

Analiza efektywności finansowej dostosowania linii kolejowej Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h

Artykuł ten jest kolejnym w cyklu publikacji w miesięczniku *tts*, prezentujących problematykę modernizacji linii kolejowej Warszawa – Radom. Artykuł został przygotowany na podstawie pracy naukowo-badawczej zrealizowanej przez zespół pracowników Zakładu Logistyki i Marketingu na Wydziale Transportu Politechniki Radomskiej¹⁾.

Przewidywane nakłady inwestycyjne na realizację przedsięwzięcia

Nakłady inwestycyjne na modernizację i przebudowę linii kolejowej Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h z budową drugiego toru między Warką a Radomiem przyjęto na podstawie oszacowania, przedstawionego w *Studium modernizacji linii Warszawa – Radom z podaniem nakładów inwestycyjnych*²⁾. Podstawę szacunku stanowiła szczegółowa charakterystyka zakresu prac, odnoszących się do: nawierzchni kolejowej, skrzyżowań linii kolejowej z drogami, obiektów inżynierskich, urządzeń sterowania ruchem, zasilania trakcyjnego i sieci trakcyjnej, urządzeń telekomunikacyjnych i taboru. Długość modernizowanej linii określono na 98 km.

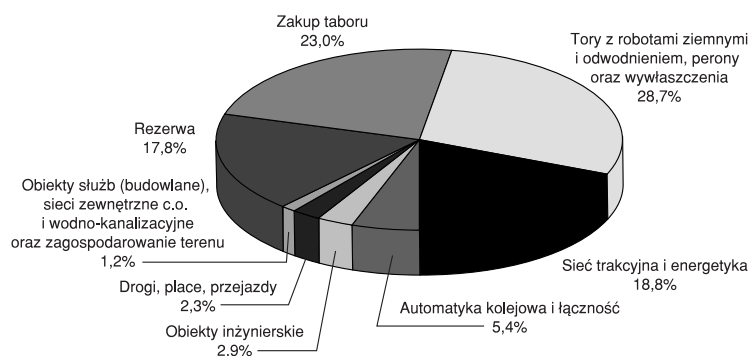
Pełne nakłady inwestycyjne na realizację przedsięwzięcia przedstawione zostały w tabelicy 1.

Z 931 mln zł na prace modernizacyjne niemal połowa (452 mln zł) to nakłady na budowę oraz modernizację torów i peronów z robotami ziemnymi i odwodnieniem oraz nakłady związane z wywłaszczeniem. Nakłady na modernizację sieci trakcyjnej oszacowane zostały na 295 mln zł (tj. 32% nakładów na modernizację, bez rezerwy i nakładów

na zakup taboru). Należy zauważyć, że te dwie grupy prac modernizacyjnych stanowią łącznie 80% przewidywanych nakładów na modernizację. Polskie i zagraniczne doświadczenia realizacji inwestycji infrastrukturalnych wskazują, że najczęściej są one niedoszacowane. Dlatego dla prezentowanego przedsięwzięcia przewidziano dodatkową rezerwę w wysokości 30% szacowanej sumy nakładów (279,3 mln zł). W nakładach inwestycyjnych uwzględniono również zakup taboru dostosowanego do prędkości 160 km/h, określając nakłady z tym związane na 362 mln zł.

Pełne nakłady inwestycyjne, uwzględniające koszt robót modernizacyjnych, zakup odpowiedniego taboru oraz rezerwę na dostosowanie linii kolejowej Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h określono na 1572,3 mln zł. Ich strukturę przedstawiono na rysunku 1.

W omawianym studium nie określono harmonogramu modernizacji linii. Będzie to miało wpływ na sposób obliczania efektywności finansowej przedsięwzięcia.



Rys. 1. Struktura przewidywanych nakładów inwestycyjnych

Tabela 1

Pełne nakłady inwestycyjne na modernizację linii kolejowej Warszawa – Radom z dostosowaniem do $V_{max} = 160$ km/h i budową drugiego toru Warka – Radom

Wyszczególnienie	Nakłady inwestycyjne [mln zł]
Tory z robotami ziemnymi i odwodnieniem, perony i wywłaszczenia	452,0
Sieć trakcyjna i energetyka	295,0
Automatyka kolejowa i łączność	84,5
Obiekty inżynierskie	45,4
Drogi, place i przejazdy	35,5
Obiekty służb (budowlane), sieci zewnętrzne c.o. i wodno-kanalizacyjne oraz zagospodarowanie terenu	18,6
Razem prace modernizacyjne	931,0
Rezerwa (30% kosztów robót modernizacyjnych)	279,3
Zakup taboru	362,0
Razem	1 572,3

Źródło: *Studium modernizacji linii Warszawa Radom z podaniem nakładów inwestycyjnych. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji, Oddział Warszawski, Ośrodek Rzeczoznawstwa i Usług Techniczno-Ekonomicznych. Warszawa, marzec 2002.*

¹⁾ M. Kotowska-Jelonek, T. Dyr., B. Grad, A. Mężyk, B. Zagożdżon, P. Kozubek: *Koncepcja realizacji modernizacji i przebudowy linii kolejowej Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h w świetle analizy i oceny efektywności przedsięwzięcia. Politechnika Radomska im. K.Pułaskiego, Wydział Transportu. Radom, czerwiec 2002.*

