Transport Miejski i Regionalny (skrót TMiR)
Czasopismo wydawane od 2004 roku jako kontynuacja tytułu „Transport Miejski", wydawanego od 1982 r.

Redaktor naczelny
Prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz (Politechnika Krakowska)
starowicz@sitk.org.pl

Sekretarz redakcji
Mgr Janina Mrowińska (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Krakowie)
mrowinska@sitk.org.pl

Rada naukowo-programowa
Prof. PK dr hab. inż. Andrzej Szarata (Politechnika Krakowska) – przewodniczący, członkowie: profesor Tom Rye (Transport Research Institute, Edynburg, Wielka Brytania), prof. dr hab. inż. Antoni Szydło (Politechnika Wrocławska), profesor Igor Taran (Narodowy Górniczy Uniwersytet, Katedra Zarządzania w Transporcie, Dniepropietrowsk, Ukraina), profesor Ming Zhong (Intelligent Transport Systems Research Center, Wuhan, Chiny)

Redaktorzy tematyczni
Prof. UTH dr hab. Tadeusz Dyr (Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu – zarządzanie transportem), prof. dr hab. inż. Stanisław Gaca (Politechnika Krakowska – inżynieria ruchu), dr inż. Ryszard Janecki (Politechnika Śląska – transport regionalny), mgr inż. Mariusz Szałkowski (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne SA w Krakowie – transport miejski), prof. UE dr hab. Robert Tomanek (Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach – ekonomika transportu), dr inż. Jacek Malasek – aktualności ze świata

Redaktor statystyczny
Dr inż. Jolanta Żurowska (Politechnika Krakowska)

Redaktor językowy i streszczenia w języku angielskim
Mgr Agata Mierzyńska (Urząd Miasta Krakowa)

Projekt graficzny okładki
Mgr inż. arch. Lucyna Starowicz

Adres redakcji
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków
tel./fax 12 658 93 74
e-mail: tmir@sitkrp.org.pl
Strona w Internecie: http://www.tmir.sitkrp.org.pl

Wydawca
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa
www.sitkrp.org.pl

Nakład
800 egzemplarzy

Skład
Tomasz Wojtanowicz

Druk
Wydawnictwo PiT Kraków
ul. Ułanów 54/51, 31-455 Kraków, tel.: 12 290-32-10

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma
Główną wersją czasopisma jest wersja papierowa
Artykuły w wersji elektronicznej są dostępne na stronie czasopisma z rocznym opóźnieniem

Bazy indeksujące artykuły TMiR
Baza BAZTECH – http://baztech.icm.edu.pl/
Baza Index Copernicus – http://indexcopernicus.com/

Prawa autorskie
Copyright © Transport Miejski i Regionalny, 2016

Informacje dodatkowe
Za wydrukowanie artykułu Redakcja pobiera opłatę 500 zł.
O ulgę w opłacie mogą się starać członkowie SITK oraz wieloletni współpracownicy.
Za treść i formę ogłoszeń oraz reklam Redakcja nie odpowiada.

Spis treści

Innowacyjny Transport **3**
Cyberbezpieczeństwo w transporcie drogowym
Cybersecurity in road transport

Katarzyna Czekała, Zofia Bryniarska **5**
Ocena wskaźnikowa wybranych węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie
The empty method for assessment of selected interchanges in Krakow's public transport

Aleksandra Ciastoń-Ciulkin **11**
Analiza poziomu komfortu podróży w pociągach aglomeracyjnych na trasie Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek Kopalnia
Analysis of travel comfort level in aglomeration trains on the route: Krakow Airport / Wieliczka Mine Market

Andrzej Massel **18**
Ewolucja stanu infrastruktury kolejowej w województwie łódzkim
Evolution of the state of railway infrastructure in the Łódź voivodeship

Marcin Pająk, Andrzej Soczówka **25**
Synchronizacja linii tramwajowych na przykładzie Zagłębia Dąbrowskiego
Synchronization of tram lines on the example of the Dąbrowski Basin

