżawy. Ze względu na fakt, iż procesy przetargowe dotyczą inwestycji o nakładach finansowych na poziomie miliardów dolarów, zwrócono uwagę na konieczność posiadania aktualnych i dokładnych wycen, których wartości z reguły były poniżej ceny ofert rynkowych. J. Paddock, D. Siegel i J. Smith, bazując na tych samych danych geologicznych i finansowych co rząd USA, uzyskiwali w oparciu o rachunek opcyjny wyniki bardzo zbliżone do rynkowych.

Wycena dzierżawy wymaga analizy przepływów pieniężnych dla następujących etapów: poszukiwania (rozpoznania), robót przygotowawczych (udostępnienia) i eksploatacji (wydobycia). Każdy z etapów zawiera zestaw wbudowanych opcji i charakteryzuje się odmiennymi właściwościami istotnymi z punktu widzenia wycenianych opcji. Etap rozpoznania zawiera opcję ponoszenia wydatków związanych z poszukiwaniem i bilansowaniem zasobów niezagospodarowanych. Podstawową niepewnością jest zawartość dostępnych w nich węglowodorów. Etap poszukiwania może być opisany jako opcja poniesienia oczekiwanych kosztów i otrzymania oczekiwanej wielkości niezagospodarowanych zasobów.

Model opcji uwzględnia ilość zasobów węglowodorów występujących w danym obszarze, koszt jednostkowy zagospodarowania złoża (prac przygotowawczych), czas pozostający do wyczerpania się złoża i wartość zagospodarowanych złóż.

Posiadając niezagospodarowane zasoby naturalne nabywamy opcję na ich przekształcenie. Wraz z wykonaniem opcji polegającym na poniesieniu kosztów robót przygotowawczych dzierżawca może zacząć zarządzać posiadanymi zasobami. Wycena posiadanych zasobów wymaga założeń co do jakości surowca, wielkości i kosztu wydobycia, poziomu podatków oraz ceny węglowodorów. Przedsiębiorstwo ma możliwość porównania wartości z podobnymi zasobami dostępnymi na rynku. Wykorzystanie wartości rynkowych dla zasobów zagospodarowanych łagodzi możliwe błędy w modelowanym wydobyciu, tak jak u M. Brennana i E. Schwartza [1985, s. 135-157]. Dzierżawa pola może być opisana modelem opcji złożonej, w której potencjalne przekształcenie obszarów niezagospodarowanych stanowi opcję rozwoju.

Autorzy podkreślili przewagę zastosowania metod opcyjnych nad klasycznymi metodami bazującymi na zdyskontowanych przepływach pieniężnych.

Po pierwsze metody opcyjne zmniejszają wymogi dotyczące ilości informacji niezbędnych do przeprowadzenia analiz poprzez eliminację potrzeby estymacji wartości zagospodarowanego złoża w przyszłości. Przyjmując wartość rynkową eksploatowanych zasobów metody dyskontowe nadal wymagają przyjęcia założeń dotyczących wzrostu wartości eksploatowanych złóż.

Po drugie podejście opcyjne eliminuje konieczność określania poziomu stóp dyskontowych skorygowanych o ryzyko. Decyzja dotycząca optymalnego czasu rozpoczęcia inwestycji powinna uwzględniać zależność pomiędzy czasem trwania inwestycji i związanym z nią przepływem środków pieniężnych. Optymalna decyzja dotycząca czasu realizacji inwestycji musi uwzględniać relacje zwrotne zachodzące pomiędzy realizowaną inwestycją oraz ryzykiem wynikającym ze związanymi z nią przepływami pieniężnymi. W praktyce jest to zadanie prawie niemożliwe do zrealizowania, natomiast problem ten nie występuje z podejściu opcyjnym.

Wykorzystanie podejścia opcyjnego umożliwia uwzględnienie w wycenie zmieniających się w czasie informacji rynkowych oraz elastyczności (swobody) w zakresie różnicowania tempa rozwoju projektu (przedsiębiorstwa). Dla przykładu wolniejsze tempo rozwoju może pozwolić na uzyskanie dodatkowych informacji, co wygeneruje opcję zaniechania dalszej działalności w przypadku, gdy stanie się ona nieopłacalna. Skutki wykonania tej opcji powinny zostać porównane z potencjalnymi efektami szybszego działania [Paddock, Siegel i Smith 1988, S. 479-508].

A. Kemna [1993, s. 259-270] analizował modelowanie opcji opóźnienia, wzrostu i rezygnacji dla przypadków wydobywania ropy naftowej i gazu przez koncern Shell. Zamiarem koncernu było przestudiowanie wyników badań dotyczących zastosowania opcji rzeczywistych w procesie budżetowania kapitałowego i wdrożenie nowych technik wyceny do procesu podejmowania decyzji strategicznych. Korzyści płynące z wykorzystania metod opcyjnych w procesie budżetowania kapitałowego okazały się dwojakie:

- decydenci mają możliwość zidentyfikowania szans na inwestycje poprzez rozpoznanie zbioru rozwiązań i związanych z nimi niepewności,
- metody opcyjne wykorzystują elastyczność wbudowaną w projekty lepiej niż tradycyjne metody DCF.

G. Cortazar i J. Cassausa [1998, 755-769] zastosowali model opcji rzeczywistych do wyceny projektu inwestycyjnego, mającego na celu zwiększenie zdolności

produkcyjnych lub redukcję kosztu jednostkowego wydobycia w rzeczywistej kopalni miedzi. Źródłem niepewności w modelu przyjętym przez autorów może być cena, kurs wymiany waluty lub koszt. Modele opcyjne mogą być stosowane w przypadku analiz dotyczących: kopalni miedzi, złóż ropy naftowej, badań i rozwoju, technologii ochrony środowiska, procesów produkcyjnych, lokalizacji fabryk, etc.

Opisywana kopalnia miedzi funkcjonuje posiadając ograniczone zasoby, może być czasowo zamknięta i ponownie otwarta, ponosząc cały czas koszty stałe oraz koszty związane z jej utrzymaniem technicznym. Zaproponowany model może być postrzegany jako rozszerzenie modelu Brennana i Schwartza [1985, s. 135-157], lecz z dwoma głównymi różnicami. Po pierwsze cena surowca zmienia się zgodnie z procesem stochastycznym powrotu do wartości średnich. Po drugie Brennan i Schwartz analizowali opcje opóźnienia inwestycji. W rzeczywistości opóźnienie inwestycji nie ma wpływu na cechy charakterystyczne kopalni. Gdy inwestycja jest odroczone w czasie, wydobycie może być kontynuowane, skutkując sukcesywnym zmniejszaniem się dostępnych zasobów surowca. Implikuje to powstawanie dodatkowego kosztu związanego z oczekiwaniem, wpływającego na obniżenie krytycznej ceny inwestycji. Krytyczna cena inwestycji jest to cena graniczna, powyżej której inwestycję uważa się za optymalną i poniżej której należy odroczyć decyzję o inwestowaniu.

Autorzy zdefiniowali proces stochastyczny dla cen spot miedzi skorygowanych o ryzyko. Następnie w modelu finansowym (wolnym od ryzyka) pozbawionym arbitrażu określili zmiany cen spot miedzi, wykorzystując ruchy Browna. Zamiarem autorów było stworzenie jak najprostszego modelu opcji bazując na jednej zmiennej, jaką jest cena miedzi. Średnie długoterminowe ceny miedzi określono na podstawie danych historycznych cen spot. Założono, że kopalnia funkcjonuje, inwestycje mają charakter nieodwracalny, a przed podjęciem decyzji o inwestycji kopalnia może być zamknięta lub ponownie otwarta.

Oszacowano wartość kopalni w dwóch wariantach:

- kopalnia nie podjęła decyzji o inwestycji rozwojowej i zostaje zamknięta lub otwarta,
- podjęto decyzję o inwestycji i jest obecnie zamknięta lub otwarta.

Ponadto wyznaczono poziomy krytycznych cen spot, dla których należy otworzyć, zamknąć lub rozbudować kopalnię.

Opracowany przez G. Cortazara i J. Cassausa model opcji ma przewagę nad powszechnie stosowaną metodą DCF prowadzącą do uzyskania klasycznej wartości NPV.

Skutecznie wykorzystuje informacje rynkowe dotyczące kontraktów futures dla miedzi, które normalnie mogłyby zostać zignorowane. Nie wymaga szacunków cen spot z okresów wykraczających poza czas życia projektu (duża niepewność wynikająca z dużej zmienności). Nie wymaga szacowania premii za ryzyko, wykorzystując stopy wolne od ryzyka, będące przedmiotem małych błędów estymacyjnych. Model wycenia elastyczność operacyjną związaną z otwarciem lub zamknięciem kopalni. Ponadto wskazuje na czas oraz poziomy cen, przy których należy zainwestować, zamknąć lub ponownie otworzyć kopalnię. Inwestowanie oznacza zwiększenie możliwości produkcyjnych, co ma bezpośredni wpływ na ograniczenie kosztów jednostkowych.

Autorzy dokonali porównania wartości inwestycji wykorzystując trzy alternatywne sposoby wyceny: DCF ze stałą stopą dyskontową, wycena wolna od ryzyka bez opcji czasowej oraz wycena opcji rzeczywistej z opcją czasową. Wartości wyceny uzyskane przy zastosowaniu ostatniej metody były wyższe niż te pochodzące z DCF zastosowanej przez kopalnię. Różnica ta ma szczególne znaczenie w przypadku niskich cen miedzi, co z reguły skutkuje podjęciem decyzji o odroczeniu projektu do czasu ich wzrostu [Cortazar i Cassausa 1998, 755-769].

A. Moel i P. Tufano [2000] dokonali analizy „klasycznych” opcji rzeczywistych: otwarcia i zamknięcia kopalni złota jako reakcji na zmiany cen rynkowych surowca, bazując na danych dotyczących 285 kopalń Ameryki Północnej z okresu 1988-1997. Autorzy zauważyli, że opcja zamknięcia kopalni jest odpowiedzią na fluktuację cen rynkowych wydobywanego surowca, a nie strategiczną decyzją wyjścia z rynku. Rewizja decyzji menedżerskich dotyczących realizacji lub wstrzymania inwestycji w tzw. dynamicznym modelu DCF odbywała się w oparciu o kwartalnie aktualizowane statyczne analizy DCF zachowujące zasadę dodatniego NPV przy ich podejmowaniu.

Podjęcie opcyjnie może także posłużyć do przewidywania decyzji regulujących zamknięcie lub ponowne otwarcie kopalni, co może być uzasadnione odpowiednimi poziomami cen rynkowych złota. Baza danych wykorzystana przez autorów do analizy powstała w oparciu o coroczne badania górnictwa publikowane w *Mining Journal* i dane z *Metallica 2000*. Uwaga autorów została skupiona na przyczynach stricte ekonomicznych, gdzie decydent dobrowolnie i tymczasowo chce zamknąć kopalnię ze względu na warunki rynkowe. W tym samym kontekście przeanalizowano przypadek dobrowolnego, ponownego otwarcia kopalni jako odpowiedzi na korzystne zmiany rynkowe. W oparciu o raporty firmowe lub ogłoszenia prasowe skategoryzowano

przyczyny zamknięcia kopalni: ekonomiczne (niska cena złota), wyczerpanie się złoża, pogoda i geologia (powódź, ogień), strajki, środowiskowe, brak przyczyn.

W celu sprawdzenia, czy model opcji dość dobrze opisuje zamknięcie kopalni, zebrano dane dotyczące poziomu i zmienności cen złota, poziomy stóp procentowych oraz struktury kosztów. W oparciu o znane daty zamknięcia kopalń zaistniała możliwość opisanie zmienności cen złota w okresie, w którym najprawdopodobniej podjęto tę decyzję.

Wyniki analizy wskazały, że opcje rzeczywiste mogą być użyte do wyjaśnienia podstaw decyzji o zamknięciu lub ponownym otwarciu kopalni, dostarczając bogaty zestaw prognoz dotyczących okoliczności. Podjęcie decyzji uzależnione zostało od ceny złota, jej wzrost zwiększał prawdopodobieństwo otwarcia i odwrotnie. Otwieranie i zamykanie kopalni charakteryzuje się silną histerezą⁶, na co mają wpływ efekty i okoliczności funkcjonowania we wcześniejszych okresach. Na podejmowane decyzje wpływają także koszty operacyjne funkcjonującej kopani, koszty utrzymania zamkniętej i dodatkowe koszty otwarcia/zamknięcia kopalni, uwzględnione w modelu.

Opcje rzeczywiste w dobry sposób opisują podejmowanie decyzji na poziomie pojedynczej kopalni (zakładu górniczego), lecz często nie oddają aspektów podejmowania decyzji na poziomie przedsiębiorstwa stanowiącego grupę kopalń. Istnieją jednak argumenty przemawiające za tym, że decyzje strategiczne podejmowane są także na poziomie przedsiębiorstwa. W przypadku, gdy przedsiębiorstwo składa się z kilku kopalń o niskich kosztach operacyjnych, kopalnia generująca najwyższe koszty ma mniejsze prawdopodobieństwo zamknięcia w porównaniu z tą samą kopalnią działającą niezależnie. Dowód ten jest zgodny z wynikami badań wskazującymi, że decyzje dotyczące poszczególnych jednostek uzależnione są od rezultatów osiągniętych przez pozostałe [Moel i Tufano 2000].

Ciekawe podejście do zagadnienia zastosowania opcji w procesie wyceny projektu geologiczno-górniczego przedstawia M. Samis [2001] w opracowaniu *Valuing a Multi-Zone Mine as a Real Asset Portfolio – A Modern Asset Pricing (Real Options) Approach*. Autor zauważa, że wcześniejsze opracowania traktowały depozyty rud jako jednorodną i zwartą całość, ze znanym planem rozwoju i eksploatacji, w przeciwieństwie do ich

⁶ Dixit A. w swoim artykule „*Investment and hysteresis*” opublikowanym w *Journal of Economic Perspective*, Vol. 6, No. 1 Winter, s. 122 wyjaśnia pojęcie histerezy ekonomicznej odwołując się do zjawiska elektromagnetyzmu. Autor opisuje efekt namagnesowania pręta żelaznego pozostającego w polu elektrycznym czasowo i pozostający (opóźniony) efekt namagnesowania po odłączeniu napięcia elektrycznego.

rzeczywistej natury funkcjonowania w postaci wielu obszarów wydobywczych charakteryzujących się różną wielkością, jakością zasobów i lokalizacją. Zabieg ten pozbawiał wycenę elementu elastyczności (np. zamknięcia czasowego lub opóźnienia w rozwoju jednego z obszarów wydobywczych) i sprowadzał ją do jednego scenariusza zdarzeń i związanej z nim strategii.

Analiza inwestycji górniczych jest zadaniem kompleksowym wynikającym z niepewności związanej z cenami minerałów, jakości oraz struktury fizycznej złoża. Złóża mineralne składają się często z kilku obszarów zróżnicowanych pod względem wielkości, jakości i lokalizacji. W takiej sytuacji decydenci mogą rozważać strategię zamknięcia lub opóźnienia inwestycji dedykowane każdej ze stref.

Autor zaprezentował model nazwany jako *flexible Discrete Mine Production (XDMP)*, rozszerzający dotychczasowe osiągnięcia w tej dziedzinie o możliwość opisanie struktury geologicznej jako elementu modelu. Model pozwala na opisanie projektu górniczego jako heterogenicznego depozytu minerału zawierającego wiele rodzajów rud zlokalizowanych w różnych strefach.

W analizowanym przypadku skoncentrowano się na przykładzie kopalni podzielonej na dwie strefy oraz wartości dodanej płynącej z indywidualnego podejścia do ich struktury geologicznej. W analizowanym przypadku przyjęto, że koszty projektu i stopa procentowa wolna od ryzyka są znane i stałe. Niepewność związana jest wyłącznie z ceną minerału, która była wyznaczana w oparciu o proces Ornsteina-Uhlenbacka⁷.

Model XDMP posiada cztery dodatkowe komponenty:

- zatwierdzony plan produkcyjny dla każdej ze stref,
- zdefiniowany rozwój oraz możliwości wydobywania i przeróbki materiału mineralnego dla każdej ze stref,
- zdefiniowany zestaw trybów pracy i funkcjonowania każdej ze stref w określonym przedziale czasu,
- określoną metodologię konstruowania drzewa decyzyjnego projektu i kalkulowania jego wartości.

Model opcyjny opisuje kopalnię odkrywkową o bogatych złożach złota zlokalizowaną na zachodzie USA. Obowiązujący plan eksploatacji zakładał wyczerpanie się depozytu w ciągu 5 lat i zamknięcie kopalni, jednakże istnienie dwóch zasobów

⁷ Proces Ornsteina-Uhlenbacka jest procesem stochastycznym opisującym prędkość cząstki Browna pod wpływem tarcia. Proces stacjonarny, spełniający także założenia procesu Markowa i Gaussa. Proces ma tendencję w długim czasie powrotu do średniej.

kopaliny może pozwolić na wydłużenie funkcjonowania zakładu górniczego. Model zakładał występowanie heterogenicznego złoża, zawierającego kilka stref zasobnych w różne rudy. Każdą ze stref charakteryzowała zróżnicowana ilość i jakość (stopień lub koncentracja) minerałów oraz plan eksploatacji. Zmiany wielkości produkcyjnych spowodowane były powtórным otwarciem zamkniętych obszarów eksploatacyjnych, zamknięciem otwartych obszarów eksploatacyjnych bądź częściowym ograniczeniem zdolności produkcyjnych.

Projekt może być rozważany jak graf (wykres) skierowany (*directed graph*)⁸ i może być wyceniany przy użyciu algorytmu wykresów (*graphing algorithm*) i metod programowania dynamicznego. Mając na uwadze stan początkowy projektu i zestaw możliwych trybów funkcjonowania kopalni, algorytm graficzny generuje drzewo decyzyjne wyznaczające wszystkie możliwe strategie operacyjne projektu [Samis 2001].

Faza zamknięcia projektu górniczo-geologicznego charakteryzuje się istotnym stopniem niepewności związanej głównie z odległym i długim czasem jej trwania. Owa niepewność może być związana z decyzjami podjętymi w międzyczasie, dotyczącymi np. zmiany skali produkcji, przyjętej technologii, proponowanego sposobu rekultywacji, itp. Niepewność związana z przebiegiem procesu likwidacji zakładu górniczego i rekultywacji terenu jest na tyle duża, iż wymusza uwzględnienie swobody (utożsamianej z elastycznością) podejmowania decyzji skutkującej korygowaniem podjętych wcześniej decyzji.

Podobne badania przeprowadzili D. Colwell, T. Henker i J. Ho [2002] w odniesieniu do australijskich kopalń złota i przedsiębiorstw górniczych wykorzystując model Brennana-Schwartza [1985, s. 135-157] oraz dane techniczno-ekonomiczne z okresu 1992-1995. Autorzy stwierdzili, że techniki wyceny przeprowadzone przy wykorzystaniu zdyskontowanych przepływów pieniężnych nie są odpowiednie dla przedsiębiorstw górniczych ze względu na fakt, iż elastyczność operacyjna stanowi istotny element wpływający na ich wartość. Posiadanie kopalni z opcją na jej otwarcie, czasowe zamknięcie lub zaniechanie funkcjonowania jest analogiczne do amerykańskiej opcji kupna wystawionej na złoto w kopalni. Autorzy zbudowali model, w którym jedyną zmienną stochastyczną jest cena złota, a całkowita wartość kopalni zależna jest od cen rynkowych tego surowca.

⁸ Graf stanowi parę zbiorów, w których pierwszy składa się ze skończonej liczby elementów, a drugi zestaw zawiera binarne relacje łączące elementy pierwszego zestawu. Kopalnia wielostrefowa może być prezentowana w postaci grafu, ponieważ obszar całej kopalni stanowi pierwszy zbiór, a tryby pracy (operacyjne) wyznaczają binarne relacje między strefami kopalni.

W celu weryfikacji modelu przeprowadzono szereg technik wyceny (DCF, zmodyfikowany DCF⁹, wycena opcyjna z i bez elastyczności) porównując ze sobą uzyskane wyniki. Metody dyskontowe w sposób istotny zaniżały wyceny w zestawieniu z metodami wykorzystującymi opcje. Zmiany cen złota i zmiany średnich kosztów wydobycia w największym stopniu wpływały na wartość kopalni.

Wyniki tych badań potwierdziły również adekwatność wniosków płynących z zastosowania modelu opcyjnego jako użytecznego narzędzia do opisu i wyceny elastyczności operacyjnej. Jednocześnie pokazały, że wartości wbudowanych opcji są bardzo wrażliwe na ewentualne błędy w oszacowanych wartościach parametrów modelu.

Wartość przedsiębiorstw górniczych jest funkcją wartości zarządzanych przez nich kopalń i ich całkowita wartość jest sumą wartości kopalń bez elastyczności i dostępnych opcji [Colwell, Henker i Ho 2002].

S. Shafiee, E. Topala i M. Nehring [2009] rozpoczynają swoje rozważania dotyczące zastosowania opcji rzeczywistych od stwierdzenia faktu, że większość metod wyceny zakłada deterministyczny charakter zmiennych modelu, takich jak: wielkość produkcji, koszty zmienne i stałe, czas życia projektu.

Przedmiotem rozważań autorów jest analiza zastosowania opcji rzeczywistych do wyceny kopalni cynku „Century” zlokalizowanej w północno-zachodniej części Australii. Omawiana kopalnia jest największą tego typu kopalnią w Australii i drugą co do wielkości na świecie. Poza cynkiem wydobywany jest tam także ołów i srebro. Według szacunków geologicznych zasoby surowcowe pozwalają na eksploatację kopalni do roku 2020 przy niezmiennym poziomie wielkości produkcji. Zaprezentowana metoda wyceny opcji rzeczywistych pozwala na określenie wartości projektów górniczych, maksymalizację ich wartości, wycenę funkcji kosztów i optymalizację wielkości produkcji, wskazując szanse na zwiększenie korzyści i unikanie strat.

W opracowaniu przedstawiono nową metodę znalezienia maksymalnej wartości projektu poprzez symulację kosztów jako funkcji wielkości produkcji z wykorzystaniem rachunku opcyjnego. Przeprowadzone symulacje miały na celu wyznaczenie maksymalnej wartości projektu w różnych scenariuszach, gdzie koszty całkowite są funkcją kapitału i pracy. Cena rynkowa surowca oraz wielkość produkcji mają w górnictwie znaczący wpływ na koszty całkowite. Zaproponowany model w odróżnieniu

⁹ Zmodyfikowany DCF – zakłada, że w świecie wolnym od ryzyka ceny złota w przyszłości nie będą stałe i każdego roku wzrosną o stałą stopę. [Colwell, Henker i Ho., 2002, s. 11]

od modelu Brennana-Schwartz traktuje wielkość produkcji jako zależną od cen rynkowych surowców.

W celu dokonania wyceny zastosowano metodę zdyskontowanych przepływów pieniężnych oraz rachunek opcyjny z amerykańską opcją kupna, w której zakres zmian cen cynku ustalono za pomocą drzewa dwumianowego. Uzyskane wyniki świadczyły na korzyść stosowania metod opcyjnych, gdyż wskazywały wariantowo na możliwość czasowego zamknięcia kopalni w sytuacji spadku cen surowca na rynku i jej ponownego otwarcie w sytuacji poprawy koniunktury. Ponadto wartość kopalni może być określona w każdym z analizowanych okresów, poprzez symulację wielkości produkcji maksymalizującą wartość projektu górniczego [Shafiee, Topala i Nehring 2009].

Większość projektów górniczych ma charakter wieloetapowy i posiada opcję wydłużenia czasu życia poza przyjęty wcześniej okres. Opcja ta mająca charakter strategiczny może mieć istotny wpływ na ekonomiczną wartość przedsiębiorstwa, jednakże w przypadku jej wykonania może być dla decydentów źródłem niepewności i ryzyka. Podjęcie decyzji o wykonaniu opcji w oparciu o statyczne konwencjonalne metody wyceny (NPV) może być mylące, gdyż nie będzie uwzględniało rzeczywistych uwarunkowań wynikających z niepewnej przyszłości. Trudności związane są między innymi z ustaleniem właściwej stopy dyskontowej i wyceną elastyczności menedżerskiej wyrażonej reakcją na zmiany cen rynkowych wydobywanych surowców.

Zagadnieniu rozbudowy hipotetycznej kopalni miedzi w warunkach niepewności poświęcone są rozważania S.A. Abdela Saboura i R. Poulina [2010, s. 340-349]. Decyzja menedżerska o rozbudowie kopalni może mieć istotny wpływ na cykl życia projektu górniczego.

W artykule autorzy odwołali się do N. Moyena, M. Slade i R. Uppara [1996, s. 63-74], którzy uważają, że konwencjonalne metody wyceny metodą DCF mogą generować istotne niedoszacowanie wartości wysokokosztowych kopalń ze względu na ignorowanie istniejącej wartości elastyczności. Niedoskonałość metody DCF polegająca na braku możliwości wyceny opcji rzeczywistych wbudowanych w inwestycje górnicze może prowadzić wprost do odrzucenia dobrych okazji inwestycyjnych lub alokacji kapitału w te mniej istotne. Ponadto stosując NPV podjęcie decyzji o rozbudowie kopalni realizowane jest w scenariuszu rozbudowy „teraz lub nigdy”. Jeśli rozbudowa ma się odbyć „teraz”, to musi funkcjonować na wcześniej założonych wielkościach np. wydobywania, aż do wyczerpania się złoża ignorując elastyczność menedżerską czasowego lub stałego jej zamknięcia będącego reakcją na niekorzystne zmiany cen kopaliny.

Podejście opcyjne jest skuteczną techniką służącą do wyceny inwestycji górniczych i podejmowania decyzji strategicznych, dostarczającą narzędzie do wyceny optymalnego czasu rozwoju projektu, rozbudowy kopalni i właściwego nią zarządzania po rozpoczęciu produkcji.

N. Moyen, M. Slade and R. Uppar [1996, s. 63-74] przyjęli założenie, że podjęcie decyzji o rozbudowie kopalni może mieć miejsce w każdym momencie przyszłości (dyskretne traktowanie czasu), a zmiany cen metalu są zgodne z procesem stochastycznym geometrycznych ruchów Browna. W innym przypadku dla podstawowych metali można przyjąć proces powrotu do średnich (*mean-reverting process, MRP*).

W artykule przedstawiono symulację wydłużenia żywotności hipotetycznej kopalni miedzi o 5 lat. Decyzja może zostać podjęta z pewną zwłoką czasową, w oczekiwaniu na lepsze warunki ekonomiczne. W międzyczasie należy ponosić koszty związane z utrzymaniem kopalni. Możliwe są także scenariusze związane z czasowym ograniczeniem wydobycia miedzi jako odpowiedzią na niską cenę rynkową surowca.

W celu uzyskania odpowiedzi dotyczącej racjonalności wydłużenia życia kopalni zastosowano porównanie wycen: opcyjnej i DCF. Uzyskane wyniki wskazywały, że w przypadku skrajnych wartości cen miedzi (niskie, wysokie) wyniki pochodzące z obydwu metod były zbliżone. Różnica pojawiła się w przypadku pozostałych cen i polegała na tym, że metoda opcyjna wskazywała przedział cen, w którym należało wstrzymać się z inwestycją. Wyniki należące do tego przedziału w przypadku metody DCF jednoznacznie wskazywały na odrzucenie inwestycji. W analizowanym przypadku wycena opcyjna okazała się bardziej wiarygodna w szczególności, gdy wzrasta poziom niepewności.

R. G. Dimitrakopoulos i S.A. Abdel Sabour [2007, s. 116-125] podjęli działania mające na celu uzupełnienie „luki” w istniejącej literaturze w zakresie potwierdzenia powszechnej opinii o zaletach metody wyceny górniczych projektów inwestycyjnych w warunkach niepewności przy zastosowaniu opcji rzeczywistych. Zgodnie z tą opinią metody opcyjne w lepszy sposób uwzględniają wartość elastyczności menedżerskiej oraz ryzyko związane z przepływami pieniężnymi. Autorzy zwrócili uwagę na fakt braku procedur testowych służących sprawdzeniu użyteczności metody i korzyści płynących z jej zastosowania oraz jej zalet w porównaniu z konwencjonalnymi statycznymi metodami wyceny DCF (NPV, IRR). Powoduje to sytuację, w której trudno jest jednoznacznie stwierdzić, czy metody opcyjne są lepsze w aplikacji niż DCF oraz czy można je

stosować do wyceny kompleksowych projektów górniczych i podejmowania decyzji menedżerskich skutkujących wzrostem wartości przedsiębiorstwa.

W celu zilustrowania analizowanego problemu wyboru najlepszego z 12 wariantów (scenariuszy) produkcji (sekwencji i poziomu wydobycia, kosztów operacyjnych i klasy surowca) posłużono się studium przypadku małej australijskiej odkrywkowej kopalni złota. Założono, że decyzje mają być podjęte w roku 2003, a kopalnia ma rozpocząć 3-letnią produkcję w roku 2004. Analizy dokonano w ujęciu *ex post*, z perspektywy roku 2007, na podstawie znanych danych dotyczących cen i kursów walut. Zaistniała możliwość porównania przepływów pieniężnych, wynikających z podjęcia decyzji na podstawie wyceny opcyjnej z przepływami generowanymi na podstawie NPV. Dodatkowo przyjęto, że kopalnia mogła zostać zamknięta w każdej chwili i właśnie taką elastyczność decyzyjną założono. Elastyczność w postaci tymczasowego zamknięcia lub rozbudowy kopalni została pominięta w rozważaniach.

Typową praktyką stosowaną w wycenie opcyjnej dla tego typu projektów jest założenie dotyczące stałej wielkości wydobycia i niepewności co do zmienności cen rynkowych surowca w analizowanym przedziale czasowym; poza tym skomplikowana rzeczywistość górnicza nie daje się przedstawić za pomocą jednego scenariusza zdarzeń. Zważywszy na fakt, iż ilość i jakość wydobywanego urobku jest niepewna i zmienna w czasie, poczynienie stosownych założeń może wpłynąć na wycenę projektu. Innymi źródłami niepewności mogą być warunki geologiczne i kursy walut. W przypadku kopalni wydobywającej jedną kopalinę mamy do czynienia z trzema rodzajami ryzyka wpływającego na zyskowność: ryzyko geologiczne, cena rynkowa surowca i kurs waluty. Sytuacja komplikuje się bardziej w przypadku wydobycia większej ilości kopalin lub funkcjonowania w kilku kopalniach.

Wyniki uzyskane z zastosowania metody DCF charakteryzowały się dużą zmiennością w porównaniu z metodą opcyjną, co szczególnie było widoczne dla scenariuszy skrajnych; najlepszego i najgorszego. Autorzy argumentują ten stan uwzględnieniem elastyczności menedżerskiej zamknięcia kopalni w wycenie opcyjnej. Poza tym wyniki symulacji zamknięcia kopalni po pierwszym roku eksploatacji były w obydwu metodach zbieżne, co wynikało z niskiego stopnia niepewności. Znaczne różnicowanie wyników zaczęło pojawiać się wraz z wybieganiem z decyzją w przyszłość, czyli po drugim i trzecim roku. Istotą analizy stało się sprawdzenie, czy metody dotychczas stosowane do wyceny opcji rzeczywistych są odpowiednie w sytuacji opisanych uwarunkowań bez wprowadzania nierealnych uproszczeń. Stosowanie metod

opartych o zdyskontowane przepływy stają się utrudnione w sytuacji, gdy w danym scenariuszu funkcjonowania kopalni może jednocześnie występować wiele wariantów kształtowania się ceny złota. Ponadto w przypadku kopalni z występującymi wieloma różnymi depozytami rud, gdzie istotnymi elementami analizy stają się ceny rynkowe metali oraz zmienne kursy walut, proces wyceny staje się bardziej skomplikowany. Wskazuje to wprost na zasadność stosowania wyceny opcyjnej jako metody bardziej kompleksowej, pozwalającej na uwzględnienie różnego rodzaju ryzyka. Podejmowanie decyzji na podstawie spodziewanych wartości wyceny, bazującej na parametrach rachunku opcyjnego obowiązujących w czasie jej dokonywania jest wygodniejsze niż przewidywanie przyszłości w oparciu o analizę metodami dyskontowymi poszczególnych scenariuszy, przypisanych kolejnym cenom rynkowym wydobywanego surowca. Jakość metod wyceny określana jest na podstawie ich zdolności do generowania najlepszej prognozy, wykorzystującej informacje dostępne w momencie dokonywania wyceny. Rodzi to pewnego rodzaju obawy, związane z adekwatnością wartości oczekiwanych i przeprowadzonej analizy ryzyka w procesie podejmowania decyzji w warunkach niepewności.

Zaproponowany model, zawierający symulacje jest w stanie powiązać wiele źródeł niepewności i uwzględnić mnogość niejednorodnych parametrów. Zauważono, że maksymalne wartości wyników otrzymanych za pomocą metody DCF nie są równe z wartościami maksymalnymi pochodzącymi z rachunku opcyjnego, które były wyższe o około 11-18% całkowitej wartości projektu. Autorzy podkreślili konieczność przeprowadzenia dalszych analiz dotyczących podobnych przedsięwzięć, które pozwolą na uogólnienie twierdzenia, a nie ograniczenie go do jednego badanego przypadku.

J.P.G. Lagos i S. Zhang [2012] analizowali rozwój lub zamknięcie kopalni miedzi, wykorzystując wartości NPV dla różnych scenariuszy niepewności oraz wyniki pochodzące z metody opartej na regresji wielomianowej (*polynomial regression method*). Wahania koniunktury rynkowej wpływały na zmiany cen miedzi, a ich duża zmienność zarejestrowana w roku 2005 oddziaływała na zmiany w projektowaniu przedsięwzięć i często powodowała unieważnienie wcześniej podjętych decyzji.

By radzić sobie z problemem niepewności, w większości wypadków firmy wydobywcze oceniały swoje projekty wykorzystując standardową metodę zdyskontowanych przepływów pieniężnych. W tym kontekście istnieje również możliwość modelowania i wyceny niepewności, przy zastosowaniu narzędzi matematycznych dla projektów ze scenariuszami pesymistycznymi, średnimi i

optymistycznymi, ignorując elastyczność decyzyjną związaną z inwestycjami. Autorzy podkreślają, że implikuje to konieczność zastosowania metodologii kompleksowej wyceny przedsięwzięć inwestycyjnych, obejmującej niepewność i elastyczność decyzyjną. W celu przeprowadzenia wyceny autorzy zaprezentowali model europejskich opcji rozwoju (zwiększenia/zmniejszenia zdolności produkcyjnych) lub zamknięcia kopalni. Elastyczność decyzyjna ograniczona została do trzech scenariuszy planów produkcyjnych kopalni:

- funkcjonowanie bez rozwoju zdolności produkcyjnych,
- funkcjonowanie z rozwojem zdolności produkcyjnych,
- zamknięcie kopalni.

Założono, że dane dotyczące poziomu produkcji, klasy rudy, kosztów operacyjnych, kosztów zamknięcia kopalni itp. są znane. Jediną nieznaną stanowiła cena rynkowa surowca, co jednocześnie uproszczało model. Autorzy skoncentrowali się bardziej na elastyczności niż na niepewności, wykorzystując model stochastyczny. Istotnym aspektem rozważań stało się sprawdzenie, jak wyniki wyceny zmieniają się w zależności od zmiany parametrów modelu. Wielkość nakładów inwestycyjnych staje się szczególnie istotna przy dokonywaniu wyboru najlepszych inwestycji alternatywnych, lecz towarzysząca niepewność może zmienić to, co pierwotnie uznano za właściwe.

Zastosowanie podejścia opcyjnego w wycenie kopalni miedzi pokazało, że przyjęta metoda może ujawnić wyższą wartość projektu. Pozwala to na określenie, kiedy zastosowanie metod opcyjnych będzie użyteczne. W przypadku wyceny przedsięwzięć o niskich wartościach NPV uwzględnienie elastyczności podnosi ich wartość. W przypadku projektów „dobrych” metody opcyjnie nie zwiększają w sposób istotny wartości NPV. Siłą modelu jest możliwość jego zastosowania w analizie rzeczywistych planów kopalni w oparciu o strukturę przepływów pieniężnych, co eliminuje potrzebę wprowadzania uproszczeń, które często zaniżają wartość przedsięwzięcia. Istnieje także możliwość rozbudowy modelu o inne źródła niepewności.

J. Mizerka i C. Mróz [2013, s. 118-122] przedstawili model ustalenia optymalnego momentu likwidacji kopalni w związku z koniecznością ponoszenia kosztów rekultywacji gruntów pokopalnianych. W celu uwzględnienia zmienności wartości parametrów istotnych dla podjęcia decyzji o likwidacji oraz elastyczności w podejmowaniu decyzji przez przedsiębiorcę, wykorzystali również podejście opcyjne. Kontynuację funkcjonowania kopalni opisano jako amerykańską opcję kupna wystawioną na wartość

rynkową kopalni, pełniącą rolę instrumentu bazowego. Rolę ceny wykonania odgrywały koszty likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych. Opcja likwidacji może zostać wykonana wówczas, gdy koszty likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych przekraczają wartość kopalni. Likwidację kopalni uzależniono dodatkowo od wysokości środków, które są gromadzone w celu sfinansowania rekultywacji gruntów pokopalnianych.

Zastosowanie opcji rzeczowych w procesach decyzyjnych dotyczących poszczególnych etapów cyklu życia projektów geologiczno-górnich ma szczególne znaczenie ze względu na ich kapitałochłonność, długi horyzont czasowy realizacji oraz dużą zmienność parametrów technicznych i technologicznych. Poza tym istnieje szereg opcji wzajemnie na siebie oddziałujących, wpływających na wartość projektu.

Codziennie reagowanie z problemami natury ekonomicznej oraz technicznej wymusza na decydentach szybkie podejmowanie decyzji oraz rewizję tych wcześniej podjętych. Elastyczność decyzyjna jest nie tylko cechą charakteryzującą kierownictwo kopalni, lecz także umiejętnością, jaką powinien wykazywać się menedżer. Wiąże się to z identyfikacją opcji rzeczywistych i ich wykonywaniem. Do tej pory metoda opcji nie zyskała tak dużej popularności jak metody dyskontowe głównie przez skomplikowany aparat matematyczny, utrudnioną identyfikację i szacowanie parametrów modeli opcyjnych oraz złożoność modeli wyceny. Niejednokrotnie sama interpretacja wyników może przysporzyć wielu problemów.

3.2 Model opcyjny likwidacji zakładu górniczego i jego parametry

Dokonując oceny projektu likwidacji kopalń można wykorzystać klasyczne podejście opcyjne, które polega na¹⁰:

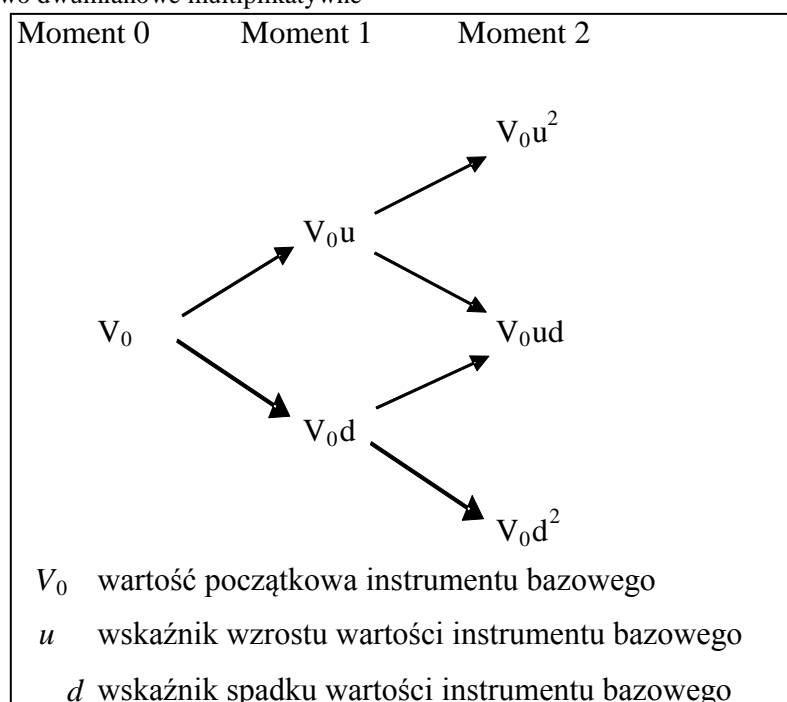
- identyfikacji instrumentu bliźniaczego i oszacowaniu parametrów rozkładu jego wartości,
- ewentualnym oszacowaniu prawdopodobieństwa arbitrażowego,
- określeniu rozkładu wartości instrumentu bazowego przy wykorzystaniu informacji o instrumencie bliźniaczym,

¹⁰ J. Jewartowski, J. Mizerka i C. Mróz [2015] opisali procedurę ustalania optymalnego momentu likwidacji kopalni w związku z koniecznością ponoszenia kosztów rekultywacji gruntów pokopalnianych wykorzystując model opcyjny. Model przedstawiony w niniejszym rozdziale stanowi kolejną jego modyfikację.

- oszacowaniu wartości opcji w oparciu o dostępne modele stosowane do wyceny opcji finansowych.

Model drzewa dwumianowego (model Coxa, Rossa i Rubinsteina [1979] stanowiący dyskretne przybliżenie logarytmiczno-normalnego procesu dyfuzji, opisujący zmiany cen akcji, odgrywa podstawową rolę w opisie zmienności instrumentu bazowego w wersji dyskretnej. Drzewo dwumianowe składa się z węzłów oraz strzałek pełniących rolę dróg pomiędzy węzłami. Węzły przedstawiają wartości instrumentu bazowego (podstawowego) w czasie, a dwie strzałki wychodzące z każdego węzła obrazują odpowiednio kierunek ich wzrostu lub spadku. Węzły drzewa oznaczają jednocześnie momenty, w których decydent może podjąć decyzję. Drzewo zmian wartości instrumentu bazowego jest drzewem multiplikatywnym, czyli wartości w węzłach drzewa są iloczynem wartości w okresie poprzednim i odpowiedniego wskaźnika wzrostu lub spadku. Obrazuje to Rysunek 3.1.

