

Paweł R. Kozubek

# Ekonomiczny cykl życia kolejowych inwestycji infrastrukturalnych

*Do podstawowych metod oceny efektywności inwestycji rzeczowych, opartych na rachunku dyskontowym, uwzględniającym zmianę wartości pieniądza w czasie, należą: bieżąca wartość netto (Net Present Value – NPV) oraz wewnętrzna stopa zwrotu (Internal Rate of Return – IRR). Wartości tych miar ewaluacji zależy od wielkości stopy dyskontowej (w przypadku wskaźnika NPV), nakładów inwestycyjnych i innych strumieni kosztów i korzyści generowanych przez inwestycję oraz ich rozłożenie w czasie. Istotne jest więc właściwe uwzględnienie czynnika czasu w rachunku efektywności. Ma on szczególne znaczenie w odniesieniu do inwestycji infrastrukturalnych, w tym również inwestycji w zakresie transportu kolejowego, które charakteryzują się między innymi długim okresem budowy i eksploatacji. Dlatego też przy ocenie efektywności tego typu inwestycji bardzo ważnym zagadnieniem jest sposób określenia długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji – okresu przyjętego do obliczeń wskaźników NPV i IRR.*

Uwzględniając przedstawione przesłanki, jako cel niniejszego artykułu przyjęto prezentację zasad i metod wyznaczania ekonomicznego cyklu życia inwestycji infrastrukturalnych w transporcie kolejowym oraz analizę wpływu długości okresu obliczeniowego na efektywność kolejowych inwestycji infrastrukturalnych wyrażoną wskaźnikami NPV i IRR.

W pierwszej części artykułu przedstawione zostały teoretyczne rozważania dotyczące ekonomicznego cyklu życia inwestycji. Następnie zaprezentowano teoretyczne metody i zasady wyznaczania okresu obliczeniowego. Ostatnia część zawiera założenia oraz wyliczenia długości okresu obliczeniowego z zastosowaniem różnych metod. Przedstawia także wpływ długości tego okresu na efektywność przedsięwzięcia inwestycyjnego w obszarze infrastruktury transportu kolejowego.

## Cykl życia inwestycji

Każda inwestycja rzeczowa ma indywidualny cykl żywotności, określane jako cykl życia inwestycji, który jest procesem złożonym i wielopłaszczyznowym, uwzględniającym zagadnienia ekonomiczne, techniczne, społeczne oraz środowiskowe. Cykl życia inwestycji tworzą kolejne fazy jego rozwoju, które są częściami ciągu sekwencyjnych, logicznych działań zaprojektowanych z myślą o zapewnieniu właściwego zdefiniowania i osiągnięcia celu danej inwestycji [1].

Powszechnie przyjmuje się, że każde przedsięwzięcie inwestycyjne składa się z trzech zintegrowanych faz: przedinwestycyjnej, inwestycyjnej i operacyjnej.

Faza przedinwestycyjna obejmuje prace weryfikujące koncepcje inwestycyjne i składa się z następujących etapów [3]:

- formułowania koncepcji inwestycji – studium możliwości,

- wstępnej selekcji zidentyfikowanych wariantów – przygotowanie studium przedrealizacyjnego,
- sporządzenia ostatecznej wersji projektu inwestycyjnego – uściślenie elementów technicznych i ekonomicznych wybranego przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- oceny i podjęcia decyzji.

W kolejnych etapach fazy przedinwestycyjnej zwiększa się dokładność szacowania nakładów, kosztów i korzyści. Zgodnie z zaleceniami Banku Światowego i UNIDO, szacowanie tych strumieni na etapie studium możliwości powinno być wykonane z dokładnością  $\pm 30\%$ , w studium przedrealizacyjnym tolerancja ta wynosi  $\pm 20\%$ , a przy ocenie ostatecznej wersji projektu powinna być zmniejszona do  $\pm 10\%$  [4].

Faza inwestycyjna dotyczy realizacji wybranego wariantu inwestycyjnego, w jej ramach wyróżnić można następujące etapy [3]:

- przygotowanie ostatecznych planów technicznych realizacji inwestycji,
- negocjacje i zawieranie umów,
- budowa i instalacja sprzętu,
- rekrutacja i szkolenie kadr,
- oddanie obiektu do eksploatacji.

Ponoszenie nakładów inwestycyjnych oraz brak wpływów z inwestycji powodują, że faza inwestycyjna charakteryzuje się najczęściej generowaniem ujemnych sald strumieni pieniężnych, jak również zaciąganiem największych zobowiązań finansowych.

Faza operacyjna (eksploatacji) stanowi najdłuższy okres przedsięwzięcia. W tym okresie ponoszone są koszty operacyjne wynikające z podjętej działalności oraz generowane są korzyści wynikające z danej inwestycji. W przypadku, gdy faza operacyjna kończy się zaniechaniem funkcjonowania przedsięwzięcia, przedstawiony trójfazowy cykl życia inwestycji uzupełnia się o fazę likwidacyjną, w której następuje fizyczna likwidacja przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Długość trwania poszczególnych faz, a w konsekwencji długość całego okresu życia inwestycji, zależy od rodzaju i charakteru inwestycji. Infrastrukturalne przedsięwzięcia inwestycyjne w transporcie, a zwłaszcza inwestycje kolejowe, charakteryzują się długim okresem budowy i eksploatacji, a co za tym idzie długim cyklem życia.