Reklama w „Transporcie Miejskim i Regionalnym"

Koszt reklamy w czasopiśmie wynosi:

4. strona okładki (kolor)	5000 zł + VAT
2., 3. strona okładki (kolor)	3500 zł + VAT
jedna strona wewnątrz numeru (cz.-b.)	1500 zł + VAT
jedna strona wewnątrz numeru (kolor)	2500 zł + VAT

Cena tekstów sponsorowanych oraz wkładek tematycznych do uzgodnienia.
W przypadku reklam w kilku kolejnych numerach możliwy upust do 20%.
Zgłoszenia w sekretariacie redakcji – Janina Mrowińska, tel. (12) 658-93-74

Punktacja artykułów

Każda publikacja w czasopiśmie „Transport Miejski i Regionalny" zgodnie z aktualnym wykazem czasopism punktowanych opublikowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w dniu 23 grudnia 2015 roku (część B) posiada **7 punktów** (dotyczy to również wszystkich publikacji w roku 2015).

Prenumerata TMiR w 2017 roku

Cena egzemplarza – **21 zł** (zagraniczna – **10 euro** z kosztami przesyłki)
Koszt prenumeraty półrocznej – **126 zł** (zagraniczna – **60 euro** z kosztami przesyłki)
Koszt prenumeraty rocznej – **252 zł** (zagraniczna – **120 euro** z kosztami przesyłki)
Studenci – 50% zniżki (na podstawie kserokopii aktualnej legitymacji studenckiej)
Zamówienia: Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie
sklep internetowy: *http://www.sitk.org.pl/sklep* (prenumerata oraz sprzedaż numerów archiwalnych)
Płatność: konto: 43 1240 4722 1111 0000 4859 0666

Streszczenia angielskie – Abstracts in English

Katarzyna Czekała, Zofia Bryniarska

The empty method for assessment of selected interchanges in Krakow's public transport

Abstract: Interchanges within urban public transport system are important elements in increasing the accessibility and availability of public transport. Numerous European projects attempt to determine the conditions that interchanges should meet in order to facilitate for passengers changing means of public transport. Well planned and executed infrastructure solutions within interchange areas may allow passengers to shorten the duration of their journey (reduce waiting time of direct connections), reduce physical strain and increase uncertainty or confusion when changing modes of transport. The AMPTI method for assessment of public transport interchanges have been used in the article to evaluate three important interchanges in Krakow: Rondo Mogilskie, Dworzec Główny and Borek Fałęcki. The advantage of this method, on the one hand, rely on the comprehensive analysis of many aspects of accessibility of the interchange for passenger: beginning from the distance to walk between the tram/bus stops, through the quality of execution and maintenance of the tram/bus stop and the quality of infrastructure elements, the availability and comprehensiveness of passenger information, level of personal safety and safety of traffic and ending at additional elements of stops' equipment and, on the other, the quantitative dimension of these indicators. As a result the AMPTI indicators can be used to evaluate existing and planned interchanges. Moreover, the results of marketing survey on the overall quality of the transfer and level of passenger information within these interchanges have been presented.

Key words: tram transport, traffic flow, public transport.

Aleksandra Ciastoń-Ciulkin

Analysis of travel comfort level in aglomeration trains on the route: Krakow Airport / Wieliczka Mine Market

Abstract: The article presents an analysis of the comfort level of trains operating on the connection Krakow / Krakow Airport Railway. This analysis was based on the occupancy rate of the vehicle and the nuisance coefficient of driving, which determines how many times the train travel is more burdensome than the unrestricted journey in low fill conditions (0,5 person/m^2). The analysis includes all courses performed on the route during the working day in both directions. For each factor size, an appropriate assessment of travel comfort was provided for each course and for each section of the route.

Key words: agglomeration rail, public transport, travel comfort, quality criteria.