²⁾ *Studium modernizacji linii Warszawa Radom z podaniem nakładów inwestycyjnych. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji, Oddział Warszawski, Ośrodek Rzeczoznawstwa i Usług Techniczno-Ekonomicznych. Warszawa, marzec 2002.*

Przewidywane przychody z przewozów pasażerskich

Oszacowanie wielkości przychodów z przewozów pasażerów po zmodernizowanej linii wymagało określenia:

- 1) przewidywanego potoku pasażerów w ruchu regionalnym i międzyregionalnym w przyjętym do analizy okresie 20 lat eksploatacji linii bez kapitalnego remontu;
- 2) zakładanej organizacji przewozu pasażerów.

W obydwu kwestiach wykorzystano dane zawarte w studium wymienionym w przypisie 2.

Prognoza potoków przewozów pasażerskich

Podstawę do określenia przewidywanego potoku pasażerów na linii Warszawa – Radom w kolejnych latach dwudziestoletniego okresu eksploatacji w ruchu regionalnym i międzyregionalnym stanowiła prognoza przewozów pasażerskich dla tejże linii na 2015 r. Do jej sporządzenia wykorzystany został przez Autorów krajowy, komputerowy model ruchu pasażerskiego sporządzony w 2001 r. przez Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej, zaktualizowany i zweryfikowany do potrzeb tejże prognozy. W modelu tym uwzględniono zarówno przewozy kolejowe, jak i drogowo.

Prognozując wielkość potoków pasażerskich Autorzy studium przyjęli następujące założenia dotyczące organizacji ruchu pociągów:

- nie zmieni się liczba pociągów międzyregionalnych,
- nie zmieni się liczba pociągów regionalnych relacji Warszawa – Warka,
- uruchomionych zostanie 7–8 par pociągów regionalnych relacji Warka – Radom,
- zastąpione zostaną dotychczasowe pociągi regionalne relacji Warszawa – Radom pociągami kursującymi z prędkości 160 km/h bez zatrzymania na stacjach pośrednich.

Wyniki prognozy uwzględniającej przedstawione założenia podano w tablicy 2.

W wariantcie „bez potoku wzbudzonego” przewiduje się wzrost liczby przewiezionych pasażerów, wynikający z przejęcia pasażerów:

- pociągów międzyregionalnych,
- korzystających obecnie z samochodów osobowych.

W wariantcie „z potokiem wzbudzonym” oprócz wymienionych przyczyn wzrostu przewozów pasażerskich, przewiduje się również pojawienie się nowych pasażerów, którzy dotychczas nie podróżowali w relacji Warszawa – Radom. Nowe, atrakcyjne warunki podróżowania spowodują zwiększone zainteresowanie tą ofertą.

Przewidywana organizacja przewozów

Dostosowanie linii Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h spowoduje konieczność wprowadzenia zmian w ofercie przewozowej i organizacji ruchu pociągów. Konieczne będzie wprowadzenie nowoczesnego, komfortowego taboru (zespołów trakcyjnych), przystosowanego do prędkości 160 km/h.

Oferta przewozowa powinna zakładać zwiększenie częstotliwości ruchu pociągów do 40 min w godzinach szczytu i 60–120 min poza szczytem. Przewiduje się, że obecne pociągi regionalne Warszawa – Radom (14 par) zastąpione zostaną pociągami jadącymi z prędkością 160 km/h (szybkimi pociągami regionalnymi). Pociągi te powinny całą trasę przejeżdżać bez zatrzymania. Rozważyć należy możliwość postoju niektórych pociągów w Warce, co pozwoli na zwiększenie potoków podróźnych. Dla pasażerów jadących z Radomia oznaczało to będzie jednak wydłużenie czasu podróży.

Przewiduje się utrzymanie obecnych 18 par pociągów relacji Warszawa – Warka, zatrzymujących się na wszystkich stacjach i przystankach osobowych. Dla umożliwienia dojazdu do Radomia lub Warki z odcinka Warka – Radom należałoby uruchomić 7–8 par pociągów regionalnych na tym odcinku, np. poprzez wydłużenie trasy niektórych pociągów relacji Warszawa – Warka.

Zakładając czas przejazdu pociągu w relacji Warszawa – Radom (50 min), odstępy czasu między pociągami, tzw. czas obrotu na stacji Warszawa Wschodnia i Radom oraz niezbędną rezerwę techniczną, przewiduje się konieczność zakupu 8–9 składów pociągów przystosowanych do prędkości 160 km/h. Liczba ta nie obejmuje składów do obsługi odcinka Radom – Kielce. Parametry techniczne linii Radom – Kielce nie pozwolą na rozwijanie prędkości powyżej 120 km/h. Nie jest zatem celowy zakup taboru przystosowanego do prędkości 160 km/h do obsługi tej linii. Konieczne jest natomiast planowanie skomunikowań na stacji Radom pociągów relacji Warszawa – Radom i Radom – Kielce.