Z punktu widzenia oceny efektywności inwestycji bardzo istotnym zagadnieniem jest ustalenie okresu obliczeniowego (liczby lat), z którego salda strumieni pieniężnych będą uwzględniane w rachunku. Wynika to wprost z algorytmów matematycznych metod opartych na rachunku dyskontowym (np. NPV, IRR). Okres ten jest to czas, w którym przedsięwzięcie inwestycyjne generuje wydatki pieniężne na jego przygotowanie i realizację, następnie wpływy i wydatki pieniężne związane z eksploatacją przedsięwzięcia (działalnością operacyjną) oraz ewentualne wpływy i wydatki wynikające z jego likwidacji. Długość tego okresu nie jest tożsama z długością cyklu życia inwestycji. Odnosi się on bowiem do aspektu ekonomicznego, a nie materialnego – fizycz-

nej realizacji poszczególnych etapów i faz cyklu życia inwestycji. Okres obliczeniowy ustalany do potrzeb oceny efektywności inwestycji można zatem nazwać ekonomicznym cyklem życia inwestycji [1].

Ekonomiczny cykl życia inwestycji najczęściej obejmuje fazę przedinwestycyjną, inwestycyjną oraz całą lub część fazy operacyjnej cyklu życia inwestycji. Istotny wpływ na efektywność inwestycji ma długość fazy inwestycyjnej i operacyjnej. Z punktu widzenia poprawności oceny efektywności inwestycji, bardzo ważne jest właściwe ustalenie długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji. Przyjęcie zbyt krótkiego okresu powoduje zaniżenie sumy korzyści netto, a w konsekwencji zaniżenie efektywności inwestycji. Dłuższy ekonomiczny cykl życia inwestycji wpływa korzystnie na poziom efektywności inwestycji, jednak może budzić wątpliwości związane z wiarygodnym planowaniem strumieni pieniężnych w długim horyzoncie czasu.

### Sposoby ustalania długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji

Właściwe określenie długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji w przypadku przedsięwzięć złożonych, takich jak budowa lub modernizacja linii kolejowej, jest zadaniem trudnym. Cykl ten rozpoczyna się wraz z poniesieniem pierwszych nakładów inwestycyjnych wynikających z projektu inwestycyjnego. Następnie obejmuje okres budowy (fazę inwestycyjną), którego długość zależy od uwarunkowań technicznych, technologicznych i prawnych. Długość tego okresu wynika z przyjętego harmonogramu prac. Można ją również określić na podstawie danych historycznych, dotyczących innych, podobnych inwestycji. Po zakończeniu budowy inwestycji następuje okres jej eksploatacji (faza operacyjna). Ustalenie długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji, przyjętego do przeprowadzenia oceny efektywności inwestycji, sprowadza się często do wyznaczenia granicy okresu eksploatacji, czyli odpowiedzi na pytanie: ile lat z tego okresu należy brać pod uwagę w rachunku efektywności?

W literaturze przedmiotu można odszukać wiele sposobów podejścia do tego zganienia, które akcentują różne czynniki wpływające na długość okresu eksploatacji, a w konsekwencji na długość ekonomicznego cyklu życia inwestycji. Niektóre z tych podejść mają charakter normatywny (opierają się na racjonalnych przesłankach normatywu określającego długość okresu eksploatacji), inne optymalizacyjne (bazują na maksymalizacji pewnych wartości ekonomicznych) [1].

W ramach podejścia normatywnego do ciekawszych można zaliczyć koncepcje oparte na:

- odwrotności stawek amortyzacyjnych,
- oprocentowaniu składek amortyzacyjnych,
- okresie ekonomicznie pewnej eksploatacji,
- okresie normalnej eksploatacji,
- malejącym znaczeniu sald przepływów pieniężnych,
- okresie kredytowania,
- okresie licencji,
- doświadczeniu i analizach marketingowych.

Do grupy koncepcji optymalizacyjnych można zaliczyć koncepcje:

- rosnącej różnicy kosztów,
- malejącej nadwyżki,
- maksymalizacji wartości firmy,
- maksymalizacji wartości bieżącej.

Koncepcja oparta na odwrotności stawki amortyzacyjnej zgodna jest z definicją ekonomicznego cyklu życia inwestycji według UNIDO. Mówi ona, że okres ten ograniczony jest długością użytkowania najważniejszych składników środków trwałych, powstałych w wyniku realizacji danej inwestycji. W praktyce do ustalenia tego okresu wykorzystuje się średnią ważoną stawek amortyzacji grup aktywów trwałych, powstałych w wyniku realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, dla których wagą jest udział danej grupy aktywów w całości nakładów inwestycyjnych. Okres operacyjny wylicza się z wykorzystaniem formuły:

$$n_{op} = \frac{1}{\bar{A}} \quad (1)$$

gdzie:

$n_{op}$  – okres operacyjny,  
 $\bar{A}$  – średnia ważona stawek amortyzacji grup aktywów trwałych, powstałych w wyniku realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Według tego podejścia okres operacyjny oznacza liczbę lat, w ciągu których odpisy amortyzacyjne w formie liniowej pokryją nakłady inwestycyjne.