Andrzej Massel

Evolution of the state of railway infrastructure in the Łódź voivodeship

Abstract: This article refers to changes in the state of railway infrastructure in the Łódź voivodship in the years 1990–2015. The state of railway infrastructure is an essential factor influencing the quality of services provided by passenger and freight carriers. From the operational and commercial point of view, the assessment criteria that bind the condition of the infrastructure to the conditions of its use are of utmost importance. Out of these indicators, groups of criteria related to maximum speeds, speed limits and acceptable axle load have been considered as the most important. The article presents the evolution of these indicators in the analyzed period. Particular indicators prove that since 1990 the railway infrastructure in the Łódź voivodeship has been systematically degrading. The most noticeable has been the reduction of maximum speeds and the increasing number of fixed speed limits on many important sections of the line. The visible improvement has been caused by modernization and revitalization investments, both linear and point-of-sale (in particular crossings and level crossings), as well as an increase in repair and maintenance works.

Practical exploitation effect of the infrastructure's condition is the passage time achieved on particular sections of the network. The evolution of these times has been presented for major regional links.

Key words: railway infrastructure, regional transport, Łódź voivodeship.

Pająk Marcin, Soczówka Andrzej

Synchronization of tram lines on the example of the Dąbrowski Basin

Abstract: The problem of synchronization of the tram line is discussed on the example of the Dąbrowski Basin, the eastern part of the network connecting 13 cities of the Katowice conurbation. On this part of the network lines run with different frequency modules, which prevents good coordination. An additional barrier is the one-lane ramp sections with turnouts. The article contains a simplified methodology for evaluating the possibilities and costs of rerouting of tram networks. The basic principles of line synchronization are described here. Based on the presented methodology, a new synchronization project has been prepared – the answer to the question: is this 15- and 20-minute module better for this part of the network, or are there technical and financial possibilities of introduction of 10-minute modules in peak hours? Taking into account the infrastructure barriers, both options analyzed the level and quality of the offer on major transport routes, the amount of weekly operating work, demand for rolling stock, working time of the managers and estimated costs of reform by administrative units.

The tables for line coordination in 10-, 15-, and 20-minute modules are also presented. The research has shown that the introduction of uniform passenger-friendly frequencies in the Dąbrowski Basin is not possible without additional infrastructure investments.

Key words: public transport, tram transport, synchronization.