Rysunek 3.1 Drzewo dwumianowe multiplikatywne



Źródło: Mizerka 2005, s. 124

Ponadto drzewo zachowuje własność rekombinacji, gdzie zachodzi równość:

$$V_0 = V_0ud = V_0du = V_{2,i} \quad (3.1)$$

a w przypadku ogólnym:

$$V_t = V_tud = V_tdu = V_{t+2,i} \quad (3.2)$$

gdzie:

- $V_{2,i}, V_{t+2,i}$ – oznaczają wartości instrumentu bazowego w momentach odpowiednio: 2 i t+2, w i-tym węźle drzewa dwumianowego.

Szacowanie prawdopodobieństw arbitrażowych (*hedging probabilities*) stanowi ważny etap w procesie wyceny. Prawdopodobieństwa arbitrażowe odpowiednio: wzrostu, q oraz spadku, $1-q$ wartości instrumentu bazowego szacuje się według formuł (3.3) i (3.4):

$$q = \frac{e^{r_f} - d}{u - d} \quad (3.3)$$

$$1 - q = \frac{u - e^{r_f}}{u - d} \quad (3.4)$$

gdzie:

- r_f – stopa oprocentowania papierów wartościowych pozbawionych ryzyka,

Wskazanie analogii pomiędzy elementami modelu wyceny opcji i modelu wyceny kopalni uwarunkowuje zastosowanie podejścia opcyjnego. Instrumentem bazowym jest wartość kontynuacji działalności kopalni szacowana na podstawie wolnych przepływów gotówki (*free cash flows, FCF*) utożsamianych z marżą (*MARGIN*). W modelu przyjęto założenie, że na wielkość marży (*MARGIN*) wpływ mają takie czynniki jak: wielkość wydobycia w danym roku, cena kopaliny w danym roku, wskaźnik narzutu kosztów zmiennych i stawka podatku dochodowego. W przypadku założenia stałej planowanej wielkości wydobycia w poszczególnych okresach analizy do momentu wyczerpania się złoża oraz przyjęcia, że uproszczony wskaźnik narzutu kosztów zmiennych jest niezmienny, jedynym istotnym czynnikiem ryzyka jest cena kopaliny.¹¹

Instrumentem bliźniaczym (*twin security*) w modelu jest cena kopaliny. Proces kształtowania się tej ceny można zilustrować przy pomocy drzewa dwumianowego. W modelu przyjęto założenie, że cena kopaliny może wzrosnąć lub zmaleć w sąsiadujących z i -tym węzłach j i k według wzorów:

- w przypadku wzrostu ceny

$$cena_kopaliny_j = cena_kopaliny_{z-1,i} * u \quad (3.5)$$

¹¹ W dalszej części rozprawy kopalina będzie oznaczała węgiel brunatny, gdyż dane ilustrujące działanie proponowanego modelu w dużej części pochodzą z kopalni węgla brunatnego.

- w przypadku spadku ceny

$$cena_kopaliny_{z,k} = cena_kopaliny_{z-1,i} * d \quad (3.6)$$

przy czym:

$$u = e^{\sigma} \quad (3.7)$$

$$d = e^{-\sigma} \quad (3.8)$$

gdzie:

- σ - zmienność ceny kopaliny mierzona odchyleniem standardowym,
- z - okres rozpoczynający się w momencie t i kończący się w momencie $t+1$,
- $t = 1 \dots N$, dodatkowo zakładamy, że N oznacza początek okresu, w którym wydobywanie nie może być już prowadzone, gdyż w tym okresie następuje wyczerpanie się złoża, dodatkowo zakłada się, że w momencie wyczerpania się złoża wygasa także koncesja na wydobywanie kopaliny.

W celu łatwiejszego uzasadnienia założenia o zupełności rynku (*market completeness*), czyli założenia o możliwości znalezienia instrumentu finansowego, którego cena jest idealnie skorelowana z wartością instrumentu bazowego, na który dana opcja jest wystawiona przyjęto, że cena kopaliny jest jedynym czynnikiem ryzyka [Dzieża 2011, s. 27-30]. Mając na uwadze przyjęte założenia, do ilustracji kształtowania się wartości instrumentu bazowego wykorzystane zostanie drzewo dwumianowe o parametrach odpowiadających drzewu opisującemu kształtowanie się instrumentu bliźniaczego. W poszczególnych węzłach drzewa wartość instrumentu bazowego, czyli wartość kontynuacji działalności kopalni, uzależniona jest od przepływów pieniężnych. Przepływy w i -tym węzle tego drzewa dwumianowego w poszczególnych latach opisane są symbolem „ z ” rozumianym jako okres rozpoczynający się w momencie t i kończący się w momencie $t+1$. Przepływy te szacowane są w sposób następujący:

$$FCF_{z,i} = MARGIN_{z,i} = [cena_kopaliny_{z,i} * wydobywanie_kopaliny_z * (1 - wskaźnik_narzutu_kosztów_zmiennych)] * (1-T) \quad (3.9)$$

gdzie:

- T - stawka podatku dochodowego,
- $z = 1 \dots Z$, gdzie Z oznacza ostatni okres wydobywania kończący się w momencie N .

Algorytm wyceny opcji likwidacji kopalni jest następujący:

krok 1) Określenie zaktualizowanej na moment N wartości kontynuacji, $WartKont_{N,i}$

Oszacowanie w każdym węźle drzewa zaktualizowanej wartości kontynuacji ($WartKont_{N,i}$) na koniec okresu, w którym kończy się wydobywanie (moment N). Wartości te są równe zero ($WartKont_{N,i} = 0, i = 1 \dots I_N$), gdyż we wspomnianym okresie eksploatacja złoża nie będzie już prowadzona. Dodatkowo zakłada się, że wartość likwidacyjna majątku wykorzystywanego w procesie wydobywania kopaliny równa jest zero.

krok 2) Określenie zaktualizowanej wartości kontynuacji ($WartKont_{N-1,i}$) na moment $N-1$

$$WartKont_{N-1,i} = \left[\frac{q * WartKont_{N,wzrost} + (1 - q) * WartKont_{N,spadek}}{(1 + r_f)} \right] =$$

$$\left[\frac{q * (MARGIN_{N,i;wzrost} + Kont_{N,i,wzrost}) + (1 - q) * (MARGIN_{N,i;spadek} + Kont_{N,i,spadek})}{(1 + r_f)} \right]$$

(3.10)

gdzie:

- r_f – stopa oprocentowania instrumentów finansowych pozbawionych ryzyka,
- $Kont_{N,i,wzrost} = Kont_{N,i,spadek} = 0; i = 1 \dots I_N$

krok 3) Określenie na moment $N-t$ ($t = 2 \dots N$) zaktualizowanej wartości kontynuacji w węźle i -tym

$$WartKont_{N-t,i} = \left[\frac{q * WartKont_{N-t,wzrost} + (1 - q) * WartKont_{N-t,spadek}}{(1 + r_f)} \right] =$$

$$\left[\frac{q * (MARGIN_{N-t+1,i;wzrost} + Kont_{N-t+1,i,wzrost}) + (1 - q) * (MARGIN_{N-t+1,i;spadek} + Kont_{N-t+1,i,spadek})}{(1 + r_f)} \right]$$

(3.11)

gdzie:

- $MARGIN_{N-t+1,i;wzrost}, MARGIN_{N-t+1,i;spadek}$ – kwoty przepływów pieniężnych w okresie $N-t+1$, przy założeniu odpowiednio: wzrostu, spadku ceny kopaliny w stosunku do sytuacji w węźle i -tym w okresie poprzednim,
- $Kont_{N-t+1,i,wzrost}, Kont_{N-t+1,i,spadek}$ – wartości kontynuacji na moment $N-t+1$, przy założeniu odpowiednio: wzrostu, spadku ceny kopaliny w stosunku do sytuacji w węźle i -tym w okresie $N-t+1$.

krok 4) Oszacowanie wartości wewnętrznych opcji likwidacji kopalni, $Likwwew_{z,i}$

$$Likwwew_{N,i} = 0 \quad (3.12)$$

$$Likwwew_{t,i} = \max(Ioszcz_t - \max(WartKont_{t,i} - Rekult_t - Oszczks_t; 0); 0) \quad (3.13)$$

$t = 1 \dots N$

gdzie:

- $Ioszcz_t$ – ceny wykonania, czyli zaktualizowane na moment t koszty związane z likwidacją kopalni i rekultywacją terenów pokopalnianych, których poniesienia unika się podejmując w momencie t decyzję o likwidacji kopalni,
- $Rekult_t$ – zaktualizowana na moment t kwota kosztów likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych,
- $Oszczks_t$ – skumulowane zaktualizowane na moment t oszczędności na kosztach operacyjnych stałych.

Nieponoszenie kosztów związanych z likwidacją i rekultywacją terenów jest korzyścią malejącą wraz z upływem czasu eksploatacji kopalni. Im dłuższa eksploatacja, tym wyższe koszty likwidacji kopalni i rekultywacji terenów, które należy ponieść. Wobec tego w ostatnim okresie:

$$Ioszcz_N = 0 \quad (3.14)$$

We wcześniejszych okresach nieponiesione koszty, $Ioszcz_{N-t}$, szacowane są jako suma kosztów związanych z likwidacją i rekultywacją, $Oszcz_z$, które trzeba by ponieść w danym okresie, jeśli decyzja o likwidacji kopalni nie zapadnie w tym okresie oraz analogicznych kosztów, które będą ponoszone w następnych okresach.

$$Ioszcz_t = \sum_{i=t}^N \frac{Oszcz_z}{(1+k)^i}, z = 1 \dots Z \quad (3.15)$$

gdzie:

- k – stopa dyskontowa uwzględniająca premię za ryzyko

Analogiczna sytuacja występuje w przypadku kosztów stałych. Korzyści płynące z nieponoszenia tych kosztów maleją w miarę upływu czasu, ponieważ im dłużej eksploatowana jest kopalnia, tym dłużej trzeba je ponieść. W takim razie w ostatnim okresie:

$$Oszczks_N = 0 \quad (3.16)$$

We wcześniejszych okresach nieponiesione koszty, $Oszczks_{N-t}$ stanowią sumę kosztów stałych, $Oszczks$, które trzeba by ponieść w danym okresie, jeśli decyzja o likwidacji kopalni nie zapadnie w tym okresie oraz analogicznych kosztów, które będą ponoszone w następnych okresach.

$$Oszczks_t = \sum_{i=t}^N \frac{Oszczks_z}{(1+k)^i}, z = 1 \dots Z \quad (3.17)$$

gdzie:

– k – stopa dyskontowa uwzględniająca premię za ryzyko

krok 5) Oszacowanie całkowitej wartości opcji

Wartość całkowita opcji likwidacji kopalni, $Calikw_t$ ustalana jest jako maksimum z uprzednio ustalonej dla danego okresu i węzła sieci wartości wewnętrznej opcji oraz średniej ważonej wartości opcji w następnym okresie w sąsiadujących z danym węzłach sieci. W celu określenia wartości całkowitej opcji można wykorzystać następujące zależności:

$$Calikw_{N,i} = Likwwew_{N,i} \quad (3.18)$$

$$Calikw_{N-t,i} = \max(Likwwew_{N-t,i}, \frac{q*Calikw_{N-t,spadek} + (1-q)*Calikw_{N-t,wzrost}}{(1+r_f)}) \quad (3.19)$$

krok 6) Sprawdzenie warunku koniecznego dla likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych

Ustalenie wartości całkowitej opcji likwidacji prowadzi do określenia momentu likwidacji kopalni i rozpoczęcia rekultywacji terenów pokopalnianych - t^{likw} . Kopalnia powinna funkcjonować wówczas, gdy wartość całkowita opcji likwidacji jest większa od wartości wewnętrznej opcji lub przyjmuje wartość zerową:

$$Calikw_{t,i} > Likwwew_{t,i} \text{ lub } Calikw_{t,i} = 0. \quad (3.20)$$

W pozostałych przypadkach należy zakończyć działalność wydobywczą. Określenie momentu likwidacji kopalni polega na sprawdzeniu warunku, w wyniku którego

otrzymamy rekomendację „likwiduj” lub „kontynuuj”. Funkcja warunkowa przyjmuje postać:

$$Calikw_{t,i} > Likwwew_{t,i} \Rightarrow kontynuuj$$

$$Calikw_{t,i} = 0 \Rightarrow kontynuuj$$

W pozostałych przypadkach należy zlikwidować działalność wydobywczą. Wyjątek stanowi ostatni z analizowanych okresów, gdzie kopalnia podlega likwidacji ze względu na zakończenie eksploatacji złoża i/lub jego wyczerpanie.

krok 7) Sprawdzenie warunku wystarczającego likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych

Podjęcie działań związanych z likwidacją kopalni i rozpoczęciem rekultywacji na podstawie wskazań pochodzących z zastosowania algorytmu wyceny opcji nie jest obligatoryjne. Spełnienie warunku (3.20) traktowane może być jako spełnienie warunku koniecznego, ale nie wystarczającego do likwidacji i rekultywacji. Warunkiem wystarczającym jest zgromadzenie takich środków pieniężnych, które pozwolą na sfinansowanie prac związanych z likwidacją kopalni i rekultywacją terenów. Celem dalszej analizy jest weryfikacja, czy środki gromadzone w ramach opisu na rezerwę przeznaczoną na sfinansowanie likwidacji i rekultywacji wystarczają na pokrycie kosztów realizacji tego procesu (niezależnie od możliwości wykorzystania innych źródeł). Nierówność, która poprzedzona jest warunkiem zrównania całkowitej wartości opcji z jej wartością wewnętrzną, przedstawia się następująco:

$$Rekult_{t^{likw}} \leq Skumrezerwa_{t^{likw}} \quad (3.21)$$

oraz:

$$Skumrezerwa_1 = Rezerwahist \quad (3.22)$$

$$Skumrezerwa_z = Skumrezerwa_{z-1} * (1 + stopareinw_z) + Odpis_z$$

$$z = 1 \dots t^{likw} \quad (3.23)$$

$$Odpis_z = srednia_cena_kopaliny_z * wydobywanie_z * \%Odpisu \quad (3.24)$$

gdzie:

- $Skumrezerwa_t$, $Skumrezerwa_{t,likw}$ – skumulowane rezerwy środków finansowych przeznaczone na sfinansowanie likwidacji i rekultywacji; stan na początek okresu odpowiednio: t , t^{likw} ,
- $Rezerwahist$ – wysokość środków zgromadzonych na rezerwie z przeznaczeniem na likwidację i rekultywację, stan na początek okresu 1.,
- $Odpis_z$ – kwota odpisu na rezerwę przeznaczoną na sfinansowanie likwidacji i rekultywacji w okresie: $z = (t, t+1)$,
- $stopareinw_t$ – stopa zwrotu z reinwestowania rezerwy środków pieniężnych,
- $\text{średnia_cena_kopaliny}_t$ – średnia cena kopaliny w okresie t wyliczona jako średnia arytmetyczna cen we wszystkich węzłach drzewa dwumianowego,
- $\%Odpis$ – stopa odpisu na rezerwę przeznaczoną na sfinansowanie likwidacji i rekultywacji.

Model ma ograniczoną liczbę parametrów i skoncentrowany jest jedynie na aspekcie ekonomicznym funkcjonowania przedsiębiorstwa. W rzeczywistości model może być rozbudowany o szereg parametrów obrazujących aspekty techniczne (np. uwarunkowania geologiczne i geotechniczne), społeczne (np. wpływ na bezrobocie), organizacyjne (np. przynależność do większej struktury organizacyjnej), środowiskowe (np. oddziaływanie na ekosystemy), strategii energetycznej Państwa (np. bezpieczeństwo energetyczne), itd.

Rozdział 4 Walidacja i implementacja modelu

4.1 Walidacja modelu – symulacja hipotetycznej kopalni

Weryfikacja i walidacja są zagadnieniami często dyskutowanymi na poziomie akademickim przy okazji dyskusji dotyczących obszernych i kompleksowych symulacji modelowanych zdarzeń.

Zgodne z D. S. Hartley [1997, s. 925-932] weryfikacja jest procesem określającym, czy implementacja modelu dokładnie reprezentuje opis koncepcyjny i wymagania jego twórcy. Ponadto walidacja jest procesem określania stopnia, w jakim model jest wiernym odzwierciedleniem rzeczywistości z perspektywy użytkowników modelu. Ma na celu określenie, czy symulacje dają wyniki wiarygodne w założonym stopniu.

Dzięki weryfikacji uzyskuje się informacje o zgodności systemu symulacyjnego z jego założeniami, a dzięki walidacji weryfikuje się zgodność wizji z realnym światem. Oba procesy wzajemnie się uzupełniają.

W celu przeprowadzenia walidacji modelu opcyjnego likwidacji i rekultywacji kopalni posłużono się eksperymentami symulacyjnymi. Obliczeń dokonano dla modelu opisanego w Rozdziale 3, przyjmując następujące założenia dotyczące hipotetycznej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego:

- Z1. Okres analizy inwestycji to lata 2014-2039; krok czasowy wynosi jeden rok.
- Z2. Zidentyfikowana opcja likwidacji kopalni (i rozpoczęcia prac rekultywacyjnych terenów pokopalnianych) jest amerykańską opcją typu *put* określaną mianem opcji likwidacji działalności kopalni. Wykonanie opcji oznacza zakończenie działalności kopalni.
- Z3. Cena bieżąca 1 tony węgla brunatnego równa się 80,00 PLN.
- Z4. Zmienność ceny węgla równa jest 15% i jest odchyleniem standardowym stopy wzrostu ceny węgla w ujęciu rocznym [Hull 1997, s. 294].
- Z5. Stopa procentowa papierów pozbawionych ryzyka (r_f) wynosi 3% w skali rocznej.
- Z6. Przyjęto stałą wielkością wydobycia w kolejnych latach równą 19,23 mln t, co daje całkowitą wielkość wydobycia w latach 2014-2039 równą 500 mln t.
- Z7. Oszacowany koszt rekultywacji terenów wynikający z prowadzonej do roku 2013 włącznie eksploatacji węgla wynosi 390 mln PLN.
- Z8. Skumulowany koszt rekultywacji jaki należy ponieść w latach 2014-2039, równy jest 1000 mln PLN w cenach bieżących, równomiernie rozłożony w poszczególnych okresach i indeksowany o wskaźnik wzrostu cen równy 2,5%.

- Z9. Stawka podatku przyjęta jest na poziomie 0%.
- Z10. Stopa dyskontowa wynosi 5%.
- Z11. Wielkość utworzonej rezerwy celowej w postaci środków pieniężnych na pokrycie kosztów rekultywacji do roku 2013 włącznie równa jest 500 mln PLN.
- Z12. Wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) jako część rocznych przychodów ze sprzedaży węgla przyjęto na poziomie 1%.
- Z13. Instrumentem bazowym, na który opcja jest wystawiona jest wartość kontynuacji działalności kopalni obliczona na podstawie wzorów (3.7-3.11). Wartość kontynuacji, $WartKont$, obliczamy jako sumę zdyskontowanych przepływów pieniężnych obrazujących przyszłe korzyści z kontynuacji działalności kopalni, przy założeniu jednak, że przyszłe korzyści zmniejszają się ze względu na wyczerpywanie się złoża. Na Rysunku 4.1 przedstawiono kształtowanie się wartości kontynuacji.
- Z14. Prawdopodobieństwa arbitrażowe (wzrostu - q , spadku - $(1-q)$) wartości instrumentu bazowego zostały oszacowane z wykorzystaniem wzoru (3.3 i 3.4) na podstawie zmienności instrumentu bliźniaczego, którym jest cena węgla brunatnego. Oszacowano, iż prawdopodobieństwo arbitrażowe wzrostu wartości instrumentu bazowego wynosi 0,5637. Zatem prawdopodobieństwo spadku wartości instrumentu bazowego wynosi 0,4363.
- Z15. Tabela 4.1 przedstawia kształtowanie się średniej ceny węgla w analizowanym horyzoncie czasowym wyznaczonej jako średnia arytmetyczna cen w poszczególnych węzłach drzewa dwumianowego w danym roku. Została ona wykorzystana do oszacowania wielkości odpisu zgodnie z formułą 3.24 z Rozdziału 3.
- Z16. Tabela 4.2 przedstawia skumulowany koszt rekultywacji. Wartości przedstawione w poszczególnych latach oznaczają całkowity koszt, jaki należy ponieść w celu całkowitego zrekultywowania terenu, przy założeniu, że rekultywacja rozpocznie się w danym roku.
- Z17. Rolę ceny wykonania, $Ioszcz$, odgrywają narastające nakłady na rekultywację, poniesienia których uniknie się, jeśli w danym momencie zostanie podjęta decyzja o likwidacji kopalni. Oszczędności na nakładach zmieniają się z okresu na okres. Mamy więc do czynienia z opcją ze zmienną ceną wykonania. Ceny wykonania w poszczególnych okresach ustalane są na podstawie wzorów (3.14) i (3.15). W Tabeli 4.3 przedstawiono kształtowanie się cen wykonania.

- Z18. Roczne odpisy na rezerwę, *Odpis*, przeznaczone na sfinansowanie kosztów likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych określone są jako ustalony procent przychodów ze sprzedaży w danym roku. Przyjęto, że w każdym roku w ramach horyzontu prognozy na rezerwę odpisuje się 1% przychodów ($\%Odpis = 1\%$). Wpływ na łączną kwotę zgromadzonych na rezerwie środków, oprócz odpisów dokonywanych co roku w ramach horyzontu prognozy, ma również kwota środków zgromadzonych w okresie poprzedzającym okres prognozy, *Rezerwahist*. Ponadto na wysokość rezerwy wpływ ma także stopa reinwestowania zgromadzonych środków, *stopareinw*. Stopa ta wynosi 5% rocznie. Tabela 4.4 zawiera kwoty zgromadzone na rezerwie w poszczególnych okresach w ramach horyzontu prognozy.
- Z19. Wartości przyszłych przepływów (instrumentu bazowego) na koniec okresu, w którym kończy się wydobywanie (rok 2039), w każdym węźle drzewa równe są zero, gdyż we wspomnianych okresach eksploatacja złoża nie będzie już prowadzona.

Wyniki analizy momentu wykonania opcji oraz uzyskania zdolności do pokrycia kosztów likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych przedstawiono kolejno w na Rysunkach 4.1 do 4.5. Wysunięto następujące wnioski:

- kontynuacja działalności zalecana jest w większości scenariuszy całego okresu życia projektu górnictwo-geologicznego (Rysunek 4.4),
- likwidacja działalności następuje w ostatnim okresie, gdy złoża zostaje wyczerpane (Rysunek 4.4),
- najwcześniejszym rokiem, w którym należy rozpocząć likwidację działalności, jest rok 2025; jest to konsekwencja scenariusza zakładającego ciągły spadek cen węgla (Rysunek 4.4),
- wskazania likwidacja działalności przedstawione na Rysunku 4.4 odpowiednio pokrywają się z jednoczesnym uzyskaniem zdolności do jej finansowania (wyłącznie dzięki środkom gromadzonym w ramach odpisów) przedstawionym na Rysunku 4.5.

Tabela 4.1 Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Ceny	80	81	82	85	87	91	95	100	106	113	121	130	141	153	166	182	199	219	241	266	295	327	363	405	452	505

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.2 Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Koszty	428	478	528	580	633	687	743	800	858	918	979	1 042	1 107	1 173	1 241	1 310	1 381	1 454	1 529	1 606	1 685	1 765	1 848	1 932	2 019	2 108

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.3 Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację *Ioszcz* (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Oszczędności	879	874	869	862	853	842	830	815	798	779	758	734	707	677	643	607	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.4 Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Odpisy roczne	15	16	16	16	17	17	18	19	20	22	23	25	27	29	32	35	38	42	46	51	57	63	70	78	87	97
Odpisy skumulowane	515	557	600	647	696	748	804	863	927	995	1068	1146	1231	1322	1420	1526	1640	1764	1899	2045	2204	2377	2566	2772	2997	3244

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.1 Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata/2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039																							
																										0																						
																									27 595	0																						
																								47 032	20 443	0																						
																							60 122	34 842	15 144	0																						
																							68 318	44 540	25 812	11 219	0																					
																							72 782	50 612	32 996	19 122	8 311	0																				
																							74 439	53 918	37 494	24 444	14 166	6 157	0																			
																							74 021	55 146	39 944	27 776	18 108	10 494	4 561	0																		
																							72 105	54 836	40 853	29 591	20 577	13 415	7 774	3 379	0																	
																							69 144	53 417	40 623	30 265	21 922	15 244	9 938	5 759	2 503	0																
																							65 488	51 223	39 572	30 095	22 421	16 240	11 293	7 362	4 267	1 855	0															
																							61 407	48 515	37 947	29 316	22 295	16 610	12 031	8 366	5 454	3 161	1 374	0														
																							57 107	45 492	35 941	28 112	21 718	16 516	12 305	8 913	6 198	4 041	2 342	1 018	0													
																							52 740	42 306	33 701	26 626	20 826	16 089	12 236	9 116	6 603	4 591	2 993	1 735	754	0												
																							48 421	39 071	31 341	24 966	19 725	15 428	11 919	9 064	6 753	4 891	3 401	2 218	1 285	559	0											
																							44 231	35 871	28 945	23 218	18 496	14 612	11 429	8 830	6 715	5 003	3 624	2 520	1 643	952	414	0										
																							40 224	32 767	26 574	21 443	17 200	13 702	10 825	8 467	6 541	4 975	3 706	2 684	1 867	1 217	705	307	0									
																							36 439	29 799	24 274	19 687	15 885	12 742	10 151	8 019	6 273	4 846	3 685	2 746	1 989	1 383	902	522	227	0								
																							32 897	26 995	22 076	17 983	14 584	11 768	9 440	7 520	5 941	4 647	3 590	2 730	2 034	1 473	1 024	668	387	168	0							
																							29 609	24 371	19 998	16 354	13 322	10 804	8 718	6 993	5 571	4 401	3 442	2 659	2 023	1 507	1 091	759	495	287	125	0						
																							26 576	21 935	18 054	14 815	12 115	9 869	8 004	6 458	5 181	4 127	3 260	2 550	1 970	1 498	1 116	809	562	367	212	92	0					
																							23 795	19 688	16 250	13 375	10 975	8 975	7 311	5 930	4 785	3 838	3 057	2 415	1 889	1 460	1 110	827	599	417	272	157	68	0				
																							21 258	17 628	14 585	12 038	9 908	8 131	6 649	5 416	4 393	3 544	2 843	2 265	1 789	1 400	1 081	822	613	444	309	201	117	51	0			
																							18 952	15 748	13 059	10 805	8 918	7 340	6 023	4 926	4 013	3 254	2 626	2 106	1 678	1 326	1 037	801	609	454	329	229	149	86	38	0		
																							16 865	14 040	11 666	9 674	8 005	6 607	5 438	4 462	3 649	2 973	2 411	1 945	1 560	1 243	982	768	593	451	336	244	169	110	64	28	0	
																							14 983	12 494	10 401	8 643	7 167	5 930	4 894	4 028	3 306	2 703	2 202	1 786	1 441	1 156	921	728	569	440	334	249	180	125	82	47	21	0

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.3 Wartość całkowita opcji (mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039									
																										0								
																									0	0								
																								0	0	0								
																						0	0	0	0	0								
																					0	0	0	0	0	0								
																				0	0	0	0	0	0	0								
																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
																0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
																0	0	0	1	3	6	15	36	85	0	0								
																0	0	1	2	4	9	17	31	54	82	85	0							
														1	1	3	5	9	16	28	44	64	80	82	85	0								
												2	3	5	9	16	25	39	55	74	92	114	163	85	0									
											3	6	9	15	23	35	49	66	85	105	129	158	163	85	0									
										6	9	14	22	32	44	60	78	98	121	150	187	236	163	85	0									
									9	13	20	29	40	54	71	90	114	142	179	230	303	236	163	85	0									
									13	19	27	37	50	65	84	106	134	170	217	281	365	303	236	163	85	0								
									17	24	34	46	60	78	99	125	159	203	259	332	422	365	303	236	163	85	0							
									23	31	42	55	72	92	117	148	188	239	304	383	475	422	365	303	236	163	85	0						
									29	39	51	66	85	109	138	175	221	279	349	431	523	475	422	365	303	236	163	85	0					
									36	47	61	79	101	128	162	204	256	318	392	475	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0				
									44	57	73	93	118	150	188	235	291	358	433	517	607	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0			
									52	68	86	110	138	174	217	269	332	408	501	624	643	607	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0		
									63	80	101	128	160	200	249	308	379	466	573	707	677	643	607	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0	
									74	94	118	148	185	230	284	349	427	519	624	734	707	677	643	607	567	523	475	422	365	303	236	163	85	0

Źródło: obliczenia własne

4.2 Walidacja modelu – eksperymenty symulacyjne

Zaprezentowany w poprzednim rozdziale model opisuje uproszczoną rzeczywistość. Zaletą symulacji jest możliwość zmiany parametrów modelu i analizowanie wpływu tych zmian na obserwowane zjawisko. Tym samym możliwe staje się analizowanie różnych scenariuszy decyzyjnych. Przeprowadzono eksperymenty symulacyjne wyodrębniając 6 kluczowych parametrów [Kleijnen i Sargent, 2000, s. 14-29] istotnych dla modelu z perspektywy jego użyteczności:

- cena bieżąca sprzedaży kopaliny [PLN/t],
- zmienność ceny sprzedaży kopaliny wyrażona jako odchylenie standardowe [%],
- całkowita wielkość planowanego wydobycia (złóże do eksploatacji) [mln t],
- całkowity koszt rekultywacji [mln PLN],
- wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) [mln PLN],
- wyjściowa wielkość zgromadzonej Rezerwy Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) [mln PLN] na etapie wcześniejszej eksploatacji kopalni.

Powyższe parametry wydają się być typowymi opisującymi problem decyzyjny, jakim jest podjęcie decyzji o wcześniejszym zakończeniu eksploatacji i rozpoczęciu rekultywacji terenów pokopalnianych. W ramach symulacji prześladowany zostanie wpływ ich zmian na:

- najwcześniejszy moment wykonania opcji,
- najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do sfinansowania likwidacji i rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Model ma charakter uniwersalny i może być zastosowany do symulowania problemu likwidacji i rekultywacji w dowolnej kopalni. Przyjęto, że kopaliną jest węgiel brunatny.

Wyniki symulacji dotyczące wpływu 6 kluczowych paramentów na najwcześniejszy moment wykonania opcji i najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do sfinansowania likwidacji i rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów przedstawiono w postaci graficznej. Analizy zostały przeprowadzone w taki sposób, że przyjęto szeroki zakres zmienności badanych paramentów. W ten sposób chciano ująć wartości ekstremalne badanych parametrów, mając na uwadze zaobserwowanie zachowania się modelu w skrajnych warunkach. Na wykresach każdorazowo na osi odciętych przedstawiono wielkość badanej zmiennej, a na osi rzędnych kolejne lata realizacji projektu. W ten sposób umieszczone na wykresach znaczniki określają najwcześniejszy moment wykonania opcji (znacznik niebieski) oraz najwcześniejszy możliwy moment uzyskania

zdolności do sfinansowania likwidacji i rekultywacji z tworzonych odpisów (znacznik czerwony).

4.2.1 Symulacja 1 – zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla brunatnego

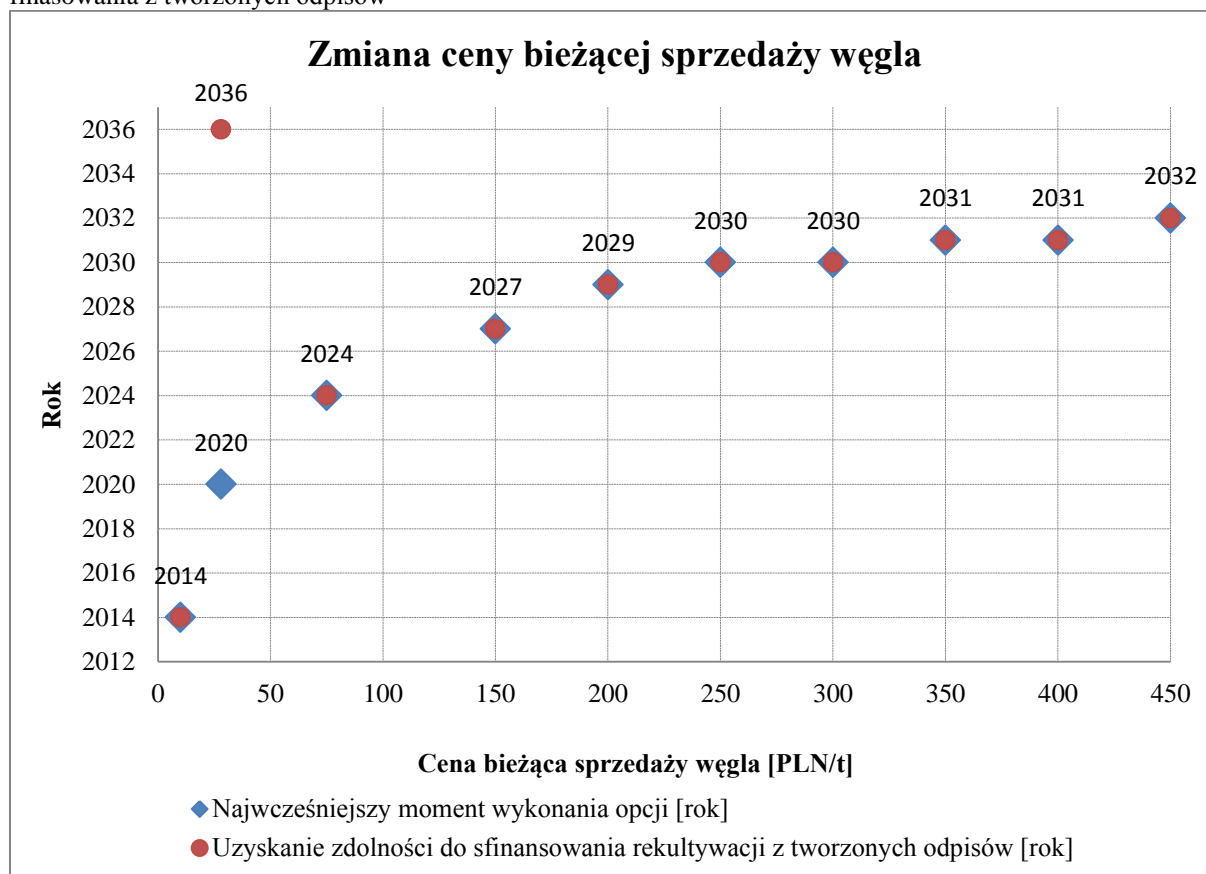
Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmian ceny bieżącej sprzedaży węgla do elektrowni na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do sfinansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Cena stanowi jeden z kluczowych parametrów modelu ze względu na jej wpływ na marżę (MARGIN). Wraz ze wzrostem cen wzrasta przychód ze sprzedaży skutkujący wzrostem wielkość odpisu celowego na likwidację i rekultywację terenów pokopalnianych.

Analizę przeprowadzono dla cen początkowych sprzedaży węgla od 10 do 450 PLN/t. Cena 450 PLN/t, stanowiąca ostatnią analizowaną wielkość, została przyjęta na podstawie hipotetycznej sytuacji rynkowej, przy założeniu, że węgiel brunatny jest przedmiotem obrotu rynkowego. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach 1 do 30.

Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.6.

Rysunek 4.6 Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- wraz ze wzrostem cen węgla odsuwa się w czasie najwcześniejszy moment wykonania opcji,
- dla cen węgla z przedziału 10-18 PLN/t wykonaniu opcji towarzyszy uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów osiągnane w zależności od ceny węgla do roku 2017. Sytuacja ta tłumaczona jest wielkością środków celowych zgromadzonych do roku 2013 włącznie (Załączniki: Rysunek 2 i Rysunek 4),
- dla ceny węgla równej 19 PLN/t wykonując opcję nie można uzyskać zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (Załącznik: Rysunek 6),
- dla cen węgla z przedziału 28-51 PLN/t wykonując opcję zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów uzyskuje się nie we wszystkich okresach (Załączniki: Rysunek 8 i Rysunek 10).
- dla cen węgla 52 PLN/t obserwujemy sytuację w której zdolność finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów uzyskana w roku 2023 tracona jest w roku 2024 i ponownie uzyskiwana w roku 2025. Sytuacja ta tłumaczona jest wpływem środków celowych zgromadzonych do roku 2013 włącznie (Załącznik Rysunek 12).
- dla cen węgla z przedziału 53-450 PLN/t wykonaniu opcji towarzyszy jednocześnie uzyskiwanie zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów we wszystkich scenariuszach (Załączniki: Rysunki od 14-30).

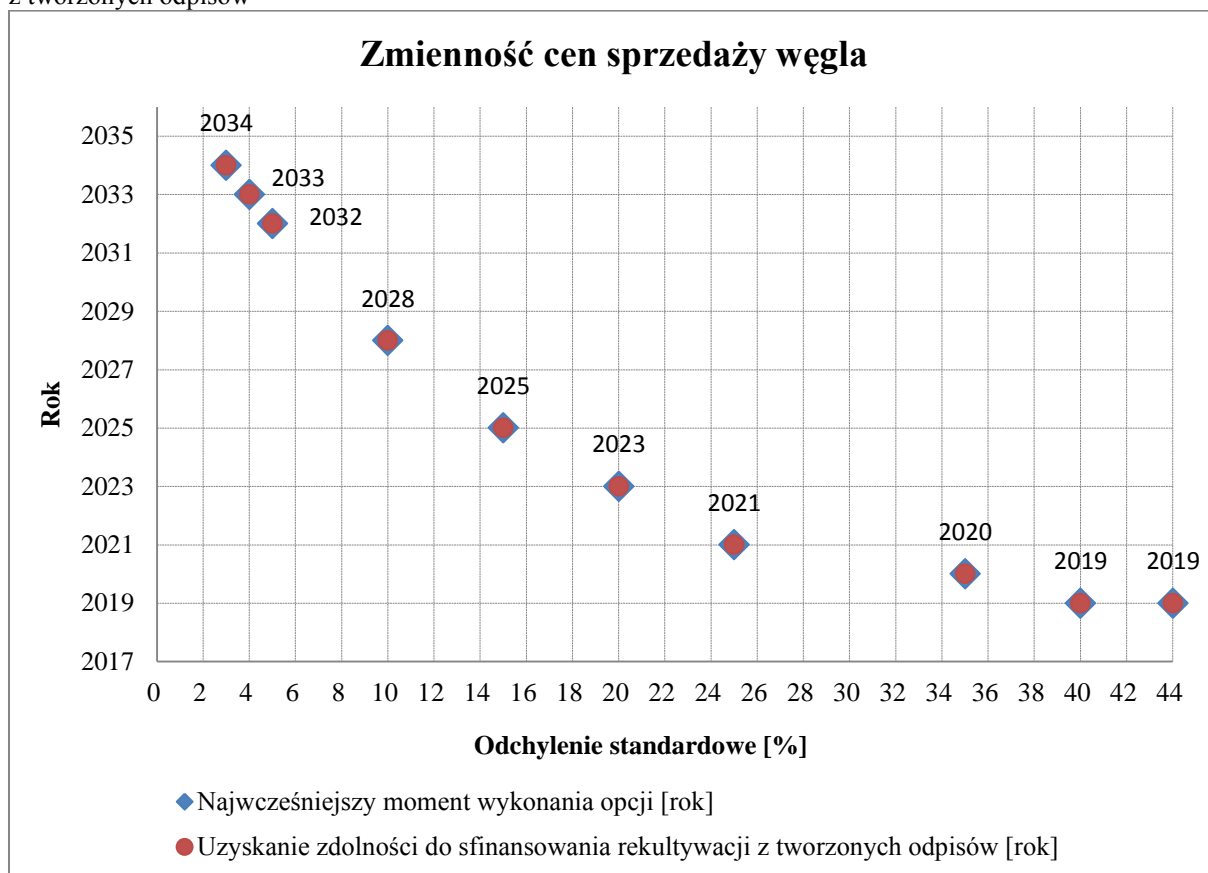
4.2.2 Symulacja 2 – zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego

Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmienności cen sprzedaży węgla do elektrowni na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz uzyskanie zdolności do sfinansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Zmienność cen stanowi jeden z kluczowych parametrów modelu ze względu na ich wpływ na marżę (MARGIN). Zmienność jest podstawowym czynnikiem wpływającym na wartość opcji w modelu opcyjnym. Analizę przeprowadzono dla zmienności od 3% do 100%. Wyznaczono minimalną wartość odchylenia standardowego wynoszącą 3%, od której prawdopodobieństwa arbitrażowego spadku instrumentu bazowego przyjmują wartości dodatnie. Graficznie przedstawiono wynik dla zakresu 3-44%. Pełen zbiór wyników przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach od 31 do 56.

Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.7.

Rysunek 4.7 Zmienność cen sprzedaży węgla, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- dla każdej wartości zmienności cen węgla z analizowanego przedziału od 3% do 100% uzyskiwana jest zdolność do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (Załączniki: Rysunki od 32 do 56). Zdolność ta dla wartości 100% występuje już od roku 2016 (w co najmniej w jednym ze scenariuszy każdego z okresów) (Załącznik Rysunek 56). Na przykład dla wartości 44% zdolność ta występuje od roku 2018 również w co najmniej jednym ze scenariuszy każdego z analizowanych okresów (Załącznik Rysunek 50).
- wraz ze wzrostem zmienności cen węgla przybliża się moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów.