Szacunek przychodów z przewozów pasażerskich

Szacując przychody z ruchu pasażerskiego przyjęto następujące założenia.

1. Liczba przewożonych pasażerów wynika z przedstawionej prognozy przewozów, opracowanej na 2015 r. Autorzy cytowanego studium nie podali jednak harmonogramu modernizacji linii, ani wielkości potoków w poszczególnych latach. Dlatego założono, że prognozowana wielkość przewozów osiągnięta zostanie w ciągu pięciu lat od zakończenia modernizacji linii, przystosowującej ją do prędkości 160 km/h. W kolejnych latach nie nastąpi natomiast znacząca zmiana potoków. Przyjęto równocześnie, że modernizacja linii zakończona zostanie w 2005 r., a 2006 r. będzie pierwszym rokiem eksploatacji. 2015 r., dla którego przygotowano prognozę, będzie 10. rokiem eksploatacji zmodernizowanej linii.
2. Cenę biletów przyjęto w wysokości wynikającej z aktualnej taryfy pasażerskiej PKP, zakładając wzrost cen na poziomie 2,5% rocznie. W szybkich pociągach regionalnych ceny biletów przyjęto, jak w pociągach pospiesznych, a w pozostałych pociągach, jak w obecnych pociągach osobowych. Do obliczeń przyjęto ceny netto biletów pełnopłatnych. Za-

Tablica 2

Prognoza dobowych potoków pasażerskich na linii Warszawa – Radom (wielkości w obu kierunkach)

Czas przejazdu – wariant	Potoki łączne		Poc. region. Warszawa – Radom
	Radom – Warka	Warka – Warszawa	
103 min – stan istniejący	25 549	27 250	
50 min – bez potoku wzbudzonego	28 580	30 281	22 580
50 min – z potokiem wzbudzonym	31 513	33 214	25 513

Źródło: Studium modernizacji ..., op. cit.

łożono, że podmiot ustalający uprawnienia do ulgowych i bezpłatnych przejazdów będzie w pełni wyrównywał operatorowi utracone wpływy.

3. Strukturę przewozów przyjęto na podstawie Statystyki przewozu pasażerów³⁾ oraz badań marketingowych wykonanych przez Mazowiecki i Świętokrzyski Zakłady Przewozów Regionalnych. Założono, że struktura ta nie ulegnie zasadniczym zmianom.

4. Szybkie pociągi regionalne Warszawa – Radom zestawione będą z wagonów klasy 1 i 2. Przyjęto, że 16% pasażerów będzie podróżować wagonami klasy 1, a 84% wagonami klasy 2.

5. Pociągi regionalne Warszawa – Warka i Warka – Radom zestawione będą wyłącznie z wagonów klasy 2.

6. W szybkich pociągach regionalnych przejazd będzie się odbywał na podstawie biletów jednorazowych. Prawdopodobnie część pasażerów będzie zainteresowana przejazdem na podstawie biletów okresowych. Jednak dostępne źródła statystyczne nie zawierają informacji o pasażerach pociągów pospiesznych korzystających z biletów okresowych. Również w badaniach marketingowych wykonanych w Mazowieckim i Świętokrzyskim ZPP zagadnienie to nie było analizowane.

7. W pociągach regionalnych 34% pasażerów będzie korzystało z biletów jednorazowych, a 66% z biletów okresowych.

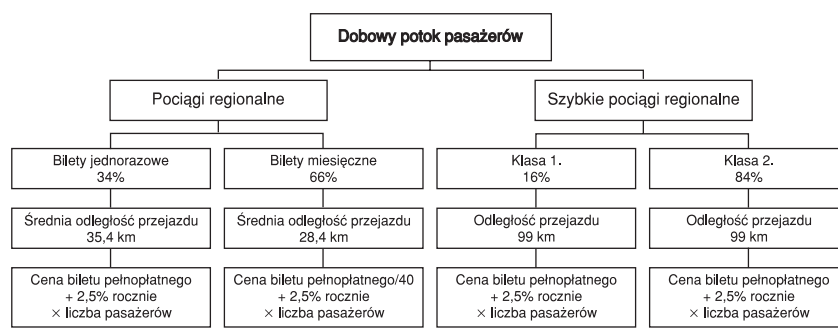
8. Cenę biletów jednorazowych w szybkich pociągach regionalnych przyjęto dla odległości taryfowej 99 km (Warszawa Zachodnia – Radom). Obecnie część pasażerów pociągów pospiesznych, jadących z Radomia do Warszawy, kupuje bilety do stacji Warszawa Zachodnia, dojeżdżając do stacji Warszawa Centralna lub Wschodnia bez ważnego biletu. Dotyczy to również biletów okresowych. Problem ten jest jednak słabo rozpoznany przez PKP. Celowe jest rozważenie wprowadzenia taryfy relacyjnej dla linii Warszawa – Radom.

9. Cenę biletów w pociągach regionalnych, zatrzymujących się na wszystkich stacjach i przystankach osobowych, przyjęto dla odległości taryfowej wynikającej ze średniej odległości przejazdu pasażerów w tej grupie pociągów. Odległość ta dla pasażerów korzystających z biletów jednorazowych wynosi 35,4 km, a dla pasażerów korzystających z biletów okresowych 28,4 km. Jednocześnie przyjęto, że pasażerowie kupujący bilety miesięczne odbywają w miesiącu 40 przejazdów.

