

NOWOCZESNE METODY ORGANIZACJI KOLEJOWYCH PRZEWOZÓW MIĘDZYAGLOMERACYJNYCH

Andrzej Żurkowski

dr inż., Instytut Kolejnictwa, ul. Chłopickiego 50, 04 – 275 Warszawa, tel. 22 473 1300, azurkowski@ikolej.pl

Streszczenie. Kolejowe przewozy międzyaglomeracyjne stanowią podstawowy element systemu transportowego kraju i regionu. Program ich intensywnego rozwoju opisany został w podstawowych dokumentach polityki transportowej. W referacie przedstawiono podstawowe zasady organizacji takich przewozów spełniające zbiór wybranych preferencji podróżnych. Sformulowano metodę budowy sieci połączeń odpowiadającej wymaganiom współczesnego rynku transportowego.

Słowa kluczowe: przewozy międzyaglomeracyjne, organizacja przewozów pasażerskich

1. Kierunki rozwoju systemów transportowych

Nowoczesny system transportowy, obejmujący zarówno publiczne środki transportu, jak i motoryzację indywidualną, stanowi istotny czynnik rozwoju społeczno-gospodarczego w skali globalnej i regionalnej. Kierunki jego rozwoju w Polsce wyznaczają dokumenty strategiczne będące podstawą polityki transportowej kraju [4], [5]. Dotyczą one zarówno modernizacji i rozwoju infrastruktury transportowej, jak też środków transportu, w tym szczególnie inwestycji w nowy tabor kolejowy.

Cechą charakterystyczną wszystkich współczesnych środków transportu jest imponujący rozwój rozwiązań technicznych, prowadzący do tworzenia konstrukcji pojazdów umożliwiających podróżowanie w komfortowych warunkach, a jednocześnie niezawodnych technicznie i bezpiecznych w eksploatacji.

Z kolei modernizacja podstawowych elementów infrastruktury transportowej, a zatem dróg kołowych, linii kolejowych i lotnisk pozwala z jednej strony poprawiać ich parametry techniczne, czyli zwiększać przepustowość, podnosić bezpieczeństwo przewozów, skracać czasy przejazdu, a z drugiej zwiększać współdziałanie poszczególnych gałęzi transportu. Nowoczesny system transportowy charakteryzują bowiem nie tylko zdolności konkurencyjne poszczególnych środków transportu, ale przede wszystkim realizowanie przez nie tych zadań przewozowych, do których są najpełniej predestynowane.

W opisanych uwarunkowaniach wzrost znaczenia kolei możliwy jest zwłaszcza w dwu spośród czterech typowych dla niej podsystemów przewozowych¹, czyli w przewozach międzyaglomeracyjnych (tzw. *kwalifikowanych*) oraz aglomeracyjnych. Wynika to z faktu, że transport kolejowy najlepiej sprawdza się przy wykonywaniu przewozów masowych, zarówno w obrębie aglomeracji, jak i w przewozach pomiędzy centrami największych miast. Na konieczność rozwoju tych właśnie podsystemów wskazano w opracowanym w 2008 roku i aktualizowanym w dwuletnim cyklu Master planie dla kolei [4].

Przewozy aglomeracyjne to w przede wszystkim nowoczesny tabor o dużej pojemności, węzły intermodalne, integracja organizacyjna i taryfowa z transportem publicznym w miastach i na ich obrzeżach, obsługa portów lotniczych, powiązanie z systemem „parkuj i jedź” itp. Najważniejsze elementy organizacyjne związane z tymi rozwiązaniami opisane zostały w poprzednim referacie autora [7].

Przewozy międzyaglomeracyjne to również nowoczesny tabor i dobre powiązania w węzłach intermodalnych, ale także możliwie wysokie prędkości handlowe pociągów, spójny system połączeń krajowych i międzynarodowych, bezpośrednia obsługa portów lotniczych, przyjazne systemy dystrybucji usług i szereg innych szereg innych, ważnych elementów.