4.2.3 Symulacja 3 - całkowita wielkość wydobycia

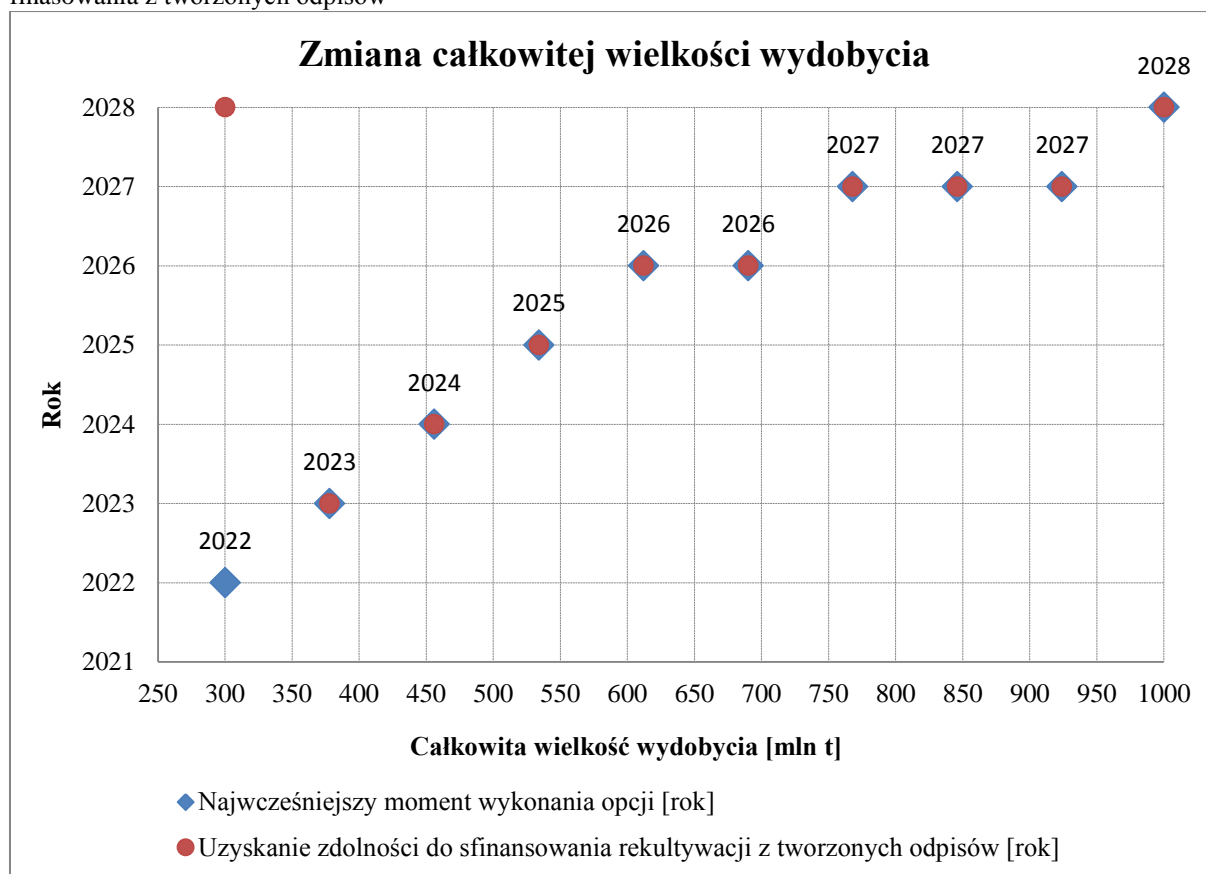
Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmian całkowitej wielkości wydobycia na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Całkowita wielkość wydobycia stanowi jeden z kluczowych parametrów modelu ze względu na jej wpływ na marżę (MARGIN). Wraz ze wzrostem wielkości wydobycia wzrasta przychód ze sprzedaży skutkujący wzrostem wielkość odpisu celowego na likwidację i rekultywację trenów pokopalnianych.

Analizę przeprowadzono dla całkowitej wielkości wydobycia od 300 do 1000 mln t. Graficznie przedstawiono wynik dla: 300, 378, 456, 534, 612, 690, 768, 846, 924 i 1000 mln t. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach od 57 do 80.

Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.8.

Rysunek 4.8 Zmiana całkowitej wielkości wydobycia, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- dla wydobycia równego 300 mln t wykonując opcję nie w każdym scenariuszu uzyskiwana jest zdolność do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (Załącznik Rysunek 58).
- dla wydobycia równego 325 mln t wykonując opcję obserwujemy sytuację, w której zdolność do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów uzyskana w roku 2023 tracona jest w roku 2024 i ponownie uzyskiwana w roku 2025. Sytuacja ta tłumaczona

jest wpływem środków celowych zgromadzonych do roku 2013 włącznie (Załącznik Rysunek 60).

- dla każdej wielkości wydobycia z przedziału od 326 do 1000 mln t wykonaniu opcji towarzyszy uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (Załączniki: Rysunki od 62 do 80),
- wraz ze wzrostem wielkości wydobycia oddala się moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji.

4.2.4 Symulacja 4 - całkowity koszt rekultywacji

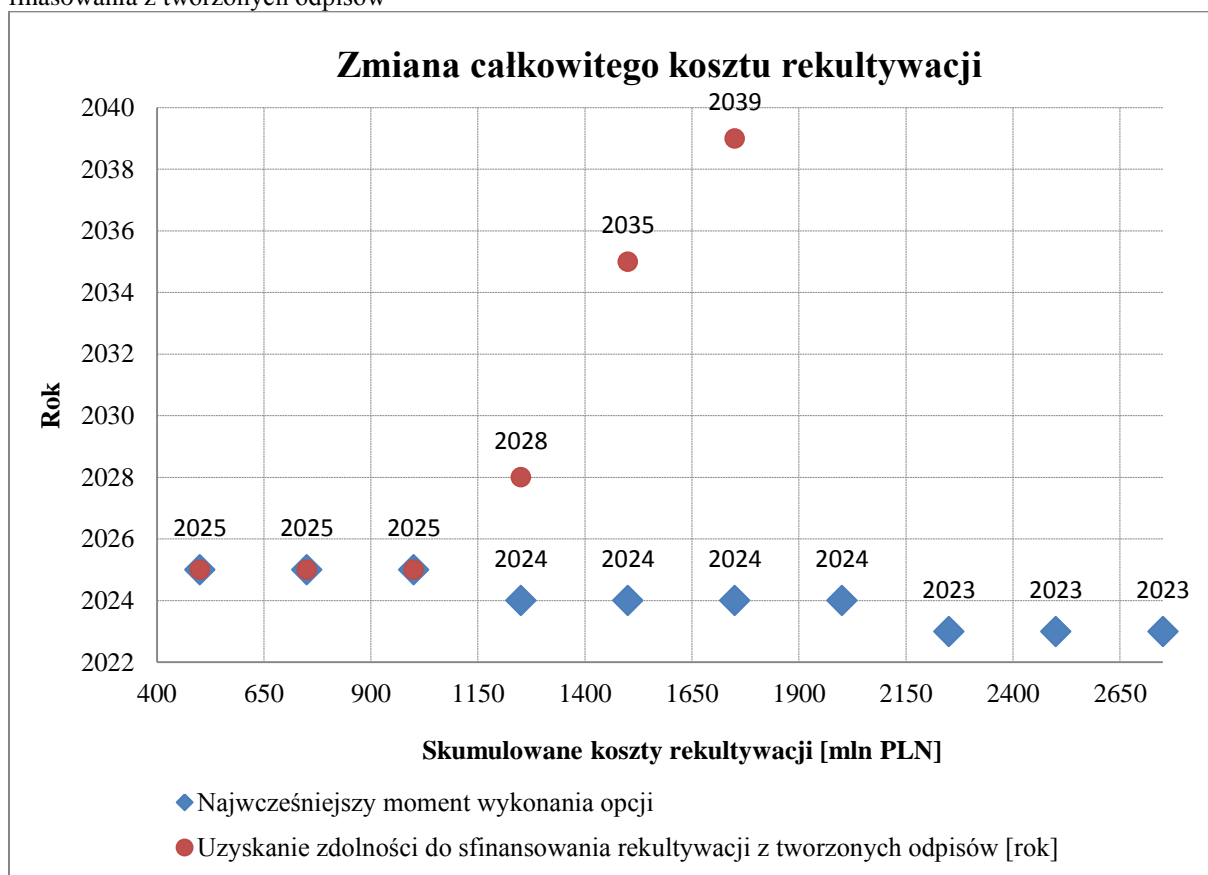
Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmian całkowitego kosztu rekultywacji na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Całkowity koszt rekultywacji stanowi jeden z kluczowych parametrów modelu wpływający na wielkość oszczędności (*Ioszcz*) wynikających z możliwości nieponoszenia tego kosztu.

Analizę scenariuszy przeprowadzono dla całkowitych kosztów rekultywacji przeprowadzanej w latach 2014-2039 w zakresie 500-2750 mln PLN. Graficznie przedstawiono wynik dla następujących wartości: 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, 2500 i 2750 mln PLN. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach od 81 do 104.

Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.9.

Rysunek 4.9 Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- wraz ze wzrostem całkowitego kosztu rekultywacji wcześniej pojawia się moment wykonania opcji, choć tylko dla wartości z przedziału od 500 do 1000 mln PLN wykonaniu opcji towarzyszy jednocześnie uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z odpisów (Załączniki: Rysunki od 82 do 86),
- dla wartości od 1250 do 2750 mln PLN nie w każdym przypadku wykonania opcji towarzyszy jednocześnie zdolność do finansowania rekultywacji; jest ono stopniowo traczone w kolejnych okresach (Załączniki: Rysunki od 88 do 104). Od wartości 1821 mln PLN zdolność do finansowania jest nie możliwa (Załączniki: Rysunki od 96 do 104).

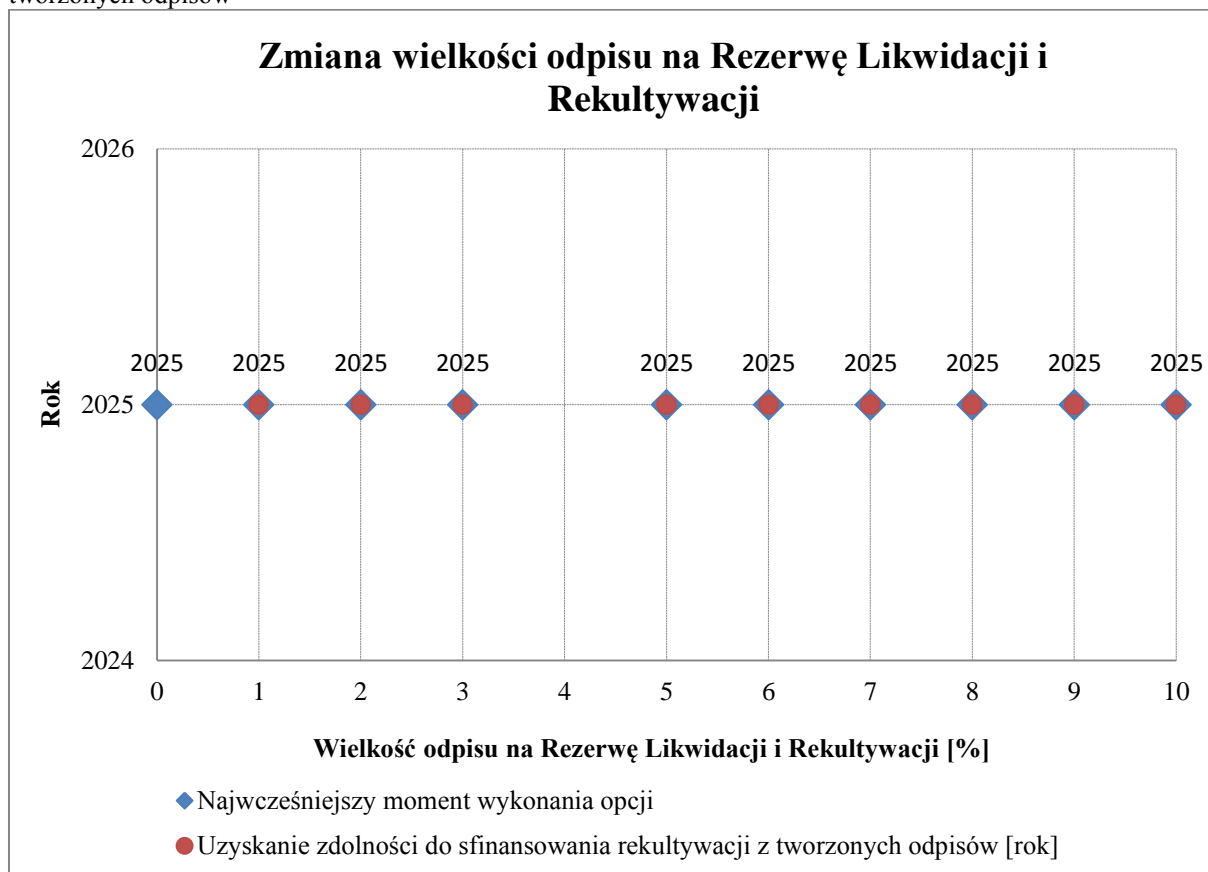
4.2.5 Symulacja 5 - wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR)

Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmiany wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Zgromadzenie wymaganego zasobu środków pieniężnych jest warunkiem dostatecznym (wystarczającym) do spełnienia by podjąć decyzję o likwidacji kopalni. Odpis jest traktowany jako część przychodów ze sprzedaży węgla.

Analizę scenariuszy przeprowadzono dla następujących wartości odpisu: 0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 i 10 %. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach od 105 do 124. Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.10.

Rysunek 4.10 Zmiana wielkości odpisu RLiR a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- nie ustanawiając odpisu RLiR (0%), wykonując opcję nie uzyskujemy zdolności do finansowania rekultywacji z odpisów (Załącznik Rysunek 106),
- wzrost wielkości odpisu nie wpływa na najwcześniejszy moment wykonania opcji, który w analizowanych scenariuszach jest taki sam i przypada na rok 2025 (Załączniki: Rysunki od 105 do 123)
- w każdym ze scenariuszy wykonaniu opcji towarzyszy jednocześnie uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z odpisów (Załączniki: Rysunki od 106 do 124).

4.2.6 Symulacja 6 - wyjściowa wielkość zgromadzonej Rezerwy Likwidacji i Rekultywacji

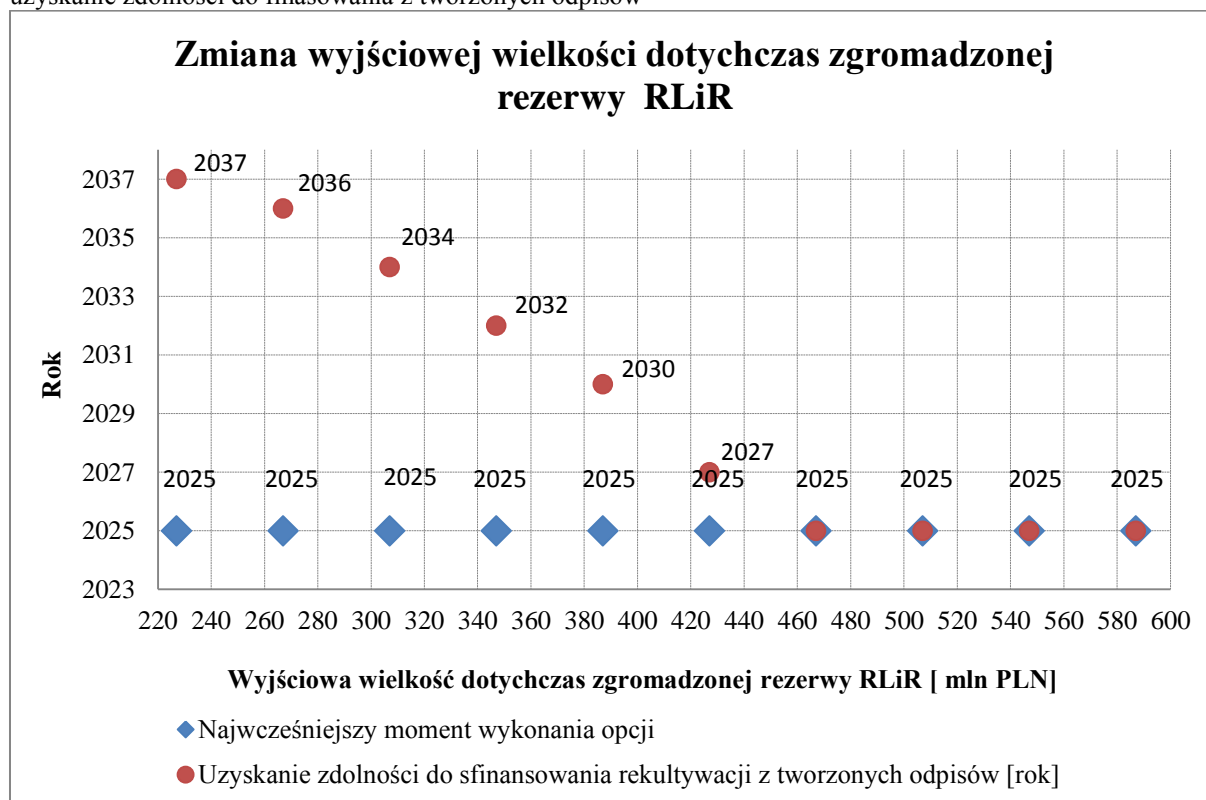
Celem eksperymentu jest sprawdzenie wpływu zmiany wyjściowej wielkości zgromadzonej Rezerwy Likwidacji i Rekultywacji na najwcześniejszy moment wykonania opcji oraz uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.

Zgromadzenie wymaganego zasobu środków pieniężnych jest warunkiem dostatecznym (wystarczającym) do spełnienia by podjąć decyzję o likwidacji kopalni. Środki te były gromadzone w zgodności z wymogami obowiązującego prawa w zakresie odpisów celowych na likwidację i rekultywację kopalni.

Analizę scenariuszy przeprowadzono dla wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy w zakresie od 227 do 587 mln PLN. Graficznie przedstawiono wynik dla następujących wartości: 227, 267, 307, 347, 387, 427, 467, 507, 547 i 587 mln PLN. Uzyskane wyniki przedstawiono w Załącznikach na Rysunkach od 125 do 148.

Wyniki zostały przedstawione na Rysunku 4.11.

Rysunek 4.11 Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów



Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że:

- dla każdej wartości wcześniej zgromadzonej rezerwy z przedziału od 227 do 439 mln PLN wykonaniu opcji nie w każdym scenariuszu towarzyszy jednocześnie uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów. Wraz ze wzrostem wartości zgromadzonej rezerwy zdolność ta uzyskiwana jest coraz szybciej (Załączniki: Rysunki od 126 do 138),
- dla wartości wcześniej zgromadzonej rezerwy od 440 mln PLN wykonaniu opcji towarzyszy jednocześnie uzyskanie zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów w każdym ze scenariuszy począwszy od roku 2025 (Załączniki: Rysunki od 140 do 148).

W Rozdziale 4.2 dokonano analizy modelu w oparciu o 6 kluczowych parametrów i zaobserwowano, że:

- wraz ze wzrostem cen węgla oddala się moment wykonania opcji i przybliża moment uzyskania zdolności do finansowania,
- wraz ze wzrostem zmienności cen węgla przybliża się moment wykonania opcji i przybliża moment uzyskania zdolności do finansowania,
- wraz ze wzrostem całkowitej wielkości wydobycia oddala się moment wykonania opcji i oddala się moment uzyskania zdolności do finansowania,
- wraz ze wzrostem całkowitych kosztów rekultywacji przybliża się moment wykonania opcji i oddala się moment uzyskania zdolności do finansowania,
- wzrost wielkości Odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji nie ma wpływu na moment wykonania opcji i moment uzyskania zdolności do finansowania, gdyż kluczowym jest osiągnięcie wymaganych środków pieniężnych jak najwcześniej,
- wraz ze wzrostem wielkości dotychczas utworzonej rezerwy celowej przybliża się moment uzyskania zdolności do finansowania.

Uzyskane wyniki są zgodne z intuicją oraz wydają się być zgodne z logiką funkcjonowania przedsiębiorstwa. Należy dodać, że eksperymenty symulacyjne zostały wykonane również z wykorzystaniem ekstremalnych wartości analizowanych parametrów. Mając na uwadze powyższe stwierdzenia można przyjąć, iż model został pozytywnie zwalidowany.

4.3 Implementacja modelu opcji likwidacji na przykładzie odkrywki w Bełchatowie

Węgiel brunatny w polskiej elektroenergetyce jest najtańszym nośnikiem energii elektrycznej, a jego wydobycie na obecnym poziomie będzie realizowane przez około kolejnych 15 lat, a następnie, jeśli nie zostanie uruchomione wydobycie węgla brunatnego na nowych perspektywicznych złożach Legnica-Ścinawa czy Gubin-Mosty, zacznie spadać. Obecnie branża węgla brunatnego w Polsce składa się z pięciu odkrywkowych kopalń węgla brunatnego (oraz nieporównywalnie mniejszej kopalni "Sieniawa") i pięciu elektrowni opalanych tym paliwem. Wydobycie węgla brunatnego w Bełchatowie przewidywane jest do roku 2038 [Tajduś 2008].

Eksploatacja węgla brunatnego poza korzyściami dla gospodarki to także zobowiązania wobec środowiska. Działalność górnicza może wywierać zróżnicowany wpływ na środowisko:

- całkowite i znaczące przekształcenia powierzchni terenu w obrębie odkrywki,
- przekształcenia hydrogeologiczne prowadzące do obniżenia poziomu wód gruntowych i zmiany ich jakości,
- wyjąłowanie gruntów rolnych i leśnych,
- deformacje gruntu pochodzące z osuwisk i osiadań,
- zanieczyszczenie powietrza w wyniku emisji pyłów oraz emisja hałasu [Dubieński i Tajduś 2009, s. 102].

Zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem na KWB Bełchatów ciąży obowiązek likwidacji i rekultywacji terenów na obszarze prowadzonej działalności wydobywczej. Ze względu na skalę przeobrażeń terenu, zarówno w zakresie zmiany jego rzeźby, jak również stosunków wodnych, itp. rekultywacja jest procesem długotrwałym i technicznie skomplikowanym.

Kopalnia Bełchatów funkcjonuje na dwóch polach eksploatacyjnych: Pole Bełchatów (7210 ha) i Pole Szczerców (2608 ha) [Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 187]. Poniżej przedstawiono charakterystykę techniczną obszaru poeksploatacyjnego.

Tabela 4.5 Charakterystyka techniczna obszaru poeksploatacyjnego

Wyszczególnienie obiektów	Pole Bełchatów	Pole Szczerców
Zakończenie eksploatacji węgla [rok]	2019	2038
Zakończenie prac reeksploatacyjnych i związanych z kształtowaniem zboczy [rok]	2026	2048
Zakończenie wypełniania wodą wyrobisk ze wspomaganie dodatkowym [rok]	2058	2062
Wyrobisko		
Powierzchnia lustra wody [ha]	1691,00	2200,00
Objętość zbiornika wodnego [mln m ³]	1323,00	1752,00
Średnia głębokość zbiornika wodnego [m]	78,24	79,64
Maksymalna głębokość zbiornika wodnego [m]	205,30	165,30
Zwałowisko wewnętrzne		
Powierzchnia zwałowiska wewnętrznego [ha]	770,00	69,00
Zwałowisko zewnętrzne		
Objętość zwałowiska zewnętrznego [mln m ³]	zagospodarowane	907,00
Powierzchnia stopy zwałowiska i terenu wokół [ha]	zagospodarowane	1264,00
Wysokość zwałowiska [m]	zagospodarowane	140,00
Zaplecze techniczno-biurowe		
Powierzchnia terenu zaplecza biurowo-technicznego [ha]	212,00	72,00
Centralna oczyszczalnia ścieków		
Powierzchnia terenu oczyszczalni ścieków [ha]	12,00	-
Powierzchnia terenu wokół zbiorników [ha]	824,00	473,00
Pozostałe tereny [ha]	183,00	185,00
Całość Pole Bełchatów [ha]	3692,00	-
W tym razem rekultywacja wodna / lądowa [ha]	1691,00/2001,00	-
Całość Pole Szczerców [ha]	-	4194,00
W tym razem rekultywacja wodna / lądowa [ha]	-	2200,00/1994,00
Całość KWB Bełchatów [ha]	7886,00	

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 196-197

Rekultywacją objęty będzie obszar o powierzchni około 7886 ha, na którym powstaną nowe tereny z dwoma zbiornikami wodnymi. Zrekultywowany obszar znacząco będzie się różnił ewentualnym sposobem użytkowania w porównaniu z tym sprzed eksploatacji.

Kopalnia opracowała szereg koncepcji i projektów dotyczących zagospodarowania terenów. Obecnie eksploatowane Pole Bełchatów o powierzchni około 3692 ha według planu ma zostać wyeksploatowane w roku 2019. Zdjęty nadkład zdeponowany został na zwałowisku zewnętrznym wyniesionym ponad teren na wysokość 195 m i powierzchni podstawy około 1480 ha został zrekultywowany w kierunku leśnym. Na stoku północnym zbudowano nartostradę przyczyniając się tym do powtórznego ożywienia tego terenu, uatrakcyjniając turystycznie okolicę Bełchatowa [Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 192].

Rysunek 4.12 Kierunki rekultywacji terenów pogórnich w KWB „Bełchatów”



Źródło: Kasztelewicz i Sypniewski 2010, s. 296

W Polu Szczerców o powierzchni docelowej 2360 ha rozpoczęto zdejmowanie nadkładu już w roku 2002, lokując go na składowisku zewnętrznym o powierzchni 8 km². Eksploatacja nowego pola ma pozwolić na funkcjonowanie elektrowni do roku 2038. Ze względu na ogromne nakłady techniczne i finansowe związane z rekultywacją podstawowym kierunkiem zagospodarowania terenu będzie zagospodarowanie wodne.

Obecnie zwałowanie nadkładu odbywa się w wyeksploatowanej części Pola Bełchatów, które również zostanie zalesione, a w pozostałej części zostaną utworzone zbiorniki wodne o sumarycznej powierzchni 32,5 ha, kubaturze 2,4 mld m³ i głębokości około 280m. Zakończenie przygotowania wyrobisk do napełnienia wodą przewiduje się na rok około 2048. Naturalne napełnienie się zbiorników wodą powinno trwać kolejne 60 lat, a w przypadku dodatkowego zasilania w wodę około 18 lat [Kasztelewicz i Kaczorowski 2009, s. 192-195].

Zważywszy na kierunki przedstawione powyżej KWB Bełchatów realizując działania rekultywacyjne jest w stanie tak organizować swoją pracę, by w wyniku bieżących działań eksploatacyjnych modelować teren w sposób umożliwiający późniejszą realizację zamierzeń związanych z zagospodarowaniem terenu.

Kopalnia Bełchatów w obecnie eksploatowanych polach planuje wydobywać średniorocznie 28,8 mln ton węgla brunatnego do roku 2038. Planowane wydobycie przedstawiono w Tabeli 4.6.

Tabela 4.6 Zestawienie planowanego wydobycia węgla w KWB Bełchatów w latach 2014-2039

Lata	Wydobycie węgla
	[mln Mg]
2014	42,5
2015	42,5
2016	37,3
2017	37,7
2018	37,6
2019	37,1
2020	35,8
2021	36,1
2022	36,3
2023	36,3
2024	35,8
2025	37,8
2026	36,4
2027	36,9
2028	36,9
2029	35,0
2030	35,0
2031	29,7
2032	22,6
2033	20,0
2034	15,0
2035	10,0
2036	7,1
2037	7,1
2038	5,0
2039	0,0
RAZEM	749,5
Średnia roczna	28,8

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Kasztelewicz i in. 2007, s. 326

Specyfika pracy kopalni (unikalny zasób i długi okres jego eksploatacji), właściwości fizyko-chemiczne węgla brunatnego oraz koszty transportu urobku sprawiają, że organizacja pracy w funkcjonującej kopalni polegająca na bezpośrednich dostawach wydobywanego surowca do przyległej elektrowni jest powszechną w Polsce. Układ taki wymusza specyficzne

relacje biznesowe między obydwojma podmiotami w zakresie wzajemnych rozliczeń i związanej z nimi ceny za dostarczany węgiel. Podmioty będące kiedyś niezależnymi spółkami prawa handlowego (kopalnie i elektrownie) zostały zintegrowane pionowo.

W celu regulacji cen węgla brunatnego wielokrotnie zmieniano zasady ich kształtowania, wypracowując modele pozwalające uniknąć praktyk monopolistycznych w warunkach braku rynku zbytu, jakim jest funkcjonowanie w układzie jeden sprzedawca – jeden kupujący (bilateralny monopol).

Próby rozwiązania problemu cen w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku uwzględniały trzy istotne elementy: poziom cen (ważny z punktu widzenia kopalni), strukturę cen (zróżnicowanie cen w zależności od parametrów jakościowych ważną dla elektrowni) oraz rentę warunków geologiczno-eksploatacyjnych (ważną dla zapewnienia rentowności poszczególnych kopalń poprzez uwzględnienie różnic w kosztach eksploatacji) [Jurdziak 2005].

Przykładem interwencji Państwa w proces opracowania kompleksowego systemu cen było Rozporządzenie Ministra Gospodarki [Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 15 października 1998] dotyczące zasad kształtowania cen węgla brunatnego. Plany rozwoju i modernizacji kopalni oraz plany dostaw węgla do elektrowni obejmowały okres, dla którego ustalana była cena bazowa dla węgla wskaźnikowego. Węgłem wskaźnikowym określano węgiel brunatny o wartości opałowej 8 850 MJ/mg, zawartości popiołu 12% i zawartości siarki 0,6%. Dla przykładu obowiązująca od marca 2001 nowa cena bazowa została zatwierdzona na poziomie 38,95 PLN/Mg. Dla porównania do marca 2000 roku zatwierdzona cena węgla brunatnego wskaźnikowego brutto stosowana przez kopalnię Turów wynosiła 72,07 PLN/Mg. Od 1 stycznia 2003 do ustalania cen węgla brunatnego zastosowanie ma zasada swobody kształtowania cen w oparciu o wzajemne negocjacje. Odejście od regulacji i kontrolowania cen nie oznacza rezygnację z formuł używanych wcześniej, zwłaszcza tych dotyczących jakości węgla [Jurdziak 2005].

Poniżej przedstawiono zestawienie cen bazowych i rozliczeniowych (wykonania) pomiędzy kopalnią, a elektrownią z okresu 1994-2011.

Tabela 4.7 Zestawienie cen bazowych i rozliczeniowych (wykonania) w latach 1994-2011

Lata	Cena bazowa	Cena wykonana	Zmiana ceny wykonania rok do roku
	[PLN/Mg]	[PLN/Mg]	[%]
2011	56,40	50,06	-2,1
2010	55,07	51,12	5,3
2009	50,05	48,54	2,8
2008	46,83	47,24	10,1
2007	44,75	42,90	2,9
2006	43,54	41,68	2,8
2005	42,77	40,53	8,7
2004	41,93	37,30	-1,5
2003	40,66	37,87	4,8
2002	40,66	36,15	4,4
2001	38,95	34,63	19,1
2000	34,97	29,07	8,8
1999	30,67	26,72	9,2
1998	23,24	24,47	14,7
1997	21,32	21,33	10,1
1996	19,20	19,37	9,2
1995	16,67	17,73	8,9
1994	16,34	16,28	0,0

Zródło: opracowanie własne na podstawie danych statystycznych pochodzących z Działu Finansowego KWB Bełchatów

W celu określenia zmienności cen niezbędnej do zbudowania drzewa dwumianowego instrumentu bliźniaczego wyznaczono odchylenie standardowe (s) według wzoru:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1}} \quad (4.1)$$

gdzie:

- s^2 – wariancja w próbie,
- n – liczebność próby,
- x_i – kolejne wartości zmiennej,
- \bar{x}_i – średnia arytmetyczna wszystkich wartości zmiennych.

Zgodnie ze wzorem (4.1) wartość odchylenia standardowego dla procentowej zmiany cen rozliczeniowych (wykonania) wynosi 5,49%. Cena rozliczeniowa dla 1 tony węgla brunatnego w roku 2014 wynosi 58,77 PLN.

Szacunki dotyczące przewidywanych kosztów rekultywacji podlegają aktualizacji nie rzadziej niż raz na 5 lat, z tym, że corocznie weryfikowana jest wielkość rezerwy zgodnie z aktualnymi założeniami w zakresie stopy inflacji, stopy dyskonta¹² oraz w przypadku rezerw na rekultywację terenów poeksploatacyjnych, wielkości wydobywania [Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna SA 2009, s. 23]. W ostatnim kwartale 2008 roku eksperci Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie opracowali nową koncepcję rekultywacji przedstawioną w dokumencie „Koncepcja rekultywacji i zagospodarowania wyrobisk końcowych Zakładu Górniczego KWB Bełchatów – Pole Bełchatów i Pole Szczerców”. Zgodnie z dokonanym szacunkiem łączna wartość prac rekultywacyjnych według poziomu cen stałych w 2008 roku wyniesie 3 541,30 mln PLN [Grupa Kapitałowa PGE Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów S.A., 2009, s. 48]. Przyjęto, że powyższa kwota stanowi skumulowaną wartość wszystkich prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych, jakie należy wykonać od końca roku 2039 i dotyczących przekształceń środowiska naturalnego dokonanego w latach 2014-2039. Na podstawie danych szacunkowych pozyskanych z KWB Bełchatów wartość ta po przekształceniach na ceny bieżące (uwzględnienie wskaźników inflacji) oraz zdyskontowaniu na koniec roku 2008 (stopa dyskontowa 5,5% stała w całym okresie) wynosi 1 070,82 mln PLN. Ponadto przyjęto, że wartość prac likwidacyjnych i rekultywacyjnych za okres do końca 2013 roku wynosi 350,00 mln PLN.

Główne założenia makro przyjęte na dzień bilansowy do wyliczenia kwot zobowiązań i projekcji długoterminowych zaprezentowane w Skonsolidowanych sprawozdaniach finansowych podmiotów należących do PGE z okresu 2008-2013 przedstawiono w Tabeli 4.8.

¹² Stopa dyskonta przyjęta do oszacowania bieżącej wartości kosztów rekultywacji została przyjmowana na tym samym poziomie jak w przypadku rezerw na świadczenia pracownicze [Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. 2009, s. 23].

Tabela 4.8 Zestawienie stóp dyskontowych i wskaźników inflacji w latach 2007-2013

Rok	Stopa dyskonta na dzień 31.12	Wskaźnik inflacji
	[%]	[%]
2007	6,00	2,70
2008	5,50	3,40
2009	6,00	2,50
2010	5,50	2,50
2011	5,75	2,50
2012	4,00	2,50
2013	4,35	2,37

Źródło: opracowanie własne na podstawie skonsolidowanych sprawozdań finansowych Grupy Kapitałowej PGE Polska Grupa Energetyczna S.A za lata 2008-2013

W celu wyznaczenia wartości całkowitego kosztu likwidacji i rekultywacji terenu na koniec 2013 roku zastosowano dyskontowanie zgodnie z wartościami z Tabeli 4.8 uwzględniając wskaźnik inflacji. Uzyskane wyniki zestawiono w Tabeli 4.9.

Tabela 4.9 Zdyskontowany koszt likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych do końca roku 2013

Lata	Wartości	Inflacja CPI	Wartości w cenach bieżących	Nominalna stopa dyskonta	Wartości po zdyskontowaniu stopą dyskonta na koniec roku
	[mln PLN]	[%]	[mln PLN]	[%]	[mln PLN]
2008	-	-	-	-	1 070,82
2009	1 070,82	2,50	1 097,59	6,00	1 163,45
2010	1 163,45	2,50	1 192,53	5,50	1 258,12
2011	1 252,18	2,50	1 283,48	5,75	1 357,28
2012	1 357,29	2,50	1 391,22	4,00	1 446,87
2013	1 446,87	2,37	1 481,16	4,35	1 545,59

Źródło: Opracowanie własne

Wartość całkowitego kosztu likwidacji i rekultywacji na koniec roku 2039 zdyskontowanego na koniec roku 2013 wynosi 1 545,59 mln PLN.

Do kalkulacji Funduszu Likwidacji Zakładu Górniczego zastosowano szacunkową stawkę odpisu z roku 2008 w wysokości 0,17 PLN/t. Ponadto przyjęto, że stawka ta zostanie indeksowana wskaźnikiem inflacji przyjętym zgodnie z Tabelą 4.10.

Tabela 4.10 Stawka odpisu na FLZG w latach 2008-2013

Lata	Stawka odpisu
	[PLN/t]
2008	0,170
2009	0,176
2010	0,180
2011	0,185
2012	0,189
2013	0,194

Źródło: opracowanie własne

Do celów szacunkowych przyjęto wartość dotychczas zgromadzonego Funduszu Likwidacji Zakładu Górniczego na koniec 2007 roku wynoszący 51,30 mln PLN [Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. 2009, s. 97]. Środki zgromadzone na funduszu likwidacji są reinwestowane przy oprocentowaniu zgodnym wartościami zestawionymi w Tabeli 4.11.

Tabela 4.11 Zestawienie oprocentowania rocznego obligacji EDO 10-letnich w latach 2008-2013

Lata	Oprocentowanie roczne obligacji skarbowych 10-letnich
	[%]
2008 ⁽¹⁾	7,50
2009 ⁽²⁾	6,75
2010 ⁽³⁾	5,25
2011 ⁽⁴⁾	5,75
2012 ⁽⁵⁾	5,50
2013 ⁽⁶⁾	4,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Finansów za lata 2008-2013

Szczegółowe dane dotyczące wydobycia w poszczególnych latach zostały zawarte w poniższej tabeli.

Tabela 4.12 Zestawienie wydobycia węgla w KWB Bełchatów w latach 2007-2013

Lata	Wydobycie węgla
	[mln Mg]
2007	33,7
2008	34,0
2009	39,6
2010	40,5
2011	40,1
2012	39,7
2013	42,5
RAZEM	270,1
Średnia roczna	38,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kasztelewicz i in. 2007, s. 326

Szacunkową wielkość funduszu określono w oparciu o wielkość wydobycia, oprocentowanie papierów wolnych od ryzyka i stawki odpisu. Kalkulacja całkowitej wartości funduszu na koniec 2013 roku wynosi 120,57 mln PLN .

Na podstawie informacji Ministerstwa Finansów [2014] dotyczącej Obligacji Skarbowych 10-letnich (EDO1224) emitowanych w grudniu 2014 roku oprocentowanie w pierwszym rocznym okresie odsetkowym wynosi 3,00%. Taką stopę przyjęto za stopę wolną od ryzyka na potrzeby implementacji modelu dla kopalni Bełchatów.

W celu przeprowadzenia analizy wykonania opcji likwidacji przyjęto następujące dane dotyczące KWB Bełchatów:

- Z1. Okres analizy inwestycji to lata 2014-2039; krok czasowy wynosi jeden rok.
- Z2. Zidentyfikowana opcja likwidacji kopalni (i rozpoczęcia prac rekultywacyjnych terenów pokopalnianych) jest amerykańską opcją typu *put* określana mianem opcji likwidacji działalności kopalni. Wykonanie opcji oznacza zakończenie działalności kopalni.
- Z3. Cena bieżąca 1 tony węgla brunatnego równa się 58,77 PLN.
- Z4. Zmienność ceny węgla równa jest 5,49% i jest odchyleniem standardowym stopy wzrostu ceny węgla w ujęciu rocznym [Hull 1997, s. 294].
- Z5. Stopa procentowa papierów pozbawionych ryzyka (r_f) wynosi 3,00% w skali rocznej.
- Z6. Przyjęto całkowitą wielkość wydobycia planowaną w latach 2014-2039 równą 749,50 mln t charakteryzującą się zmiennością wielkości wydobycia w kolejnych latach (Tabela 4.6).
- Z7. Oszacowany koszt rekultywacji terenów wynikający z eksploatacji terenów do roku 2013 łącznie wynosi 350,00 mln PLN.
- Z8. Skumulowany koszt rekultywacji, jaki należy ponieść w latach 2014-2039, równy jest 1545,59 mln PLN w cenach bieżących, rozłożony proporcjonalnie do wielkości wydobycia w poszczególnych okresach i indeksowany o wskaźnik wzrostu cen równy 2,5%.
- Z9. Stawka podatku przyjęta jest na poziomie 0%.
- Z10. Stopa dyskontowa wynosi 5%.
- Z11. Wielkość utworzonej rezerwy celowej na pokrycie kosztów rekultywacji do roku 2013 łącznie równa jest 120,57 mln PLN.
- Z12. Wielkość odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) jako część rocznych przychodów ze sprzedaży węgla przyjęto na poziomie 2,5%.

Z13. Koszty operacyjne dzielą się na koszty zmienne (50% przychodów ze sprzedaży węgla) oraz koszty stałe (100 mln PLN rocznie).

Z14. Prawdopodobieństwa arbitrażowe instrumentu bazowego wynosi $q=0,76$, zatem prawdopodobieństwo spadku wartości instrumentu bazowego wynosi $(1-q)=0,24$.

Wyniki analizy momentu wykonania opcji oraz uzyskania zdolności do pokrycia kosztów likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów przedstawiono kolejno w Tabelach 4.13 do 4.16 oraz na Rysunkach 4.13 do 4.17. Wysznięto następujące wnioski:

- najwcześniejszym rokiem w którym należy rozpocząć likwidację działalności jest rok 2028; jest to konsekwencja spadku ceny węgla (Rysunek 4.16),
- rok 2034 rozpoczyna okres w którym należy zakończyć działalność kopalni w każdym z węzłów drzewa dwumianowego (Rysunek 4.16), lecz bez uzyskania zdolności do finansowania ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów (Rysunek 4.17), zdolność ta jest osiągalna jedynie w roku 2039.
- w latach 2028-2038 pomimo wskazań, co do likwidacji kopalni (Rysunek 4.16) nie można uzyskać zdolności do finansowania ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów (Rysunek 4.17)
- w roku 2039 uzyskujemy zdolność finansowania ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów (Rysunek 4.17) w każdym z węzłów drzewa dwumianowego ze względu na fakt, iż planowa wielkość odpisu szacowana była na podstawie cen średnich węgla w danym okresie.