Koncepcja oprocentowania składek amortyzacyjnych polega na gromadzeniu odpisów amortyzacyjnych na oprocentowanym rachunku aż do momentu zrównoważenia nakładu poniesionego na środki trwałe. Do obliczeń stosuje się średnią ważoną stawkę amortyzacji. Jako wagi stosuje się wartości początkowe poszczególnych grup składników majątku. Okres ten oblicza się za pomocą formuły:

$$m = \frac{\log \frac{s + p}{s}}{\log (1 + p)} \quad (2)$$

gdzie:

$m$  – okres eksploatacji,  
 $s$  – średnia ważona stawek amortyzacji,  
 $p$  – stopa procentowa.

Propozycja ta nie nadaje się do zastosowania w warunkach inflacji, ponieważ skraca okres obliczeniowy, gdy inflacja powoduje znaczne wydłużenie czasu gromadzenia środków z amortyzacji na odtworzenie środków trwałych [5]. Ponadto wadą tej, jak i poprzedniej koncepcji jest to, że stawki amortyzacyjne nie przedstawiają rzeczywistego tempa zużycia środków trwałych. W przypadku porównywania kilku wariantów inwestycyjnych może zaistnieć sytuacja, w której każdy z wariantów będzie charakteryzował się różną wielkością średnio ważoną stawek amortyzacji, co w konsekwencji może prowadzić do utraty możliwości ich porównania.

Koncepcja okresu ekonomicznie pewnej eksploatacji bazuje na techniczno-ekonomicznej charakterystyce powstałych w wyniku inwestycji obiektów i analizie warunków ich wykorzystania w danej branży. W firmach zachodnich optymalny okres eksploatacji maszyn i środków transportu wynosi ok. 5 lat, urządzeń technicznych niepodlegających szybkiemu zużyciu materialnemu ok. 10 lat, a budynków – od 15 do 20 lat [6].

Według koncepcji opartej na okresie normalnej eksploatacji, do ekonomicznego cyklu życia inwestycji należy zaliczyć nie całą fazę eksploatacji, a jedynie okres rozruchu produkcji i 3–4 lata

normalnej eksploatacji. Takie podejście oparte jest na dwóch przesłankach. Po pierwsze, jak twierdzi K. Leszczyński [7], wartości strumieni pieniężnych można określić z dużą dokładnością dla pięciu do sześciu lat okresu eksploatacji. Dalsze szacunki dla kolejnych lat są bardzo mało prawdopodobne. Po drugie, im krótszy jest okres obliczeniowy, tym większa jest wartość pozostała środków trwałych na koniec tego okresu, tzw. wartość rezydualna.

Koncepcja malejącego znaczenia sald przepływów pieniężnych zwraca uwagę na zmniejszające się współczynniki dyskontowe w miarę upływu czasu [5]. Powoduje to coraz mniejsze znaczenie sald przepływów pieniężnych z każdym kolejnym rokiem. Granicą okresu obliczeniowego powinien być rok, po którym znaczenie sald uznać można za pomijająco małe. Wielkość taką osiąga się, gdy iloczyn salda i współczynnika dyskontowego daje wartość porównywalną z błędami (wynikającymi z niemożności precyzyjnego szacunku) w wycenie sald z pierwszych lat, które wynikają z niemożliwości precyzyjnego szacunku. Duże znaczenie w przypadku tej koncepcji ma przyjęta stopa dyskontowa, ponieważ od niej zależy wielkość współczynnika dyskontowego. Przy dużej stopie dyskontowej utrata znaczenia sald przepływów pieniężnych następuje szybciej niż przy stopie małej.

Zastosowanie jako normatywu okresu kredytowania może być zasadne w przypadku finansowania inwestycji w całości z kredytu, który jest spłacany z generowanych przez tę inwestycję korzyści netto. Sytuacja taka w praktyce występuje niezmiernie rzadko. Jako okres obliczeniowy według tej koncepcji przyjmuje się czas spłaty kredytu.

Normatyw oparty na okresie licencyjnym odnosi się do ograniczeń prawnych, wynikających np. z umowy. Okres obliczeniowy to np.: czas ważności licencji na eksploatację zasobów, stosowanie określonej technologii lub sprzedaż produktu, czy też czas użytkowania terenu lub infrastruktury. Koncepcja ta może mieć zastosowanie, gdy – w celu eksploatacji środków wytworzonych w ramach podjętej inwestycji – niezbędne jest uzyskanie licencji lub koncesji.

Kolejne podejście, zaproponowane przez W. Rogowskiego [1], opiera się na dwóch elementach: doświadczeniu i analizach marketingowych. Podejście to bazuje na wiedzy o rzeczywistych, realizowanych w przeszłości inwestycjach o podobnym charakterze oraz analizie marketingowej, której głównym zadaniem jest identyfikacja zagrożeń dotyczących planowanej inwestycji.