W artykule przedstawiono podstawowe metody organizacji takich przewozów, uwzględniające krajowe i zagraniczne doświadczenia w tym zakresie. Dotyczą one zarówno kolei tradycyjnych, jak i systemów Kolei Dużych Prędkości (KDP). Między obu systemami nie ma zresztą istotnych różnic w zakresie organizacji przewozów, istnieje natomiast oczywista potrzeba wzajemnych powiązań i tworzenia spójnej oferty dla pasażerów.

2. Czynniki wyboru kolei, jako środka transportu

Przystępując do budowy oferty przewozowej przedstawić można szereg celów, jakie powinny zostać osiągnięte w efekcie jej wdrożenia. Z punktu widzenia polityki transportowej za szczególnie istotne uznać należy utworzenie w skali krajowej i międzynarodowej takiego układu połączeń, który skutecznie zaspokajał będzie możliwie dużą część zapotrzebowania na przewozy zgłaszane przez układ osadniczy.

Postawiony w ten sposób cel jest zasadniczo zgodny ze strategicznymi interesami przewoźników kolejowych, zainteresowanych przede wszystkim skutecznością swojej działalności gospodarczej, a zatem realizacją przewozów o dużym wolumenie, czyli wykorzystujących w pełni typową dla kolei – „masową” ofertę przewozową.

1 Systemowa organizacja przewozów kolejowych wyróżnia cztery podstawowe podsystemy: przewozy międzyaglomeracyjne, międzyregionalne, aglomeracyjne i regionalne [3], [6].

Przewozy międzyaglomeracyjne są zatem przykładem charakterystycznej dla przewozów pasażerskich zależności, jaka istnieje pomiędzy wielkością układu osadniczego oraz generowanymi przez jego ośrodki potokami podróży (strona popytu), a masową skalą działalności kolei (strona podaży). Narzędzi pozwalających na objaśnianie tych związków, a także na prognozowanie wielkości przewozów w przyszłości, określanie podziału modalnego, dostarcza dyscyplina nazywana w Polsce „modelowanie podróży i prognozowaniem ruchu”, będąca zastosowaniem ekonometrii do zagadnień transportowych. W tłumaczeniu z języka angielskiego określa się ją ogólnie mianem „modelowania transportu”.

Opracowanie prognozowanej wielkości i struktury przewozów na kolejnym okresie (np. roczne, związane z kolejnymi rozkładami jazdy) stanowi zasadniczy punkt wyjścia do opracowania planu przewozów, czyli obrazowanej rozkładem jazdy oferty kolei. Zagadnienia z tym związane opisane zostały szczegółowo w szeregu publikacjach². Nie rozwijając ich tutaj warto jednak ustalić zbiór czynników przesądzających o wyborze przez podróżnego kolei, jako środka transportu. W ten sposób proponowane metody organizacji przewozów pozwolą najpełniej zrealizować założone wcześniej cele budowy oferty przewozowej.

Przesłanki wyboru takiej oferty nazywane są **preferencjami podróżnych** i stanowią jednocześnie cechy oferty przewozowej. Ich rozbudowana lista obejmuje w szczególności 11 wyróżnionych elementów (tabela 1). Analizując możliwości wyboru alternatywnych środków transportu dla wybranego regionu (sieci transportowej) lub korytarza transportowego udział każdego z nich opisywany jest zazwyczaj modelem logitowym [6], uwzględniającym (wśród tzw. zmiennych objaśniających modelu matematycznego) wybrany zbiór preferencji uznanych za istotne dla danego przypadku modelowania.