Tabela 4.13 Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Ceny	59	59	59	59	59	60	60	61	61	62	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	73	74	76	77	79	81

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.14 Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Koszty	438	536	627	720	815	912	1 009	1 109	1 211	1 316	1 423	1 537	1 650	1 767	1 888	2 007	2 129	2 244	2 347	2 447	2 539	2 623	2 703	2 785	2 865	2 937

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.15 Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację Ioszcz (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Oszczędności	1 404	1 377	1 357	1 333	1 306	1 276	1 245	1 209	1 168	1 122	1 073	1 014	953	884	809	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.16 Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Odpisy roczne	62	63	55	56	56	55	54	55	56	56	56	60	58	60	61	58	59	51	40	36	27	19	13	14	10	0
Odpisy skumulowane	183	255	322	394	470	549	630	717	808	904	1005	1115	1229	1350	1478	1610	1750	1889	2023	2160	2295	2428	2563	2705	2850	2992

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.13 Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039																						
																									0																						
																								0	0																						
																							509	0	0																						
																						1 157	456	0	0																						
																						1 721	1 036	409	0	0																					
																						2 460	1 542	929	366	0	0																				
																						3 509	2 204	1 382	832	328	0	0																			
																						4 803	3 144	1 975	1 238	746	294	0	0																		
																						6 112	4 304	2 817	1 770	1 109	668	263	0	0																	
																						7 730	5 476	3 856	2 524	1 586	994	599	236	0	0																
																						9 469	6 926	4 907	3 455	2 262	1 421	891	536	211	0	0															
																						10 960	8 484	6 206	4 397	3 096	2 026	1 273	798	481	190	0	0														
																						12 339	9 820	7 602	5 561	3 939	2 774	1 816	1 141	715	431	170	0	0													
																						13 502	11 056	8 799	6 812	4 982	3 530	2 486	1 627	1 022	641	386	152	0	0												
																						14 446	12 098	9 906	7 884	6 103	4 464	3 163	2 227	1 458	916	574	346	136	0	0											
																						15 289	12 944	10 840	8 876	7 064	5 469	4 000	2 834	1 995	1 306	821	514	310	122	0	0										
																						15 875	13 699	11 598	9 713	7 953	6 330	4 900	3 584	2 539	1 788	1 170	735	461	278	109	0	0									
																						16 352	14 225	12 274	10 392	8 703	7 126	5 671	4 390	3 211	2 275	1 602	1 049	659	413	249	98	0	0								
																						16 707	14 651	12 745	10 998	9 311	7 798	6 385	5 082	3 934	2 877	2 039	1 435	940	590	370	223	88	0	0							
																						16 947	14 970	13 128	11 420	9 854	8 343	6 987	5 721	4 553	3 525	2 578	1 827	1 286	842	529	331	200	79	0	0						
																						17 081	15 185	13 413	11 763	10 232	8 830	7 475	6 261	5 126	4 080	3 158	2 310	1 637	1 152	754	474	297	179	71	0	0					
																						17 179	15 305	13 606	12 019	10 540	9 168	7 911	6 698	5 610	4 593	3 656	2 830	2 070	1 466	1 033	676	425	266	160	63	0	0				
																						17 217	15 393	13 713	12 191	10 769	9 444	8 215	7 089	6 001	5 026	4 115	3 275	2 536	1 855	1 314	925	606	380	238	144	57	0	0			
																						17 186	15 426	13 792	12 287	10 923	9 649	8 462	7 361	6 352	5 377	4 504	3 688	2 935	2 272	1 662	1 177	829	543	341	214	129	51	0	0		
																						17 081	15 399	13 822	12 358	11 010	9 787	8 646	7 582	6 595	5 691	4 818	4 035	3 304	2 630	2 036	1 489	1 055	743	486	305	191	115	45	0	0	
																						17 072	15 305	13 798	12 385	11 073	9 865	8 770	7 747	6 793	5 910	5 099	4 317	3 616	2 960	2 356	1 824	1 334	945	666	436	274	172	103	41	0	0

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.14 Wartość wewnętrzna opcji (mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039		
																										0	
																										68	0
																								141	68	0	
																							212	141	68	0	
																						278	212	141	68	0	
																					345	278	212	141	68	0	
																				0	345	278	212	141	68	0	
																			0	225	345	278	212	141	68	0	
																	0	0	416	345	278	212	141	68	0	0	
																0	0	0	416	345	278	212	141	68	0	0	
															0	0	0	0	416	345	278	212	141	68	0	0	
															0	0	0	0	318	416	345	278	212	141	68	0	
															0	0	0	0	491	416	345	278	212	141	68	0	
													0	0	0	0	0	0	491	416	345	278	212	141	68	0	
											0	0	0	0	0	0	0	290	491	416	345	278	212	141	68	0	
										0	0	0	0	0	0	0	0	565	491	416	345	278	212	141	68	0	
										0	0	0	0	0	0	0	0	565	491	416	345	278	212	141	68	0	
										0	0	0	0	0	0	272	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
										0	0	0	0	0	0	606	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
										0	0	0	0	0	0	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
							0	0	0	0	0	0	0	0	0	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	348	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	677	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	588	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	809	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	572	809	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0	0	

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.15 Wartość całkowita opcji (mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039																		
																									0																		
																									68	0																	
																							141	68	0																		
																						212	141	68	0																		
																					278	212	141	68	0																		
																				345	278	212	141	68	0																		
																			335	345	278	212	141	68	0																		
																		325	335	345	278	212	141	68	0																		
																	320	344	416	345	278	212	141	68	0																		
																316	347	404	416	345	278	212	141	68	0																		
															314	347	392	404	416	345	278	212	141	68	0																		
														312	344	380	392	404	416	345	278	212	141	68	0																		
													309	340	370	385	412	491	416	345	278	212	141	68	0																		
												306	335	361	380	414	476	491	416	345	278	212	141	68	0																		
											302	329	354	376	413	462	476	491	416	345	278	212	141	68	0																		
										298	324	348	373	410	453	482	565	491	416	345	278	212	141	68	0																		
										294	319	343	370	406	447	483	548	565	491	416	345	278	212	141	68	0																	
										290	314	338	366	402	441	480	532	548	565	491	416	345	278	212	141	68	0																
											286	309	334	363	398	436	475	519	545	606	565	491	416	345	278	212	141	68	0														
												282	305	330	359	394	430	469	509	541	597	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0												
													278	300	326	355	389	425	462	500	535	586	627	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0										
														274	297	322	352	385	419	455	492	529	577	620	677	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0								
															270	293	318	348	380	414	448	484	522	568	613	669	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0						
																266	289	315	344	375	408	442	477	515	560	605	659	710	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0				
																	263	286	311	340	370	402	435	470	509	552	598	651	711	809	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0		
																		260	282	308	335	365	396	429	464	502	545	591	645	707	785	809	731	646	565	491	416	345	278	212	141	68	0

Źródło: obliczenia własne

4.4 Alternatywne układy wartości parametrów modelu.

W celu przeprowadzenia analizy wykonania opcji likwidacji zmieniono dwa istotne z punktu widzenia działalności parametry:

- Z1. Cena bieżąca 1 tony węgla brunatnego równa się 65,00 PLN.
- Z2. Skumulowany koszt rekultywacji, jaki należy ponieść w latach 2014-2039, równy jest 1 350,00 mln PLN w cenach bieżących, rozłożony proporcjonalnie do wielkości wydobycia w poszczególnych okresach i indeksowany o wskaźnik wzrostu cen równy 2,5%.

Wyniki analizy momentu wykonania opcji oraz uzyskania zdolności do pokrycia kosztów likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych przedstawiono kolejno w Tabelach 4.17 do 4.20 oraz na Rysunkach 4.18 do 4.22. Wysznięto następujące wnioski:

- likwidacja działalności następuje w ostatnim okresie, gdy złożo zostaje wyczerpane (Rysunek 4.21),
- najwcześniejszym rokiem, w którym należy rozpocząć likwidację działalności, jest rok 2028; jest to konsekwencja spadku ceny węgla (Rysunek 4.21), lecz uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów osiągalna jest od roku 2031 (Rysunek 4.22),
- rok 2034 rozpoczyna okres, w którym należy zakończyć działalność kopalni w każdym z węzłów drzewa dwumianowego (Rysunek 4.21), uzyskując jednocześnie zdolność do finansowania (Rysunek 4.32),
- przyjęte parametry modelu: cena węgla oraz zmniejszony koszt likwidacji i rekultywacji terenu stanowią układ umożliwiający decydentowi wcześniejsze podjęcie decyzji o likwidacji zakładu górniczego w porównaniu ze scenariuszem omawianym w punkcie 4.3.

Tabela 4.17 Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Ceny	65	65	65	65	66	66	67	67	68	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	79	80	82	84	85	87	89

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.18 Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Koszty	427	514	594	677	761	847	933	1 021	1 112	1 205	1 300	1 400	1 501	1 605	1 711	1 817	1 926	2 027	2 119	2 208	2 290	2 365	2 437	2 511	2 583	2 647

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.19 Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację Ioszcz (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Oszczędności	1 246	1 222	1 205	1 184	1 160	1 133	1 106	1 074	1 038	998	954	903	848	788	721	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0

Źródło: obliczenia własne

Tabela 4.20 Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN)

Lata	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Odpisy roczne	69	69	61	62	62	61	60	61	61	62	62	66	64	66	67	64	65	56	44	39	30	20	15	15	11	0
Odpisy skumulowane	190	268	343	421	504	591	680	775	875	980	1091	1212	1336	1469	1610	1755	1908	2060	2206	2356	2504	2650	2797	2952	3111	3266

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.18 Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039																							
																									0																							
																									0	0																						
																							563		0	0																						
																						1 279	505		0	0																						
																						1 903	1 146	452		0	0																					
																						2 721	1 705	1 027	405		0	0																				
																						3 881	2 438	1 528	920	363		0	0																			
																						5 312	3 477	2 185	1 369	825	325		0	0																		
																						6 760	4 760	3 116	1 957	1 227	739	291		0	0																	
																						8 549	6 057	4 265	2 792	1 754	1 099	662	261		0	0																
																						10 473	7 660	5 427	3 821	2 501	1 572	985	593	234		0	0															
																						12 122	9 384	6 864	4 863	3 424	2 241	1 408	883	531	210		0	0														
																						13 647	10 861	8 408	6 150	4 357	3 068	2 008	1 262	791	476	188		0	0													
																						14 934	12 228	9 732	7 534	5 511	3 904	2 749	1 799	1 130	709	427	168		0	0												
																						15 977	13 381	10 956	8 720	6 750	4 937	3 498	2 463	1 612	1 013	635	382	151		0	0											
																						16 909	14 316	11 989	9 817	7 813	6 048	4 424	3 134	2 207	1 445	908	569	343	135		0	0										
																						17 558	15 151	12 827	10 743	8 796	7 001	5 419	3 964	2 808	1 978	1 294	813	510	307	121		0	0									
																						18 085	15 732	13 575	11 493	9 626	7 881	6 273	4 856	3 552	2 516	1 772	1 160	729	457	275	108		0	0								
																						18 478	16 205	14 096	12 164	10 298	8 625	7 062	5 620	4 351	3 182	2 255	1 588	1 039	653	409	246	97		0	0							
																						18 744	16 557	14 520	12 631	10 899	9 227	7 728	6 328	5 036	3 898	2 852	2 020	1 423	931	585	367	221	87		0	0						
																						18 892	16 795	14 835	13 010	11 317	9 766	8 268	6 924	5 670	4 512	3 493	2 555	1 810	1 275	834	524	329	198	78		0	0					
																						19 001	16 927	15 048	13 293	11 657	10 140	8 750	7 408	6 204	5 080	4 043	3 130	2 289	1 622	1 142	748	470	294	177	70		0	0				
																						19 042	17 025	15 167	13 483	11 910	10 445	9 086	7 840	6 638	5 559	4 552	3 623	2 804	2 051	1 453	1 023	670	421	264	159	63		0	0			
																						19 008	17 062	15 254	13 590	12 081	10 672	9 359	8 141	7 025	5 947	4 981	4 078	3 246	2 513	1 838	1 302	917	600	377	236	142	56		0	0		
																						18 892	17 031	15 287	13 668	12 177	10 825	9 562	8 385	7 295	6 294	5 329	4 463	3 654	2 908	2 251	1 647	1 167	822	538	338	212	128	50		0	0	
																						18 882	16 927	15 260	13 698	12 247	10 910	9 699	8 568	7 513	6 536	5 640	4 775	3 999	3 274	2 606	2 017	1 476	1 045	736	482	303	190	114	45		0	0

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.19 Wartość wewnętrzna opcji (mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	
																										0
																									61	0
																							127	61	0	
																						191	127	61	0	
																					250	191	127	61	0	
																				310	250	191	127	61	0	
																			0	310	250	191	127	61	0	
																		0	0	310	250	191	127	61	0	
																	0	0	0	310	250	191	127	61	0	
																0	0	0	295	310	250	191	127	61	0	
															0	0	0	0	373	310	250	191	127	61	0	
															0	0	0	0	373	310	250	191	127	61	0	
													0	0	0	0	0	67	373	310	250	191	127	61	0	
												0	0	0	0	0	0	386	373	310	250	191	127	61	0	
											0	0	0	0	0	0	0	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	0	0	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	0	42	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	0	368	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	0	505	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	28	505	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	359	505	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0	
										0	0	0	0	0	0	108	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0
										0	0	0	0	0	0	434	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0
										0	0	0	0	0	13	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0
										0	0	0	0	0	350	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0
										0	0	0	0	0	653	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0

Źródło: obliczenia własne

Rysunek 4.20 Wartość całkowita opcji (mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039										
																									0										
																									61	0									
																							127	61	0										
																						191	127	61	0										
																					250	191	127	61	0										
																				310	250	191	127	61	0										
																			300	310	250	191	127	61	0										
																		292	300	310	250	191	127	61	0										
																	283	292	300	310	250	191	127	61	0										
																275	283	292	300	310	250	191	127	61	0										
															267	275	287	308	373	310	250	191	127	61	0										
														259	269	284	311	362	373	310	250	191	127	61	0										
													253	264	282	311	351	362	373	310	250	191	127	61	0										
											247	260	280	309	342	357	386	373	310	250	191	127	61	0											
											242	256	277	306	334	353	387	439	373	310	250	191	127	61	0										
										237	253	275	302	328	350	384	426	439	373	310	250	191	127	61	0										
										233	250	272	298	322	346	380	414	426	439	373	310	250	191	127	61	0									
										229	247	269	293	318	343	374	406	432	505	439	373	310	250	191	127	61	0								
										226	244	266	289	313	339	369	400	432	490	505	439	373	310	250	191	127	61	0							
										223	241	262	285	309	334	364	395	430	476	490	505	439	373	310	250	191	127	61	0						
										220	238	259	281	304	330	359	390	425	466	496	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0					
										217	235	255	277	300	326	355	386	420	459	496	560	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0				
										214	232	252	273	297	322	350	381	415	453	492	544	560	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0			
										211	229	249	270	293	318	346	377	411	447	487	532	565	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0		
										208	226	245	266	289	314	342	372	406	442	481	524	564	633	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0	
										205	223	242	263	285	310	338	368	401	436	475	517	560	619	653	652	577	505	439	373	310	250	191	127	61	0

Źródło: obliczenia własne

Celem Rozdziału 4 była walidacja i implementacja modelu opcyjnego decyzji o likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych.

Walidację przeprowadzono z wykorzystaniem eksperymentów symulacyjnych, wyróżniono 6 szczególnie istotnych z punktu widzenia celu modelu parametrów. Eksperymenty symulacyjne przeprowadzono dla szerokiego zakresu zmienności tych parametrów. Uzyskane wyniki okazały się być zgodne z oczekiwanymi w sensie logiki modelu. Rezultaty także zgadzały się z logiką funkcjonowania przedsiębiorstwa. W związku z tym można uznać, że walidacja modelu zakończyła się sukcesem.

Implementując model przeprowadzono analizę scenariuszy na podstawie rzeczywistych informacji w dużej części dotyczących Kopalni Bełchatów. Otrzymane wyniki pochodzące z analizy podstawowego i alternatywnego układu parametrów odzwierciedlają sytuację decyzyjną charakterystyczną dla analizowanej kopalni. Warto nadmienić, że zaprezentowany zbiór rozwiązań może służyć pomocą menedżerowi w procesie podejmowania decyzji o likwidacji kopalni i rekultywacji terenów pokopalnianych.

Swobodna modyfikacja parametrów modelu pozwala na symulowanie różnych scenariuszy zdarzeń, co świadczy o aplikacyjności modelu dla podobnych kopalń.

Zakończenie

Bezpieczeństwo energetyczne Polski oparte jest głównie na wykorzystaniu rodzimych kopalin, jakimi są węgiel kamienny i brunatny. W związku z powyższym górnictwo polskie funkcjonuje według stałego schematu postępowania dotyczącego eksploatacji złóż. Schemat ten polega na poszukiwaniu i oszacowaniu wielkości zasobów, ich udostępnieniu, wydobyciu i przetworzeniu, a następnie likwidacji zakładu górniczego i rekultywacji terenów poeksploatacyjnych.

Motywacją do podjęcia analiz, których wyniki zostały zaprezentowane w rozprawie, stały się rozważania prowadzone z praktykami i teoretykami z branży górniczej, dotyczące oddziaływania kopalni odkrywkowej węgla brunatnego na środowisko, technicznej zdolności człowieka do przywrócenia środowisku tego, co zostało zabrane i przekształcone, oraz zdolności przedsiębiorstwa górniczego do sfinansowania prac z tym związanych. Dodatkowym czynnikiem było podjęcie pracy w branży górniczej i związany z tym bieżący kontakt z szeroko rozumianymi zagadnieniami funkcjonowania kopalń ziemnych i odkrywkowych.

Studia literaturowe poprzedzające okres pisania rozprawy nasunęły refleksję co do znaczącej liczby publikacji krajowych poświęconych tematyce zamknięcia projektu geologiczno-górniczego. Przy okazji pojawiło się szereg wątpliwości i pytań związanych z funkcjonowaniem zakładów górniczych w Polsce oraz zbliżającej się perspektywy ich likwidacji ze względu na wyczerpujące się zasoby kopaliny czy też pogarszające się warunki geologiczno-górniczne lub organizacyjno-zarządcze. Te ostatnie zostały szczególnie nagłośnione w związku z akcjami strajkowymi w kopalniach Zagłębia i Śląska.

Literatura przedmiotu nie dostarcza rozwiązań odnoszących się do problemu zamknięcia kopalń w kontekście zdolności do finansowania działań rekultywacyjnych. Wynikiem prac jest autorski model opcyjny uwzględniający aspekt ekonomiczny funkcjonowania przedsiębiorstwa, wspierający podejmowanie decyzji dotyczących określenia optymalnego momentu likwidacji zakładu górniczego z uwzględnieniem zdolności do pokrycia kosztów rekultywacji terenów poeksploatacyjnych. Przedstawiono postać matematyczną modelu opcji likwidacji kopalni i rekultywacji gruntów pokopalnianych, przeprowadzono analizę wrażliwości oraz dokonano walidacji modelu na podstawie danych empirycznych.

Postawione cele, zarówno główny i poboczne, zostały zrealizowane:

- a) zidentyfikowano problem, jakim jest podjęcie decyzji o likwidacji funkcjonującej kopalni i związanej z tym rekultywacji terenów pokopalnianych jako opcję rzeczywistą,

- b) skonstruowano model wyceny opcji likwidacji kopalni i na podstawie tego modelu wyznaczono optymalny moment likwidacji kopalni, uwzględniając dodatkową przesłankę decyzyjną, jaką jest wystarczający poziom środków pieniężnych gromadzonych w celu realizacji fazy rekultywacji terenów pokopalnianych,
- c) dokonano implementacji modelu przy wykorzystaniu danych dotyczących kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w Bełchatowie.

Opracowany model może być wykorzystywany w celu rozwiązania określonego rodzaju (typu) problemów związanych z działalnością górniczą. Rozprawa nie stanowi studium pojedynczego przypadku, lecz dostarcza bardziej uniwersalnych narzędzi do implementacji modelu opcyjnego do rozwiązywania problemów projektów geologiczno-górnich w praktyce odkrywkowych kopalń węgla brunatnego, gdzie zaprezentowane podejście nie było dotychczas wykorzystywane. Opracowany model może być również - po dokonaniu odpowiednich modyfikacji, niezmieniających jednak jego istoty - zastosowany w górnictwie podziemnym.

W wielu przypadkach zakłady górnicze węgla są częściami większych grup kapitałowych, realizujących kompleksowe programy wydobywania surowców oraz ich przekształcenia w produkt finalny, jakim jest energia elektryczna i ciepła dostarczana dużym odbiorcom przemysłowym i indywidualnym. Skutkiem takiej sytuacji jest brak niezależności kapitałowej i decyzyjnej, tak istotnej w przypadku podejmowania decyzji o wcześniejszym zamknięciu wybranej kopalni. Decyzje tego typu mają charakter strategiczny dla organizacji i choćby z tego względu ocena uwarunkowań decyzyjnych dokonywana jest z perspektywy całej grupy i wynikających skutków.

Model mógłby zostać wzbogacony o elementy obrazujące aspekty techniczne (np. uwarunkowania geologiczne i geotechniczne), społeczne (np. wpływ na bezrobocie), organizacyjne (np. przynależność do większej struktury organizacyjnej), środowiskowe (np. oddziaływanie na ekosystemy), strategię energetyczną państwa (np. bezpieczeństwo energetyczne), itd. Takie podejście pozwoliłoby na pełniejszą analizę czynników wpływających na funkcjonowanie kopalni (otoczenie zewnętrzne) i wielowymiarowe podejście do podejmowania decyzji o likwidacji zakładu i rekultywacji terenów pokopalnianych. Wzmiankowana możliwość rozbudowy modelu stanowi wyzwanie badawcze na przyszłość.

Decyzje dotyczące likwidacji zakładów górniczych będą podejmowane w nieodległym czasie jako konsekwencja zmniejszającej się zdolności wydobywania węgla brunatnego w obecnie funkcjonujących kopalniach, natomiast te dotyczące zagospodarowania złóż

perspektywicznych powinny zapadać w zgodności ze strategią energetyczną kraju. Zarówno decyzja o zamknięciu funkcjonującej lub otwarciu nowej kopalni nie powinna być jednakże podejmowana bez uwzględnienia aspektów finansowych.

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1	Zależność między poziomem stopy dyskontowej, a poziomem NPV.....	12
Rysunek 1.2	Granice stosowania opcji realnych i wartości bieżącej netto	23
Rysunek 1.3	Wpływ niepewności na wartość projektu – podejście opcyjne i tradycyjne	24
Rysunek 1.4	Zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji kupna.....	28
Rysunek 1.5	Zależność pomiędzy wartością instrumentu bazowego i wartością opcji sprzedaży	30
Rysunek 2.1	Kierunki rekultywacji terenów pogórnich w KWB „Bełchatów	68
Rysunek 2.2	Zagospodarowanie terenów pogórnich w Kopalni Bełchatów	72
Rysunek 3.1	Drzewo dwumianowe multiplikatywne.....	93
Rysunek 4.1	Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN).....	105
Rysunek 4.2	Wartość wewnętrzna opcji (mln PLN)	106
Rysunek 4.3	Wartość całkowita opcji (mln PLN).....	107
Rysunek 4.4	Moment wykonania opcji	108
Rysunek 4.5	Zdolność do sfinansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.....	109
Rysunek 4.6	Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów	111
Rysunek 4.7	Zmienność cen sprzedaży węgla, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów	113
Rysunek 4.8	Zmiana całkowitej wielkości wydobycia, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów	114
Rysunek 4.9	Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów	116
Rysunek 4.10	Zmiana wielkości odpisu RLiR a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów	117
Rysunek 4.11	Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR, a moment wykonania opcji i uzyskanie zdolności do finansowania z tworzonych odpisów.....	118
Rysunek 4.12	Kierunki rekultywacji terenów pogórnich w KWB „Bełchatów”	122
Rysunek 4.13	Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN).....	132
Rysunek 4.14	Wartość wewnętrzna opcji (mln PLN).....	133

Rysunek 4.15 Wartość całkowita opcji (mln PLN).....	134
Rysunek 4.16 Moment wykonania opcji.....	135
Rysunek 4.17 Zdolność do sfinansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.....	136
Rysunek 4.18 Wartość instrumentu bazowego (PLN w zaokrągleniu do 1 PLN).....	139
Rysunek 4.19 Wartość wewnętrzna opcji (mln PLN).....	140
Rysunek 4.20 Wartość całkowita opcji (mln PLN).....	141
Rysunek 4.21 Moment wykonania opcji.....	142
Rysunek 4.22 Zdolność do sfinansowania rekultywacji wyłącznie ze środków zgromadzonych w ramach tworzonych odpisów.....	143

SPIS TABEL

Tabela 1.1	Podsumowanie wpływu zmiany poszczególnych parametrów na cenę opcji przy założeniu stałości pozostałych parametrów.....	25
Tabela 2.1	Zestawienie podstawowych parametrów pól eksploatacyjnych KWB Bełchatów	66
Tabela 2.2	Ogólne i szczegółowe kierunki rewitalizacji i zagospodarowania terenów	67
Tabela 3.1	Zestawienie zastosowania metod DCF i ROV w eksploatacji surowców nieodnawialnych.....	77
Tabela 4.1	Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN).....	104
Tabela 4.2	Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)	104
Tabela 4.3	Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację <i>Ioszcz</i> (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)	104
Tabela 4.4	Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN).....	104
Tabela 4.5	Charakterystyka techniczna obszaru poeksploatacyjnego.....	121
Tabela 4.6	Zestawienie planowanego wydobycia węgla w KWB Bełchatów w latach 2014-2039	123
Tabela 4.7	Zestawienie cen bazowych i rozliczeniowych (wykonania) w latach 1994-2011	125
Tabela 4.8	Zestawienie stóp dyskontowych i wskaźników inflacji w latach 2007-2013.	127
Tabela 4.9	Zdyskontowany koszt likwidacji i rekultywacji terenów pokopalnianych do końca roku 2013	127
Tabela 4.10	Stawka odpisu na FLZG w latach 2008-2013	128
Tabela 4.11	Zestawienie oprocentowania rocznego obligacji EDO 10-letnich w latach 2008-2013.....	128
Tabela 4.12	Zestawienie wydobycia węgla w KWB Bełchatów w latach 2007-2013.....	128
Tabela 4.13	Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN).....	131
Tabela 4.14	Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)	131
Tabela 4.15	Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację <i>Ioszcz</i> (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)	131

Tabela 4.16	Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN).....	131
Tabela 4.17	Prognoza cen węgla brunatnego (PLN/t w zaokrągleniu do 1 PLN).....	138
Tabela 4.18	Skumulowany koszt rekultywacji (mln PLN, w zaokrągleniu do 1 mln PLN)	138
Tabela 4.19	Skumulowane oszczędności na nakładach na rekultywację Ioszcz (mln PLN w zaokrągleniu do 1 PLN)	138
Tabela 4.20	Wielkości odpisu na Rezerwę Likwidacji i Rekultywacji (RLiR) (mln PLN w zaokrągleniu do 1 mln PLN).....	138

BIBLIOGRAFIA

KSIĄŻKI I ARTYKUŁY

1. Adner R., Levinthal D.A.; 2004, *What is not a real option: considering boundaries for the application of real options to business strategy*, Academy of Management Review, Vol. 29, No. 1
2. Amram M., Kulatilaka N., 1999, *Real Options. Managing strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press, Boston, MA
3. Bielski M., 2002, *Podstawy teorii organizacji i zarządzania*, C.H. Beck, Warszawa
4. Bogdanienko J., 2005, *Zarys koncepcji, metod i problemów zarządzania*, Wydawnictwo „Dom Organizatora”, Toruń
5. Borison A., 2003, *Real Option Analyses: Where are the Emperor's Clothes?*, 7th Annual Conference „Real options. Theory meets practice”, Washington DC,
6. Brandao L., Dye, J., Hahn W.; 2005, *Using Binomial Decision Trees to Solve Real-Option Valuation Problems*, Decision Analysis, Vol. 2, No. 2, June
7. Brennan M., Schwartz E., 1977, *The valuation of American put options*, The Journal of Finance, Vol. 32, Issues 2
8. Brennan M., Schwartz E., 1985, *Evaluating Natural Resource Investments*, Journal of Business, Vol. 58, Issues 2
9. Brennan M., Schwartz E., 1985a, *A New Approach to Evaluating Natural Resource Investments*, Midland Corporate Finance Journal, Vol. 3, No. 1
10. Brigham E., Houston J., 2005, *Podstawy zarządzania finansami*, Tom 1, Tom 2, PWE, Warszawa
11. Brigham G.F., Gapenski L.C.; 2000, *Zarządzanie finansami*, PWE, Warszawa
12. Carr P., 1988, *The valuation of sequential exchange opportunities*, Journal of Finance, Vol. 43, No.5
13. Cetindamar D., Husoy K., 2007, *Corporate Social Responsibility Practices and Environmentally Responsible Behavior: The Case of The United Nations Global Compact*, Journal of Business Ethics, No. 76
14. Chodyński A., 2011, *Odpowiedzialność ekologiczna w proaktywnym rozwoju przedsiębiorstw*, Oficyna Wydawnicza AFM, Kraków
15. Cortazar G., Cassaus J., 1998, *Optimal timing of Mine Expansion: Implementing a Real options model*, The Quarterly Review of Economics and Finance, Special issue, Vol. 38

16. Cox J., Ross S., Rubinstein M., 1979, *Option pricing: a simplified approach*, Journal of Financial Economics, No 7
17. Dean J., 1951, *Capital Budgeting*, Columbia University Press, New York
18. Dimitrakopoulos R. G., Sabour Abdel S.A., 2007, *Evaluating mine plans under uncertainty: Can the real options make a difference?*, Resources Policy, Vol. 32, No. 3
19. Dixit A., Pindyck R., 1994, *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, NJ, s. 6
20. Dixit A., Pindyck R., 1995, *The Options Approach to Capital Investment*, Harvard Business Review, May-June
21. Drury C., 2000, *Management and cost accounting*, Thomson Learning, Cincinnati, Ohio
22. Dubiński J., Tajduś A., 2009, *Szanse i zagrożenia polskiego górnictwa węgla brunatnego w świetle uwarunkowań światowych i europejskich*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 33, Zeszyt 2, Wydawnictwa AGH, Kraków
23. Dzieża J., 2011, *Problemy związane z aplikacją opcji rzeczowych do wyceny przedsięwzięć górniczych*, Przegląd Górniczy, nr 6, Tom 66
24. Edwards F., Ma C.W., 1992, *Futures and options*, Mc Graw Hill
25. Fernandez P., 2007, *Valuing companies by cash flow discounting: ten methods and nine theories*, Managerial Finance, Vol. 33, No. 11
26. Galiniak G., Bik A., 2012, *The reclamation of post-mining areas of lubuski region (Poland) on example of Sieniawa lignite mine*, AGH Journal of Mining and Geoengineering, Vol. 36, No. 1
27. Geske R., 1979, *The valuation of compound options*, Journal of Financial Economics, Vol.7, No. 1
28. Hartley D.S., 1997, *Verification & Validation in military simulations*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, ed. S. Andradóttir, K.J. Healy, D.H. Withers, B.L. Nelson, Washington DC
29. Hodder J.E., Riggs H. E., 1985, *Pitfalls in Evaluating Risky Projects*, Harvard Business Reviews, Vol. 63, No. 1
30. Hull J., 1997, *Kontrakty terminowe i opcje. Wprowadzenie*, WIG Press, Warszawa
31. Hull J., 2012, *Options, Futures and Other Derivatives*, Edition 8, Prentice Hall
32. Ito K., 1951, *On Stochastic Differential Equations*, Memoirs of the American Mathematical Society, No. 4
33. Jajuga T., 2000, *Opcja rzeczowa - nowy instrument pochodny czy przełom w zarządzaniu finansami*, Rynek terminowy, nr 9(3)

34. Jajuga K., Jajuga T., 2008, *Inwestycje. Instrumenty finansowe, aktywa niefinansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*, PWN, Warszawa
35. Jewartowski T., Mizerka J., Mróz C., 2015, *Coal-mine liquidation as a strategic managerial decision: a decision making model based on the options approach*, Archive of Mining, Polska Akademia Nauk, Kraków, [maszynopis przyjęty do druku]
36. Jurdziak L., 2005, *Kształtowanie cen węgla brunatnego w warunkach ich regulacji i zatwierdzeń*, Górnictwo Odkrywkowe, Nr 4-5
37. Kasztelewicz Z., 2004, *Polskie górnictwo węgla brunatnego*, Redakcja Górnictwa Odkrywkowego, Bełchatów-Wrocław
38. Kasztelewicz Z., 2010, *Rekultywacja terenów pogórnicznych w polskich kopalniach odkrywkowych*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna ART-TEKST, Kraków
39. Kasztelewicz Z., Kaczorowski J., 2009, *Rekultywacja i rewitalizacja kopalń węgla brunatnego na przykładzie kopalni „Bełchatów”*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 33, Zeszyt 2, Wydawnictwa AGH, Kraków
40. Kasztelewicz Z., Sikora M., 2012, *Węgiel brunatny na świecie i w Polsce*, Węgiel Brunatny, nr 1/78, Związek Pracodawców Porozumienie Producentów Węgla Brunatnego z siedzibą w Bogatyni, Bogatynia
41. Kasztelewicz Z., Sypniewski S., 2010, *Rekultywacja w polskim górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4, Wydawnictwa AGH, Kraków
42. Kasztelewicz Z., Koziół K., Koziół W., Klich J., 2007, *Węgiel brunatny - perspektywy rozwoju*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 31, Zeszyt 2, Wydawnictwa AGH, Kraków
43. Kasztelewicz Z. i in., 2008, *Pole Bełchatów. Koncepcja rekultywacji i zagospodarowania wyrobisk końcowych Zakładu Górniczego KWB Bełchatów - Pole Bełchatów i Pole Szczerców*, Fundacja dla AGH, (praca niepublikowana)
44. Kemna A., 1993, *Case Studies on Real Options*, Financial Management, Vol. 22, Issues 3
45. Kleijnen J.P.C., Sargent R. G., 2000, *A methodology for fitting and validating metamodels in simulation*, European Journal of Operational Research, Vol. 120, Issues 1
46. Koziński J., Pastusiak R., 2013, *Model dwumianowy w wycenie przedsiębiorstwa*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego
47. Kronenberg J., Bergier T. (red.), 2010, *Wyzwania zrównoważonego rozwoju w Polsce*, Fundacja Sędzimir, Kraków

48. Krysiak Z., 2013, *Zdolność prognostyczna modelu opcji rzeczywistych w ocenie wartości spółki*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia, Nr 59/2013, nr 760
49. Kulatilaka N., 1993, *The value of flexibility: the case of dual-fuel industrial steam boiler*, Financial Management, Autumn
50. Kustra A., 2013, „*Zarządzanie kosztami w cyklu życia projektu geologiczno-górniczego*”, Wydawnictwa AGH, Kraków
51. Kustra A., Mróz C., 2014, *Decyzja o zamknięciu projektu geologiczno-górniczego wspomagana rachunkiem opcji rzeczywistych*, Przegląd górniczy, Nr 5(1098), Tom 70, SITG Zarząd Główny, Katowice
52. Lichtarski J. (red.), 2007, *Podstawy nauki o przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław
53. Luehrman T. A., 1998, *Strategy as a portfolio of real options*, Harvard Business Review, No.76(5)
54. Luehrman T., 1998, *Strategy as a Portfolio of Real Options*, Harvard Business Review, September-October
55. Maubassin M., 1999, *Get Real. Using Options in Security Analysis*, Frontiers of Finance, Vol. 10, Credit Suisse First Boston Corporation, June
56. Margrabe W., 1978, *The value of an option to exchange one asset for another*, Journal of Finance, Vol. 33, No. 1
57. Mathews S., 2009, *Valuing risky projects with real options*, Research Technology Management, September - October
58. Menguc B., Auh S., Ozanne L., 2010, *The Interactive Effect of Internal and External Factors on a Proactive Environmental Strategy and Its Influence on Firm Performance*, Journal of Business Ethics, Vol. 94, Issue 2
59. Michalski M., 2009, *Analiza metod oceny efektywności inwestycji rzeczowych*, Ekonomia Menedżerska, Nr 6
60. Mizerka J., 2005, *Opcje rzeczywiste w ocenie efektywności inwestycji*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań
61. Mizerka J., Mróz C., 2013, *Jak metoda opcji rzeczywistych wspiera podejmowanie decyzji w górnictwie*, Przegląd górniczy, Nr 9, Tom 69, Katowice
62. Moyen N., Slade M., Uppar R., 1996, *Valuing risk and flexibility: a comparison of methods*, Resources Policy, Vol., Issues 1-2
63. Mun J., 2002, *Real options Analysis*, J. Wiley, New York

64. Myers S.C., 1974, *Interactions of corporate financing and investment decisions - implications for capital budgeting*, The Journal of Finance, Vol. XXIX, No. 1, March
65. Myers S.C., 1977, *Determinant of Corporate Borrowing*, Journal of Financial Economics, Vol. 5, Issue 2
66. Nita B., 2007, *Metody wyceny i kształtowanie wartości przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa
67. Nowicki J., 2013, *Zdyskontowany okres zwrotu jako miara opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych*, Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia, Nr 64/1, Zeszyty naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 786
68. Oblój K., 2001, *Strategia organizacji*, PWE, Warszawa
69. Olkusiński T., 2014, *Największe pod względem udziału zagraniczne grupy kapitałowe obecne na polskim rynku energii elektrycznej*, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, Tom 17, Zeszyt 4, Kraków
70. Ostrenga A., 2004, *Sposoby zagospodarowania wyrobisk i terenów po eksploatacji złóż surowców węglanowych na przykładzie Krzemionek Podgórskich w Krakowie*, praca doktorska, Biblioteka Główna AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków
71. Ostrenga A., Uberman R., 2010, *Kierunki rekultywacji i zagospodarowania - sposób wyboru, klasyfikacja i przykłady*, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4, Wydawnictwa AGH, Kraków
72. Paddock J., Siegel D. i Smith J., 1988, *Option valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases*, Quarterly Journal of Economics, Vol. 103, Issue 3
73. Rubinstein M., 2006, *A history of the Theory of Investments*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
74. Rudny W., 2009, *Opcje rzeczowe w procesie tworzenia wartości przedsiębiorstwa*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice
75. Różański J., 1998, *Inwestycje rzeczowe w procesach rozwojowych przedsiębiorstw*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź
76. Sabour Abdel, S.A., Poulin R., 2010, *Mine expansion decision under uncertainty*, International Journal of Mining, Reclamation and Environment, Vol. 10, No. 4, December
77. Saługa P., 2011, *Wycena projektu górniczego z opcjami równoległymi*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 27, Zeszyt 1, IGSMiE PAN Kraków
78. Shleifer A., Vishny R., 1997, *The limits of Arbitrage*, The Journal of Finance, Vol. LII, No. 1, March

79. Skinner R.K.; 2009, *How to value energy assets using real options*, Natural gas and electricity. The monthly journal for producers, marketers, pipelines, distributors, and end-users, Vol. 26, No. 3
80. Stoner J.A.F., Freeman R.E., Gilbert D.R., 1999, *Kierowanie*, PWE, Wydanie II, Warszawa
81. Strategor 1996, *Zarządzanie firmą. Strategie, struktury, decyzje., tożsamość*, PWE, Warszawa
82. Tajduś A., 2008, *Węgiel brunatny to bezpieczeństwo energetyczne Polski*, Węgiel brunatny, nr 1/62
83. Tajduś A., Kaczorowski J., Kasztelewicz Z., Czaja P., Cała M., Bryja Z., Żuk S., 2014, *Węgiel brunatny – oferta dla polskiej energetyki. Możliwości rozwoju działalności górnictwa węgla brunatnego w Polsce do 2050 roku*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna Art-Tekst, Kraków
84. Varian H.R., 1987, *The arbitrage principle in financial economics*, Economic Perspectives, Vol.1, No 2
85. Wiśniewski T.; 2008, *Ocena efektywności inwestycji rzeczowych ze szczególnym uwzględnieniem ryzyka*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin
86. Yuan-yuan J., Jun D., Jianxin J., 2007, *A financial model of flexible manufacturing systems planning under uncertainty: identification, valuation and applications of real options*, International Journal of Production Research, Vol. 45, No. 6, March

AKTY PRAWNE I INNE OPRACOWANIA

87. Dyrektywa 2004/35/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie odpowiedzialności za środowisko w odniesieniu do zapobiegania i zarządzania szkodami wyrządzonym środowisku naturalnemu.
88. Ministerstwo Gospodarki, 2009, *Polityka energetyczna kraju do 2030 roku*, Warszawa
89. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 15 października 1998 r. w sprawie szczególnych zasad kształtowania cen węgla brunatnego, Dz.U. 1998 nr 132 poz. 868
90. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 24 czerwca 2002 r. w sprawie szczególnych zasad tworzenia i funkcjonowania funduszu likwidacji zakładu górnictwa, Dz.U. 2002 nr 108 poz. 951
91. *Strategia Rozwoju Powiatu Belchatowskiego na lata 2005 – 2015*, 2005, Invest Consulting S.A., Poznań

92. Uchwała Nr LI/865/2006 Sejmiku Województwa Łódzkiego z dnia 31 stycznia 2006 r., *Strategia Rozwoju Województwa Łódzkiego na lata 2007-2020*
93. Uchwała nr LX/1648/10 Sejmiku Województwa Łódzkiego z dnia 21 września 2010 r. zaktualizowany *Plan zagospodarowania przestrzennego województwa łódzkiego*
94. Uchwały nr XXXV/242/09 z dnia 26 lutego 2009 r. Rady Miejskiej w Bełchatowie *Strategia Rozwoju Miasta Bełchatowa na lata 2009 – 2015*
95. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 roku *o ochronie gruntów rolnych i leśnych* (tekst jednolity z dnia 18 lipca 2013 roku Dz. U. Nr 2013, poz. 1205)
96. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku *Prawo ochrony środowiska* (tekst jednolity z dnia 26 czerwca 2014 roku Dz. U. Nr 2013, poz. 1232 z późn. zm.)
97. Ustawa z dnia 27 marca 2003 roku *o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* (tekst jednolity Dz. U. Nr 80, poz. 717 z późn. zm.)
98. Ustawa z 13 kwietnia 2007 roku *o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie*, Dz.U. 2007 Nr 75 poz. 493
99. Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 roku *Prawo geologiczne i górnicze* (Dz. U. Nr 163, poz. 981 z późn. zm.)