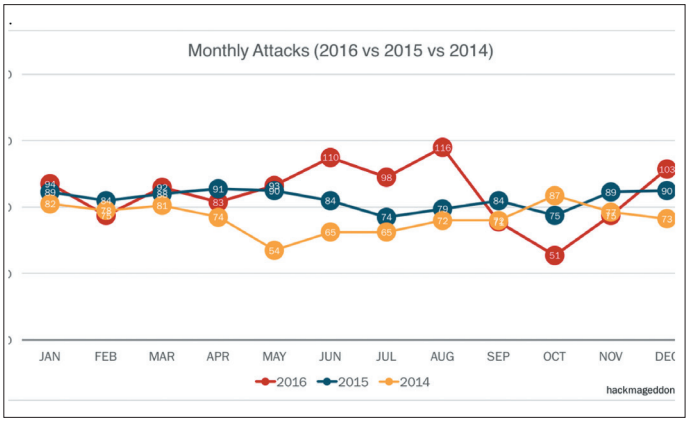
Innowacyjny transport

Cyberbezpieczeństwo w transporcie drogowym

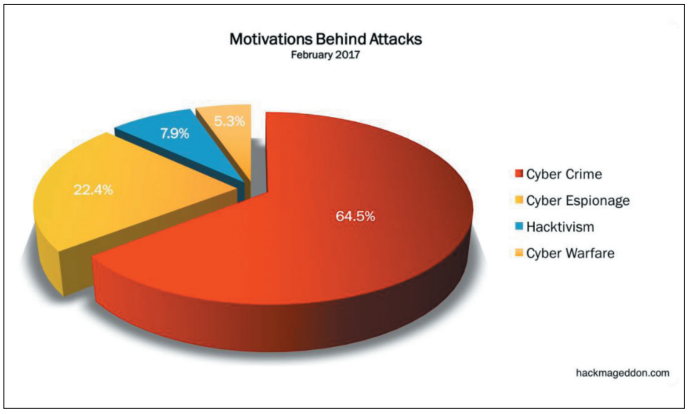
Cyberbezpieczeństwo transportu drogowego – jedno z poważniejszych wyzwań europejskich – również w Polsce powinno się znaleźć w centrum uwagi nie tylko interdyscyplinarnych zespołów badawczych, lecz także Narodowego Centrum Cyberbezpieczeństwa i Wydziału do Walki z Cyberprzestępczością KG Policji.

Zagrożenie cyberprzestępczością

Rosnąca liczba cyberataków, dokonywanych przez terrorystów ze względów politycznych lub chęci zysku, wymaga pilnego podjęcia skutecznych przeciwdziałań. Wg Hackmagedon tylko w sierpniu 2016 roku odnotowano 116 cyberataków, co jest liczbą znacznie zaniżoną z uwagi na fakt, że instytucje zaufania publicznego (banki, agendy rządowe) bardzo niechętnie przyznają się do słabości zabezpieczeń swoich baz danych (www.hackmagedon.com).



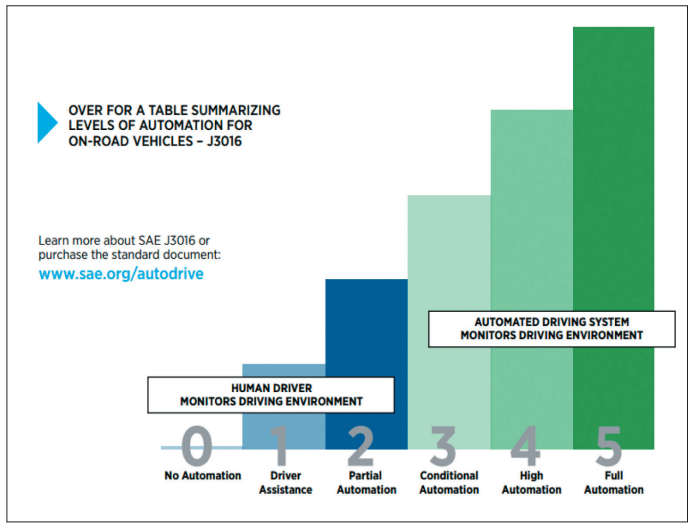
Wg danych z lutego br. główne motywy cyberprzestępców to: przestępczość kryminalna (64,5%) i szpiegostwo (22,4%). Jako jeden z nielicznych ze zmowy milczenia wyłamał się Los Angeles Valley College, który za odszyfrowanie swojej bazy danych zapłacił przestępcom 28 000 USD („The Washington Post", 14.01.2017).



Ostatnia fala cyberataków w USA skłoniła Eurosmart (stowarzyszenie firm z sektora cyberbezpieczeństwa) do wezwania nowo powołanej European Cyber Security Organization i European Internet of Things do stworzenia europejskiego standardu certyfikacji wszystkich usług internetowych (Smart Cities Connect, 1.11.2016).

Przeciwdziałania w sektorze pojazdów autonomicznych

Niebezpieczeństwo przejęcia przez hakera kontroli nad pojazdem wzrasta wraz z osiąganiem coraz wyższego poziomu automatyzacji kierowania samochodem. Obecnie najbardziej zaawansowane technologicznie pojazdy semi-autonomiczne osiągają trzeci z pięciu poziomów automatyzacji, pozwalający na automatyczne sterowanie pojazdem tylko pod nadzorem kierowcy i podczas relatywnie bezpiecznych warunków ruchu. HFAuto (partner Volvo) rozpoczął już testowanie na szwedzkich drogach stu samochodów trzeciego poziomu automatyzacji („HORIZON Magazine", 17.03.2017).