Z punktu widzenia (podejmowanych w niniejszym referacie) metod organizacji przewozów za istotne preferencje uznać należy:

- **czas przejazdu**, który zależy nie tylko od prędkości handlowej wybranego pociągu, ale także od czasu na przesiadki na stacjach węzłowych,
- **bezpośredniość**, czyli możliwość zrealizowania jak największej części potencjalnych podróży pociągami relacji bezpośrednich,
- **dostępność czasową**, czyli godziny i terminy kursowania pociągów spełniające oczekiwania podróżnych,
- **elastyczność**, która pozwala podróżnym zmieniać początkowe plany przejazdu (realizując np. wcześniejszy lub późniejszy odjazd, odwiedzenie dodatkowo innego miasta itp.).

2 Wśród szeregu sposobów prognozowania przewozów należy zwłaszcza zwrócić uwagę na tzw. klasyczny czteroetapowy model transportowy, obejmujący: 1 – generowanie przewozów, 2 – dystrybucję potoków, 3 – podział modalny oraz 4 – przydział do dróg przewozu [1], [6].

Tabela 1. Przegląd preferencji podróżnych [6]

Lp.	Nazwa preferencji (czynnika wyboru)	Znaczenie (opis)
1	cena	koszt podróży odczuwany przez pasażera
2	czas przejazdu	czas podróży odczuwany przez pasażera
3	bezpośredniość	możliwość odbycia podróży bez przesiadania się
4	dostępność geograficzna	odległość do najbliższego terminala (dworzec, przystanek, lotnisko)
5	dostępność czasowa	zgodność godzin kursowania z oczekiwaniem podróżnych
6	bezpieczeństwo komunikacyjne	prawdopodobieństwo bezwypadkowego zrealizowania podróży
7	bezpieczeństwo osobiste	ocena zagrożeń typu przestępczego
8	komfort	wygoda podróżowania
9	planowość	zgodność podróży z rozkładem jazdy lub przewidywaniem (samochód)
10	zawodność	prawdopodobieństwo unieruchomienia środka transportowego
11	elastyczność	możliwość modyfikowania trasy podróży

W tak ustalonych warunkach zasadnicze pytanie brzmi zatem: Czy możliwe jest zbudowanie takiego rozkładu jazdy pociągów międzyaglomeracyjnych, który najlepiej odpowiada ustalonemu zbiorowi oczekiwań podróżnych i w ten sposób pozwala na realizację strategicznego celu podniesienia atrakcyjności przewozów kolejowych?

3. Elementy organizacji przewozów międzyaglomeracyjnych

Projektowanie rozkładu jazdy

Organizacja kolejowych przewozów pasażerskich, której elementem wynikowym jest (kolejny) rozkład jazdy pociągów obejmuje sekwencję następujących działań (rys. 1).

Szczegółowy opis odnoszący się do kolejnych etapów jest następujący:

Określenie potrzeb przewozowych

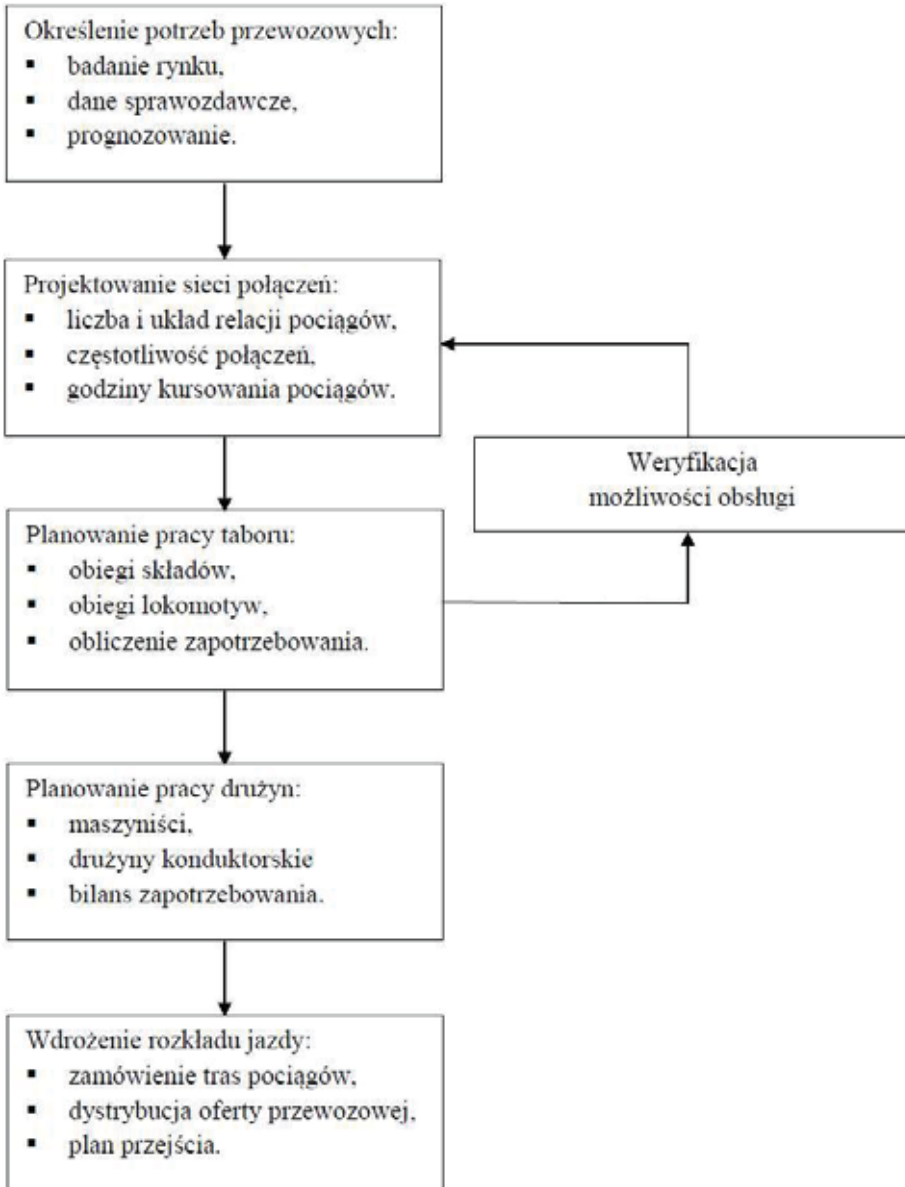
Przewozy międzyaglomeracyjne mają zazwyczaj charakter komercyjny, a zatem ryzyko handlowe ponosi przewoźnik. W przeciwieństwie zatem do przewozów aglomeracyjnych i regionalnych, a po części również międzyregionalnych (realizowanych na zamówienie organizatora przewozów³), układ i częstotliwość połączeń musi być przygotowana przez niego samego.

W ogólności można wyróżnić dwa przypadki [6]:

- (1) Podejmowanie pracy przewozowej na nowej lub gruntownie zmodernizowanej sieci kolejowej wymaga przygotowania **prognoz** opartych na modelach matematycznych, składających się na wspomniane uprzednio *modelowanie podróży i prognozowanie ruchu*.

3 W Polsce organizatorami przewozów są: rząd – w odniesieniu do połączeń międzyregionalnych oraz samorządy wojewódzkie i prezydenci miast – w odniesieniu do przewozów aglomeracyjnych i regionalnych.

- (2) Kontynuacja pracy przewozowej w kolejnym rozkładzie jazdy na dotychczasowej sieci połączeń pozwala przewidzieć spodziewany popyt na przewozy na podstawie oceny dotychczasowych trendów w kontekście prognoz makroekonomicznych, planów konkurencji, badań rynkowych itp.