ŹRÓDŁA INTERNETOWE

100. Barton K., Lawryshyn Y., 2010, *Reconciling Real Option Models: An Approach to Incorporate Market and Private Uncertainties*, Proceedings of the 14th Annual International Conference “Real options. Theory meets practice”, Italy, <http://www.realloptions.org/papers2010/index.html> oraz <http://www.realloptions.org/papers2010/106.pdf> [dostęp 10.01.2015]
101. Brautigam J., Esche C., Mehler-Bicher A., 2003, *Uncertainty as a key value driver of real options*, Proceedings of the 7th Annual International Conference “Real options. Theory meets practice”, Washington DC, http://www.realloptions.org/abstracts_2003.html oraz <http://www.realloptions.org/papers2003/BraeutigamUncertainty.pdf> [dostęp 10.01.2015]
99. Biuletyn Informacji Publicznej, 2009, *Plan rozwoju lokalnego gminy Kleszczów na lata 2008 – 2015* <http://www.bip.kleszczow.pl/index.jsp?bipkod=/011/002> [dostęp 23.03.2015]

100. Colwell D., Henker T., Ho J., 2002, *Real Options Valuation of Australian Gold Mines and Mining Companies*, working paper,
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=332402
[dostęp 10.01.2015]
101. Grupa Kapitałowa PGE Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów S.A., 2009, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe Grupy Kapitałowej PGE Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów Spółka Akcyjna za rok obrotowy kończący się dnia 31.12.2008 r.*, Rogowiec.
http://www.bankier.pl/static/att/emitent/2010-08/KWB_Belchatow_2008_Skonsolidowane_sprawozdanie_fianansowe_201008250000152939.PDF
[dostęp 10.01.2015]
102. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2008, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe zgodne z MSSF za lata zakończone dnia 31 grudnia 2006 roku oraz dnia 31 grudnia 2007 roku wraz z opinią biegłego rewidenta*, Rogowiec.
http://www.gkpge.pl/media/pdf/2007_Skonsolidowane_sprawozdanie_fianansowe_Grupy_Kapitalowej_PGE.pdf
[dostęp 10.01.2015]
103. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2009, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe zgodnie z MSSF za rok zakończony dnia 31.12.2008 roku*, Rogowiec.
http://www.gkpge.pl/media/pdf/2008_Skonsolidowane_sprawozdanie_fianansowe_Grupy_Kapitalowej_PGE.pdf
[dostęp 10.01.2015]
104. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2009a, *Śródroczne skonsolidowane sprawozdanie finansowe PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. za okres od 1.01.2009 do 30.06.2009*, Warszawa.
<http://www.gkpge.pl/media/pdf/Prospekt-PGE-czesc%20finansowa.pdf>
[dostęp 10.01.2015]
105. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2011, *Sprawozdanie finansowe PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. za okres od dnia 1 stycznia 2010 roku do dnia 31 grudnia 2010 roku*, Warszawa
http://www.gkpge.pl/media/pdf/Sprawozdanie_fianansowe_PGE_2010.pdf
[dostęp 10.01.2015]

106. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2012, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe zgodne z MSSF za rok zakończony dnia 31 grudnia 2011 roku*, Warszawa
http://www.gkpge.pl/media/pdf/Skonsolidowane_sprawozdanie_finansowe_GK_PGE_2011.pdf
[dostęp 10.01.2015]
107. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2013, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe zgodne z MSSF za rok zakończony dnia 31 grudnia 2012 roku*, Warszawa.
http://www.gkpge.pl/media/pdf/Skonsolidowane_sprawozdanie_finansowe_GK_PGE_2012.pdf
[dostęp 10.01.2015]
108. Grupa Kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., 2014, *Skonsolidowane sprawozdanie finansowe zgodne z MSSF za rok zakończony dnia 31 grudnia 2013 roku*, Warszawa.
http://www.gkpge.pl/media/pdf/Skonsolidowane_sprawozdanie_finansowe_GK_PGE_2013.pdf
[dostęp 10.01.2015]
109. Lagos J.P.G, Zhang S.X., 2012, *A real option model to value multiple mining investment options in a single instant of time*, Proceedings of the 16th Annual International Conference “Real options. Theory meets practice”, London,
<http://www.realoptions.org/papers2012/index.html> oraz
<http://realoptions.org/openconf2012/data/papers/25.pdf>
[dostęp 10.01.2015]
110. Ministerstwo Finansów, 2008, *List emisyjny nr 44/2008 Ministra Finansów z dnia 21 listopada 2008 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej*,
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed50&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
111. Ministerstwo Finansów, 2009, *List emisyjny nr 48/2009 Ministra Finansów z dnia 23 listopada 2009 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej*.
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed62&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]

112. Ministerstwo Finansów, 2010, *List emisyjny nr 47/2010 Ministra Finansów z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej.*
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed74&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
113. Ministerstwo Finansów, 2011, *List emisyjny nr 50/2011 Ministra Finansów z dnia 23 listopada 2011 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej.*
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed86&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
114. Ministerstwo Finansów, 2012, *List emisyjny nr 57/2012 Ministra Finansów z dnia 23 listopada 2012 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej.*
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed98&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
115. Ministerstwo Finansów, 2013, *List emisyjny nr 57/2013 Ministra Finansów z dnia 22 listopada 2013 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej.*
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed110&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
116. Ministerstwo Finansów, 2014, *List emisyjny nr 52/2014 Ministra Finansów z dnia 21 listopada 2014 r. w sprawie emisji emerytalnych dziesięcioletnich oszczędnościowych obligacji skarbowych oferowanych w sieci sprzedaży detalicznej.*
http://www.obligacjeskarbowe.pl/index.php?id=listy_ed122&samSession=11e
[dostęp 10.01.2015]
117. Moel A., Tufano P., 2000, *When are real options exercised? An empirical study of mine closings*, working paper No. 99-117 draft 21.06.200,
http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=233800
[dostęp 10.01.2015]
118. Samis M., 2001, *Valuing a Multi-Zone Mine as a Real Asset Portfolio – A Modern Asset Pricing (Real Options) Approach*, materiały na 5th Annual International Conference on Real Options – Theory Meets Practice, Los Angeles, California, United States, 13 and 14 July 2001.
<http://www.realoptions.org/papers2001/samis.pdf>

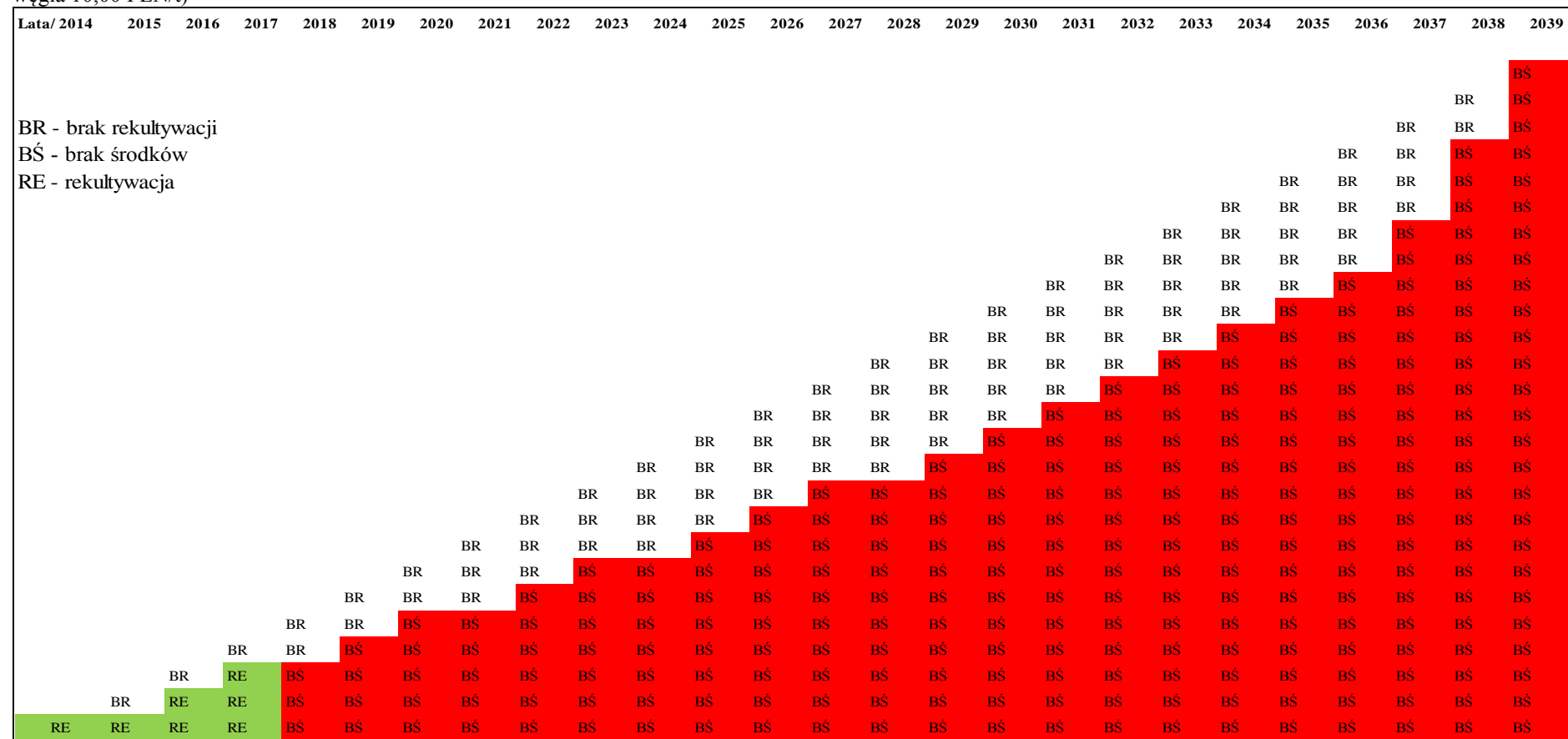
[dostęp 10.01.2015]

119. Shafiee S., Topal E., Nehring M., 2009, *Adjusted real option valuation to maximise mining project value – A case study using century mine.*, w: Project Evaluation 2009 [electronic resource]: proceedings: "moving forward in challenging times". *Project Evaluation Conference 2009*, Melbourne, Australia, (125-134). 21-22 April 2009. <http://www.infomine.com/library/publications/docs/Shafiee2009b.pdf>

[dostęp 10.01.2015]

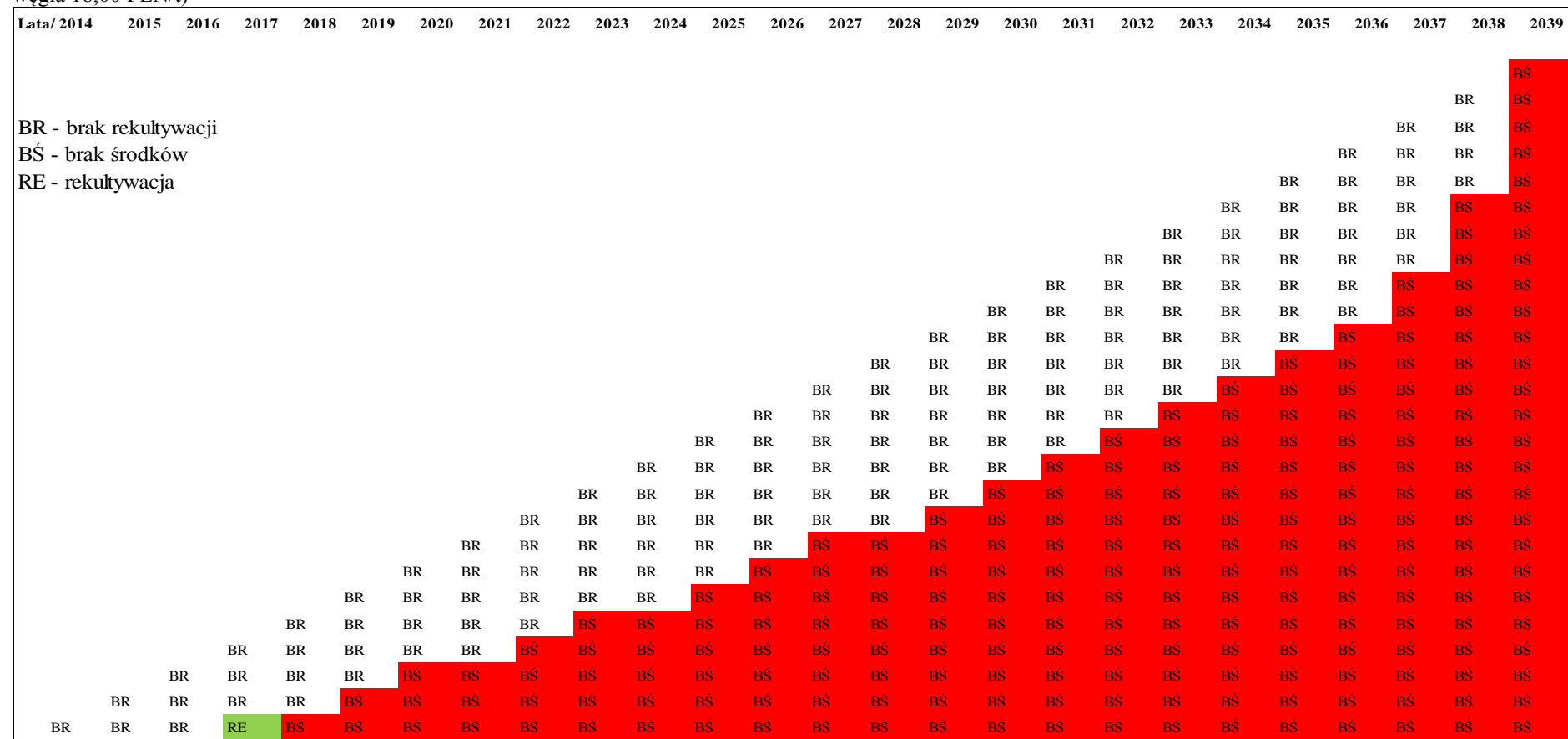
ZALĄCZNIKI

Rysunek 2. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 10,00 PLN/t)



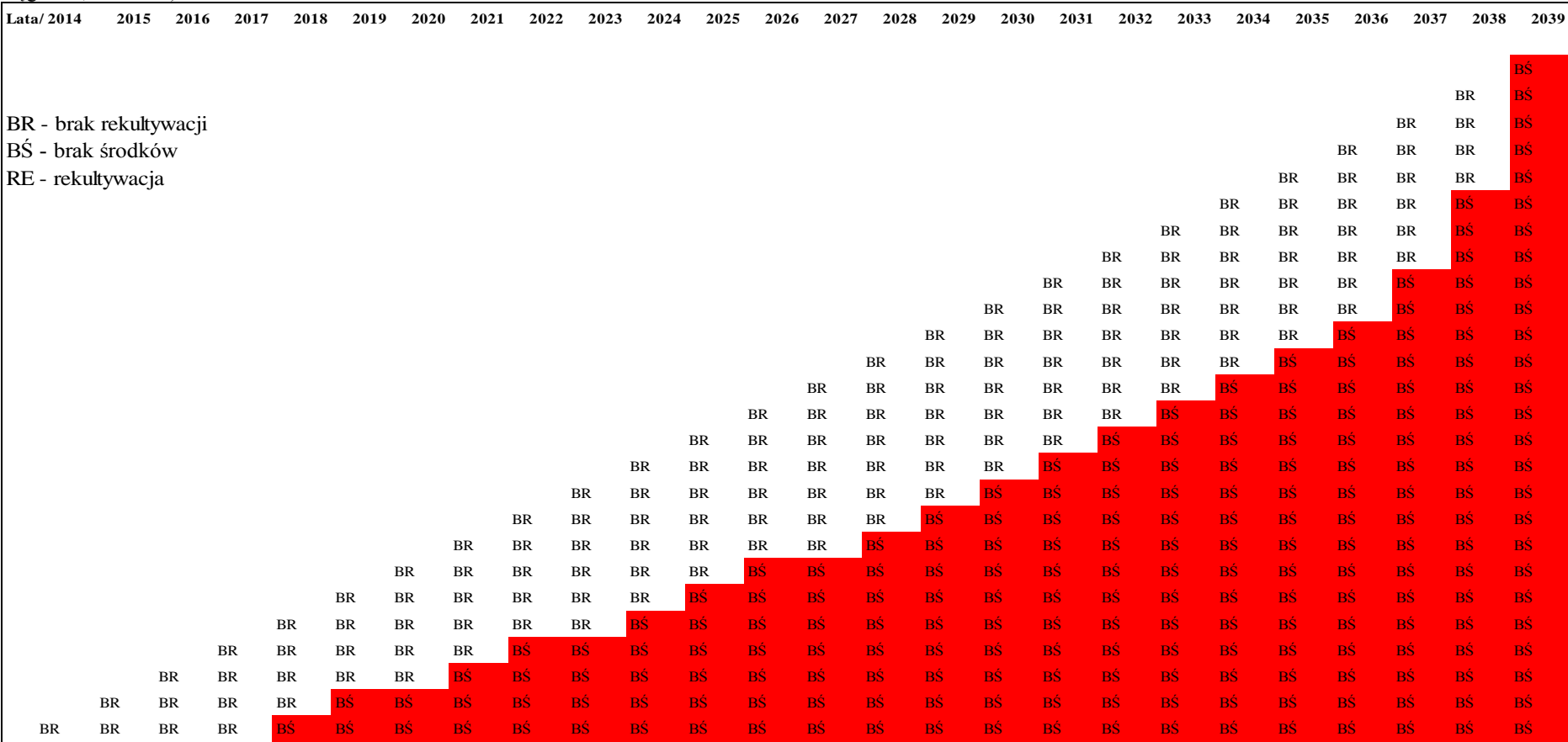
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 4. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 18,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 6. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 19,00 PLN/t)



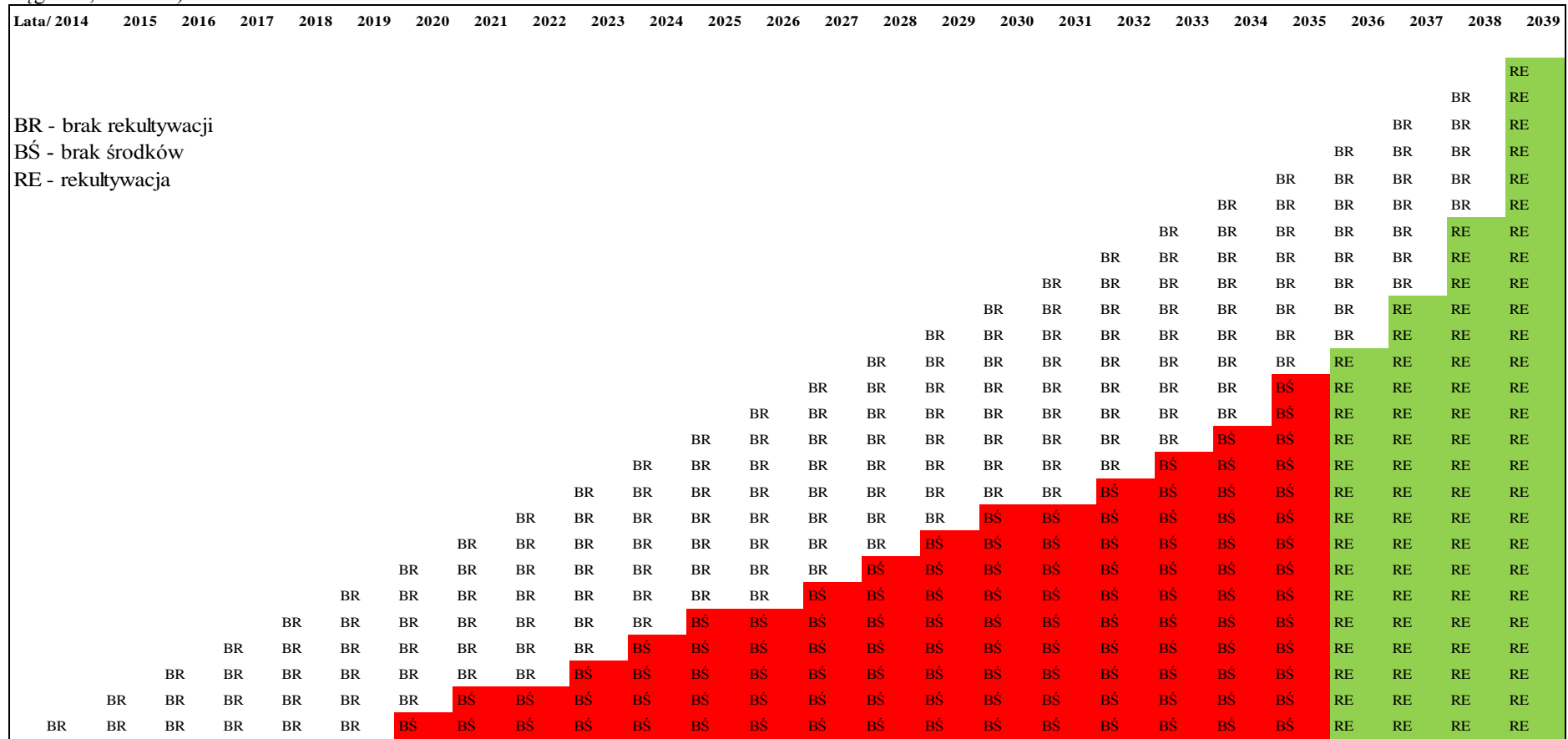
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 7. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (cena węgla 28,00 PLN/t)



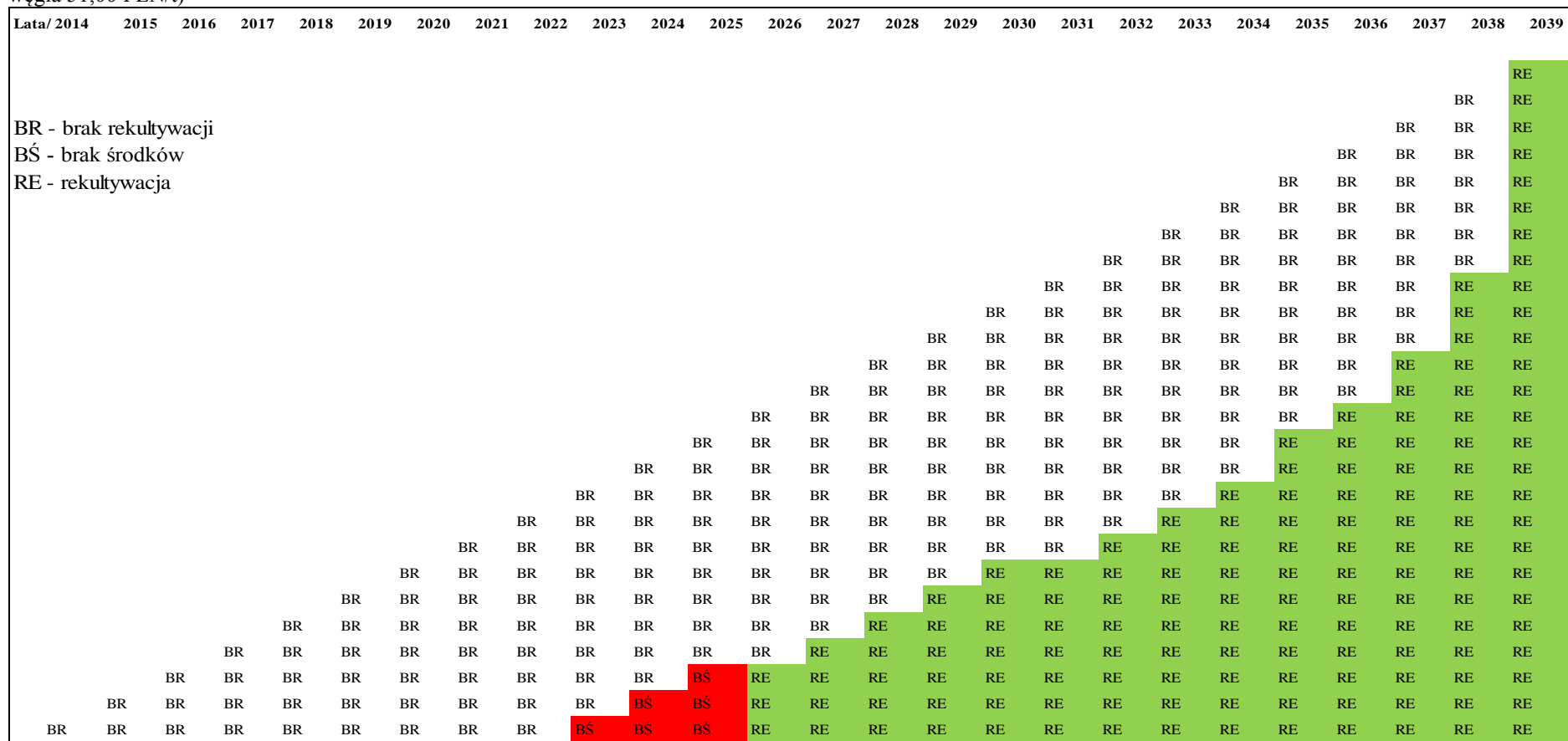
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 8. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 28,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 10. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 51,00 PLN/t)



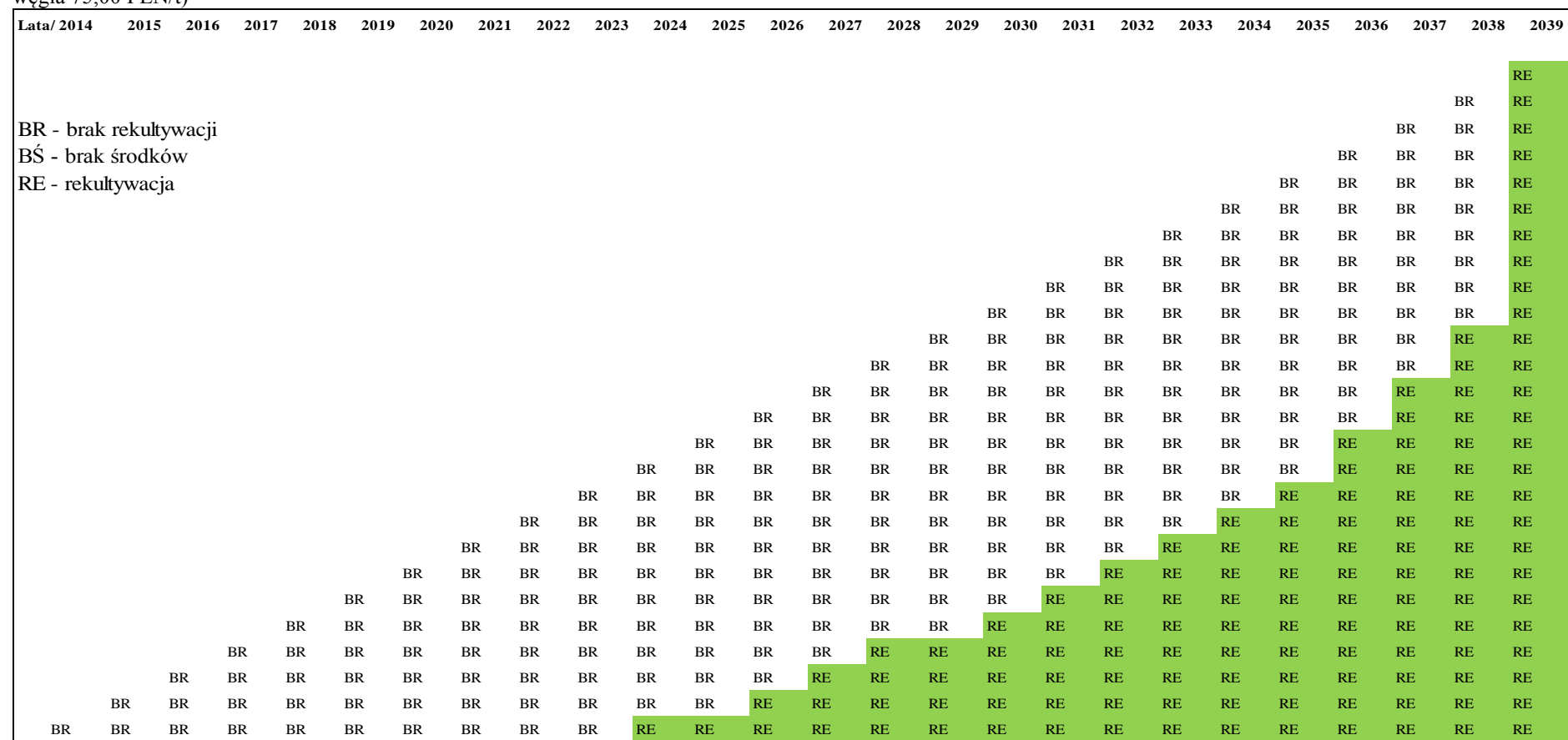
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 14. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 53,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 16. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 75,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 22. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 250,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 24. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 300,00 PLN/t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 26. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 350,00 PLN/t)



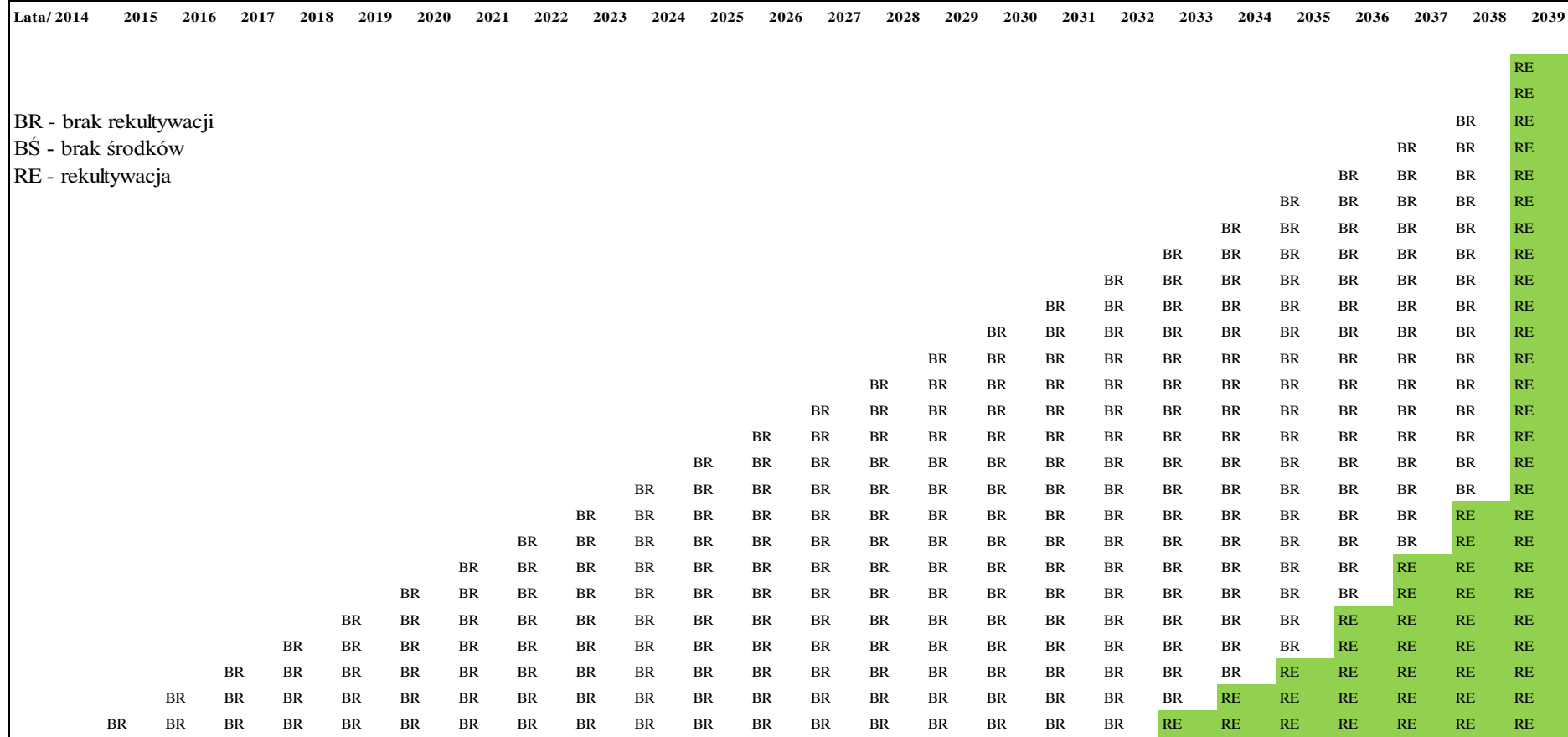
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 28. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 400,00 PLN/t)



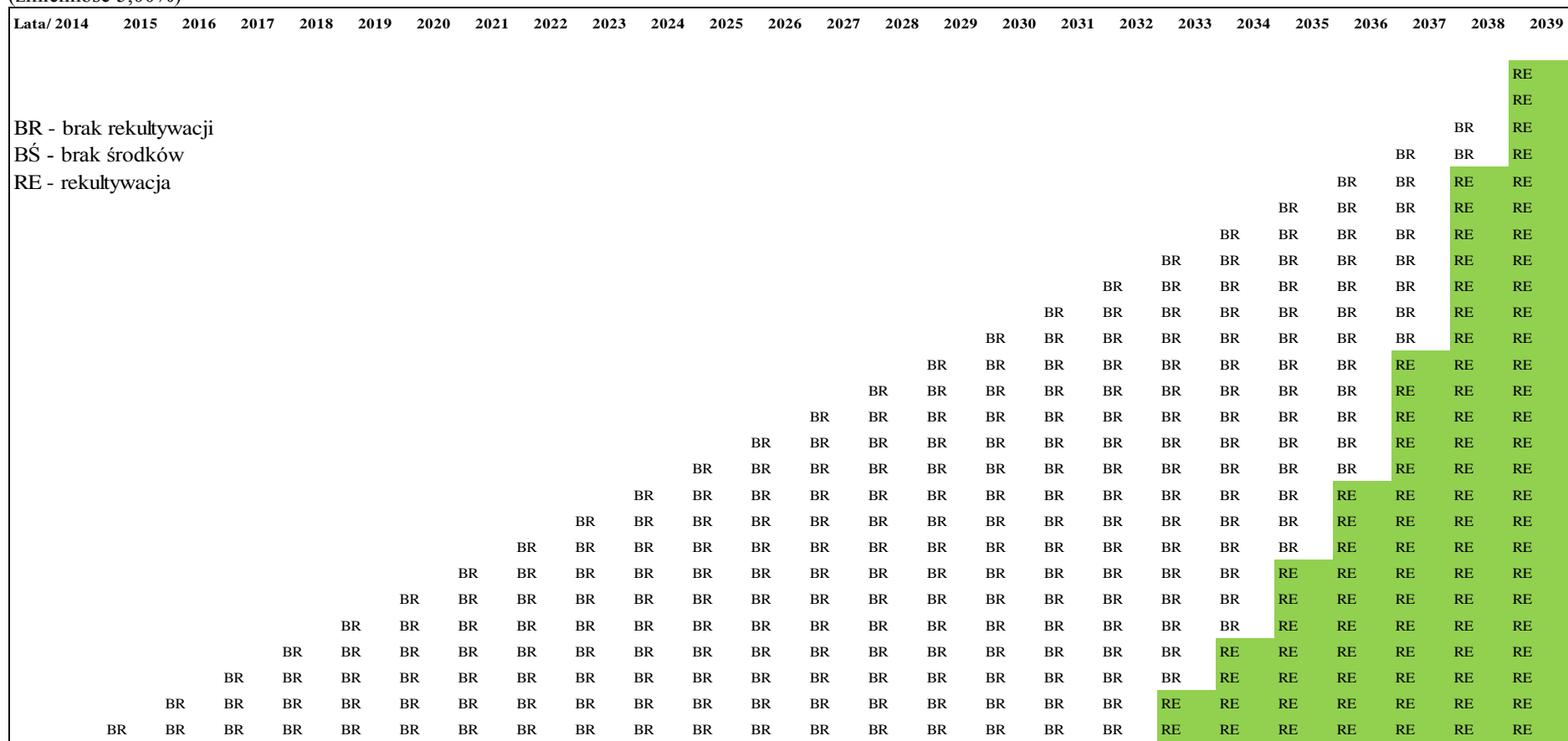
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 30. Zmiana ceny bieżącej sprzedaży węgla i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (cena węgla 450,00 PLN/t)



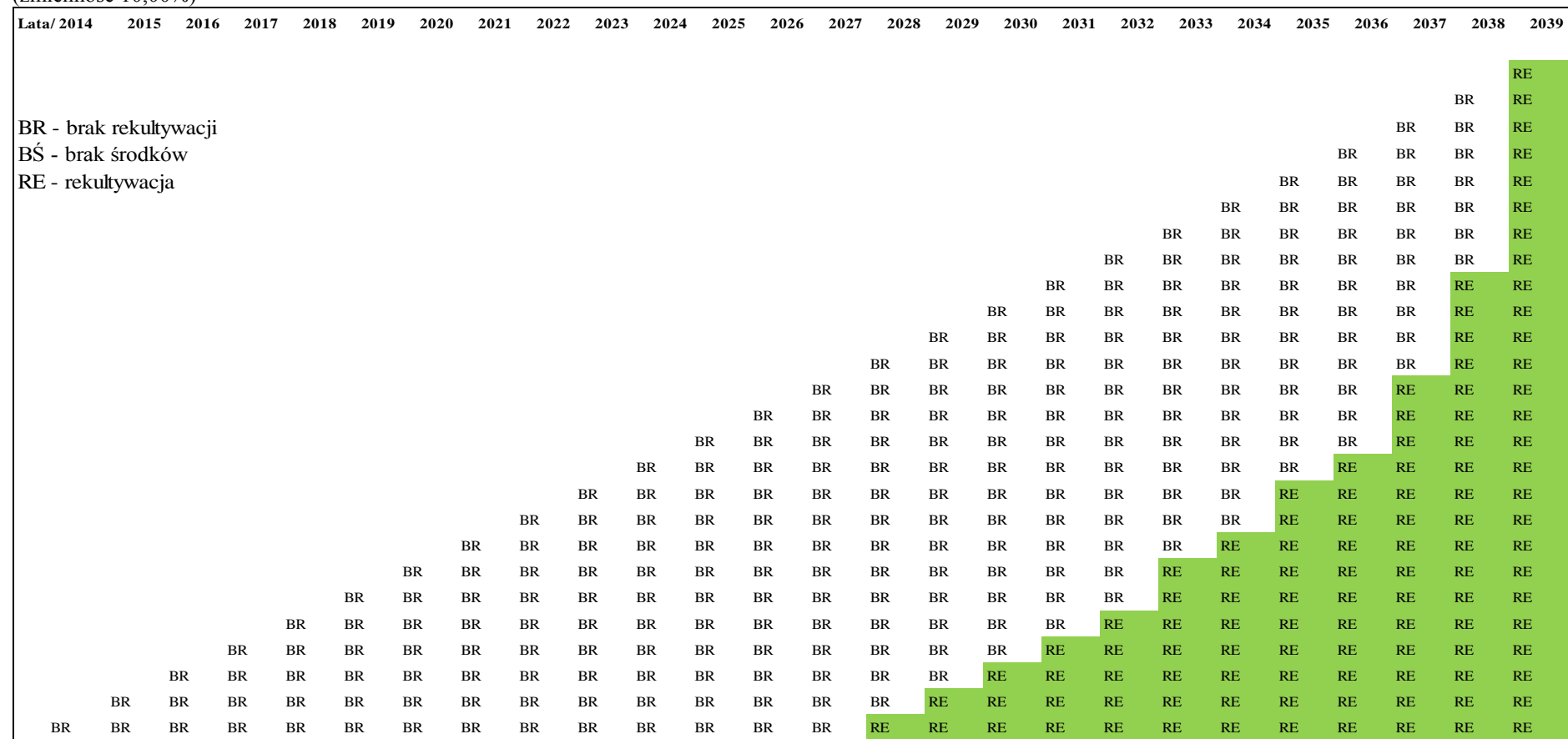
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 36. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 5,00%)



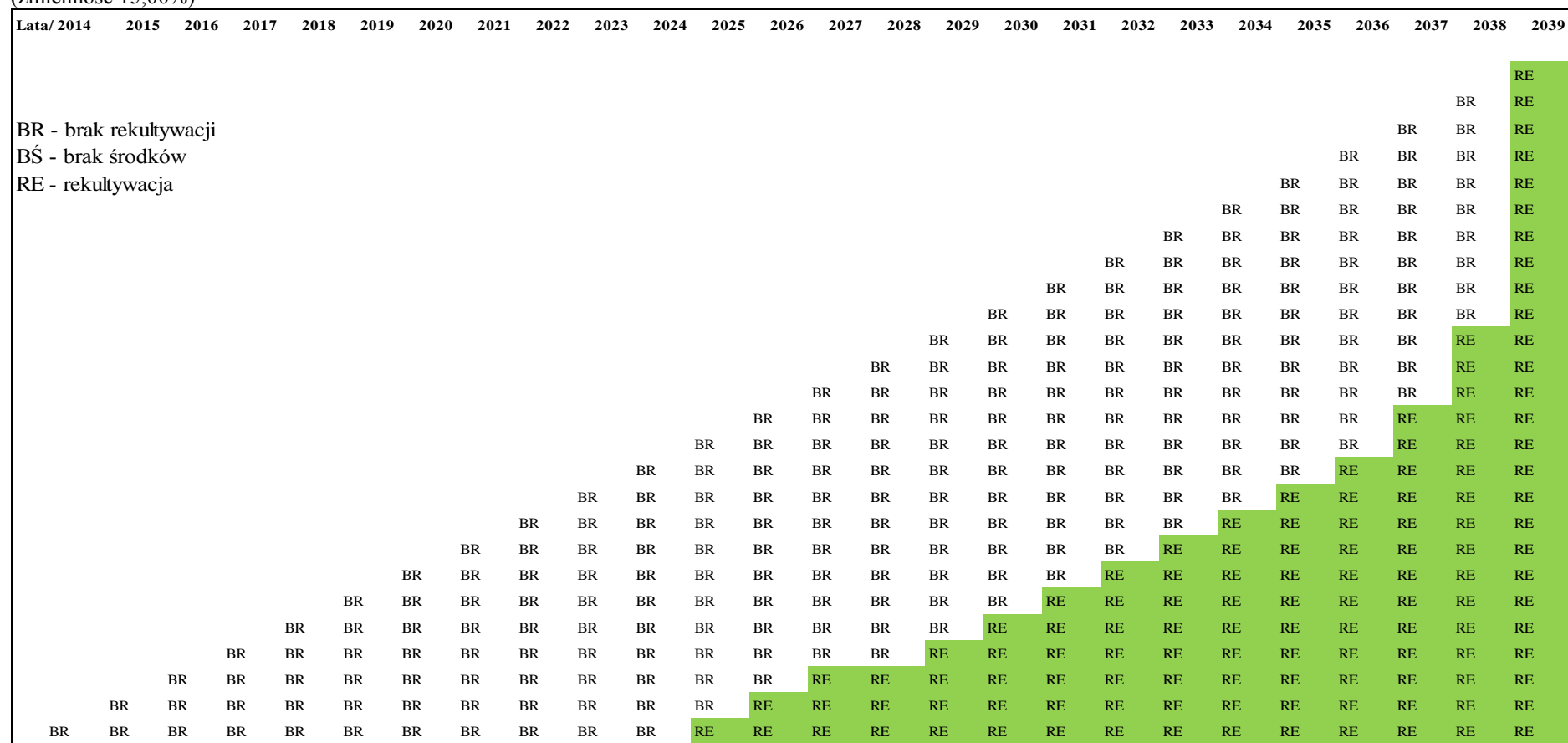
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 38. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 10,00%)