Na podstawie przyjętych założeń oszacowano wielkość przychodów z przewozów pasażerskich. Schematycznie algorytm obliczeń przedstawiono na rysunku 2, natomiast wyniki obliczeń i porównanie przychodów w obydwu wariantach – w tablicy 3 (wyróżniono 2015 r.).

Przewidywane koszty eksploatacji

Na podstawie przyjętej organizacji przewozów oszacowano wielkość pracy eksploatacyjnej na linii Warszawa – Radom. Wartości te przedstawiono w tablicy 4.



Rys. 2. Algorytm obliczeń przychodów z przewozów pasażerskich

Tablica 3

Przychody z przewozów pasażerskich na linii Warszawa – Radom [w mln zł]

Rok eksploatacji	Bez potoku wzbudzonego	Z potokiem wzbudzonym
1	124,3	129,1
2	145,4	155,2
3	167,5	182,6
4	190,6	211,3
5	214,8	241,3
6	220,2	247,3
7	225,7	253,5
8	231,3	259,8
9	237,1	266,3
10 (2015 r.)	243,0	273,0
11	249,1	279,8
12	255,3	286,8
13	261,7	294,0
14	268,3	301,3
15	275,0	308,9
16	281,8	316,6
17	288,9	324,5
18	296,1	332,6
19	303,5	340,9
20	311,1	349,4

Przedstawiona w tablicy 4 wielkość pracy eksploatacyjnej może okazać się niewystarczająca. Średnia liczba pasażerów w szybkim pociągu regionalnym, według przedstawionej prognozy, wynosić może nawet ponad 900 osób. Autorzy cytowanego studium proponują w takim przypadku wydłużenie składu pociągu lub wprowadzenia zestawów piętrowych. Wydaje się jednak, że w takim przypadku konieczne będzie uruchomienie dodatkowych pociągów. Może się jednak okazać, że planowane 18 par pociągów na odcinku Warszawa – Warka nie będzie wykorzystane w dostatecznym stopniu i możliwe będą tu pewne oszczędności. Dlatego do dalszych obliczeń przyjęto wielkość pracy eksploatacyjnej, wynikającej z organizacji proponowanej przez Autorów studium.

³⁾ Statystyka przewozu pasażerów, przesyłek bagażowych i ekspresowych, Warszawa 2002.

Średni koszt 1 pockm przyjęto na podstawie informacji uzyskanych z Mazowieckiego ZPP. W czerwcu 2002 r. koszt 1 pockm na linii Warszawa – Radom wynosił 27,19 zł netto. W kolejnych latach wartość tę zwiększano o średni przewidywany współczynnik inflacji, tj. o 2,5%. Na podstawie dostępnych informacji nie można na tym etapie opracowania oszacować innych czynników, które miałyby wpływ na zwiększenie lub zmniejszenie wielkości jednostki pracy eksploatacyjnej.

Przewidywaną wielkość kosztów eksploatacyjnych przedstawiono w tablicy 5.

Efektywność finansowa przedsięwzięcia

Do oceny efektywności przedsięwzięcia, mającego na celu modernizację linii kolejowej Warszawa – Radom, z dobu-

wą drugiego toru na odcinku Warka – Radom, z dostosowaniem tej linii do prędkości 160 km/h, obliczono:

- okres zwrotu nakładów inwestycyjnych,
- zaktualizowaną wartość netto przedsięwzięcia (NPV),
- wewnętrzną stopę zwrotu (IRR).

Wszystkie wskaźniki obliczono dla dwóch wariantów przewozów pasażerów:

- 1) bez potoku wzbudzonego,
- 2) z potokiem wzbudzonym.

Do obliczeń przyjęto dane o nakładach inwestycyjnych, przychodach z ruchu pasażerskiego oraz kosztach eksploatacji przedstawione w tablicy 5. Ponadto założono, że eksploatacja linii rozpocznie się po zakończeniu jej modernizacji, czyli w pierwszym roku eksploatacji nie będą już ponoszone żadne nakłady inwestycyjne.

Tablica 4

Praca eksploatacyjna na linii Warszawa – Radom

Rodzaj pociągu	Relacja	Liczba par pociągów	Długość odcinka [km]	Dobowa liczba [pockm]	Roczna liczba [pockm]
Regionalne szybkie	Warszawa – Radom	14	108	3024	1 103 760
Regionalne	Warszawa – Warka	18	42	1512	551 880
Regionalne	Warka – Radom	8	66	1056	385 440
Ogółem					2 041 080