Rys. 1. Etapy projektowania rozkładu jazdy pociągów międzyaglomeracyjnych

Dostępne obecnie narzędzia informatyczne pozwalają na przygotowanie bardzo dokładnych prognoz przewozowych. O ile zakup samych programów nie wymaga

zazwyczaj dużych nakładów, to jednak dokładność przygotowywanych prognoz zależy od ilości i jakości zgromadzonych danych. Proces ich pozyskiwania, weryfikacji i opracowywania (do czego służą zresztą osobne narzędzia) jest bardzo kosztowny i czasochłonny. Odrębnym problemem są także umiejętności osób zatrudnionych do przygotowywania prognoz. Jak pokazuje doświadczenie nie wychodzą one zazwyczaj poza umiejętność obsługi konkretnych programów i nie są poparte rzetelną wiedzą w zakresie modelowania transportu.

Projektowanie sieci połączeń

W nowoczesnym systemie transportu kolejowego liczba i układ relacji pociągów powinny być przygotowywane w oparciu zarówno o dane sprawozdawcze, jak i opisane uprzednio prognozy przewozów. Obowiązywać powinno przy tym podejście sieciowe, nawiązujące w szczególności do dwu wyodrębnionych uprzednio preferencji, tj. czasu przejazdu (podróży) oraz bezpośredniości.

Znając dokładny układ prognozowanych *strug relacyjnych*⁴ należy dążyć do przygotowania takiego układu połączeń, aby liczba podróży bezpośrednich w skali rozpatrywanej sieci połączeń była maksymalna oraz zapewnione były skomunikowania pociągów o największych potokach przesiadających się podróżnych.

Jednocześnie godziny przyjazdu i odjazdu pociągów na stacje węzłowe powinny być tak dobrane, aby łączny czas B tracony przez podróżnych na przesiadanie był minimalny. Czas ten stanowi iloczyn liczby przesiadających się podróżnych x oraz czasów c przeznaczonych na przesiadkę w ustalonym zbiorze P pociągów i oraz j na wszystkich S rozpatrywanych stacjach węzłowych:

$$B = \sum_S \prod_P (x_{ij}, c_{ij}) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Szczegółowy opis tego zagadnienia wraz z przykładem obliczeniowym dla przypadku symetrycznego rozkładu jazdy przedstawiono w pracy [8].

Należy przy tym podkreślić, że z punktu widzenia organizacji przewozów pasażerskich na całej sieci kolejowej danego kraju lub regionu układ połączeń międzyaglomeracyjnych ma charakter nadrzędny w tym sensie, że rozkłady jazdy pociągów międzyregionalnych, aglomeracyjnych i regionalnych powinny powstawać (w pewnym zakresie) w dostosowaniu do tego rozkładu.

Planowanie pracy taboru

Park taboru kolejowego jakim dysponuje przewoźnik realizujący przewozy międzyaglomeracyjne, obejmujący wagony pasażerskie, lokomotywy, zespoły trakcyjne oraz pociągi zespołowe ma podstawowy wpływ na koszty procesu eksploatacyjnego. Planowanie przewozów musi zatem prowadzić do jak najlepszego wykorzystania tych zasobów. Przygotowywany rozkład jazdy musi być z jednej strony możliwy do obsłużenia posiadanymi pojazdami, z drugiej zaś przewidy-

4 Definicję **strugi relacyjnej** oraz innych pojęć związanych z organizacją potoków pasażerskich można znaleźć w pracach [3] oraz [6].

wać zatrudnienie możliwie maksymalnej ich liczby. Decydującym parametrem jest przy tym współczynnik gotowości poszczególnych serii wagonów, lokomotyw czy zespołów.

W procedurze projektowania rozkładu jazdy opisanej na rys. 1 należy zatem przewidzieć weryfikację zaprojektowanej sieci połączeń w kontekście posiadanego parku taboru. W przypadku, gdy wspomniane wyżej warunki nie są spełnione, konieczny jest powrót do projektowania tej sieci, aby zminimalizować koszty związane z niewykorzystanymi pojazdami oraz ewentualną koniecznością ich wynajmu. Należy także uwzględnić ewentualny proces zakupu oraz pojawienie się nowych pojazdów w trakcie obowiązywania rozkładu jazdy.

