

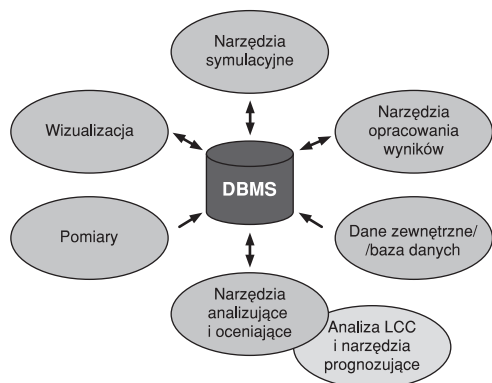
# Wykorzystanie metody kosztów cyklu życia (LCC) dla tras kolejowych DB

**W Centrum Badawczo-Technologicznym kolei niemieckich (Forschungs- und Technologie-Zentrum der DB AG) do oceny torów kolejowych ma zostać wprowadzona metoda polegająca na przeprowadzaniu analizy kosztu cyklu życia (life cycle cost – LCC). Bazująca na cyklicznych wpłatach i wypłatach metoda zintegrowana jest z zestawem narzędzi programowych TETrAs.**

**W oparciu o zweryfikowane modele symulacyjne i szerokie podstawy naukowe można uzyskać wiarygodne informacje o zakresie i czasie wypłat przypadających na różne zespoły kosztów.**

Linie kolejową możemy podzielić na poszczególne części składowe, takie jak: nawierzchnia, urządzenia sygnalizacyjne i telekomunikacyjne, przejazdy kolejowe, sieci trakcyjne, obiekty energetyki kolejowej, obiekty inżynierskie, budowle ziemne i budowle nadziemne nastawni kolejowych. Nawierzchnia, obiekty inżynierskie i budowle ziemne tworzą tor kolejowy.

Z prowadzonych od dawna wykazów kosztów dla urządzeń kolejowych wynika, że największa część kosztów przypada na obszar toru kolejowego. Z wykazów tych wynika, że na tor kolejowy przypada 40% całkowitych kosztów amortyzacji i około 33% całkowitych kosztów utrzymania [1]. Z tego też powodu z torem kolejowym identyfikowany jest podstawowy współczynnik kosztów. Dążenia operatorów sieci torów kolejowych, aby dla toru kolejowego uzyskać minimalny koszt cyklu życia, są więc całkowicie uzasadnione.



Rys. 1. Podstawowy schemat struktury systemu TETrAs

Aby móc wytrzymać konkurencję innych przewoźników, należy w jak największym stopniu obniżyć koszty linii kolejowych. Badania na przykładzie pojazdu serii VT 628 wykazały, że ok. 2/3 całkowitych wydatków w czasie jego cyklu życia ponoszonych jest na drogę jezdnią [3].

## Narzędzia do analizy kosztów cyklu życia drogi jezdnej

Aby móc z dużym stopniem pewności wypowiadać się o kosztach cyklu życia dla tak długowiecznego obiektu, jakim jest tor kolejowy, koleje DB opracowały narzędzie programowe TETrAs (rys. 1). W systemie tym, charakteryzującym się budową modułową, zgromadzone zostały właściwe narzędzia do rozwiązywania różnych zagadnień o naturze technicznej i ekonomicznej. Łączność w systemie realizowana jest poprzez centralny bank danych.

Obok już zweryfikowanych narzędzi symulacyjnych do prognozowania długotrwałych właściwości toru kolejowego oraz wszechstronnego, ciągle rozszerzanego banku danych, który ze względu na swoją przejrzystą strukturę pozwala na łatwy dostęp do takich informacji jak np. zasady prawne, literatura fachowa, a przede wszystkim do wszechstronnych danych eksploatacyjnych, system zawiera jeszcze zestaw narzędzi do przeprowadzania analiz i weryfikacji.

Przy wykonywaniu ocen toru kolejowego system TETrAs umożliwia całościowe i konsekwentne ujęcie całego zagadnienia. W ocenie toru uwzględnione zostają wszystkie wymagania odnośnie dynamiki, komfortu, nieszkodliwości dla otoczenia oraz rentowności. Rentowność, której przypisuje się zasadnicze znaczenie, wykazywana jest na podstawie kosztu cyklu życia.

W dalszej części przedstawiony zostanie punkt wyjściowy oraz zasadniczy sposób podejścia do metody obliczania kosztu cyklu życia dla toru na kolei DB, jak również wymienione zostaną wynikające stąd strategiczne korzyści.