Koncepcja rosnącej różnicy kosztów zakłada, że koszty eksploatacji obiektu powstałego w ramach inwestycji, które rosną w miarę upływu czasu, przekroczą w pewnym momencie analogiczne koszty obiektu nowszego w takim stopniu, że zastąpienie obiektu starego nowym stanie się ekonomicznie uzasadnione. Zatem okres obliczeniowy będzie obejmował całą fazę eksploatacji oraz likwidacji powstałego w ramach inwestycji obiektu.

Według kolejnej koncepcji optymalizacyjnej – malejącej nadwyżki okres eksploatacyjny powinien trwać tak długo, jak długo nadwyżka wartości sprzedaży nad kosztami nie jest mniejsza od ustalonego minimum (ustalonej normy).

Według koncepcji maksymalizacji wartości firmy długość okresu eksploatacyjnego inwestycji powinna być determinowana maksymalizacją wartości rynkowej firmy. Koniec okresu eksploatacyjnego inwestycji powinien wyznaczać rok, w którym bieżąca wartość wygenerowanej nadwyżki korzyści netto osiąga maksymalną wartość.

Istota koncepcji maksymalizacji wartości bieżącej polega na ustaleniu okresu eksploatacji jako optymalnego z punktu widzenia sumy zdyskontowanych sald rocznych (wartości bieżącej netto – NPV). Sposób ten polega na przeprowadzeniu wielu obliczeń wskaźnika NPV dla różnych okresów eksploatacji i wyborze wariantu dającego najwyższy wynik.

Główną wadą koncepcji optymalizacyjnych, podobnie jak i normatywnych, opartych na stawkach amortyzacji jest fakt, że w przypadku porównywania różnych wariantów inwestycyjnych ich zastosowanie może wskazywać inną długość okresu eksploatacyjnego dla każdego wariantu. Tymczasem podstawowym warunkiem porównywania różnych opcji inwestycyjnych za pomocą metod dyskontowych jest stosowanie jednakowego ekonomicznego cyklu życia inwestycji (okresu obliczeniowego).

W literaturze przedmiotu przedstawiane są sposoby porównywania inwestycji o różnej długości ekonomicznego cyklu życia. Do metod tych należy zaliczyć powielanie oraz obliczanie ekwiwalentnej renty rocznej [8]. Ich istota polega na oszacowaniu brakujących strumieni pieniężnych w celu wyrównania długości okresów obliczeniowych – a zatem potwierdzają zasadę porównywania inwestycji o równych ekonomicznych cyklach życia.

Prezentowane metody prowadzą w konsekwencji do różnych co do długości okresów obliczeniowych. W kolejnej części artykułu obliczono długości tego okresu dla infrastrukturalnej inwestycji kolejowej na podstawie wybranych metod, których zastosowanie jest możliwe w analizowanej grupie inwestycji.

## **Wpływ długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji na wielkość wskaźników NPV i IRR w ocenie efektywności inwestycji infrastrukturalnych w transporcie kolejowym**

### **Założenia dotyczące analizy efektywności inwestycji**

W celu weryfikacji wpływu długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji na efektywność inwestycji infrastrukturalnej w transporcie kolejowym przyjęte zostały, na podstawie typowych studiów przedinwestycyjnych, założenia dotyczące:

- wielkości oraz rozłożenia w czasie nakładów inwestycyjnych,
- wielkości oraz rozłożenia w czasie sald przepływów pieniężnych generowanych przez inwestycję,
- szacowania wartości rezydualnej,
- określenia stopy dyskontowej.

Do obliczeń wykorzystano dane z kolejowej inwestycji modernizacyjnej, mającej na celu przebudowę linii w celu jej dostosowania do prowadzenia ruchu z prędkości 160–200 km/h (ze względu na konieczność zachowania tajemnicy przedsiębiorcy nie będą podawane żadne informacje, które mogłyby doprowadzić do identyfikacji inwestycji).

### **Założenia dotyczące nakładów inwestycyjnych**

Nakłady inwestycyjne podzielone zostały na następujące grupy:

- drogi kolejowe (do grupy tej zaliczono prace związane z robotami ziemnymi, wykonanie podtorza i odwodnień oraz modernizację nawierzchni kolejowej);
- sieci trakcyjne i zasilanie trakcyjne;
- obiekty inżynierijne (do grupy tej zaliczono budowę nowych wiaduktów i przejść oraz modernizację istniejących wiaduktów, przejść i mostów);

- budynki i budowle (obiekty utrzymania ruchu wraz z zainstalowanymi w nich urządzeniami oraz perony i obiekty małej architektury);
- urządzenia SRK (do grupy tej zaliczono urządzenia stacyjne, przejazdowe, ERTMS, diagnostyki taboru oraz Centra Lokalne Sterowania);
- sieci i urządzenia teletechniczne i elektroenergetyki nietrakcyjnej;
- skrzyżowania dróg z koleją (do grupy tej zaliczono prace związane z modernizacją przejazdów kolejowych i budową dróg dojazdowych do tych przejazdów);
- pozostałe (do grupy tej zaliczono nakłady związane z wywłaszczeniami, przygotowaniem dokumentacji oraz nadzorem nad projektem).