Dokładne informacje dotyczące liczby potrzebnego taboru są możliwe do uzyskania na podstawie zaprojektowanych obiegów [6]. Należy zwrócić uwagę, że niewłaściwie przygotowane czasy odjazdu pociągów ze stacji początkowych oraz przyjazdu na stacje końcowe mogą prowadzić do nadmiernego zapotrzebowania na tabor kolejowy. Dotyczy to w szczególności cyklicznego, a zwłaszcza symetrycznego rozkładu jazdy [8].

Obiegi taboru powinny przy tym uwzględniać ich bieżące utrzymanie oraz wymagane rewizje i naprawy, co wymaga zbilansowania możliwości zaplecza utrzymaniowo-naprawczego w powiązaniu z programem napraw bieżących i głównych, planowanych modernizacji itp.

Planowanie pracy drużyn pociągowych

Przygotowany rozkład jazdy wymaga obsługi drużynami pociągowymi, obejmującymi maszynistów oraz konduktorów. Plan ich pracy przygotowuje się z uwzględnieniem przepisów o czasie pracy i innych instrukcji przewoźnika. Istotne znaczenie ma także rozmieszczenie stacji postoju pociągów, na których może odbywać się przekazywanie ich obsługi oraz miejsca zamieszkania pracowników. Właściwe rozwiązania w tym zakresie pozwalają zredukować koszty przewoźnika związane z zatrudnieniem pracowników, co stanowi zazwyczaj bardzo ważną pozycję w budżecie podmiotu gospodarczego.

Wdrożenie rozkładu jazdy

Działania podejmowane w obszarze nazwanym umownie „wdrożeniem rozkładu jazdy”, mają różny charakter i zamieszczone zostały w celu opisowego dopełnienia całego procesu. Pomijając oczywiste (ale jednocześnie złożone) zagadnienia związane z zamawianiem tras u zarządcy infrastruktury, podpisaniem umowy oraz dystrybucją nowej oferty przewozowej, odzwierciedlonej opracowanym rozkładem jazdy warto podkreślić konieczność przygotowania procesu zmiany rozkładu „starego” na „nowy”. Im większe zmiany związane są z nową ofertą, tym bardziej skomplikowany jest proces jej wdrożenia. Dotyczy to zwłaszcza konieczności opracowania „jednorazowych” obiegów taboru wiążących dwa zróżnicowane plany pracy. W przypadku przewozów międzyaglomeracyjnych oraz w związku z stale malejącą liczbą pociągów nocnych następuje koncentracja przewozów w porze

dziennej. Ułatwia to w oczywisty sposób wymianę rozkładów jazdy wchodzących w życie od początku kolejnego dnia.

4. Nowoczesny rozkład jazdy

Opisane (skrótowo) postępowanie we współczesnym procesie przygotowywania rozkładu jazdy pociągów międzyaglomeracyjnych prowadzi do sformułowania wniosków dotyczących ogólnej postaci takiego rozkładu.

W historycznym procesie rozwoju transportu kolejowego nastąpił istotny rozwój organizacji i techniki ruchu kolejowego. Początkowe postacie rozkładu jazdy, w których na wykresie ruchu – w sposób do pewnego stopnia przypadkowy – sąsiadowały obok siebie pociągi różnych kategorii, w tym pasażerskie i towarowe, stopniowo zanikają. Zmianie ulegają na przykład parametry techniczno-ruchowe pociągów pasażerskich, które kiedyś przesądzały o konieczności indywidualnego trasowania każdego pociągu zależnie od jego masy, charakterystyki trakcyjnej pociągu itp.

Scharakteryzowane na wstępie tendencje rozwojowe dotyczące przewozów międzyaglomeracyjnych i aglomeracyjnych prowadzą do nasyconego ruchu pociągów na liniach magistralnych, w tym szczególnie w obrębie wielkich miast, będących zazwyczaj dużymi węzłami kolejowymi. Jednocześnie oczekiwania podróżnych na obecnym rynku transportowym idą w kierunku ułatwionego dostępu do przewozów kolejowych. Oznacza to konieczność uproszczenia, czyli strukturyzacji oferty przewozowej.