## Punkt wyjściowy do analizy kosztów cyklu życia dla toru kolejowego

Metoda obliczania kosztów cyklu życia stanowi jedną z metod oceny obiektów inwestycyjnych, która charakteryzuje się kompleksowym ujęciem wszystkich związanych z obiektem inwestycyjnym kosztów: inwestycyjnych, eksploatacyjnych, utrzymaniowych i kosztów utylizacji odpadów. Ocena ujmie przy tym analizę wszystkich związanych z obiektem inwestycyjnym wpłat i wypłat, które przypadają na wszystkie okresy cyklu trwałości urządzenia.

Struktura kosztów, która odwzorowana zostaje w modelu kosztów LCC, wynika z przeprowadzonych analiz obliczeń kosztów toru kolejowego i służy do ujęcia oraz kontroli różnorodnych wymienionych kosztów, przypadających na poszczególne okresy eksploatacji.

Zasadniczo można przy tym stwierdzić, że dla toru kolejowego nie występują koszty eksploatacyjne podobne do tych, które występują np. dla pojazdów. Zamiast nich można zidentyfikować inny zespół kosztów, który zawiera koszty utrudnienia ruchu pojazdów (BEK). Należy tutaj wymienić koszty dodatkowe, powstające wskutek wzmoczonej

eksploatacji, które występują np. z powodu wykonywania prac budowlanych. Mogą to być: dodatkowe nieprzewidywane postoje, organizacja objazdów, ustawianie instrukcji budowlanych i ruchowych (Betra).

Zadanie zbierania danych (cykle utrzymania, okres trwałości życia, płatności itp.) nie jest przy obliczeniach kosztu cyklu życia wcale trywialną sprawą, szczególnie, gdy chodzi o obiekt tak długowieczny, jak ma to miejsce w przypadku toru kolejowego. Z tego powodu często, przy porównywaniu obiektów inwestycyjnych, brane są pod uwagę jedynie koszty, ponieważ prognozowanie przyszłych przychodów jest bardzo trudne.

W przygotowywaniu bazy danych do obliczania kosztów cyklu życia za pomocą programowego zestawu narzędziowego TETrAs kolej DB stosuje zarówno metodę empiryczną, jak również prognozowanie wspomagane symulacją. Za pomocą narzędzi symulacyjnych można pozyskać dane między innymi z obszarów, z których nie ma dostępnych żadnych danych doświadczalnych, jak np. oszacowanie szkód od osi 25-tonowego wagonu RLS.

Wykorzystana jest również wiedza wynikająca z dużego doświadczenia osób pełniących swoją służbę bezpośrednio przy eksploatacji, która również włączona została do bazy danych programu TETrAs (rys. 1). Dane te wykorzystywane mogą być również do tworzenia niefizycznych modeli, aby tą metodą dojść do rozwiązania problemów, dla których nie istnieją jeszcze modele fizyczne.

## Przebieg analizy kosztów LCC

### Tor kolejowy – wydatki

Mogą być różne motywacje do przeprowadzenia obliczeń kosztów LCC: w jednym przypadku celem może być znalezienie maksymalnego obciążenia roboczego dla określonej konstrukcji toru kolejowego, przy ograniczeniu sumy wydatków, w innym przypadku natomiast, celem może być znalezienie, dla określonego obciążenia eksploatacyjnego, konstrukcji toru kolejowego o minimalnych kosztach LCC. W zakresie programu eksploatacyjnego należałoby jednak pomyśleć o identyfikacji zasadniczych współczynników uszkodzeń, aby przykładowo realizować stosownie do wywołujących szkód odpowiednie dociążenie opłat torowych.

Zasadniczy przebieg pętli obliczania kosztów LCC toru kolejowego w celu ustalenia wydatków przedstawiony jest

na rysunku 2. Punktem wyjścia jest konstrukcja toru kolejowego oraz obciążenie robocze, które może zostać podane fikcyjnie lub pochodzić z realnych szacunków (np. z pomiarów).

Jeżeli badanym obiektem jest trasa wielu kilometrów toru lub z obiektem skojarzony jest szczególnie szeroki program eksploatacyjny, to dane, zanim zostaną przekazane do modeli symulacyjnych, zostaną zagęszczone (spakowane) według odpowiedniej klasyfikacji [2]. Z obliczonych w ten sposób wielkości charakteryzujących dynamikę systemu oraz z procesu uszkodzeń wynikają określone zmiany w systemie, przykładowo w formie pogarszania się geometrycznych parametrów toru.