Tablica 5

Koszty eksploatacji

Rok eksploatacji	Praca eksploatacyjna [pockm/rok]	Koszt 1 pockm [zł]	Roczne koszty eksploatacji [mln zł]
1	2 041 080	30,01	61,3
2	2 041 080	30,76	62,8
3	2 041 080	31,53	64,4
4	2 041 080	32,32	66,0
5	2 041 080	33,13	67,6
6	2 041 080	33,96	69,3
7	2 041 080	34,81	71,0
8	2 041 080	35,68	72,8
9	2 041 080	36,57	74,6
10 (2015 r.)	2 041 080	37,48	76,5
11	2 041 080	38,42	78,4
12	2 041 080	39,38	80,4
13	2 041 080	40,36	82,4
14	2 041 080	41,37	84,5
15	2 041 080	42,41	86,6
16	2 041 080	43,47	88,7
17	2 041 080	44,55	90,9
18	2 041 080	45,67	93,2
19	2 041 080	46,81	95,5
20	2 041 080	47,98	97,9

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych oznacza czas, w jakim przewiduje się zrównanie nakładów inwestycyjnych z nadwyżkami finansowymi, których uzyskania oczekuje się dzięki realizacji danego projektu. Nadwyżka finansowa odnoszona jest do okresu eksploatacji danego obiektu i określana jest jako różnica między oczekiwanymi korzyściami, efektami (przychodami, generującymi wpływ pieniądza, czyli tzw. dodatni strumień pieniężny) a przewidywanymi kosztami eksploatacji (generującymi wypływ pieniądza, czyli tzw. ujemny strumień pieniądza).

Do obliczenia okresu zwrotu nakładów inwestycyjnych przyjęto następujący sposób obliczeń:

- od oszacowanych przychodów odjęto przewidywane koszty eksploatacji, ustalając w ten sposób wielkości nadwyżki finansowej w każdym roku eksploatacji;
- ponieważ nadwyżki finansowe, w obydwu wariantach wykazały zróżnicowanie w poszczególnych latach, okres zwrotu nakładów inwestycyjnych obliczono kompensując ich wielkość corocznymi kwotami nadwyżek.

Sposób i wyniki obliczeń przedstawione zostały w tablicach 6 i 7.

Należy zauważyć, że w przypadku inwestycji infrastrukturalnych dotyczących transportu wyliczone okresy zwrotu są stosunkowo krótkie i zachęcające do podjęcia tej inwestycji.

Ponieważ wskaźnik ten nie uwzględnia zmiany wartości pieniądza w czasie i nie określa rentowności przedsięwzięcia, konieczna jest dalsza analiza za pomocą wskaźników, które te zagadnienia w swej formule uwzględniają.

Zaktualizowana wartość netto przedsięwzięcia (NPV)

NPV stanowi sumę korzyści netto możliwych do uzyskania w całym okresie funkcjonowania przedsięwzięcia, zdyskontowanych na pierwszy rok jego realizacji.

W przypadku, gdy nakłady inwestycyjne ponoszone są w okresie do 1 roku (takie założenie przyjęto w niniejszych obliczeniach), przyjmuje się ich wartość nominalną i nie dyskontuje. Wówczas wskaźnik NPV można przedstawić następująco:

$$NPV = \sum \frac{B_t - C_{et}}{(1 + i)^t} - C_i$$

Tablica 6

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych dla wariantu bez potoku wzbudzonego*

Lata	Przychody [mln zł]	Koszty eksploatacji [mln zł]	Nadwyżka finansowa [mln zł]	Suma nadwyżek finansowych po kolejnym roku [mln zł]	Nakłady inwestycyjne zamrożone po kolejnym roku [mln zł]
					1572,3
1	124,30	61,3	63,0	63,0	1509,3
2	145,40	62,8	82,6	145,7	1426,7
3	167,50	64,4	103,1	248,8	1323,5
4	190,60	66,0	124,6	373,4	1198,9
5	214,80	67,6	147,2	520,6	1051,7
6	220,20	69,3	150,9	671,5	900,8
7	225,70	71,0	154,7	826,2	746,2
8	231,30	72,8	158,5	984,6	587,7
9	237,10	74,6	162,5	1147,1	425,2
10	243,00	76,5	166,5	1313,6	258,7
11	249,10	78,4	170,7	1484,3	88,0
12	255,30	80,4	174,9	1659,2	0,0
13	261,70	82,4	179,3	1838,5	0,0
14	268,30	84,5	183,9	2022,4	0,0
15	275,00	86,6	188,4	2210,8	0,0
16	281,80	88,7	193,1	2403,9	0,0
17	288,90	90,9	198,0	2601,8	0,0
18	296,10	93,2	202,9	2804,7	0,0
19	303,50	95,5	208,0	3012,7	0,0
20	311,10	97,9	213,2	3225,9	0,0

* Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych dla tego wariantu wynosi 11 lat i 7 miesięcy.