Odpowiedzią kolei są wprowadzane stopniowo tzw. cykliczne rozkłady jazdy, których najbardziej rozwiniętą postacią są rozkłady symetryczne [6]. W docelowym modelu pojawiającym się w nowoczesnych, rozwiniętych (głównie europejskich) systemach kolejowych sieć połączeń kolejowych zaczyna przypominać metro zbudowane w warunkach i proporcjach kolejowych.

Stałe relacje pociągów, ustalony i niezmienny cykl połączeń poszczególnymi kategoriami pociągów, precyzyjne skomunikowania na stacjach węzłowych, zunifikowany tabor dedykowany do konkretnych linii i dostosowany do założonych zadań przewozowych prowadzą w kierunku unifikacji i standaryzacji oferty kolejowej.

Oznacza to jednocześnie konieczność specjalizacji linii kolejowych, przenoszenie ruchu pociągów towarowych na godziny nocne lub trasowanie ich – z dużym trudem – pomiędzy pociągami pasażerskimi, głównie w godzinach pozaszczytowych.

Taka organizacja przewozów pasażerskich w istotny sposób przekłada się na procedury planowania ruchu pociągów oraz przygotowywania nowego rozkładu jazdy. Niektóre elementy z tym związane opisane zostały powyżej. W praktyce przygotowanie rozkładu jazdy oznacza zawsze konieczność szukania rozwiązań wiążących połączenia w systemie „tradycyjnym” z nowymi, występującymi na przykład na liniach szybkiego ruchu.

Warto także zauważyć, że strukturyzacja rozkładu jazdy pociągów międzyaglomeracyjnych przekłada się również na inne podsystemy, zwłaszcza na połączenia międzyregionalne i regionalne, a nawet na miejski transport publiczny i komunikację autobusową. Pozwala to w efekcie budować przyjazny dla podróżnego system intermodalny.

5. Podsumowanie

W artykule przeanalizowano nowoczesne metody konstruowania sieci połączeń kolejowych i budowy rozkładu jazdy w nawiązaniu do założonych kryteriów odpowiadających czterem wybranym preferencjom wyboru kolei jako środka transportu.

Warunkiem koniecznym do wdrożenia przedstawionych rozwiązań jest ustabilizowana sytuacja w zakresie infrastruktury kolejowej, a zatem ukończone procesy modernizacji linii magistralnych oraz dworców kolejowych. Budowa nowoczesnej sieci połączeń kolejowych będzie miała istotny wpływ na dalszy rozwój społeczno-gospodarczy kraju.

Literatura

- [1] Hansen I., Pacht J. (red.), *Railway Timetable & Traffic*. Eurailpress, Hamburg 2008.
- [2] Kudriavceva W. A. (red.), *Organizacja żelaznodoroznych passażirskich perevozok*. Wydawnictwo „Akademia”. Moskwa 2008.
- [3] Łaskiewicz R., *Organizacja kolejowych przewozów pasażerskich*. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej. Radom 1998.
- [4] *Master plan dla transportu kolejowego w Polsce do roku 2030*. Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej. Warszawa 2008.
- [5] *Strategia rozwoju transportu do 2020 roku*. Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej. Warszawa 2013.
- [6] Żurkowski A., *Modelowanie przewozów międzyaglomeracyjnych*. *Problemy Kolejnictwa* z. 148 (2009), s. 5-47.
- [7] Żurkowski A., *Przewozy aglomeracyjne i regionalne jako element systemowej organizacji przewozów pasażerskich*. Konferencja SITK Kraków „Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym”. Zakopane 2012.
- [8] Żurkowski A., *Zastosowanie symetrycznego rozkładu jazdy w przewozach międzyaglomeracyjnych*. Konferencja Wydziału Transportu PW „Transport XXI wieku”. Ryn 2013.