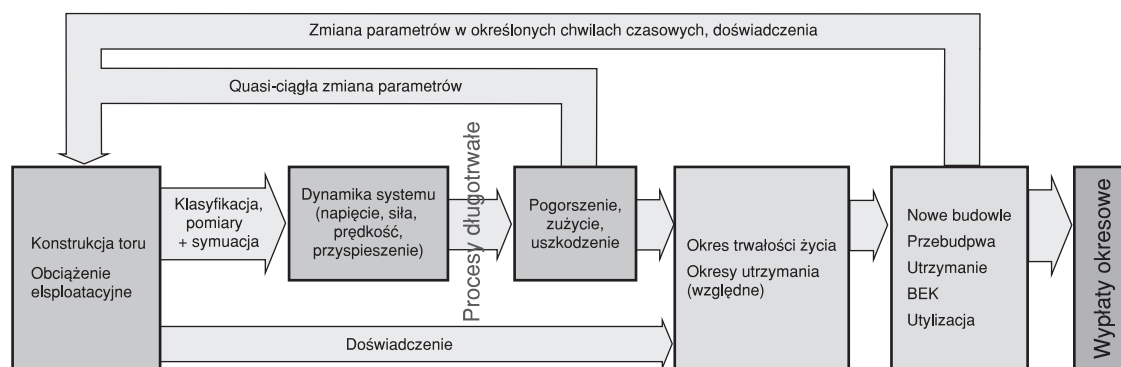
Zmieniony w ten sposób system jest następnie punktem wyjścia do wykonania kolejnych przebiegów symulujących, aż występujące w systemie zmiany będą wymuszały wykonanie, stosownie do stanu systemu, zabiegów koniecznych do utrzymania systemu w dobrym stanie technicznym. W odpowiednim okresie zabiegi te pociągną za sobą, w zależności od rodzaju i zakresu stosowanych środków, stosowne wydatki. Rodzaj podjętych środków na utrzymanie i jakość ich wykonania dają w rezultacie nowy stan wyjściowy do kolejnych obliczeń symulacyjnych.

Jeżeli osiągnięta zostanie trwałość życia poszczególnych części składowych toru kolejowego lub czas eksploatacji toru, obieg zostaje zakończony na procesie usunięcia odpadów lub na częściowym, dalszym wykorzystywaniu konstrukcji toru kolejowego.

### Tor kolejowy – wpływy

Wpływy w zakresie toru kolejowego ograniczają się z dzisiejszego punktu widzenia, oprócz czasowo ograniczanych subwencji, do opłat uiszczanych przez użytkowników torów. Z eksploatacyjno-ekonomicznego punktu widzenia wpływy te musiałyby być w wysokości pozwalającej co najmniej na pokrycie kosztów związanych z utrzymaniem toru kolejowego.

Ponieważ koszty toru kolejowego składają się zwłaszcza z czynnika kosztów trwałych, uwarunkowanych stosowanymi normami, oraz kosztów zmiennych, których wysokość określona jest poprzez zużycie, pojawia się pytanie o zakres, w którym wpływy byłyby w optymalnym stosunku do wydatków.



Rys. 2. Określenie wydatków dla toru kolejowego

Z wyliczeń komputerowych dla standardowej metody budowy nawierzchni toru kolejowego wynika przykładowo, że nakłady na utrzymanie nawierzchni, przy uwzględnieniu w programie eksploatacyjnym wyłącznie tylko pociągów towarowych, poruszających się z prędkością 80 km/h, przy dopuszczeniu bardzo złego stanu kół (np. miejsca spłaszczeń) wzrastają o około 20% w porównaniu z takim samym programem eksploatacyjnym, lecz przy dopuszczeniu do ruchu kół będących w średnim stanie technicznym [2].

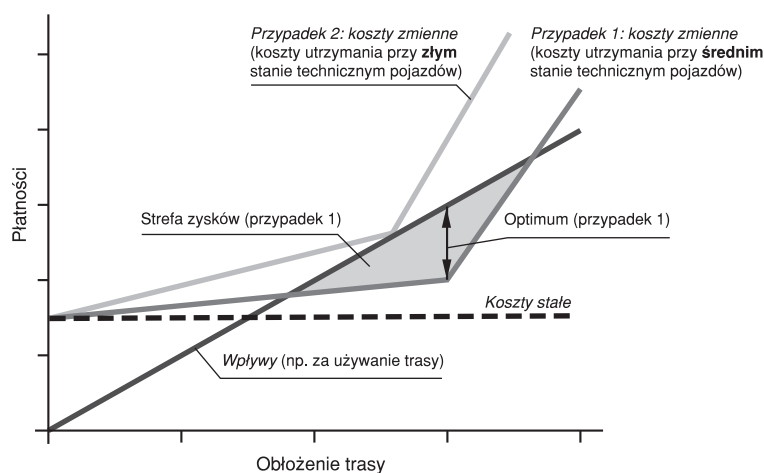
Zależność taka przedstawiona jest schematycznie na rysunku 3. W formie fikcyjnych krzywych przedstawione zostały, oprócz wpływów i udziału kosztów stałych, koszty zmienne na środki utrzymania. Koszty na prace utrzymaniowe zależą od stanu technicznego pojazdów i przedstawione zostały dla dwóch przypadków:

- 1) średni stan techniczny pojazdów,
- 2) zły stan techniczny pojazdów.

Powodem to takiego zróżnicowania w odniesieniu do kosztów utrzymania mogą być również różne systemy toru kolejowego.

Dla przypadku 1 (rys. 3) powstał pewien obszar, w którym wpływy przewyższają koszty. Obszar ten zaznaczono szarym kolorem. Im większy jest obszar, w którym istnieje dodatni stosunek wpływów do wydatków, tym elastyczniejszą sytuację ma operator przy udostępnianiu toru. W układzie takim nie ma większego niebezpieczeństwa, że niskie obłożenie torów i związane z tym zmniejszone wpływy nie pokryją kosztów. W przypadku przeciążenia trasy, następuje związany z przeciążeniem wzrost nakładów na utrzymanie. Optymalne byłoby takie obłożenie trasy, które umożliwiłoby maksymalny zysk.

Funkcje płatności mogą mieć również zupełnie inne formy, np. jak wpływy uzależnione od strategii marketingowej, która powinna być na bieżąco realizowana, oraz wydatki uzależnione od przeciążenia eksploatacyjnego toru i systemu drogi jezdnej.



Rys. 3. Przykładowe przedstawienie związku między płatnościami w zależności od obłożenia trasy

Zwiększone nakłady, jak w przypadku 2 (rys. 3) operator drogi jezdnej musiałyby wyrównywać, stosownie do stopnia uszkodzeń, poprzez pobieranie rekompensat, a więc szczególnych dopłat do regularnie uiszczanych opłat za użytkowanie linii kolejowej. Wysokość narzutów mogłaby być oszacowana na bazie obliczeń kosztów LCC.

Z drugiej strony należałoby pomyśleć, aby innowacyjne pojazdy, które są szczególnie „przyjazne” dla toru kolejowego, „wynagradzać” z uzyskanych narzutów.

Dokładne określenie kosztów cyklu życia ma duże znaczenie również ze strategicznego punktu widzenia, np. do zarządzania trasą, opartego w znacznym stopniu na analizie kosztów.

### Podsumowanie

Pakiet TETAs, opracowany w Centrum Naukowo-Technologicznym Kolei Niemieckiej, stanowi zestaw narzędzi do technicznej i ekonomicznej oceny toru kolejowego. TETAs szczególnie przydatny jest do oceny nowych torów kolejowych. Do oceny ekonomicznej wykorzystywana jest metoda obliczania kosztu cyklu życia, opierająca się na okresowych wpłatach i wypłatach. Za pomocą realizowanych przez TETAs powiązań między weryfikowanymi modelami fizycznymi a bogatą bazą doświadczeń praktycznych, stało się możliwe dokonywanie ocen i formułowanie wiarygodnych wniosków przy porównywaniu różnych konstrukcji torów lub przy określaniu oddziaływania na tor różnego rodzaju obciążeń.

□

### Literatura

- [1] Hein C.: *Einsatz effizienzsteigernder Maßnahmen beim Eisenbahnbahnweg – Strategie zur Kostenreduktion*. Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb, Universität Hannover, 1995.
- [2] Ropke B.: *TETAs – Technical and Economical Track Assessment*. Eisenbahntechnische Rundschau 1-2/2000.
- [3] Strauß P.: *Das modulare 4-Phasen-Modell für Life-Cycle-Cost der Deutsche Bahn*. Der Eisenbahningenieur 11/1999.

Na podstawie:  
Holger Koriath „Die Anwendung der LCC-Methoden für die  
Fahrbahn der DB AG”  
*Die Eisenbahn Ingenieur* 12/2000

Autor  
Holger Koriath  
specjalista ds. „Koszt cyklu życia – tor kolejowy, metody”  
w Centrum Naukowo-Technologicznym Kolei Niemieckiej  
w Monachium

Artykuł został wygłoszony jako referat na konferencji „BahnBau 2000” w Berlinie