Tablica 7

Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych dla wariantu z potokiem wzbudzonem*

Lata	Przychody [mln zł]	Koszty eksploatacji [mln zł]	Nadwyżka finansowa [mln zł]	Suma nadwyżek finansowych po kolejnym roku [mln zł]	Nakłady inwestycyjne zamrożone po kolejnym roku [mln zł]
					1572,3
1	129,1	61,3	67,8	67,8	1504,5
2	155,2	62,8	92,4	160,3	1412,1
3	182,6	64,4	118,2	278,5	1293,8
4	211,3	66,0	145,3	423,8	1148,5
5	241,3	67,6	173,7	597,5	974,8
6	247,3	69,3	178,0	775,5	796,8
7	253,5	71,0	182,5	958,0	614,4
8	259,8	72,8	187,0	1144,9	427,4
9	266,3	74,6	191,7	1336,6	235,7
10	273,0	76,5	196,5	1533,1	39,2
11	279,8	78,4	201,4	1734,5	0,0
12	286,8	80,4	206,4	1940,9	0,0
13	294,0	82,4	211,6	2152,5	0,0
14	301,3	84,5	216,9	2369,4	0,0
15	308,9	86,6	222,3	2591,7	0,0
16	316,6	88,7	227,9	2819,6	0,0
17	324,5	90,9	233,6	3053,1	0,0
18	332,6	93,2	239,4	3292,5	0,0
19	340,9	95,5	245,4	3537,9	0,0
20	349,4	97,9	251,5	3789,4	0,0

* Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych dla tego wariantu wynosi 10 lat i 3 miesiące.

gdzie:

B_t – łączna wartość brutto korzyści, uzyskanych w roku t , podlegających dyskontowaniu,

C_{et} – koszty eksploatacyjne w roku t , podlegające dyskontowaniu,

C_i – nakłady inwestycyjne w kwocie nominalnej,

$t = 1, 2, \dots, n$ kolejny rok okresu obliczeniowego,

n – okres obliczeniowy w latach, składający się z okresu realizacji i eksploatacji przedsięwzięcia,

i – stopa dyskontowa, stanowiąca oczekiwaną lub minimalną stopę opłacalności realizacji przedsięwzięcia.

Obliczenia przeprowadzono dla wariantu bez potoku wzbudzonego i z potokiem wzbudzonym, dla stóp procentowych 6 i 8%.

Wyniki obliczeń sumy zaktualizowanych strumieni pieniężnych przedstawiono w tablicach 8 i 9.

Dla wariantu przewozów bez potoku wzbudzonego przedsięwzięcie jest rentowne przy stopie dyskontowej na poziomie 6%. Przy takiej wysokości stopy gwarantuje ono nie tylko zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych, lecz również nadwyżkę przychodów nad nakładami inwestycyjnymi i kosztami eksploatacji w okresie 20 lat w wysokości ok.

130,4 mln zł. Dla stopy dyskontowej 8% wskaźnik *NPV* przyjmuje wartość ujemną, a więc przedsięwzięcie jest nierentowne. Można również wnioskować, że graniczna stopa zysku dla tego przedsięwzięcia kształtuje się między 6 a 8%.

W przypadku realizacji przewozów z potokiem wzbudzonym przedsięwzięcie jest rentowne zarówno dla stopy 6%, jak i 8%. W obydwu tych przypadkach, nie tylko gwarantuje zwrot poniesionych nakładów inwestycyjnych, lecz również wykazuje nadwyżkę przychodów nad nakładami inwestycyjnymi i kosztami eksploatacyjnymi w okresie 20 lat, w wysokości: ok. 421,8 mln zł dla $i = 6\%$ i ok. 85,6 mln zł dla $i = 8\%$. Graniczna stopa zysku w tym przypadku wynosi ponad 8%.

Stopa zyskowności kapitału zaangażowanego do sfinansowania inwestycji może być traktowana jako tzw. koszt kapitału i w skrajnym przypadku może być równa oprocentowaniu kapitałów na rynku pożyczkowym. Oznacza to, że pozyskanie kapitału do sfinansowania tej inwestycji, oprocentowanego w wysokości 6%, jest opłacalne dla obydwu wariantów, uwzględniających różne wielkości potoków. W przypadku przewozów z potokiem wzbudzonym opłacalny jest również koszt kapitału w wysokości 8%.

Tablica 8

Zaktualizowane nadwyżki finansowe w przypadku przewozów bez potoku wzbudzonego

Lata	Przychody B_t [mln zł]	Koszty eksploatacji C_{et} [mln zł]	Nadwyżka finansowa $B_t - C_{et}$ [mln zł]	Współczynnik dyskontujący		Zaktualizowana nadwyżka finansowa	
				$i = 6\%$	$i = 8\%$	$i = 6\%$ [mln zł]	$i = 8\%$ [mln zł]
1	124,3	61,3	63,0	0,94340	0,92593	59,5	58,4
2	145,4	62,8	82,6	0,89000	0,85734	73,5	70,8
3	167,5	64,4	103,1	0,83962	0,79383	86,6	81,9
4	190,6	66,0	124,6	0,79209	0,73503	98,7	91,6
5	214,8	67,6	147,2	0,74726	0,68058	110,0	100,2
6	220,2	69,3	150,9	0,70496	0,63017	106,4	95,1
7	225,7	71,0	154,7	0,66506	0,58349	102,9	90,2
8	231,3	72,8	158,5	0,62741	0,54027	99,4	85,6
9	237,1	74,6	162,5	0,59190	0,50025	96,2	81,3
10	243,0	76,5	166,5	0,55839	0,46319	93,0	77,1
11	249,1	78,4	170,7	0,52679	0,42888	89,9	73,2
12	255,3	80,4	174,9	0,49697	0,39711	86,9	69,5
13	261,7	82,4	179,3	0,46884	0,36770	84,1	65,9
14	268,3	84,5	183,9	0,44230	0,34046	81,3	62,6
15	275,0	86,6	188,4	0,41727	0,31524	78,6	59,4
16	281,8	88,7	193,1	0,39365	0,29189	76,0	56,4
17	288,9	90,9	198,0	0,37136	0,27027	73,5	53,5
18	296,1	93,2	202,9	0,35034	0,25025	71,1	50,8
19	303,5	95,5	208,0	0,33051	0,23171	68,7	48,2
20	311,1	97,9	213,2	0,31180	0,21455	66,5	45,7
Razem						1702,7	1417,3