Wielkość nakładów inwestycyjnych przedstawiono w tabeli 1, a ich rozłożenie w czasie w tabeli 2.

Tabela 1

### Wielkość i struktura nakładów inwestycyjnych

Lp.	Rodzaj robót	Nakłady [mln zł]	Udział [%]
1	Drugi kolejowe	1300	28,71
2	Sieci trakcyjne i zasilanie	700	15,49
3	Obiekty inżynieryjne	480	10,62
4	Budynki i budowle	83	1,84
5	Urządzenia SRK	620	13,72
6	Sieci i urządzenia teletechniczne oraz elektroenergetyki nietrakcyjnej	700	15,49
7	Skrzyżowania dróg z koleją	200	4,43
8	Razem inwestycje (poz. 1–7)	4083	
9	Pozostałe	435	9,63
10	Razem nakłady inwestycyjne	4518	100,00

### Założenia dotyczące sald przepływów pieniężnych

W tabeli 3 przedstawiono szacowane salda przepływów pieniężnych, z uwzględnieniem: przepływów ujemnych wynikających z utrzymania infrastruktury, prowadzenia ruchu oraz kosztów administracyjnych oraz strumieni dodatnich z tytułu przychodów ze sprzedaży, w tym udostępniania linii przewoźnikom dla przewoźników towarowych i pasażerskich.

Charakterystyczne dla tego typu inwestycji jest rozpoczęcie fazy eksploatacyjnej przed zakończeniem fazy inwestycyjnej. Za-

kląda się tu możliwość jednoczesnego kontynuowania budowy infrastruktury i korzystania z infrastruktury już powstałej. Dlatego też w latach 1–10 ekonomicznego cyklu życia inwestycji, oprócz nakładów inwestycyjnych występować będą inne ujemne oraz dodatnie przepływy pieniężne. Po zakończeniu fazy inwestycyjnej (dziesiąty rok) zakłada się zwiększenie przychodów na skutek pełnego wykorzystania linii. Przez kolejne 5 lat dochodzenia do osiągnięcia optymalnego wykorzystania linii szacuje się szybsze tempo wzrostu strumieni ujemnych (kosztów) od strumieni dodatnich (przychodów). Od roku szesnastego zakłada się stały poziom strumieni dodatnich i ujemnych. Wynika to z opracowanych prognoz przewozów pasażerskich i towarowych.

### Założenia dotyczące wartości rezydualnej

W analizie efektywności finansowej inwestycji – niezależnie od tego czy eksploatacja kończy się wraz z upływem ekonomicznego cyklu życia inwestycji i następuje likwidacja inwestycji, czy też po upływie tego okresu eksploatacja będzie trwać nadal – należy w ostatnim roku okresu obliczeniowego uwzględnić tzw. wartość rezydualną. Wartość ta jest to możliwa do uzyskania wielkość przychodów netto z upłynienia składników majątku na koniec okresu obliczeniowego [9]. Można ją także obliczyć na podstawie księgowej wartości składników majątku powstałego w wyniku inwestycji na koniec okresu obliczeniowego [10]. W literaturze można także spotkać propozycję dochodowego sposobu ustalania wartości rezydualnej, jako bieżącej wartości netto przyszłych przepływów pieniężnych, których oczekuje się z tytułu dalszego użytkowania aktywów (po okresie obliczeniowym). Jednak takie podejście budzi słuszne zastrzeżenia, bo jak twierdzi S. Wrzosek [5], wraz z wydłużeniem okresu wartość ta się zwiększa (jeśli salda są większe od zera), a wartość ze sprzedaży coraz bardziej starzejącego się majątku się zmniejsza.

Wartość rezydualną, dla poszczególnych wariantów analizowanej inwestycji, obliczono jako wartość księgową, odejmując w kolejnych latach od wartości początkowej wartość amortyzacji. W obliczeniach przyjęto następujące stawki amortyzacji [11, 12]:

- dla budynków i budowli oraz urządzeń w nich zainstalowanych – 2,5%,
- dla pozostałych składników majątku – 4,5%.

Tabela 2

### Rozkład w czasie nakładów inwestycyjnych

Rok		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Suma
Nakłady w latach	[mln zł]	23,7	134,7	428,9	498,9	689,6	618,6	547,3	610,5	595,5	370,3	4518,0
Udział	[%]	0,53	2,98	9,49	11,04	15,26	13,69	12,11	13,51	13,18	8,20	100,00

Tabela 3

### Szacowane salda przepływów pieniężnych (bez uwzględnienia nakładów inwestycyjnych)

Kolejne lata		1–10	11	12	13	14	15	od 16
Saldo przepływów pieniężnych	[mln zł]	129,0	193,0	192,5	192,0	191,0	189,0	190,0

Tabela 4

### Szacowana wartość rezydualna w kolejnych latach

Okres		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Wartość rezydualna	[tys. zł]	3 156 687	2 976 666	2 796 645	2 616 625	2 436 604	2 256 583	2 076 562	1 896 542	1 716 521	1 536 500
Okres		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Wartość rezydualna	[tys. zł]	1 356 479	1 176 459	996 438	816 417	636 396	456 376	276 355	96 334	359	338
Okres		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Wartość rezydualna	[tys. zł]	318	297	276	235	255	214	193	172	152	131

W tabeli 4 przedstawiono obliczoną oddzielnie dla każdego roku wartość rezydualną dla 20 lat po zakończeniu fazy inwestycyjnej.