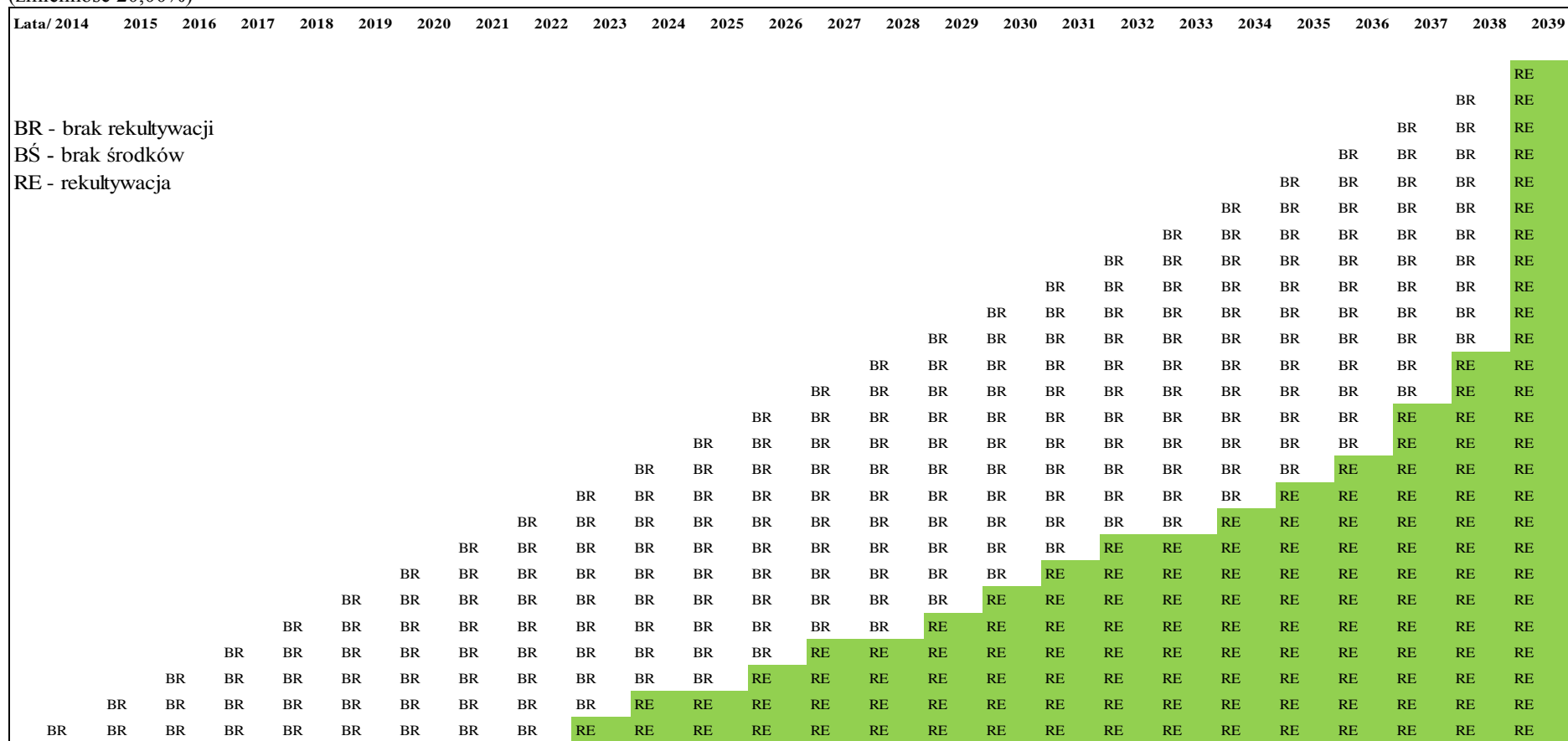
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 40. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 15,00%)



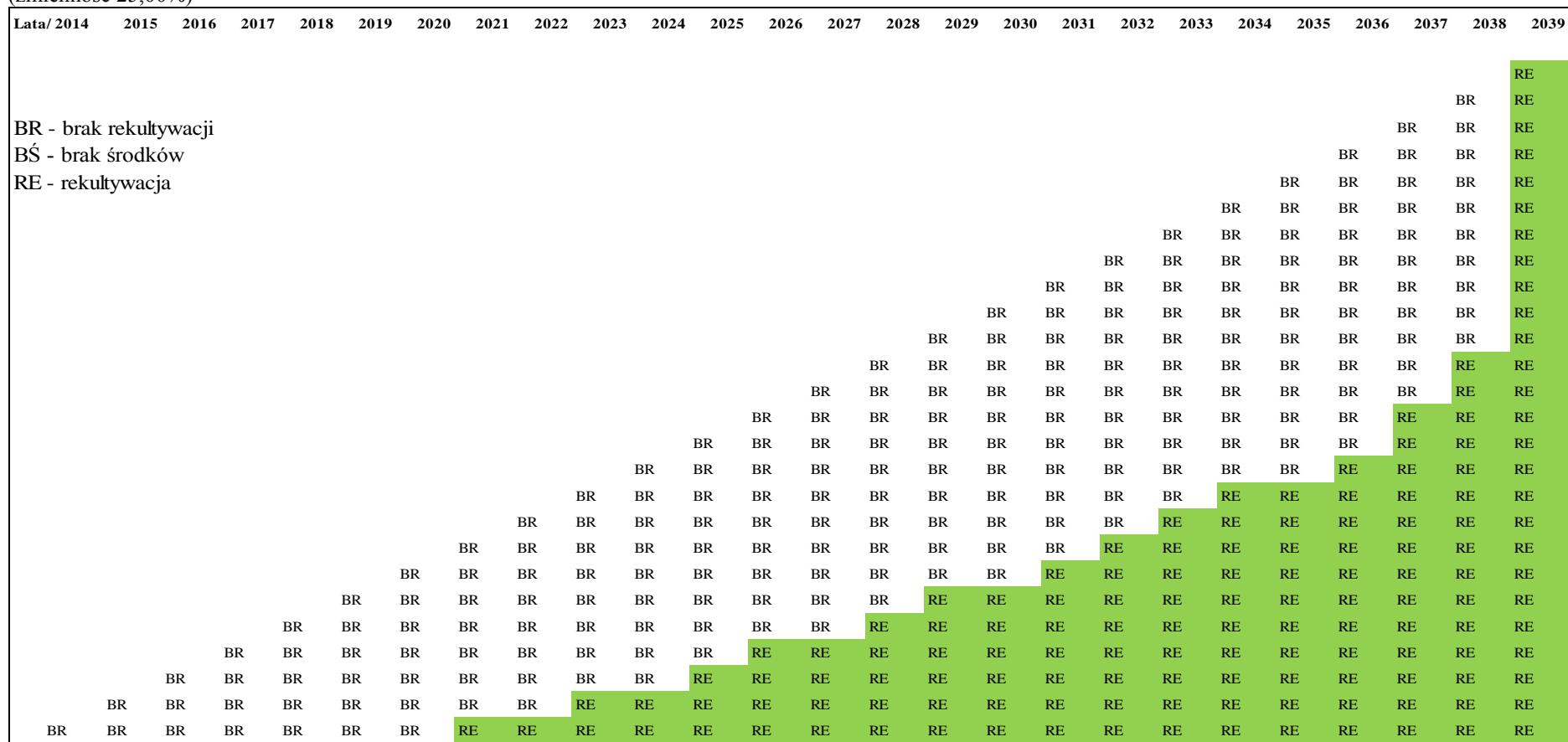
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 42. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 20,00%)



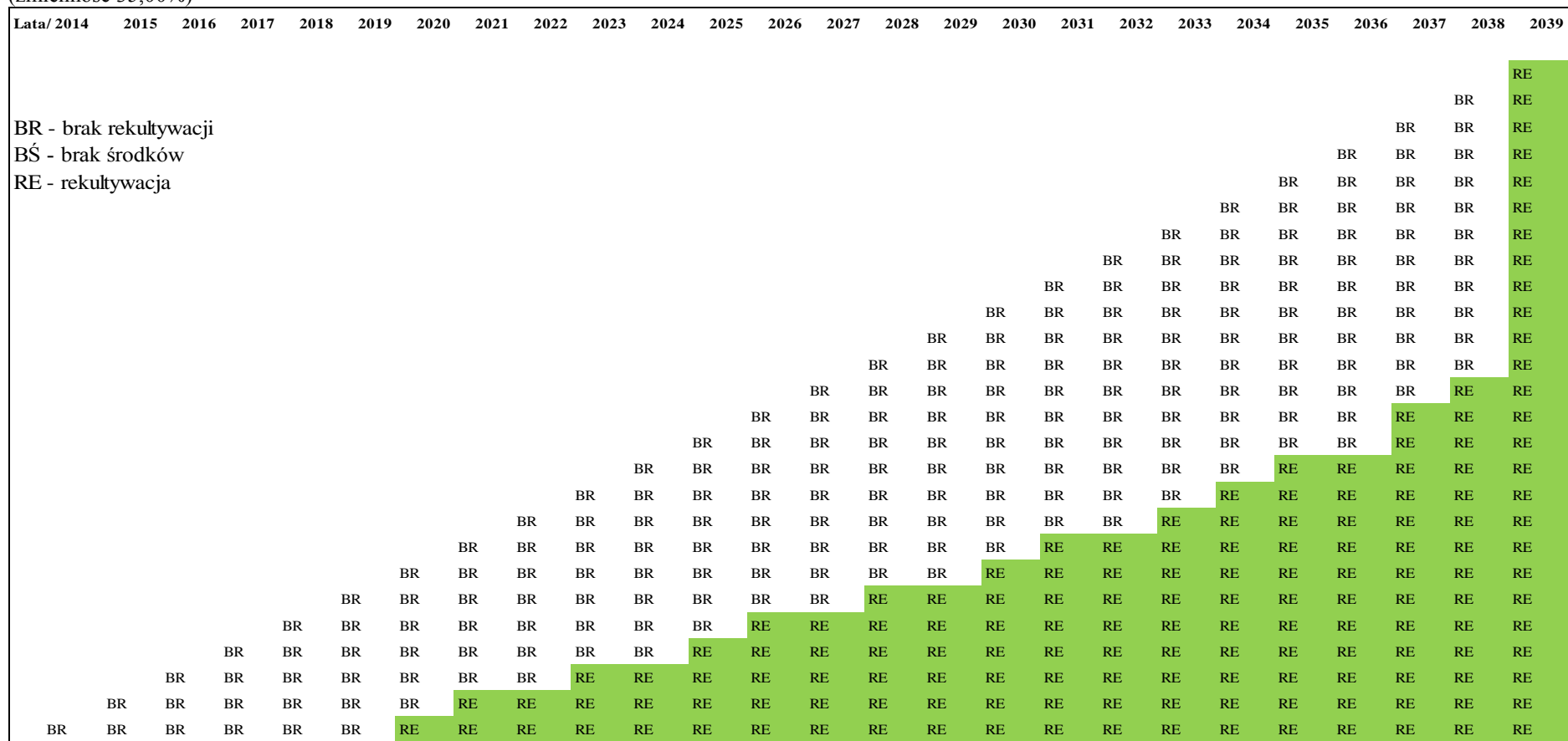
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 44. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 25,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 46. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 35,00%)



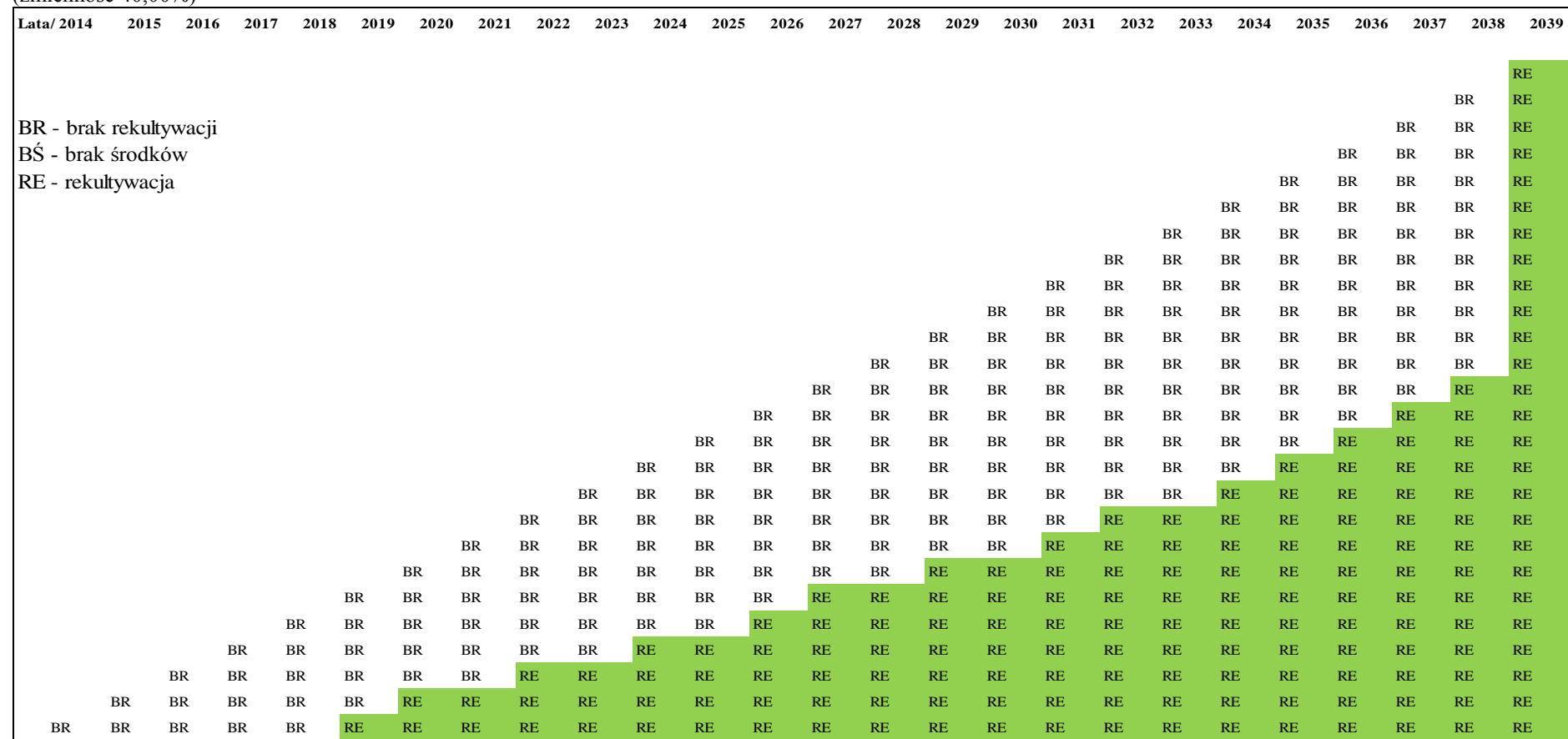
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 47. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (zmienność 40,00%)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039			
																									likwiduj			
																									konty nuuj	likwiduj		
																								konty nuuj	konty nuuj	likwiduj		
																								konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj	
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj

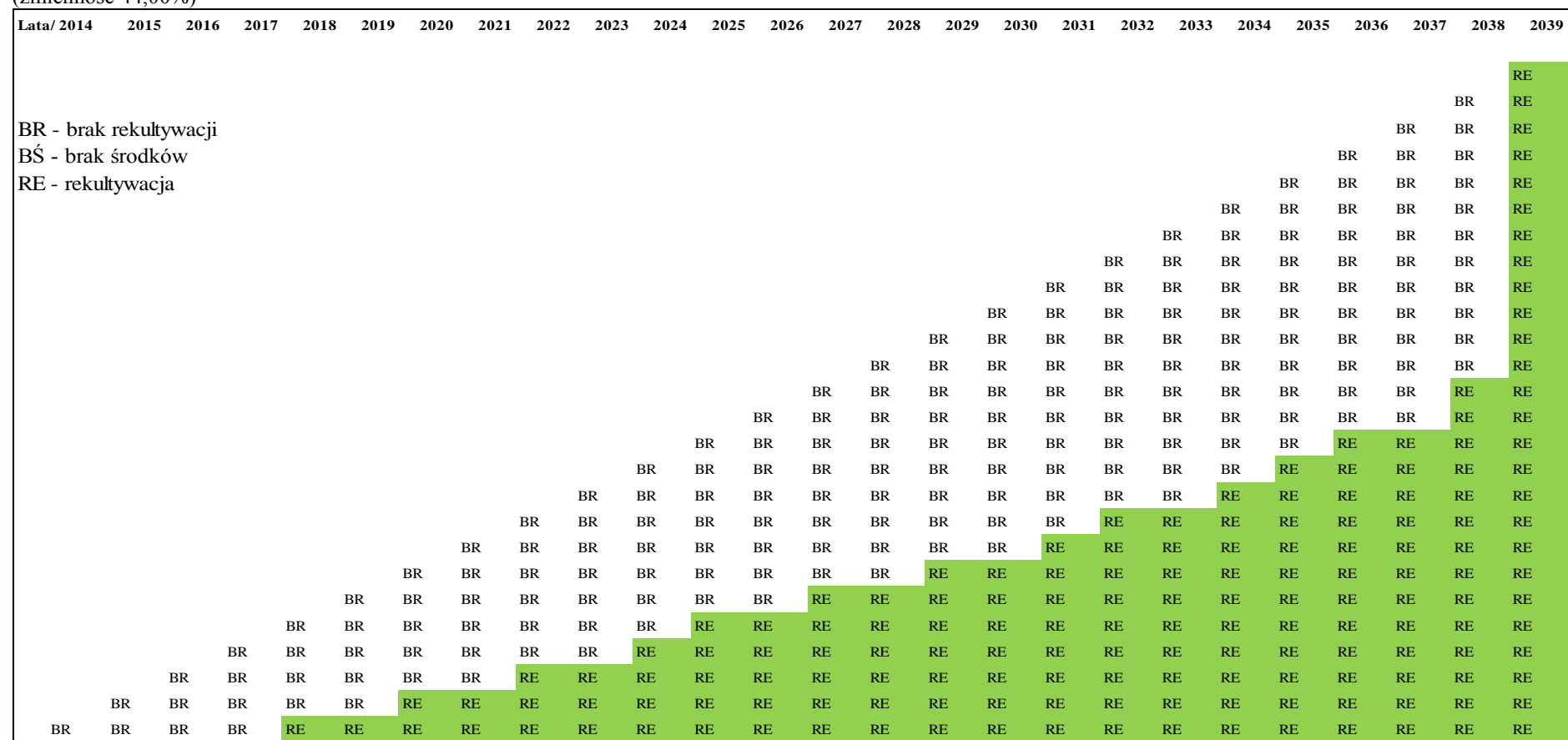
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 48. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 40,00%)



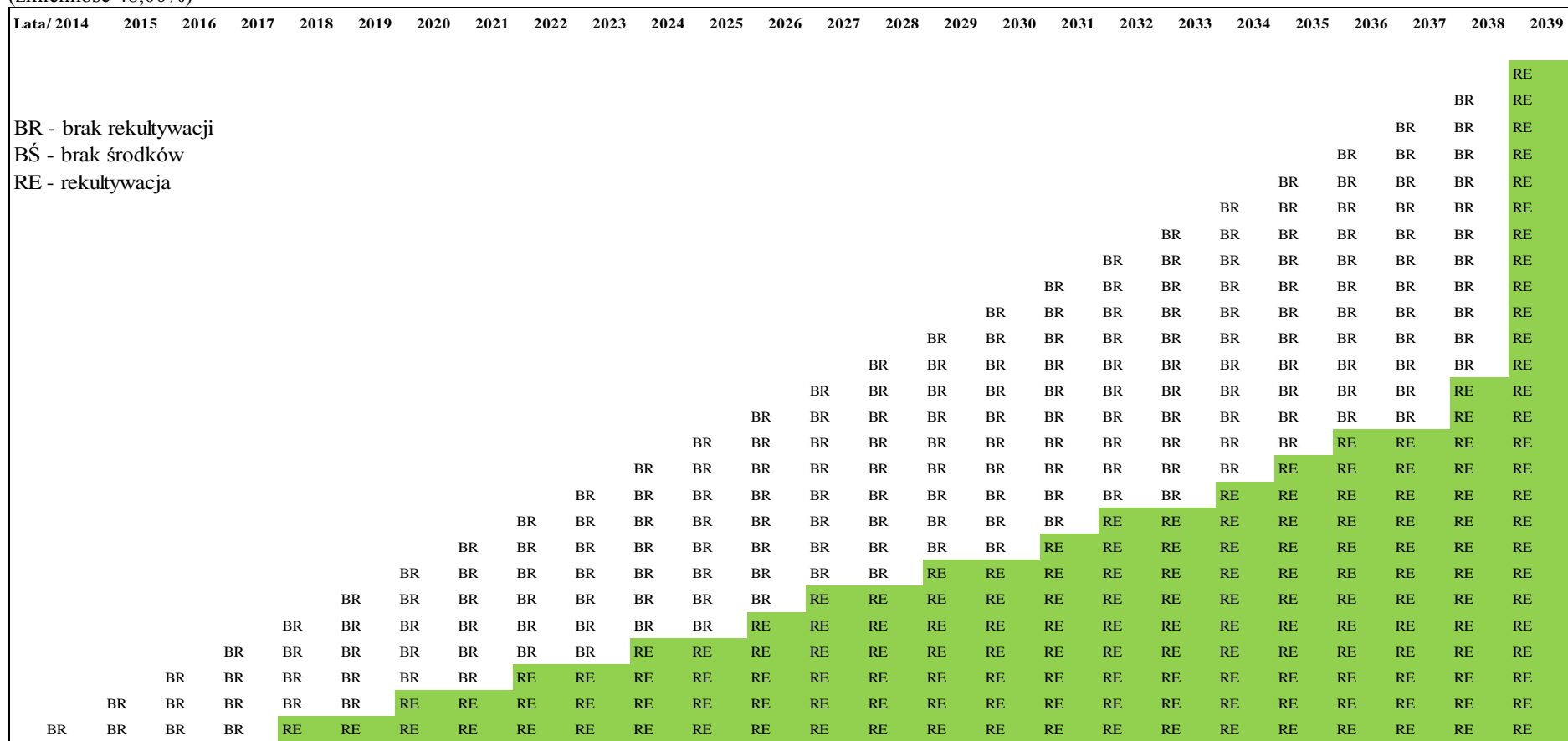
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 50. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 44,00%)



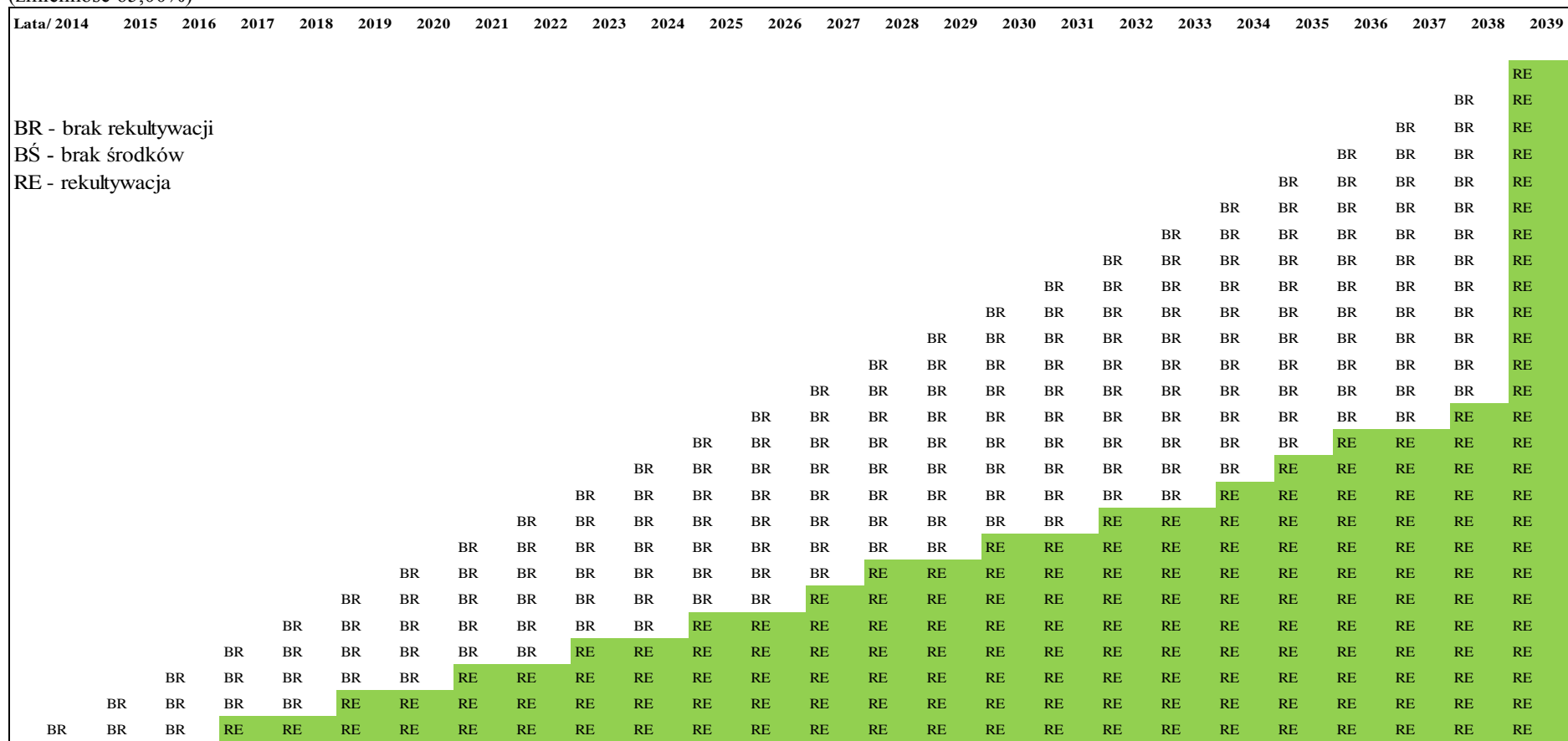
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 52. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 48,00%)



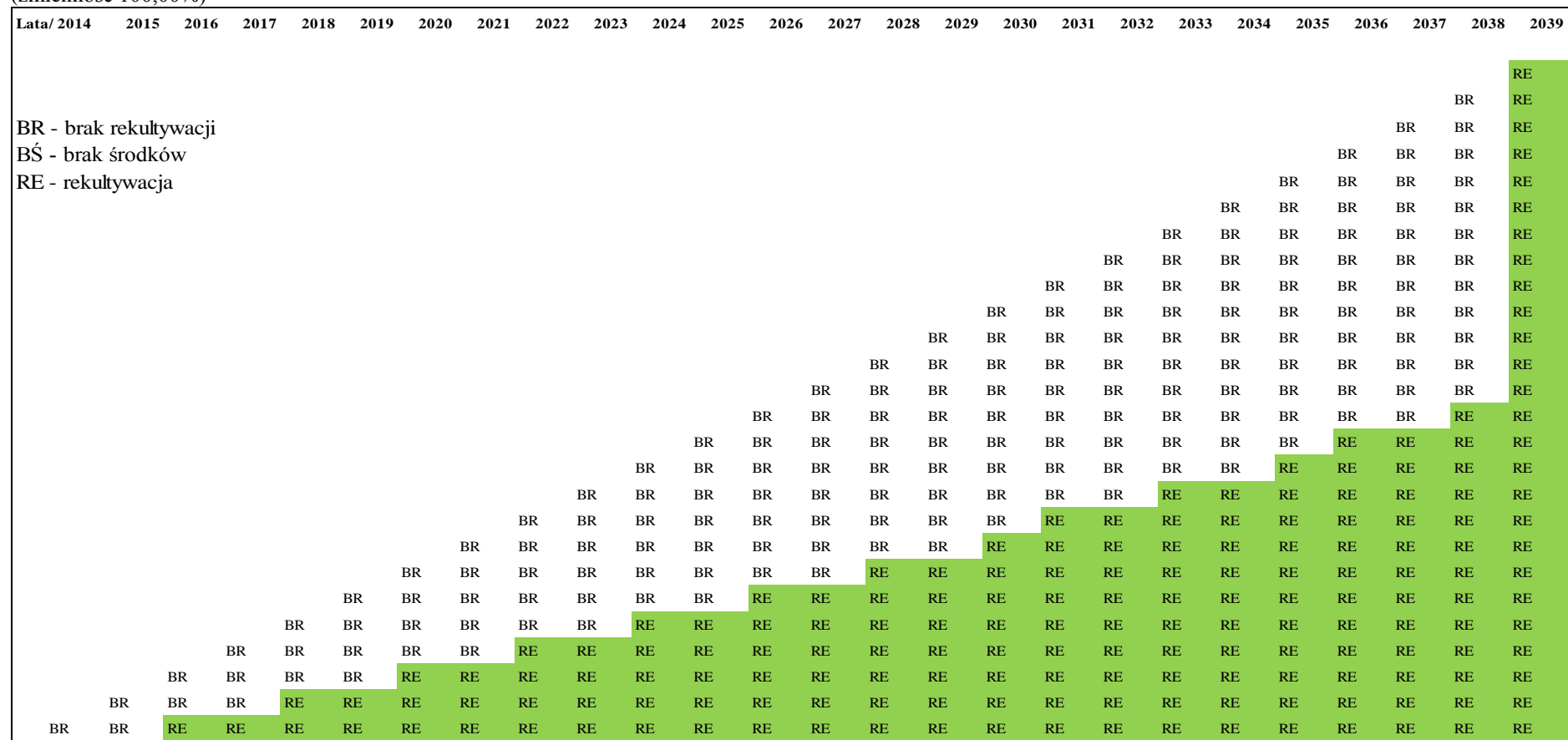
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 54. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 65,00%)



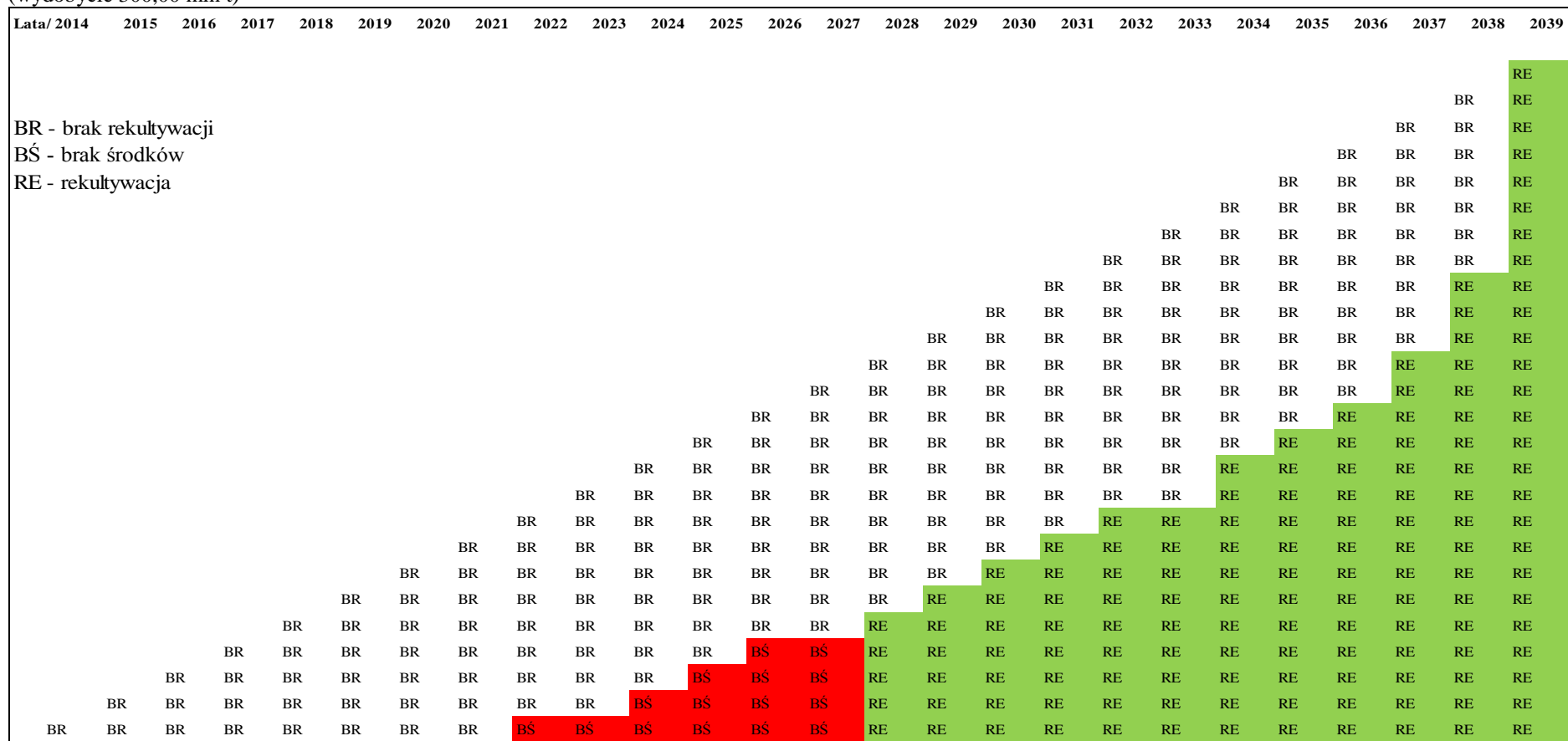
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 56. Zmienność cen sprzedaży węgla brunatnego i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (zmienność 100,00%)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 58. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 300,00 mln t)



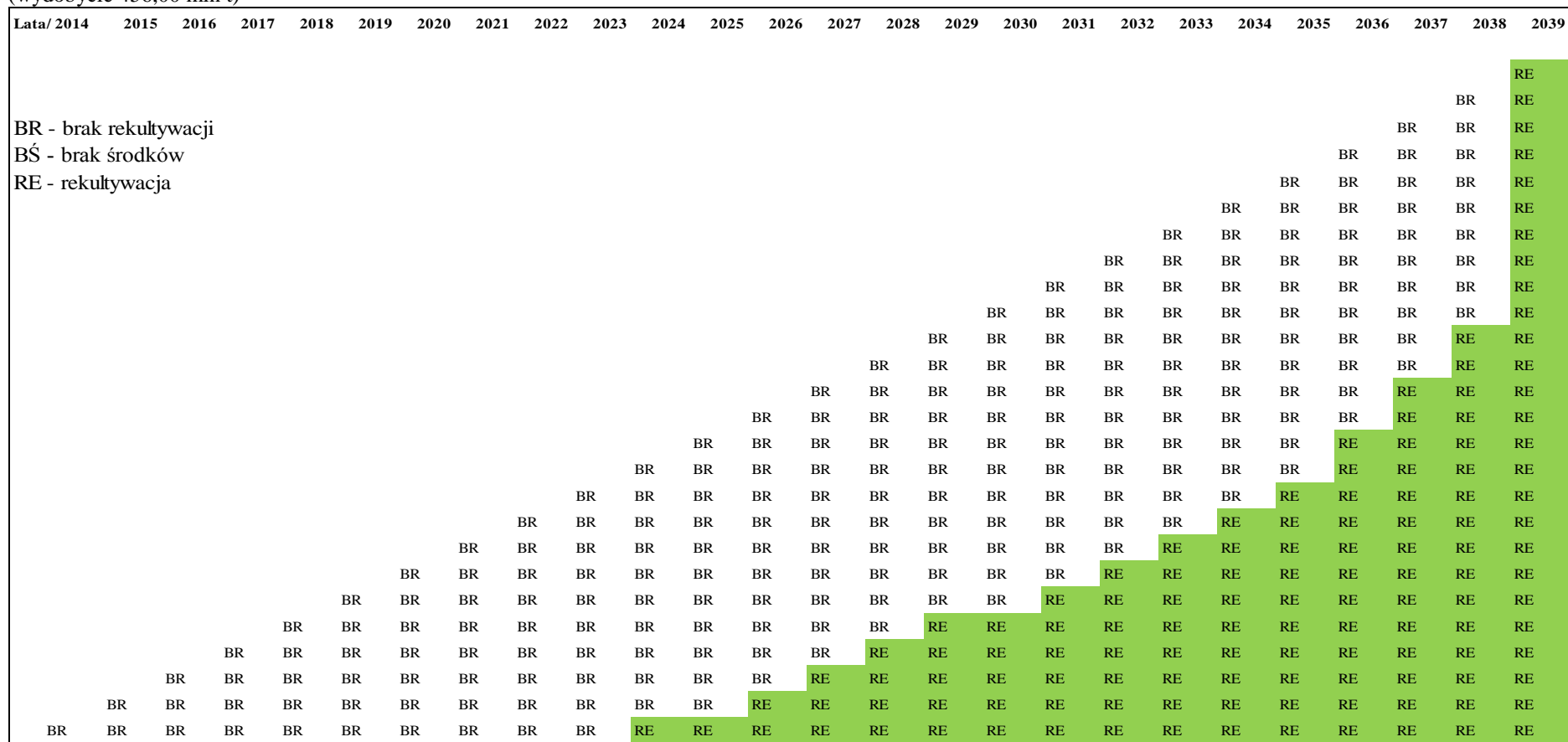
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 64. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 378,00 mln t)



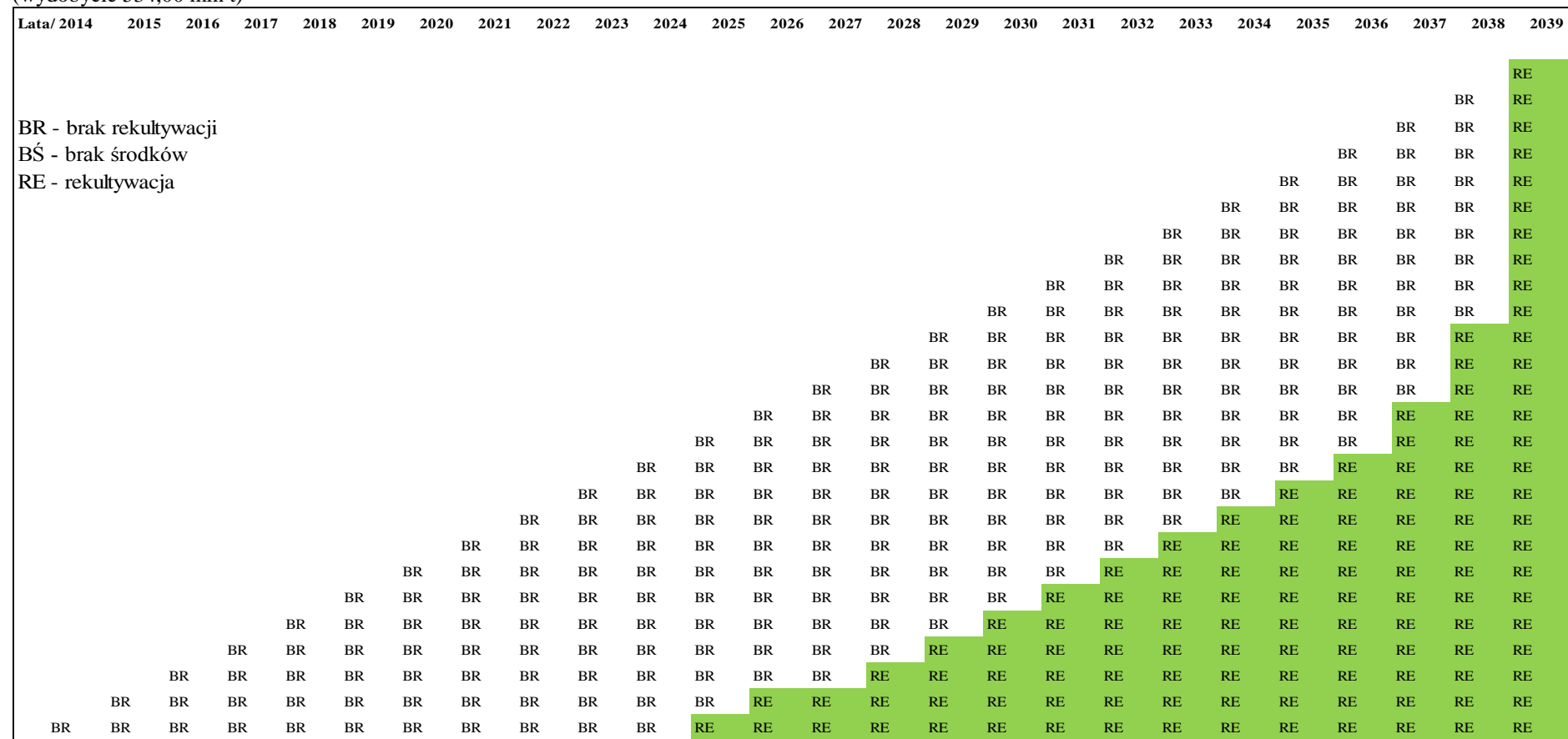
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 66. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 456,00 mln t)