Wskaźnik *NPV* przyjmuje wartości:

dla $i = 6\%$, $NPV = 1702,7$ mln zł – 1572,3 mln zł = 130,4 mln zł

dla $i = 8\%$, $NPV = 1417,3$ mln zł – 1572,3 mln zł = –155,0 mln zł

Zaktualizowane nadwyżki finansowe w przypadku przewozów z potokiem wzbudzonym

Lata	Przychody B_t [mln zł]	Koszty eksploatacji C_{et} [mln zł]	Nadwyżka finansowa $B_t - C_{et}$ [mln zł]	Współczynnik dyskontujący		Zaktualizowana nadwyżka finansowa	
				$i = 6\%$	$i = 8\%$	$i = 6\%$ [mln zł]	$i = 8\%$ [mln zł]
1	129,1	61,3	67,8	0,94340	0,92593	64,0	62,8
2	155,2	62,8	92,4	0,89000	0,85734	82,2	79,2
3	182,6	64,4	118,2	0,83962	0,79383	99,3	93,9
4	211,3	66,0	145,3	0,79209	0,73503	115,1	106,8
5	241,3	67,6	173,7	0,74726	0,68058	129,8	118,2
6	247,3	69,3	178,0	0,70496	0,63017	125,5	112,2
7	253,5	71,0	182,5	0,66506	0,58349	121,3	106,5
8	259,8	72,8	187,0	0,62741	0,54027	117,3	101,0
9	266,3	74,6	191,7	0,59190	0,50025	113,4	95,9
10	273,0	76,5	196,5	0,55839	0,46319	109,7	91,0
11	279,8	78,4	201,4	0,52679	0,42888	106,1	86,4
12	286,8	80,4	206,4	0,49697	0,39711	102,6	82,0
13	294,0	82,4	211,6	0,46884	0,36770	99,2	77,8
14	301,3	84,5	216,9	0,44230	0,34046	95,9	73,8
15	308,9	86,6	222,3	0,41727	0,31524	92,8	70,1
16	316,6	88,7	227,9	0,39365	0,29189	89,7	66,5
17	324,5	90,9	233,6	0,37136	0,27027	86,7	63,1
18	332,6	93,2	239,4	0,35034	0,25025	83,9	59,9
19	340,9	95,5	245,4	0,33051	0,23171	81,1	56,9
20	349,4	97,9	251,5	0,31180	0,21455	78,4	54,0
Razem						1994,1	1657,9

Wskaźnik *NPV* przyjmuje wartości:dla $i = 6\%$, $NPV = 1994,1 \text{ mln zł} - 1572,3 \text{ mln zł} = 421,8 \text{ mln zł}$ dla $i = 8\%$, $NPV = 1657,9 \text{ mln zł} - 1572,3 \text{ mln zł} = 85,6 \text{ zł}$ Wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*)

Wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*) jest podstawowym wskaźnikiem oceny efektywności przedsięwzięć modernizacyjno-rozwojowych. *IRR* wyznacza minimalną stopę zysku przedsięwzięcia, czy też inaczej, maksymalne do przyjęcia oprocentowanie kapitału, jaki może być użyty do sfinansowania przedsięwzięcia. W sensie arytmetycznym *IRR* oznacza taką stopę oprocentowania kapitału (stopę dyskonta), przy której $NPV = 0$, a więc: $IRR = r$, jeżeli dla $i = r$, $NPV = 0$.

Wykorzystując formułę obliczeniową wskaźnika *NPV* wskaźnik *IRR* można zapisać następująco:

$$IRR = r, \text{ jeżeli}$$

$$\sum \frac{B_t - C_t}{(1 + r)^t} = 0$$

Wewnętrzną stopę zwrotu (*IRR*) oblicza się na podstawie wzoru:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

gdzie:

 i_1, i_2 – różne stopy dyskontowe, $NPV_1 > 0$ przy stopie dyskontowej i_1 , $NPV_2 < 0$ przy stopie dyskontowej i_2 .

Wariant bez potoku wzbudzonego

Dla wariantu bez potoku wzbudzonego przy stopach dyskontowych $i_1 = 6\%$ i $i_2 = 8\%$ wskaźniki *NPV* wynoszą:

dla $i = 6\%$ $NPV = 130,4 \text{ mln zł}$ dla $i = 7\%$ $NPV = -21,5 \text{ mln zł}$

zatem:

$$IRR = 6 + \frac{130,4}{130,4 + 21,5} (7 - 6) = 6,86\%$$

Dla wariantu bez potoku wzbudzonego, by przedsięwzięcie było efektywne, stopa zwrotu musi być mniejsza niż 6,86%.