### Założenia dotyczące stopy dyskontowej

Stopę dyskontową przyjęto w wysokości 5%. Taka wysokość stopy zalecana jest przez międzynarodowe instytucje finansowe dla inwestycji infrastrukturalnych [13] i zazwyczaj przyjmowana jest w realizowanych w Polsce studiach przedinwestycyjnych dotyczących inwestycji infrastrukturalnych w transporcie kolejowym.

### Ustalenie długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji w zależności od użytej metody

Na podstawie przedstawionych teoretycznych zasad wyznaczania długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji wyznaczono długości tego okresu z zastosowaniem metod: odwrotności stawek amortyzacyjnych, oprocentowania składek amortyzacyjnych, okresu ekonomicznie pewnej eksploatacji, okresu normalnej eksploatacji, malejącego znaczenia sald przepływów pieniężnych, doświadczenia i analiz marketingowych oraz maksymalizacji wartości firmy. Dla koncepcji, które odnosiły się bezpośrednio do fazy eksploatacyjnej, obliczono długość tej fazy, a następnie dodano do niej długość fazy inwestycyjnej wynoszącej 10 lat.

Obliczone długości okresu obliczeniowego dla inwestycji infrastrukturalnych w transporcie kolejowym przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

### Szacowana długość ekonomicznego cyklu życia inwestycji według różnych koncepcji

Koncepcja ustalania długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji na podstawie	Długość ekonomicznego cyklu życia inwestycji [lata]
odwrotności stawek amortyzacyjnych	33
oprocentowania składek amortyzacyjnych	25
okresu pewnej eksploatacji	30
okresu normalnej eksploatacji	15
malejącego znaczenia sald przepływów pieniężnych	48
doświadczenia i analiz marketingowych	20–30
maksymalizacji wartości firmy	16

W zależności od koncepcji okres obliczeniowy wynosi od 15 lat (wg koncepcji opartej na okresie normalnej eksploatacji)

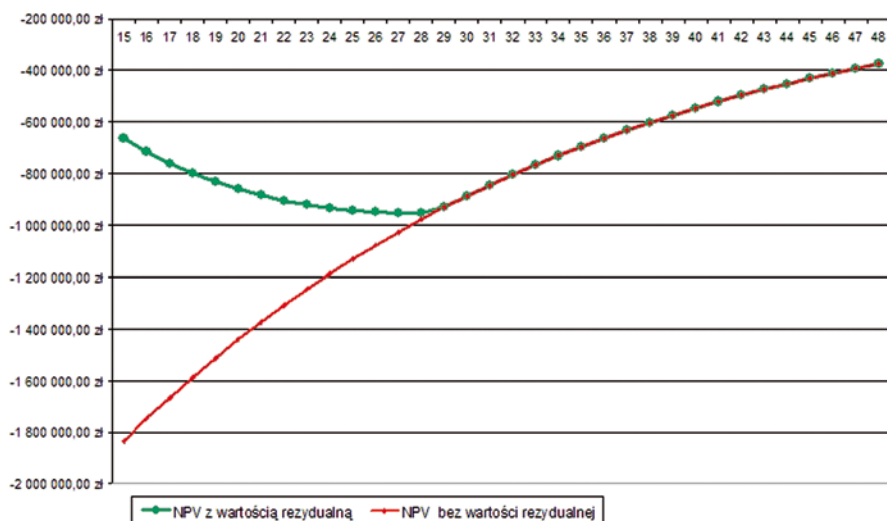
do 48 lat (wg koncepcji opartej na malejącym znaczeniu sald przepływów pieniężnych), przy czym za rok końcowy przyjęto rok, w którym wartość współczynnika dyskontującego spada poniżej 0,1 zgodnie z zaleceniami Banku Światowego i UNIDO; należy przy tym pamiętać, że wartość ta zależy od przyjętej stopy dyskontowej i dla stopy wyższej niż 5% okres ten byłby krótszy! Według koncepcji opartej na doświadczeniu i analizach marketingowych cykl życia inwestycji określono niejednoznacznie jako przedział od 20 do 30 lat, ponieważ realizowane w ostatnich latach w Polsce studia wykonalności opracowywane były dla różnych horyzontów czasowych wynoszących 20 lub 30 lat. Również wytyczne Unii Europejskiej w zakresie przygotowania studiów wykonalności inwestycji w zakresie infrastruktury transportowej zalecają przyjmowanie okresu obliczeniowego w zakresie 20–30 lat, przy czym dla inwestycji kolejowych rekomendowana długość okresu obliczeniowego wynosi 30 lat [13].