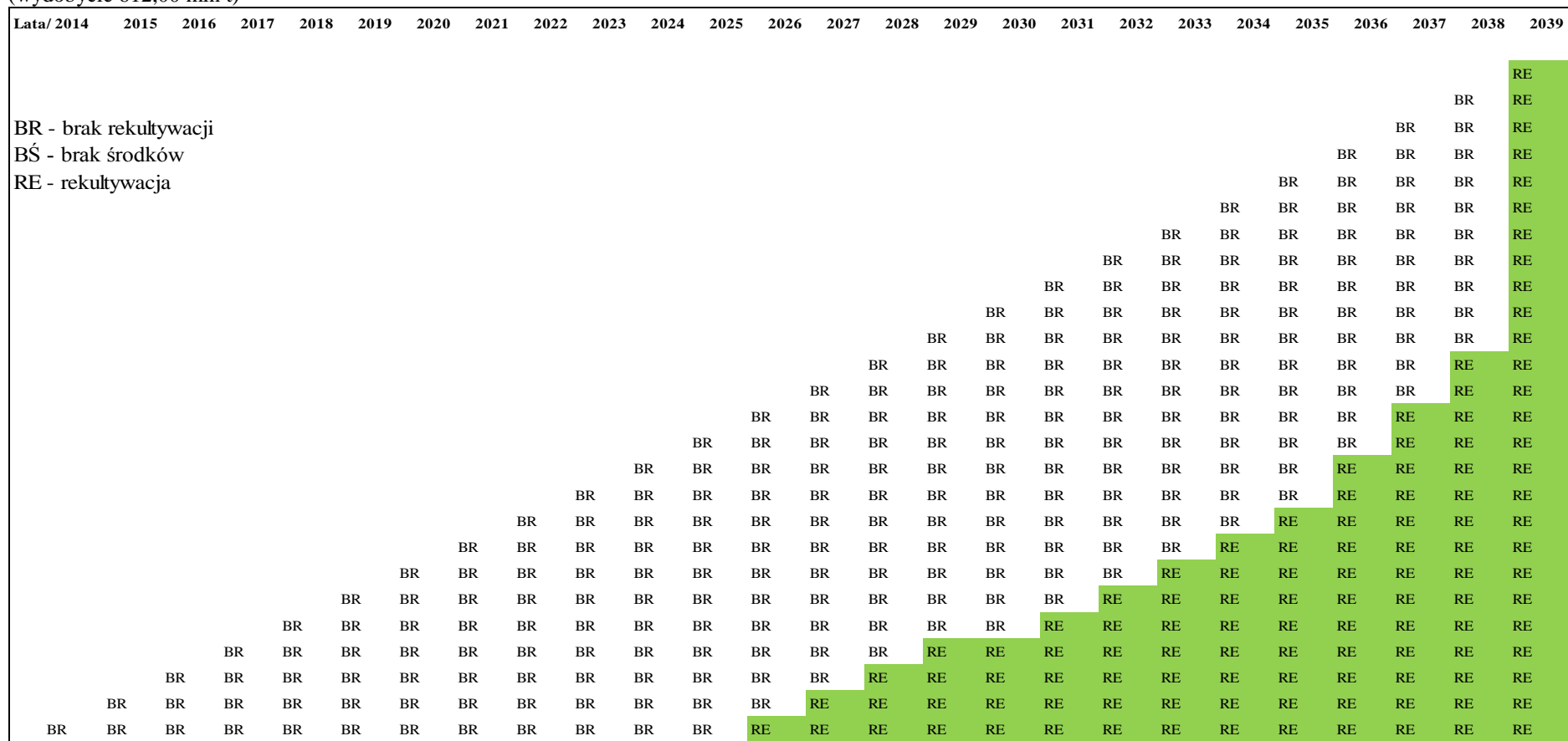
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 68. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 534,00 mln t)



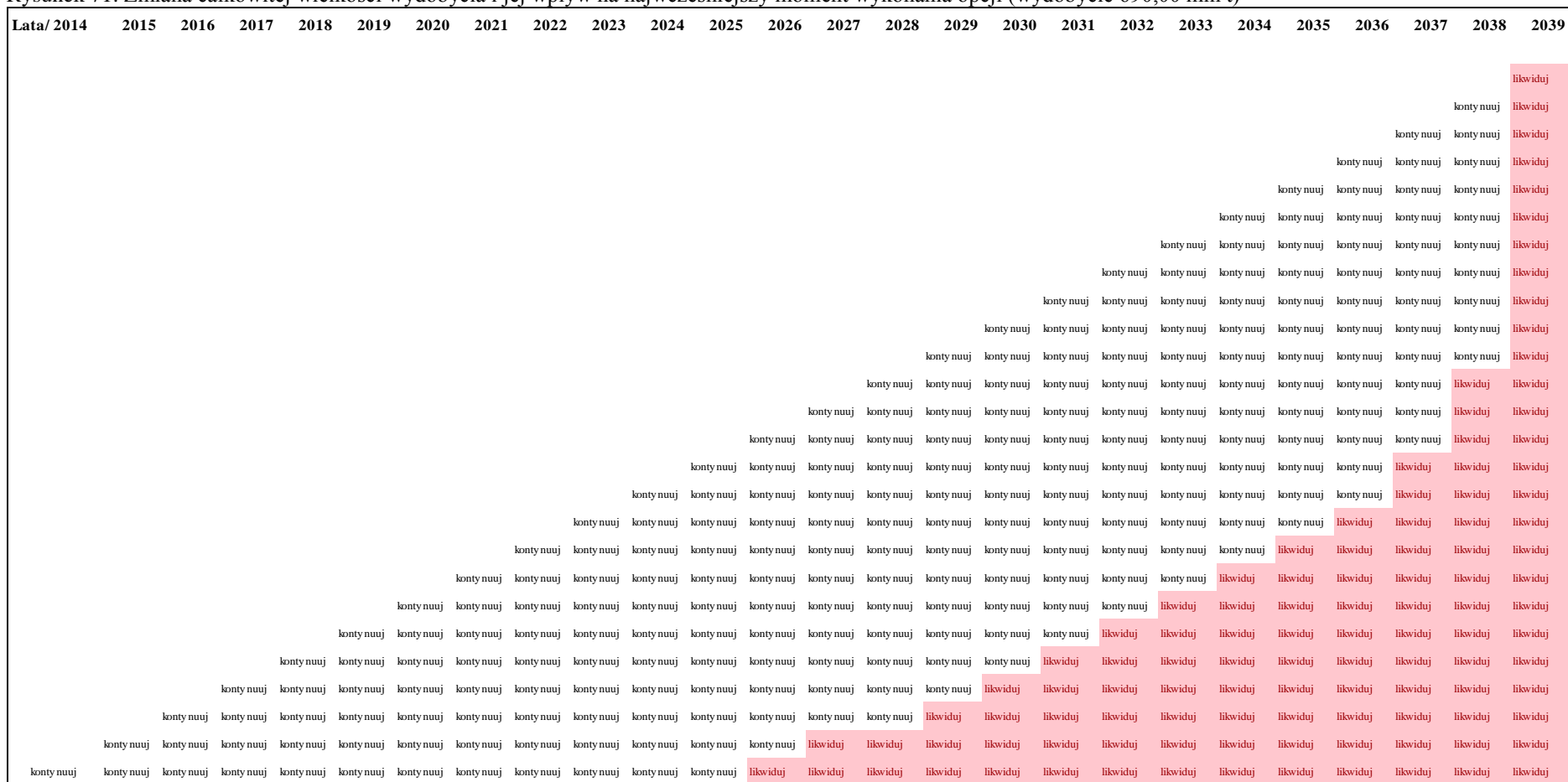
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 70. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 612,00 mln t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 71. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (wydobycie 690,00 mln t)



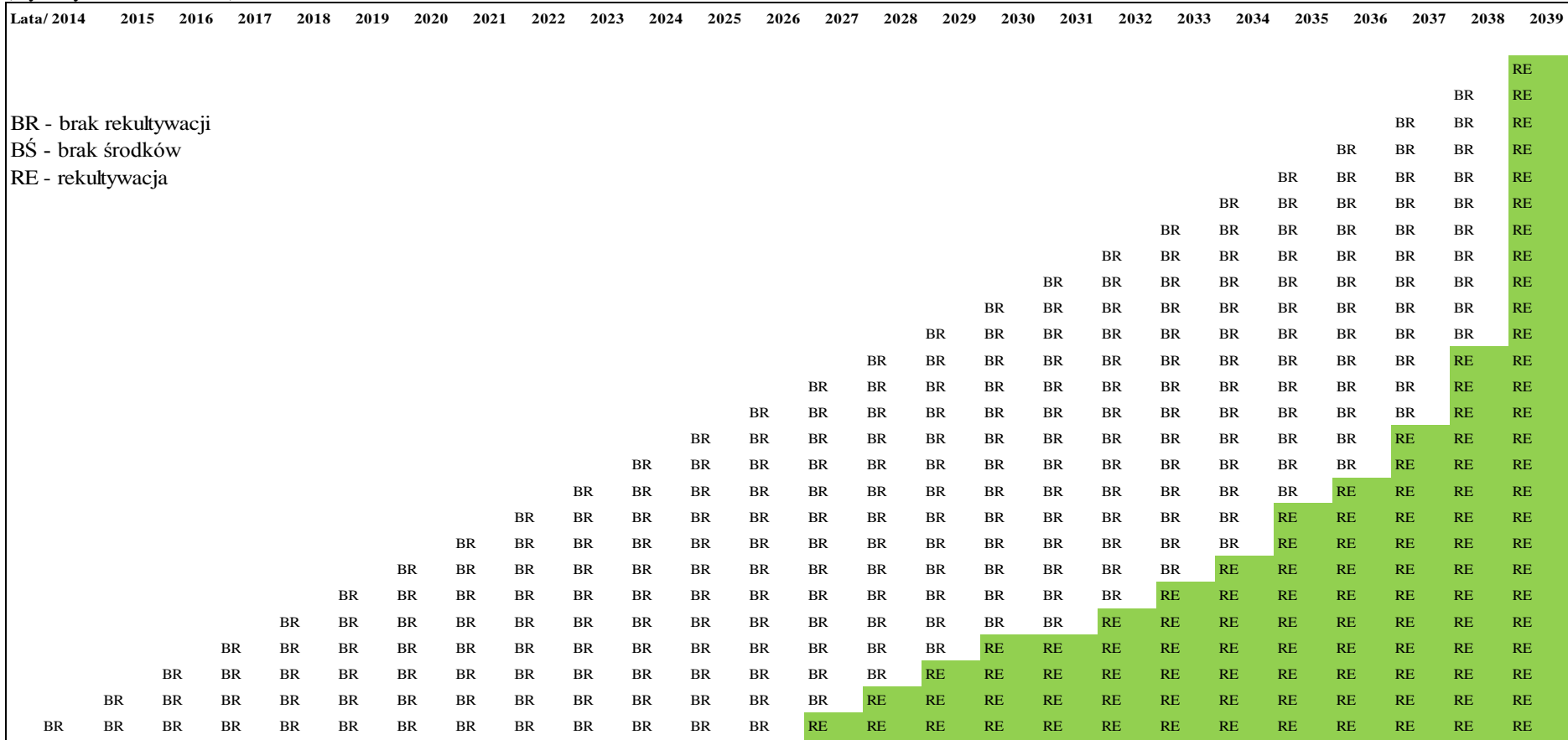
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 72. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 690,00 mln t)

Lata/	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	
BR - brak rekultywacji																											
BŚ - brak środków																											
RE - rekultywacja																											
	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
				BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
					BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
						BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
							BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
								BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
									BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
										BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
											BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
												BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
													BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
														BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
															BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																				BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																					BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																						BR	BR	BR	BR	BR	RE
																							BR	BR	BR	BR	RE
																								BR	BR	BR	RE
																									BR	BR	RE
																										BR	RE
																											RE

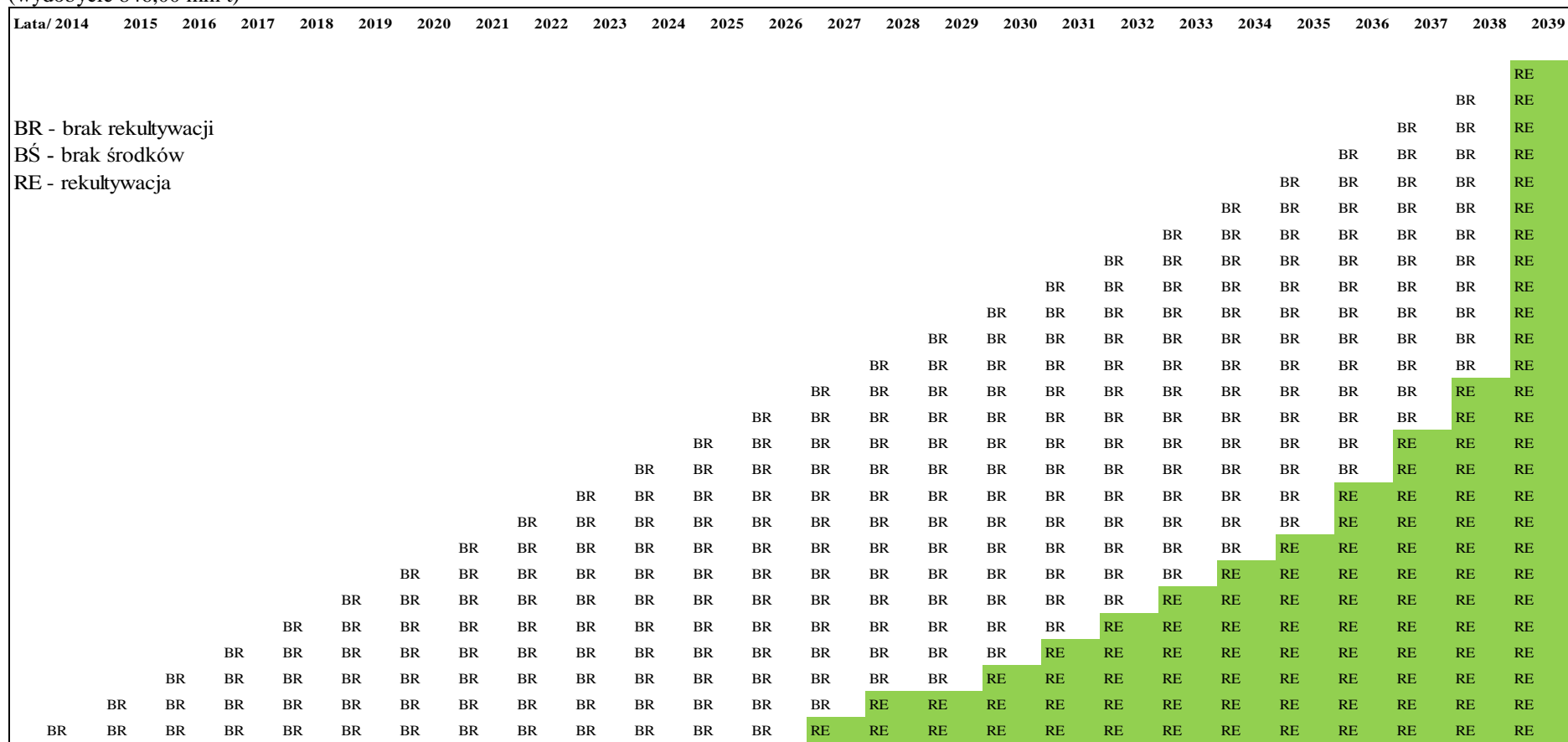
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 74. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 768,00 mln t)



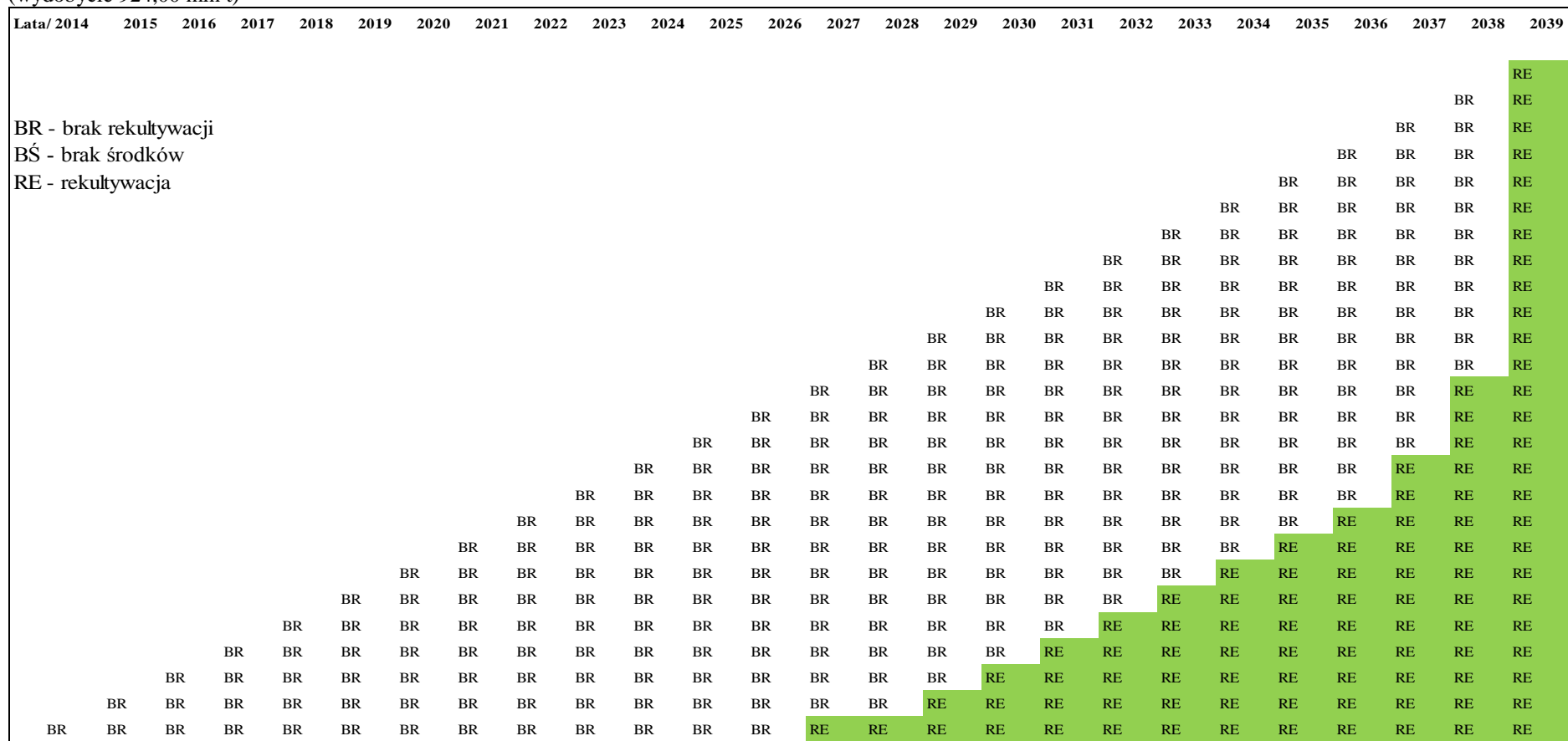
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 76. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 846,00 mln t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 78. Zmiana całkowitej wielkości wydobywania i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobywanie 924,00 mln t)



Zródło: obliczenia własne

Rysunek 80. Zmiana całkowitej wielkości wydobycia i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (wydobycie 1000,00 mln t)



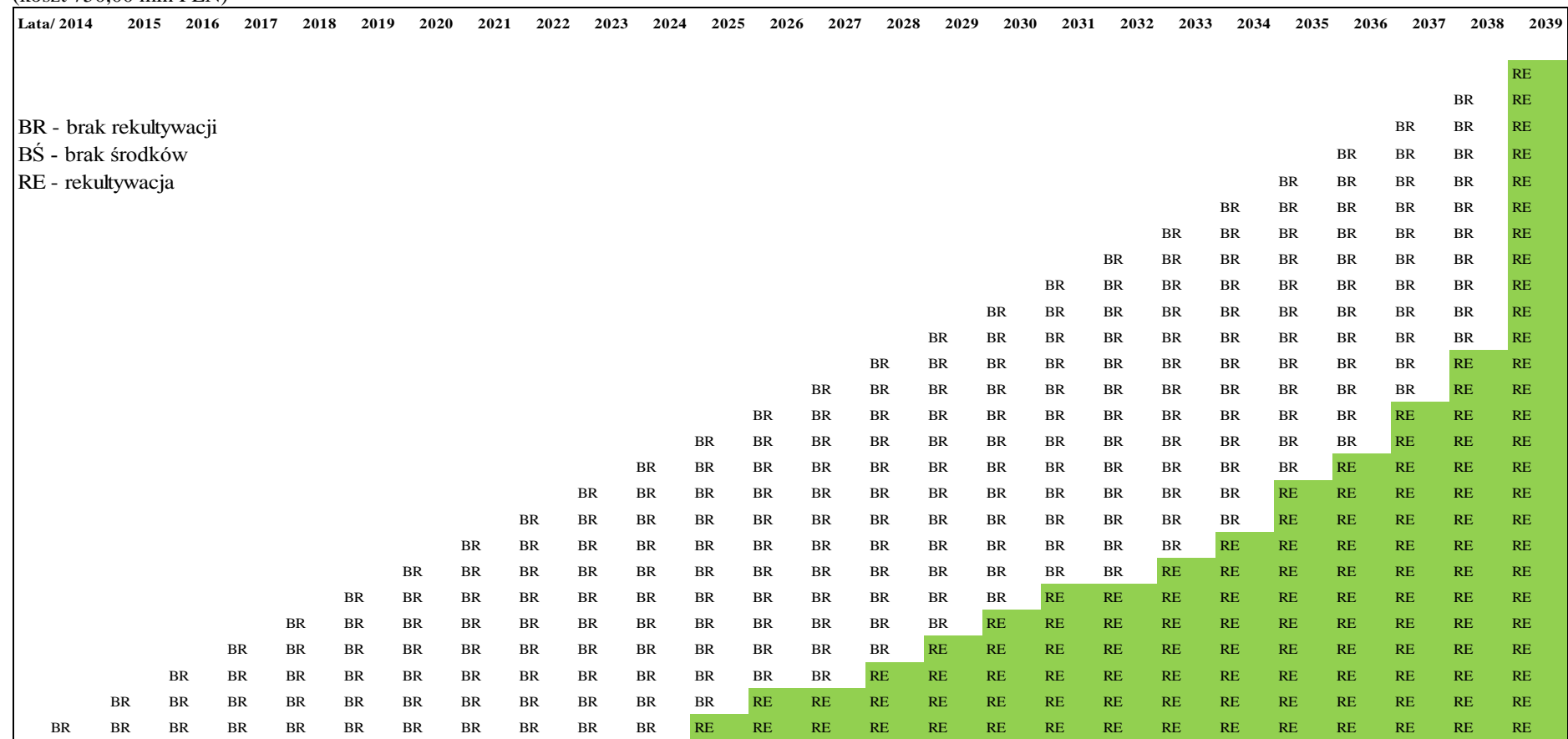
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 82. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 500,00 mln PLN)



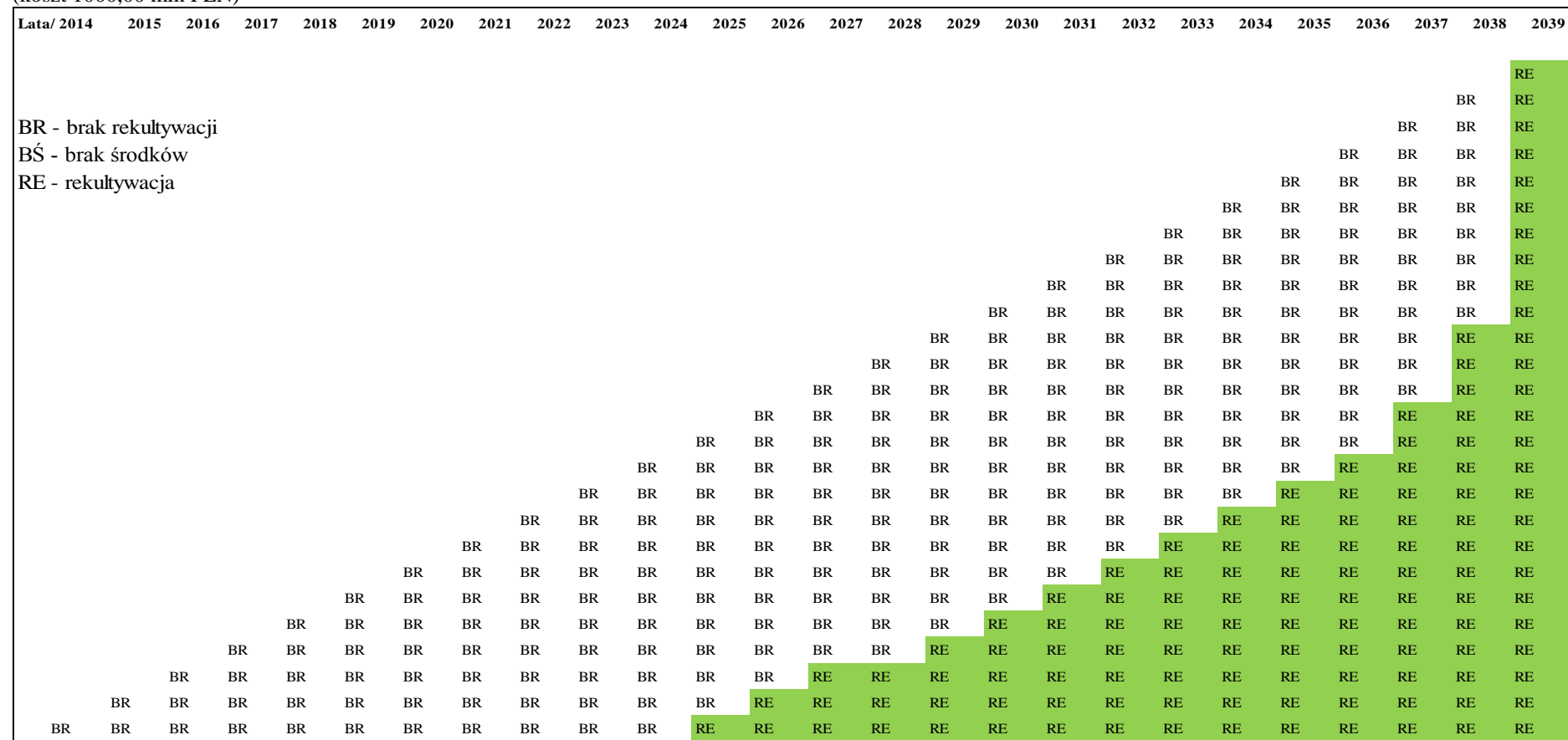
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 84. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 750,00 mln PLN)



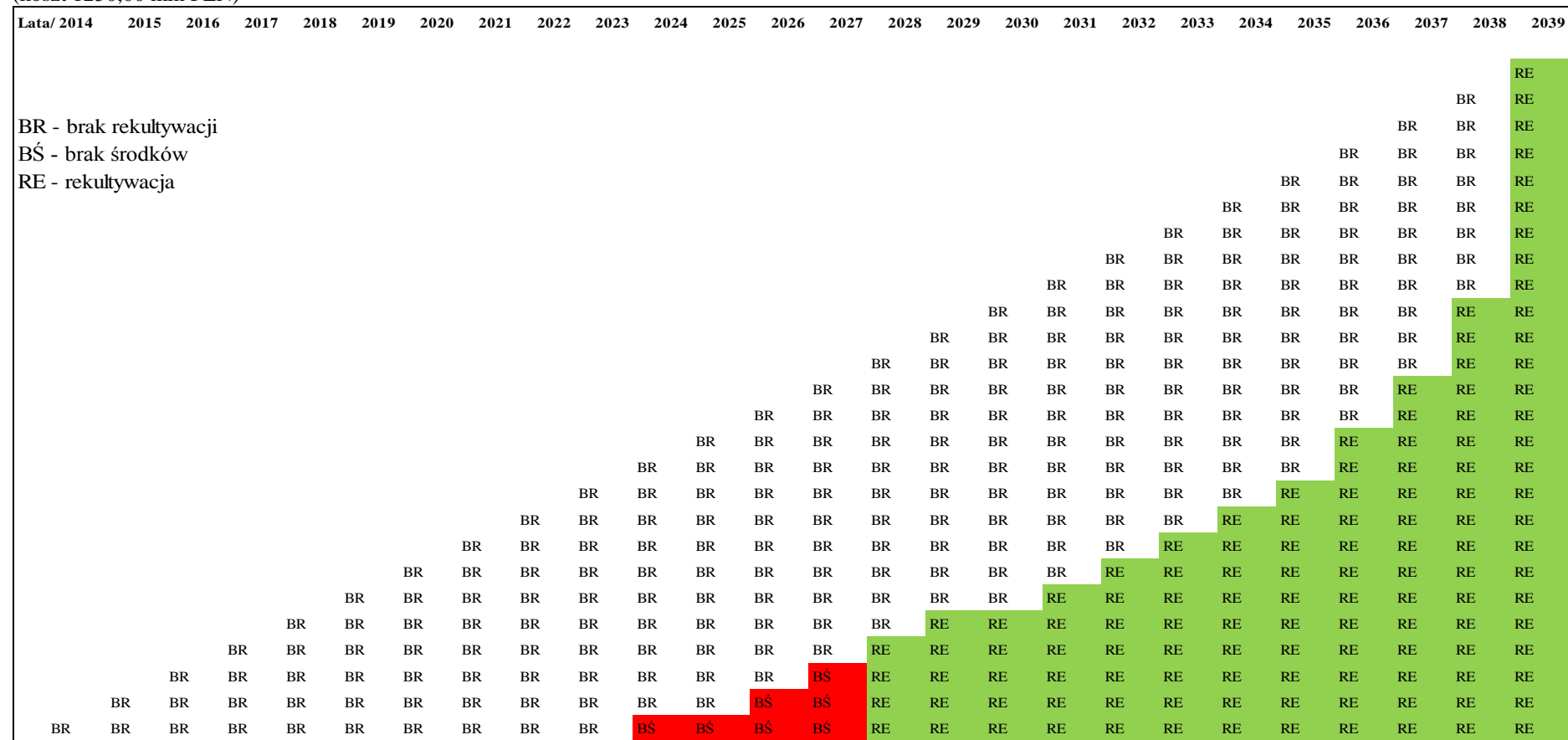
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 86. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 1000,00 mln PLN)



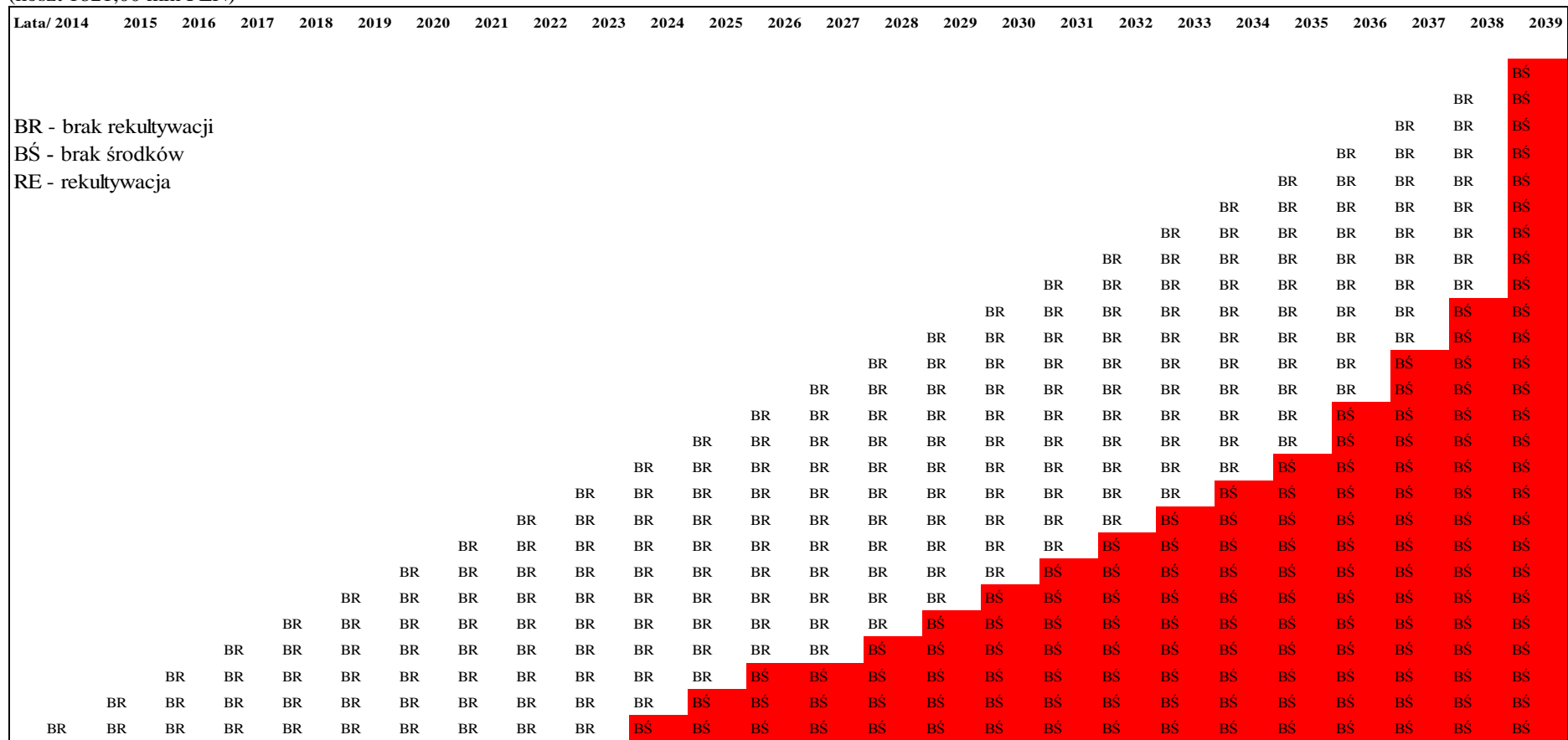
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 88. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 1250,00 mln PLN)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 96 Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 1821,00 mln PLN)



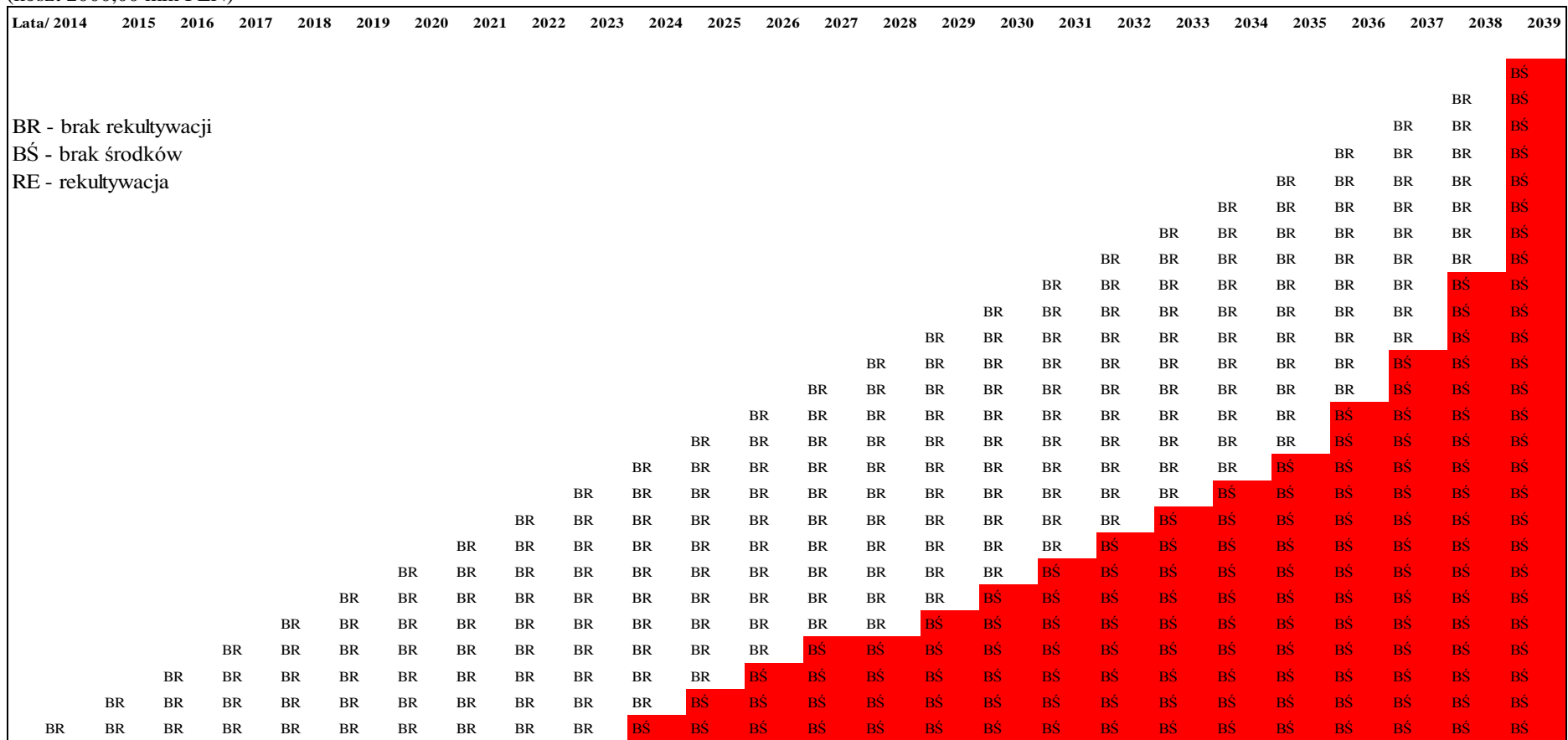
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 97. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (koszt 2000,00 mln PLN)

Lata/ 2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039			
																										likwiduj		
																									konty nuuj	likwiduj		
																									konty nuuj	konty nuuj	likwiduj	
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj

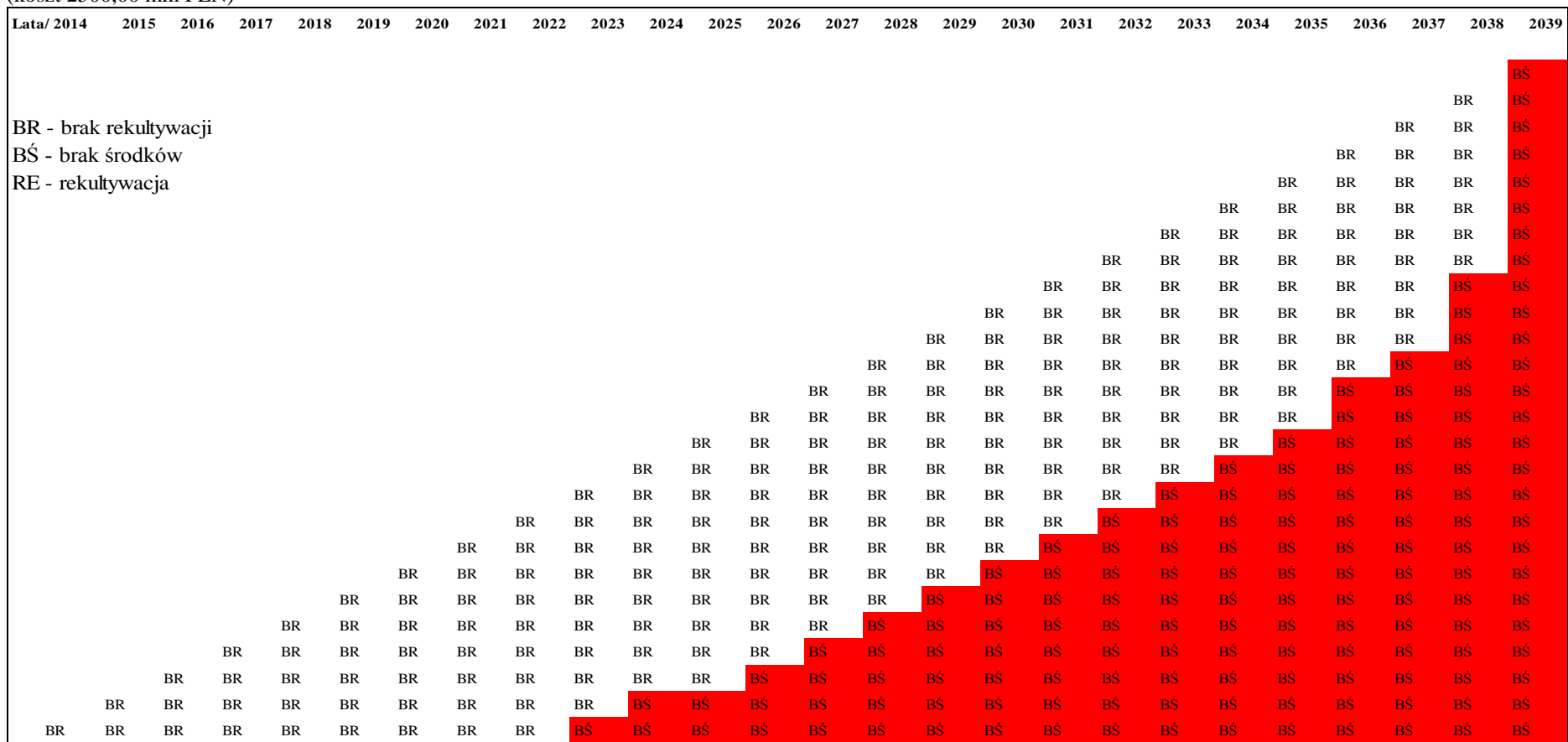
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 98. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 2000,00 mln PLN)