W listopadzie ub. roku dwaj światowi liderzy technologii pojazdów autonomicznych: Harman (producent Ecushield – pokładowego urządzenia do wykrywania cyberataku) i Airbiquity (twórca Choreo – ulokowanej w chmurze platformy informatycznej) zaprezentowali najbardziej obecnie zaawansowany system ochrony samochodu przed atakiem hakera („Traffic Technology Today", 4.11.2016).

Samochód autonomiczny wyposażony w ECUSHIELD stanowi odpowiedź na obawy członków TSC (Transport System Catapult), którzy w raporcie „Cyber security and inteligent mobility" (TTT, 28.11.2016) liczą czas obecnej reakcji na cyberatak w dniach, zamiast w sekundach.

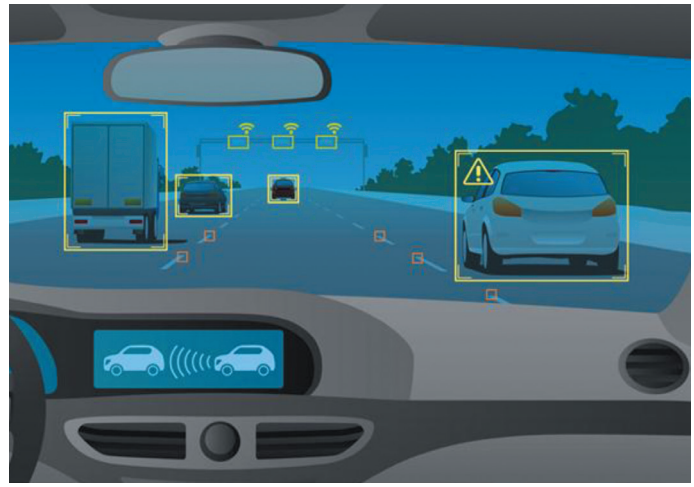
O wysokiej randze nadanej przez Komisję Europejską zagadnieniu cyberbezpieczeństwa świadczy raport „Transport Security" (www.transport-research.info), omawiający wyniki ostatnich projektów unijnych dotyczących następujących zagadnień (TRIP, 22.03.2017):

- wykrywanie i przeciwdziałanie zagrożeniom;
- zarządzanie kryzysowe;
- cyberbezpieczeństwo, prywatność, systemy ICT;
- szkolenie personelu;
- bezpieczeństwo towarów;
- bezpieczeństwo osób.

Czy cyberataki mogą zniechęcać do korzystania z pojazdów autonomicznych? Wnioski z ankietowania 519 dorosłych Amerykanów (M. Sivak, B. Schoettle: *Cybersecurity Concerns with Self-Driving and Conventional Vehicles*, The University of Michigan, Feb. 2017) są następujące:

- hakowania pojazdu konwencjonalnego obawia się aż 53,5% (86,5% w przypadku pojazdów autonomicznych) ankietowanych,
- 86,9% obawia się jednoczesnego przejęcia przez hakera kontroli nad wieloma AV (pojazdami autonomicznymi),
- 87,8% obawia się przejęcia kontroli nad systemem zarządzania ruchem,
- 83,2% obawia się wykorzystania AV przez terrorystę jako pocisku,
- 76,4%/ 77,2% obawia się przechwycenia danych o podróżach/danych nie związanych z przemieszczeniami,
- cyberataków bardziej obawiają się kobiety i osoby starsze.

Obawy te próbuje rozwiać swoim manifestem „Towards Tomorrow's Organically Secure Vehicle" konsorcjum FASTR (Future of Automotive Security Technology Research), obiecując użytkownikom wyposażonym w inteligentne sensory pojazdów autonomicznych instalację systemów cyberbezpieczeństwa.