### Obliczenia wskaźników NPV i IRR

Wskaźniki efektywności inwestycji NPV i IRR obliczono dla 33 różnych okresów obliczeniowych wynoszących od 15 do 48 lat. Rachunek wykonano w dwóch wariantach – z uwzględnieniem wartości rezydualnej (NPV 1 i IRR 1) oraz z pominięciem wartości rezydualnej (NPV 2 i IRR 2). Wyniki obliczeń przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

Wielkość wskaźnika NPV, obliczonego z pominięciem wartości rezydualnej, zwiększa się wraz z wydłużeniem ekonomicznego cyklu życia inwestycji. Może to sugerować zasadność przyjmowania do obliczeń efektywności tego typu inwestycji jak najdłuższych, możliwych do przyjęcia, okresów obliczeniowych. Jednak szacowanie strumieni pieniężnych w perspektywie kilkudziesięciu lat budzi zastrzeżenia odnośnie trafności tych szacunków. Ponadto w długim okresie linia kolejowa wymagać będzie remontów odtworzeniowych, a nie tylko napraw bieżących. Przy okazji tych prac może zająć również potrzeba modernizacji linii. Zakres, jak również ich koszt są trudne do przewidzenia, co jest istotnym argumentem za przyjmowaniem możliwie krótkich okresów obliczeniowych.

Wskaźnik NPV obliczony z uwzględnieniem wartości rezydualnej początkowo maleje, a następnie wzrasta wraz z wydłużeniem ekonomicznego cyklu życia inwestycji. Najniższą wartość osiąga dla okresu obliczeniowego równego 28 lat. Dla ekonomicznego cyklu życia równego 29 lat i więcej NPV z uwzględnieniem wartości rezydualnej osiąga bardzo zbliżone wartości jak wskaźnik NPV z pominięciem wartości rezydualnej (krzywe na wykresie pokrywają się). Godne uwagi jest to, że relatywnie wysoką wartość bieżącą netto przedsięwzięcie wykazuje dla stosunkowo krótkich okresów obliczeniowych ok. 15 lat (dzięki dużej wartości rezydualnej) oraz dla okresów bardzo długich – powyżej 37 lat. O ile wartość ta dla dłuższych okresów jest konsekwencją kolejnych dodatnich przepływów pieniężnych, o tyle dla krótszych okresów obliczeniowych jest uzależniona od wartości rezydualnej. Bardzo duże nakłady inwestycyjne realizowane w kolejowych inwestycjach infrastrukturalnych skutkują dużą wartością



Rys. 1. Wskaźnik NPV dla różnych ekonomicznych cykli życia inwestycji

rezydualną, szczególnie w początkowych latach po oddaniu inwestycji do eksploatacji. Należy również zaznaczyć, że szacowanie strumieni pieniężnych w perspektywie kilkunastu lat jest znacznie pewniejsze od szacowania strumieni pieniężnych dla roku trzydziestego trwania inwestycji i lat późniejszych.

Wskaźnik IRR obliczony bez uwzględnienia wartości rezydualnej zachowuje się podobnie jak wskaźnik NPV – zwiększa się wraz z wydłużeniem ekonomicznego cyklu życia inwestycji, przy czym dla okresów obliczeniowych krótszych niż 27 lat przyjmuje wartości ujemne. Oznacza to, że dla okresów obliczeniowych poniżej 27 lat nie można osiągnąć zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych. Sugeruje to, podobnie jak w przypadku wskaźnika NPV, stosowanie dłuższych okresów obliczeniowych – ok. 30 lat (analizowana inwestycja jest jednym z przypadków inwestycji nietypowych, następuje w niej dwukrotna zmiana znaku rocznych sald przepływów pieniężnych, co skutkuje uzyskaniem dwóch wartości IRR; wartości niższe zostały uwzględnione na wykresie, wartości wyższe oscylują w granicach ok. 142%). Przy uwzględnieniu wartości rezydualnej, wskaźnik IRR dla każdego analizowanego okresu obliczeniowego osiąga wartość większą od zera. Oznacza to, że dla każdego z tych okresów obliczeniowych można znaleźć taką stopę dyskontową ( $r < IRR$ ), dla której inwestycja będzie rentowna ( $NPV > 0$ ). Dla okresów obliczeniowych powyżej 28 lat wskaźnik IRR jest niemal identyczny dla obydwu badanych wariantów, tj. z uwzględnieniem i z pominięciem wartości rezydualnej.

Stały poziom wskaźnika IRR dla okresów obliczeniowych wynoszących od 15 do 28 lat jest charakterystyczny tylko dla analizowanego przykładu. Wynika to z faktu, że w każdym następnym okresie obliczeniowym obniżenie wartości rezydualnej było równoważone przez saldo przepływów pieniężnych z kolejnego dodatkowego roku.