Wariant z potokiem wzbudzonym

Dla wariantu z potokiem wzbudzonym przy stopach dyskontowych $i_1 = 8\%$ i $i_2 = 9\%$ wskaźniki *NPV* wynoszą:

dla $i = 8\%$ $NPV = 85,6 \text{ mln zł}$ dla $i = 9\%$ $NPV = -53,0 \text{ mln zł}$

zatem:

$$IRR = 8 + \frac{85,6}{85,6 + 53,0} (9 - 8) = 8,62\%$$

Wartość wskaźnika wewnętrznej stopy zwrotu (*IRR*) dla wariantu z potokiem wzbudzonym wynosi 8,62%, co oznacza, że wszystkie stopy zysku poniżej tej wartości gwarantują efektywność przedsięwzięcia.

Podsumowanie

Modernizacja dostosowująca linię kolejową Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h wraz z dobudową drugiego toru na odcinku Warka – Radom oraz wprowadzenie nowej organizacji przewozów pasażerskich spowodują zwiększone zainteresowanie kolejowymi przewozami pasażerskimi na tej linii. Przyjmując wielkość prognozowanych przez Autorów omawianego studium potoków pasażerskich oraz proponowaną organizację przewozów oszacowano przychody i koszty w pierwszych dwudziestu latach eksploatacji zmodernizowanej linii. Na tej podstawie dokonano oceny efektywności finansowej przedsięwzięcia. Zestawienie wskaźników oceny finansowej analizowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tablicy 10.

Tablica 10

Zestawienie wartości wskaźników efektywności finansowej przedsięwzięcia

Wariant	Okres zwrotu	Zaktualizowana wartość netto NPV [mln zł]		Wewnętrzna stopa zwrotu <i>IRR</i> [%]
		<i>i</i> = 6%	<i>i</i> = 8%	
Bez potoku wzbudzonego	11 lat 7 miesięcy	130,4	-155,0	6,86%
Z potokiem wzbudzonym	10 lat 3 miesiące	421,8	85,6	8,62%

Obliczone wskaźniki oceny efektywności inwestycji dla obydwu wariantów wskazują, że przy stopie dyskontowej 6% przedsięwzięcie jest opłacalne finansowo. Dla stopy dyskontowej 8%, w wariantcie bez potoku wzbudzonego, wskaźnik *NPV* przyjmuje wartość ujemną, a więc przedsięwzięcie nie jest rentowne. W wariantcie z potokiem wzbudzonym wskaźnik *NPV* jest dodatni, a przedsięwzięcie opłacalne.

Wewnętrzna stopa zwrotu, wynosząca odpowiednio 6,86% i 8,62%, wyznacza maksymalny koszt kapitału, jaki może być wykorzystany do sfinansowania przedsięwzięcia. Wydaje się, że dla inwestycji infrastrukturalnych wartość ta jest zadowalająca i zachęca do inwestowania. Podobnie obliczone okresy zwrotu nakładów inwestycyjnych, jak na inwestycje infrastrukturalne, są stosunkowo krótkie. A zatem analiza efektywności finansowej ocenianego przedsięwzięcia inwestycyjnego potwierdza nie tylko możliwość, lecz także opłacalność finansową modernizacji linii kolejowej Warszawa – Radom do prędkości 160 km/h. W przypadku uwzględnienia kosztów i korzyści zewnętrznych wzrasta efektywność tej inwestycji. Będzie o tym mowa w kolejnym artykule. □

Autorzy
Tadeusz Dyr,
Marianna Kotowska-Jelonek,
Paweł Kozubek
Wydział Transportu Politechniki Radomskiej,
Zakład Logistyki i Marketingu

X Konferencja Naukowa

SEMTRAK 2002

i II Szkoła Kompatybilności Elektromagnetycznej w Transporcie Zakopane, 24–26.10.2002 r.

- Zasilanie i podstacje trakcji elektrycznej
- Napędy i energoelektronika w trakcji elektrycznej
- Eksploatacja taboru i urządzeń trakcji elektrycznej
- Nowoczesne układy sterowania ruchem i systemami trakcji
- Prądy błędzące i ochrona przeciwprzepięciowa
- Tramwaje dwusystemowe
- Kompatybilność elektromagnetyczna w transporcie szynowym

Komitet Honorowy Konferencji

Marek Bartosik – Sekretarz Komitetu Badań Naukowych

Kazimierz Flaga – JM Rektor Politechniki Krakowskiej

Mirosław Antonowicz – Dyrektor ds. Rozwoju PKP CARGO S.A.

Andrzej Wach – Prezes Zarządu PKP Energetyka Sp. z o.o.

Radostaw Żolnierzak – PKP S.A.

Informacje:

tel. (12) 628 26 15, 628 25 06, fax (12) 628 20 44, 633 84 51, e-mail: pezajac@cyf-kr.edu.pl

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

31-355 Kraków, ul. Warszawska 24