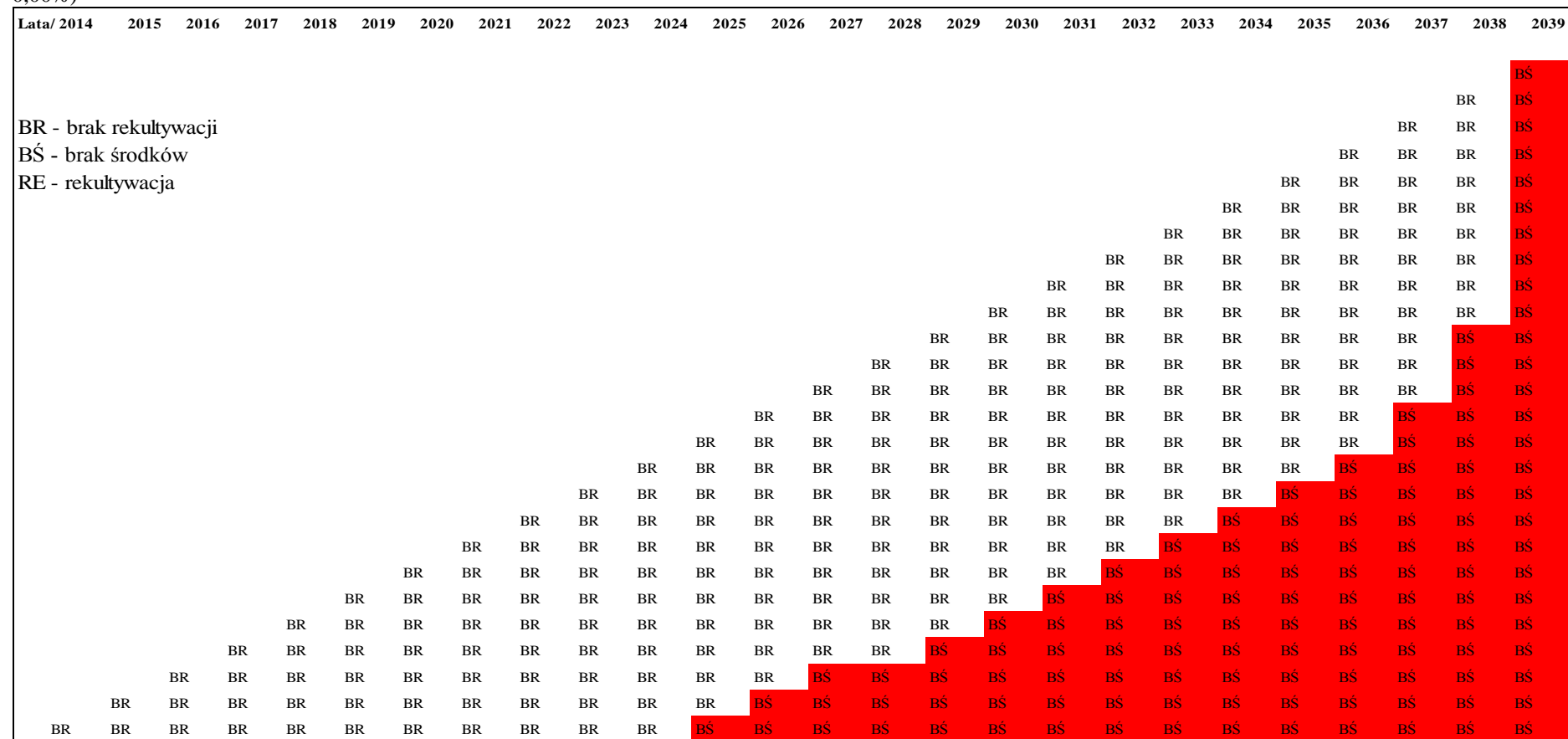
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 102. Zmiana całkowitego kosztu rekultywacji i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (koszt 2500,00 mln PLN)



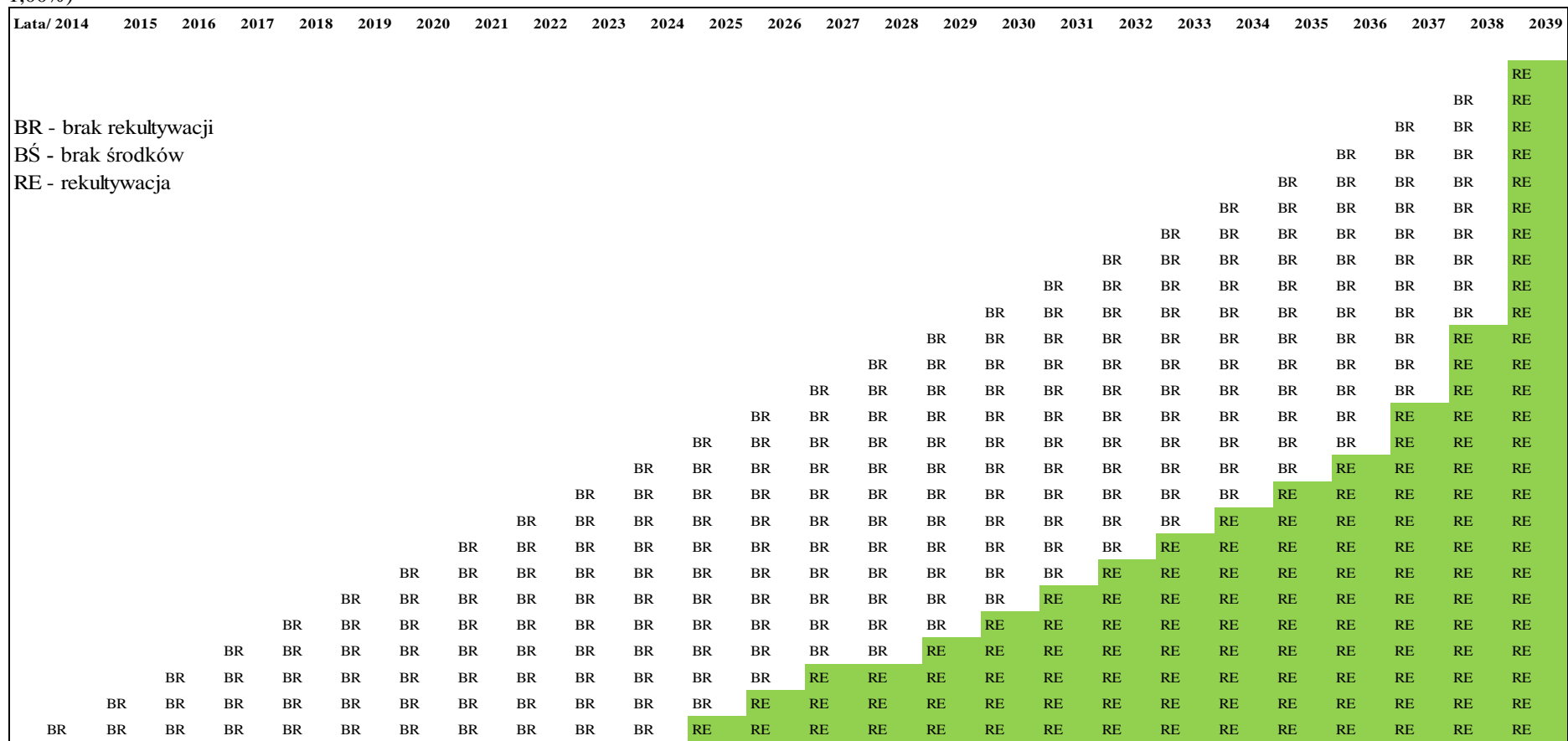
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 106. Zmiana wielkości odpisu na RLir i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 0,00%)



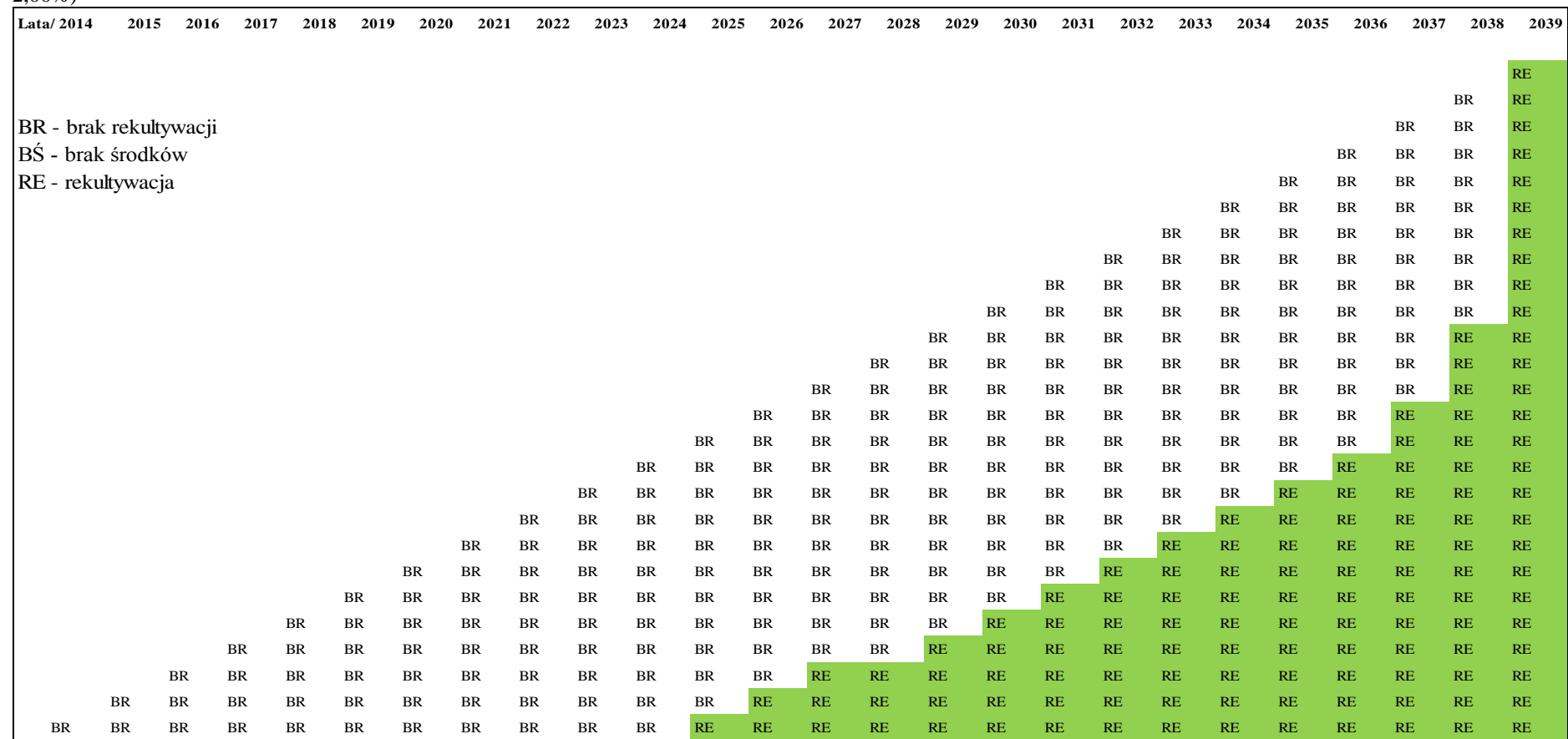
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 108. Zmiana wielkości odpisu na RLiR i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 1,00%)



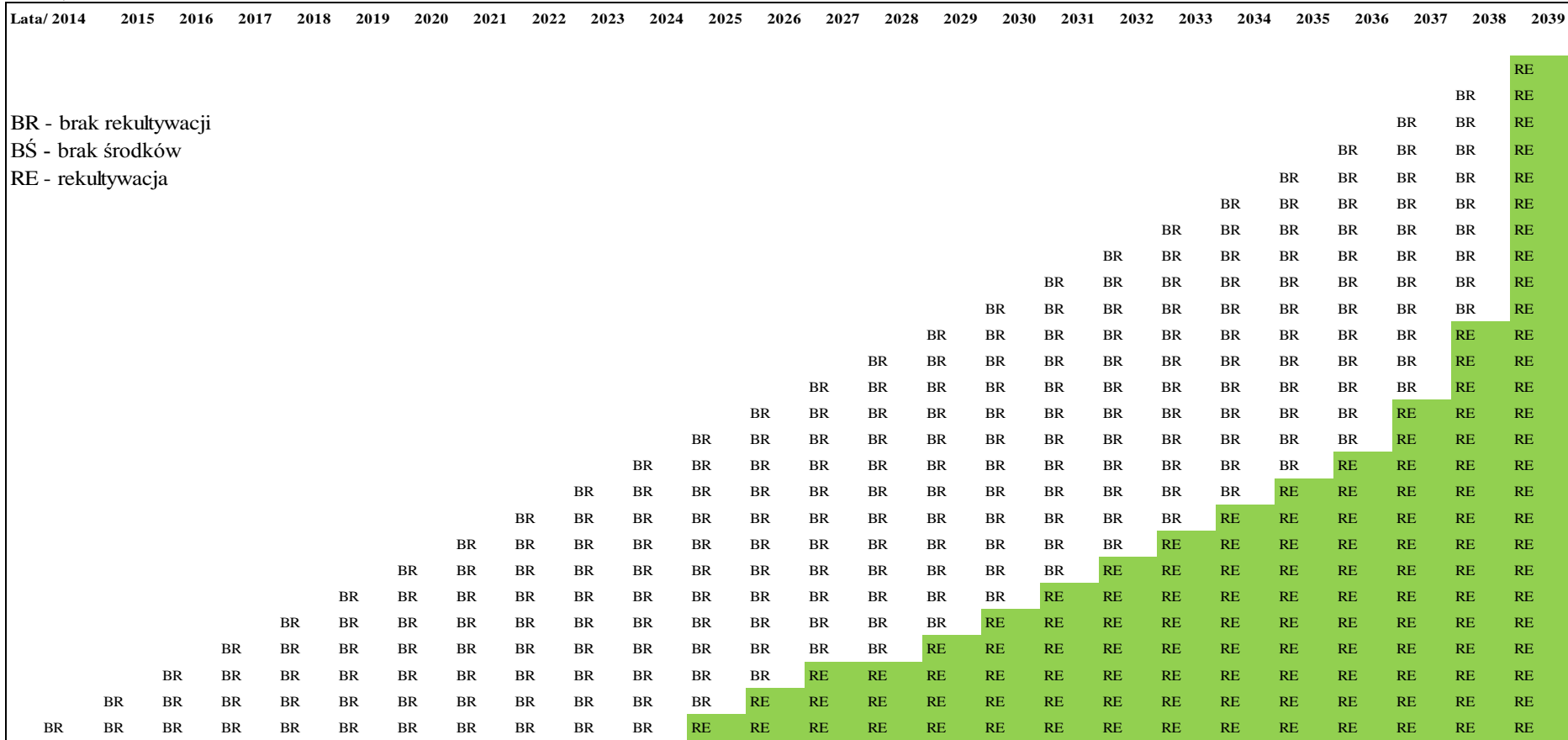
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 110. Zmiana wielkości odpisu na RLir i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 2,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 112. Zmiana wielkości odpisu na RLIR i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 3,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 113. Zmiana wielkości odpisu na RLIR i jego wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (odpis 5,00 %)

Lata/	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039																	
																												likwiduj															
																											konty nuuj	likwiduj															
																												konty nuuj	likwiduj														
																													konty nuuj	likwiduj													
																														konty nuuj	likwiduj												
																															konty nuuj	likwiduj											
																																konty nuuj	likwiduj										
																																	konty nuuj	likwiduj									
																																		konty nuuj	likwiduj								
																																			konty nuuj	likwiduj							
																																				konty nuuj	likwiduj						
																																					konty nuuj	likwiduj					
																																						konty nuuj	likwiduj				
																																						konty nuuj	likwiduj				
																																							konty nuuj	likwiduj			
																																							konty nuuj	likwiduj			
																																							konty nuuj	likwiduj			
																																								konty nuuj	likwiduj		
																																									konty nuuj	likwiduj	
																																									konty nuuj	likwiduj	
																																									konty nuuj	likwiduj	
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj
																																										konty nuuj	likwiduj

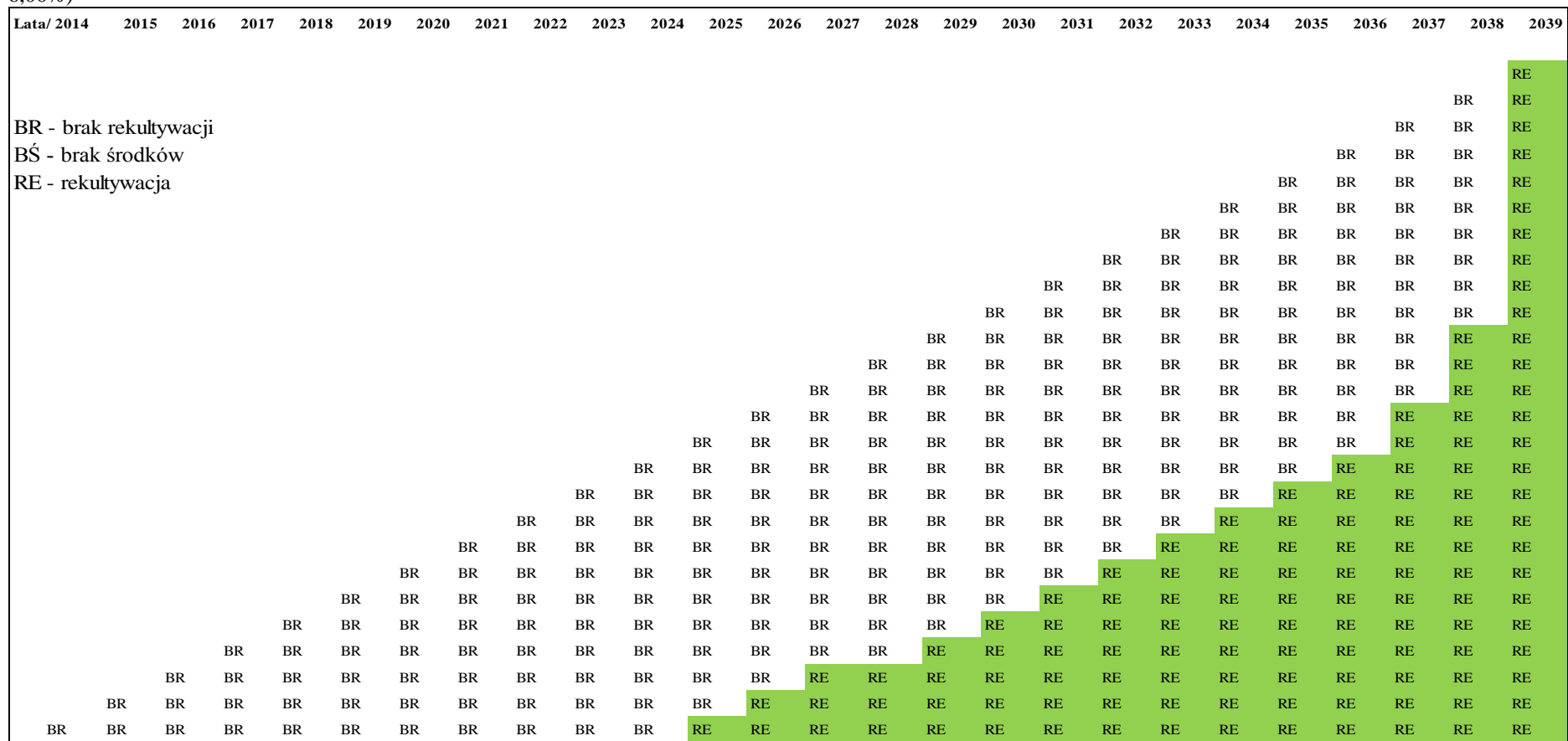
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 114. Zmiana wielkości odpisu na RLiR i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 5,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 116. Zmiana wielkości odpisu na RLir i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 6,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 118. Zmiana wielkości odpisu na RLir i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 7,00%)



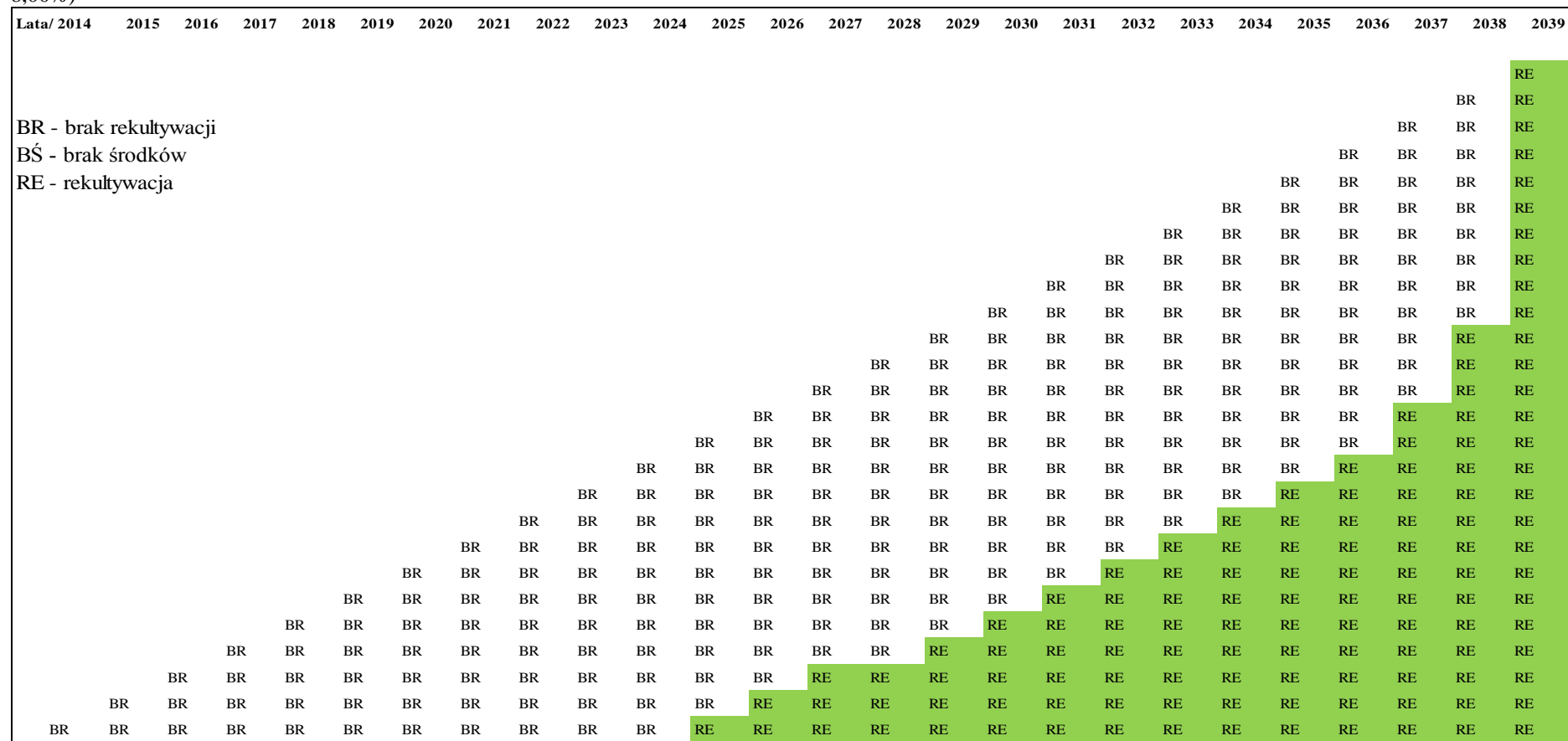
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 119. Zmiana wielkości odpisu na RLIR i jego wpływ na najwcześniejszy moment wykonania opcji (odpis 8,00 %)

Lata/	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039		
																											likwiduj	
																									konty nuuj	likwiduj	likwiduj	
																									konty nuuj	konty nuuj	likwiduj	
																								konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj	
																									konty nuuj	konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																										konty nuuj	konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj
																											konty nuuj	likwiduj

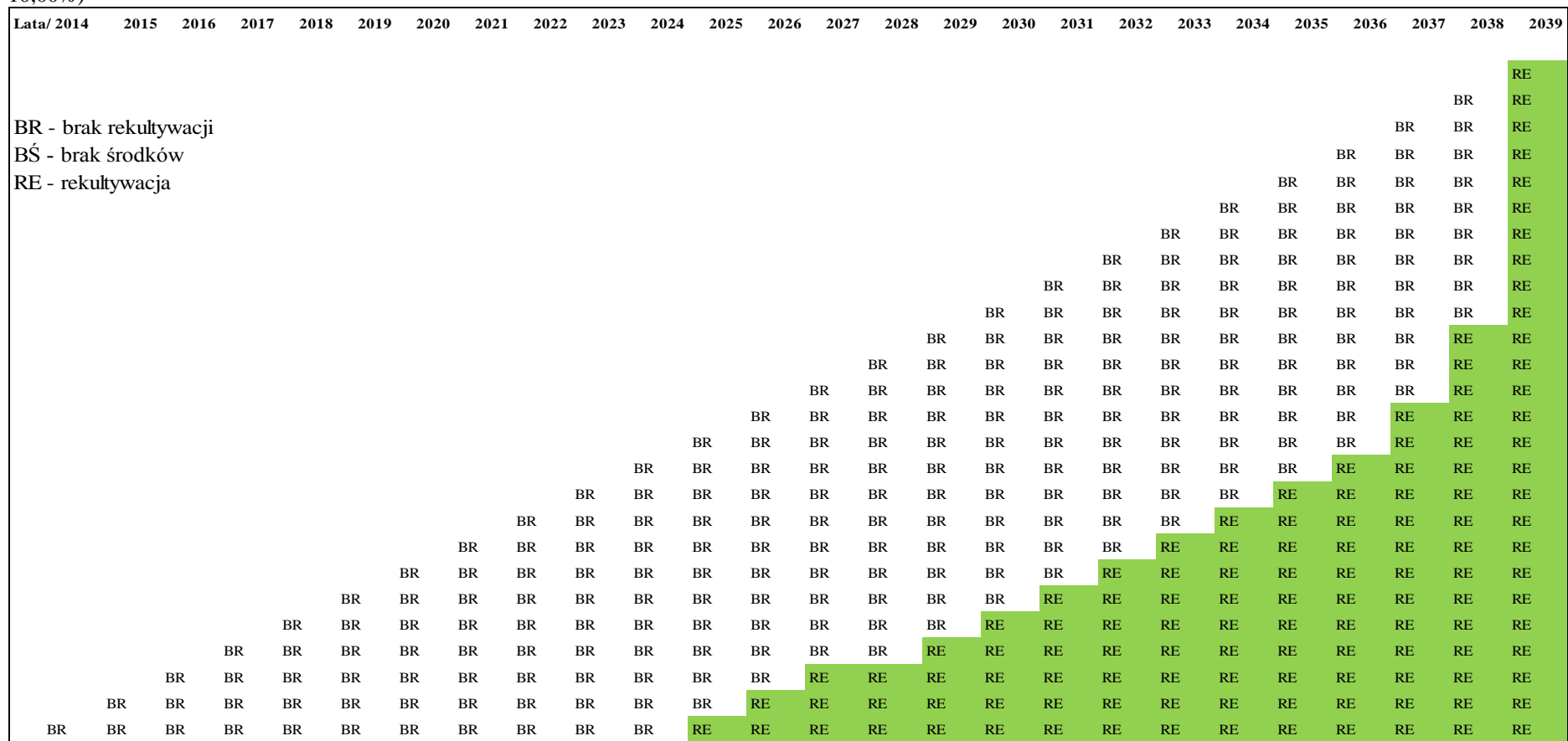
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 120. Zmiana wielkości odpisu na RLiR i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 8,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 124. Zmiana wielkości odpisu na RLiR i jego wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (odpis 10,00%)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 126. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 227 mln PLN)

Lata/	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	
	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
				BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
					BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
						BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
							BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
								BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
									BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
										BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
											BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
												BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
													BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
														BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
															BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																				BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																					BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																						BR	BR	BR	BR	BR	RE
																							BR	BR	BR	BR	RE
																								BR	BR	BR	RE
																									BR	BR	RE
																										BR	RE
																											RE

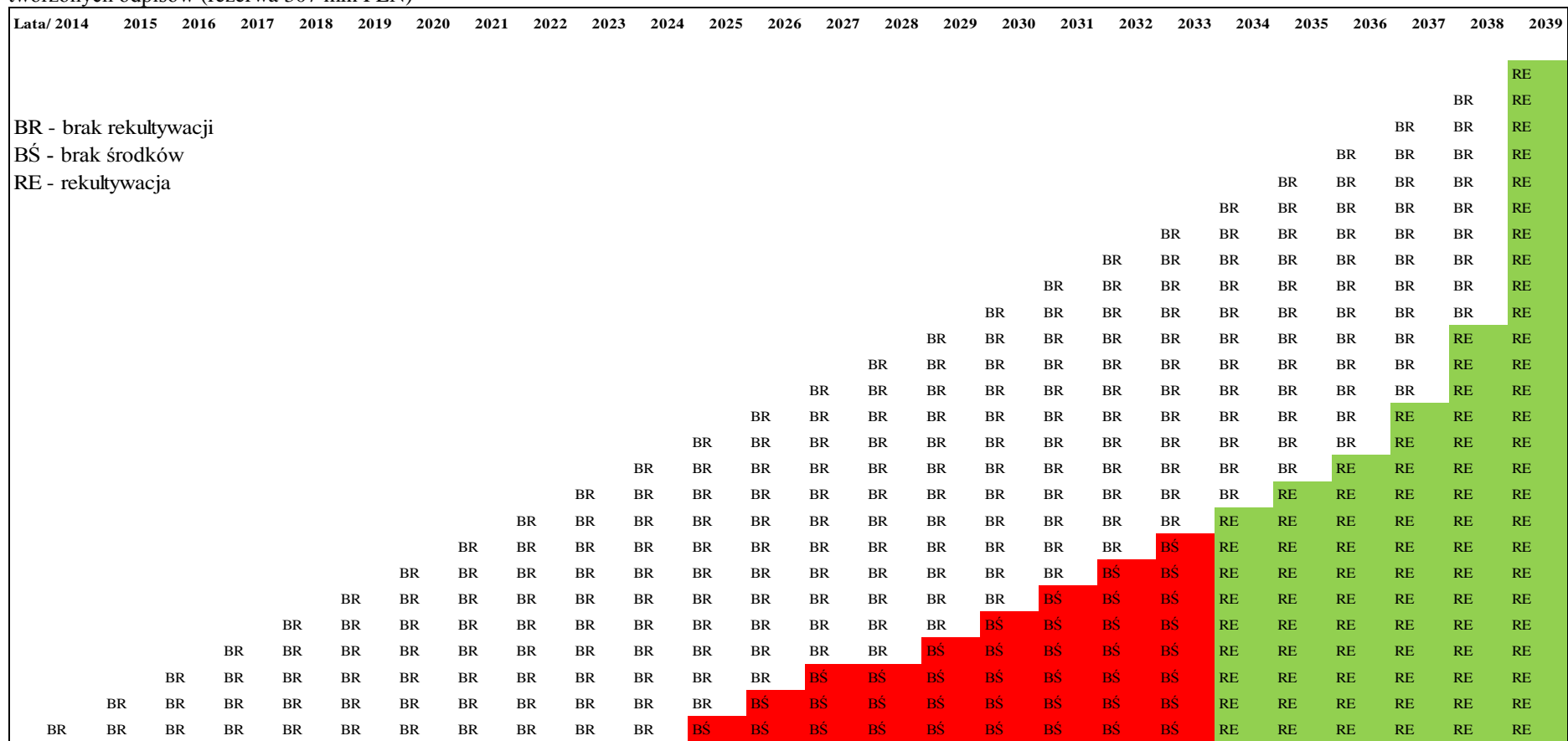
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 128. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLIR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 267 mln PLN)

Lata/	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
				BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
					BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
						BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
							BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
								BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
									BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
										BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
											BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
												BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
													BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
														BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
															BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																		BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																			BR	BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																				BR	BR	BR	BR	BR	BR	RE
																					BR	BR	BR	BR	BR	RE
																						BR	BR	BR	BR	RE
																							BR	BR	BR	RE
																								BR	BR	RE
																									BR	RE
																										RE

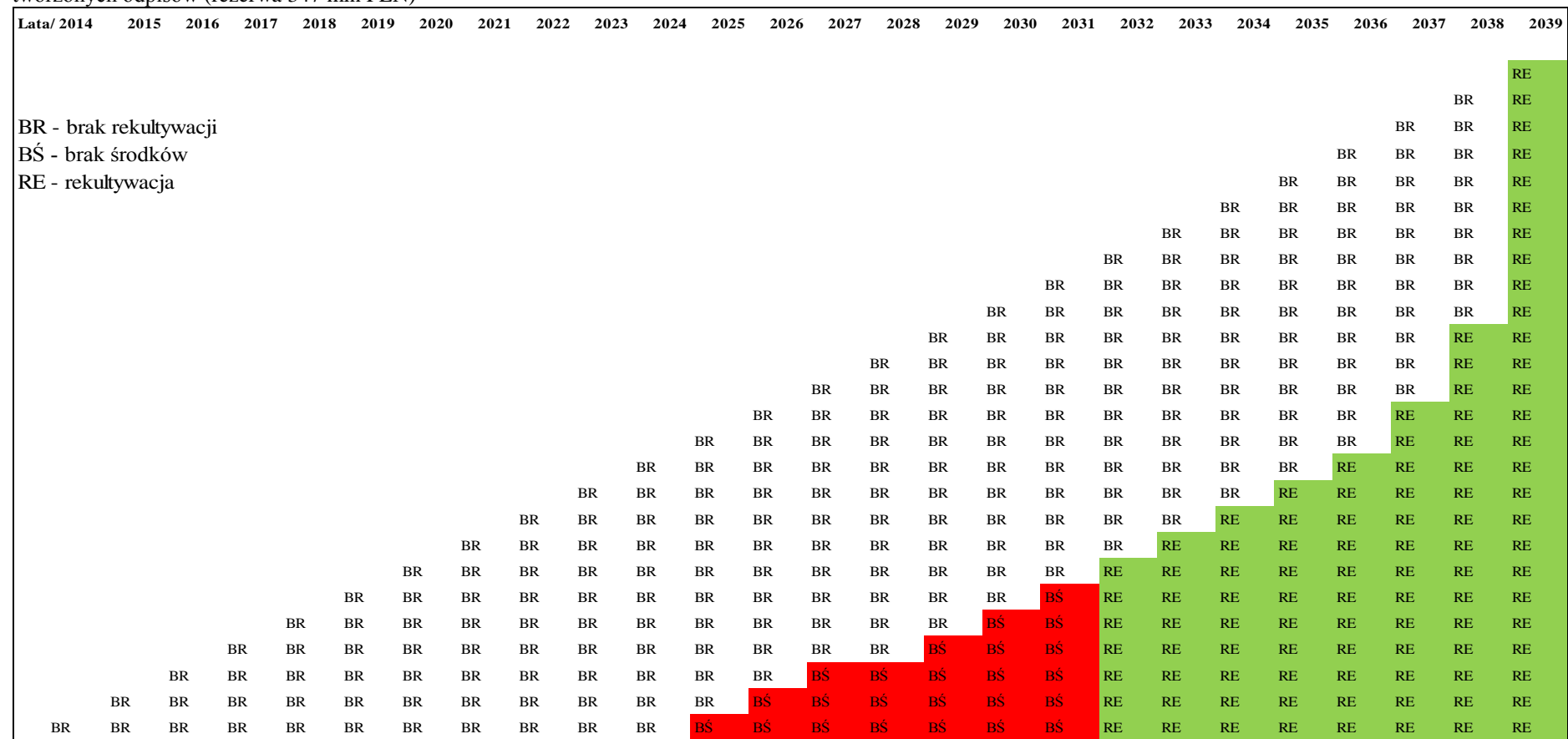
Źródło: obliczenia własne

Rysunek 130. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLIR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 307 mln PLN)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 132. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 347 mln PLN)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 138. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 439 mln PLN)



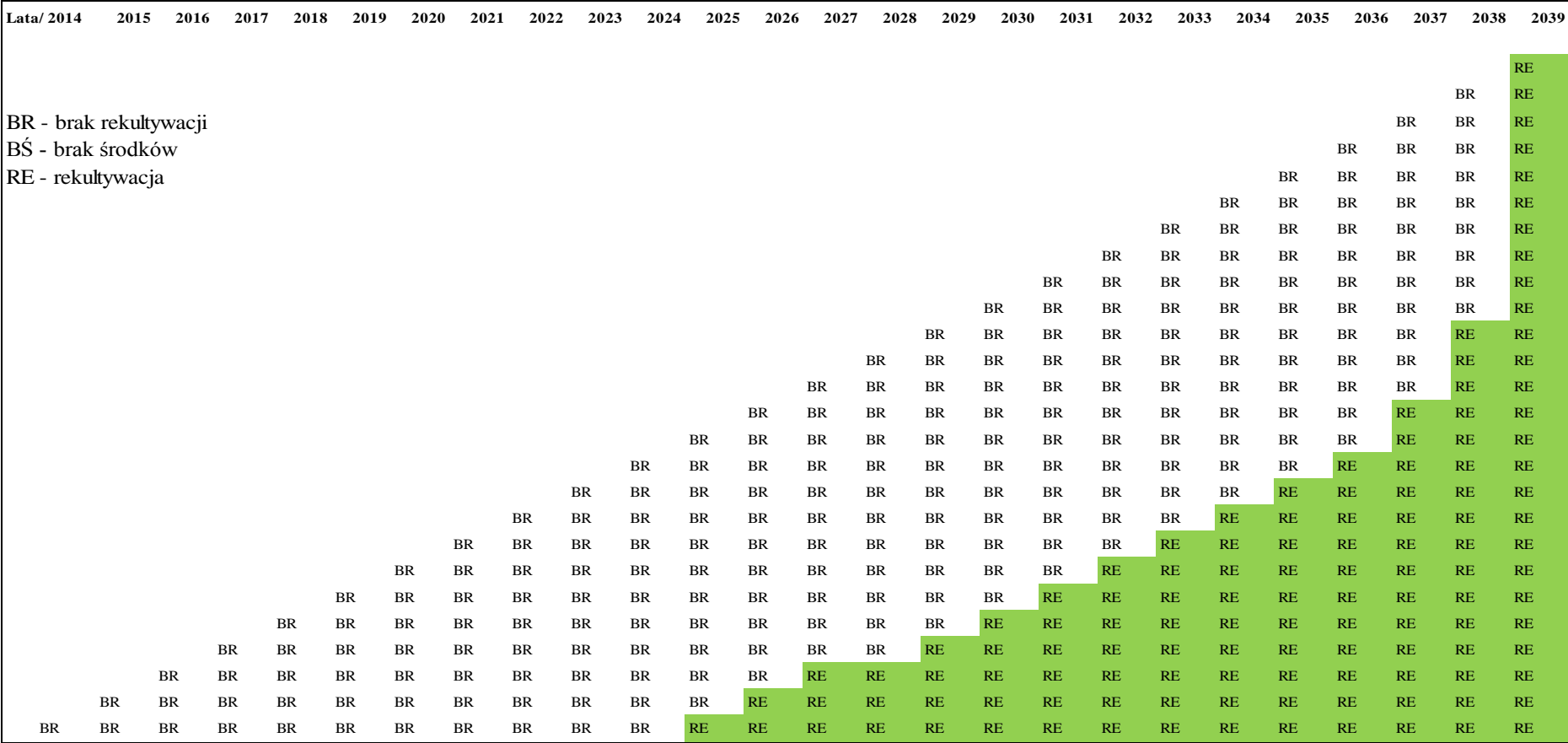
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 140. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLiR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 440 mln PLN)



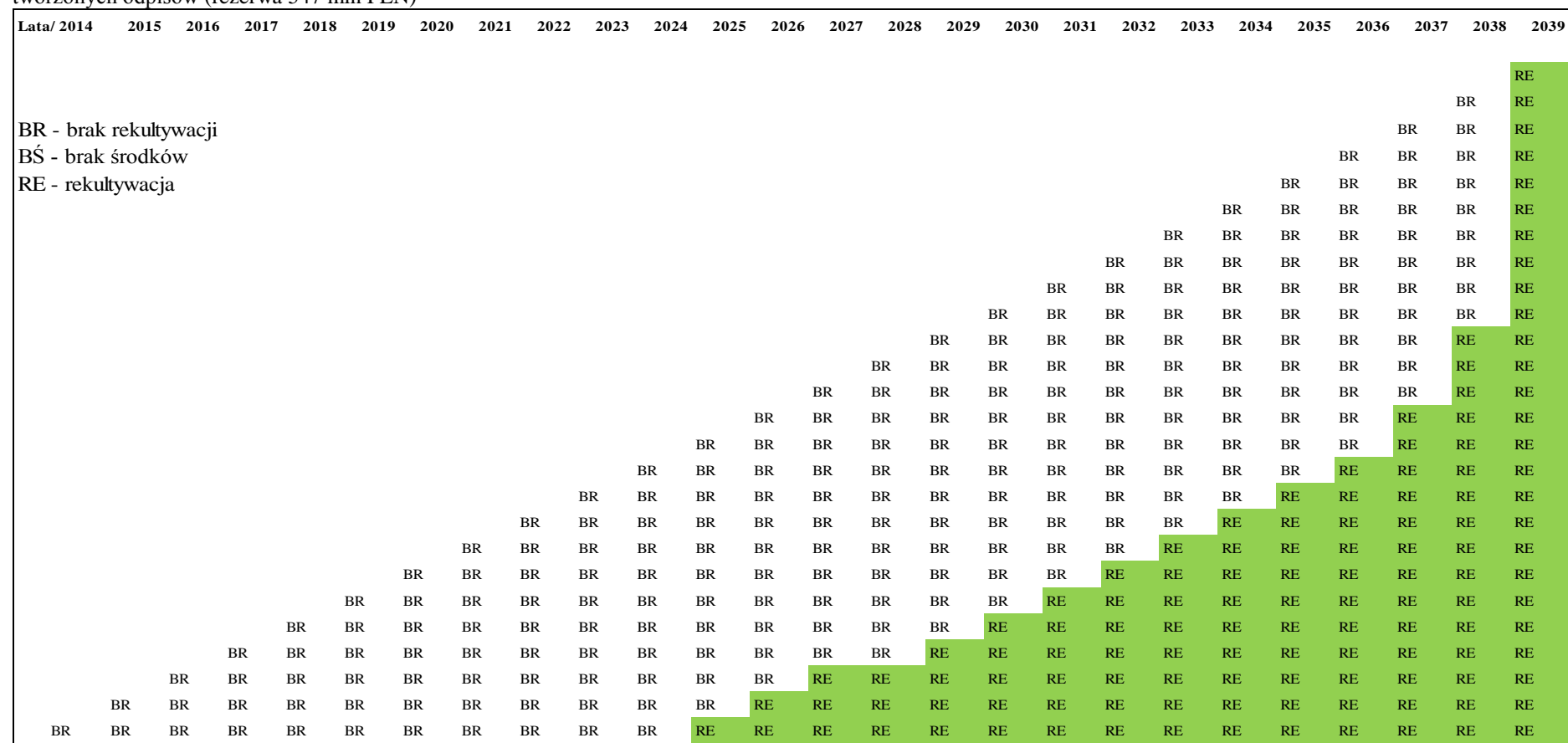
Zródło: obliczenia własne

Rysunek 144. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLIR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 507 mln PLN)



Źródło: obliczenia własne

Rysunek 146. Zmiana wyjściowej wielkości zgromadzonej rezerwy RLIR i jej wpływ na najwcześniejszy moment uzyskania zdolności do finansowania rekultywacji z tworzonych odpisów (rezerwa 547 mln PLN)



Źródło: obliczenia własne