### Uwagi końcowe

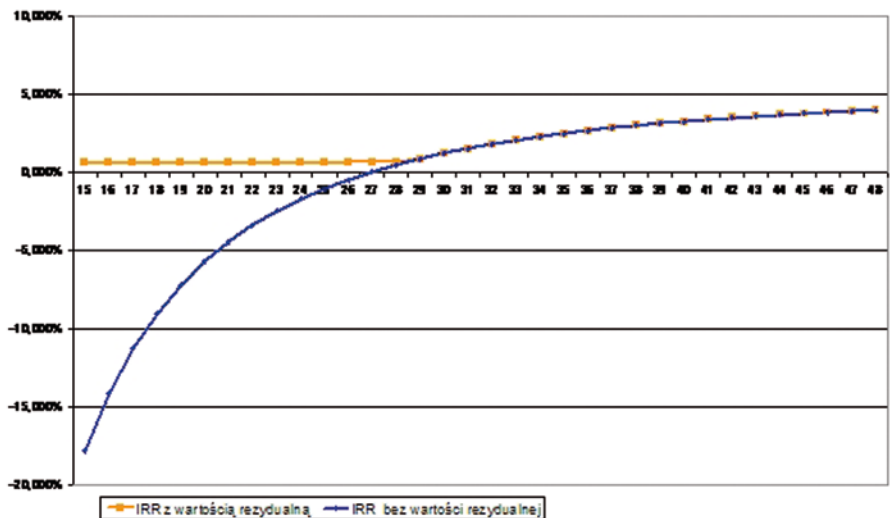
Na podstawie przeprowadzonych rozważań można sformułować kilka wniosków i spostrzeżeń.

- W teorii istnieje wiele metod wyznaczania długości ekonomicznego cyklu życia inwestycji, jednak nie wszystkie z nich mogą być wykorzystane w przypadku kolejowych inwestycji infrastrukturalnych.

- Długość okresów obliczeniowych wyznaczonych za pomocą dwóch innych metod może różnić się nawet ponad trzykrotnie.

- Zalecany przez Komisję Europejską 30 letni okres obliczeniowy, biorąc pod uwagę z jednej strony wzrost efektywności mierzonej wskaźnikami NPV i IRR występujący wraz ze wzrostem ekonomicznego cyklu życia inwestycji, z drugiej zaś pewność szacowanych strumieni pieniężnych w kilkudziesięcioletniej perspektywie czasu, wydaje się być maksymalnym okresem.

- Wartość rezydualna, która w praktyce często jest niedocenianym elementem rachunku efektywności inwestycji, może mieć bardzo duże znaczenie dla efektywności tego typu inwestycji. Uwarunkowane jest to prawidłowym wyliczeniem tej wartości. Wskazane jest zatem przeprowadzenie kolejnych symulacji w tym



Rys. 2. Wskaźnik IRR dla różnych ekonomicznych cykli życia inwestycji

zakresie, ze szczególnym uwzględnieniem szacowania wartości rezydualnej. Jeżeli wyniki tych analiz byłyby zbieżne z prezentowanym w niniejszym artykule, stanowiłyby poważny argument za przyjmowaniem krótszych okresów obliczeniowych, dla których strumień pieniężny można oszacować ze znacznie większym prawdopodobieństwem.



### Literatura

- [1] Rogowski W.: *Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004, s. 52.
- [2] Marcinek K.: *Ryzyko projektów inwestycyjnych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2001, s. 30.
- [3] Kes Z.: *Ocena efektywności inwestycji rzeczowych*. [w:] Ocena efektywności przedsięwzięć gospodarczych (red. E. Nowak). Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 1998, s. 18.
- [4] Pazio W. J.: *Ocena finansowa przedsięwzięć rozwojowych firmy*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1992, s. 38.
- [5] Wrzosek S.: *Ocena efektywności rzeczowych inwestycji przedsiębiorstw*. Wydawnictwo SYGMA, Warszawa 1994, s. 45.
- [6] Gawron H.: *Ocena efektywności inwestycji*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 1997, s. 98.
- [7] Leszczyński K.: *Metody oceny projektów inwestycyjnych*. SGH, Warszawa 1993, s. 52.
- [8] Johanson H.: *Ocena projektów inwestycyjnych. Maksymalizacja wartości przedsiębiorstwa*. LIBER, Warszawa 2005, s. 98 – 101.
- [9] Brochocka U., Gajęcki R.: *Metody oceny projektów inwestycyjnych*. SGH, Warszawa, 1997, s. 32.
- [10] *Guide to cost-benefit analysis of investment projects*. Evaluation Unit DG Regional Policy European Commission, s. 26.
- [11] Rozporządzenia Rady Ministrów z 30 grudnia 1999 r. w sprawie klasyfikacji środków trwałych (KŚT). Dz. U. 1999 nr 112 poz. 1317.
- [12] Ustawa z 15 lutego 1992 r. o podatku dochodowym od osób prawnych. Dz. U. 1992 nr 21, poz. 86. Załącznik nr 1: Wykaz rocznych stawek amortyzacyjnych.
- [13] *Guidance on the methodology for carrying out Cost-Benefit Analysis*. Working Document 4. The New Programming period 2007-2013. European Commission Directorate-General Regional Policy. Bruksela 2006, s. 7.