Niezawodność systemu (oferującego poza pełnym bezpieczeństwem, płynność ruchu i mobilność niepełnosprawnym) zapewnić ma skład konsorcjum, obejmujący weteranów motoryzacji i giganty technologiczne, uczonych i *start-up'y*, hakerów i wynalazców. Autonomiczność środków transportu, podstawowe narzędzie realizacji *Wizji 0* (brak wypadków śmiertelnych), będzie w stanie oprzeć się atakom terrorystycznym (TTT, 10.02.2017). W Polsce reagowanie na cyberzagrożenia koordynuje od utworzenia w lipcu ub. roku Narodowe Centrum Cyberbezpieczeństwa, działające w strukturach NASK-u i składające się z czterech pionów: badawczo-rozwojowego, szkoleniowego, analitycznego i operacyjnego – z zespołem CERT Narodowy, reagującym na incydenty bezpieczeństwa w sieci.

JACEK MALASEK
dr inż. Instytut Badawczy Dróg i Mostów ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa
Tel: +48 22 390 02 02, e-mail: jmalasek@ibdim.edu.pl

KATARZYNA CZEKAŁA
mgr inż., absolwentka studiów II stopnia kierunek: Systemy transportowe i logistyczne, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: kasia.czekala@gmail.com
ZOFIA BRYNIARSKA
dr inż. Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, Zakład Transportu, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, e-mail: z_bryn@pk.edu.pl

Ocena wskaźnikowa wybranych węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie[1]

Streszczenie: Węzły przesiadkowe w miejskim transporcie zbiorowym są istotnym elementem zwiększającym dostępność funkcjonalną transportu zbiorowego. W licznych projektach europejskich [1, 2, 3, 4] podejmowane są próby określenia warunków, jakie powinny spełniać węzły przesiadkowe, aby ułatwić pasażerom zmianę środka publicznego transportu zbiorowego. Dobrze zaplanowane i wykonane rozwiązania infrastrukturalne przystanków komunikacyjnych węzła przesiadkowego mogą pozwolić pasażerom na skrócenie czasu trwania całej podróży (zmniejszenie oczekiwania na połączenia bezpośrednie), zmniejszenie wysiłku fizycznego i poczucia niepewności czy zagubienia podczas zmiany środka transportu. W artykule wykorzystano metodę oceny węzłów przesiadkowych AMPTI do oceny trzech ważnych węzłów przesiadkowych w Krakowie: Rondo Mogilskie, Dworzec Główny i Borek Fałęcki. Zaletą tej metody jest z jednej strony kompleksowa analiza wielu aspektów dostępności węzła dla pasażerów: od odległości przejść pomiędzy przystankami komunikacyjnymi węzła, poprzez jakość wykonania i utrzymania infrastruktury przystanków i przejść, dostępność i kompleksowość informacji dla pasażerów oraz bezpieczeństwo osobiste i bezpieczeństwo w ruchu, a także wyposażenie dodatkowe przystanków, a z drugiej ilościowy wymiar tych wskaźników. Dzięki temu można je stosować do oceny węzłów istniejących i projektowanych. Ponadto przedstawiono wyniki badań marketingowych dotyczących ogólnej oceny jakości przesiadania się i poziomu informacji pasażerskiej w obrębie tych węzłów.
Słowa kluczowe: komunikacja tramwajowa, płynność ruchu, publiczny transport zbiorowy.

Wprowadzenie

Sprawne i szybkie poruszanie się po mieście jest jedną z ważniejszych rzeczy w codziennym życiu. Każda taka podróż wiąże się z wykonaniem kilku mniejszych przemieszczeń, czy to samochodem, piechotą czy też środkami publicznego transportu zbiorowego. Podróże po mieście najczęściej wiążą się z wykonywaniem serii takich przemieszczeń, dlatego węzły przesiadkowe są tak ważne. Od ich odpowiedniego ukształtowania zależy, czy pasażerowie chętniej będą korzystać z publicznego transportu zbiorowego, czy może jednak zrezygnują z niego na rzecz transportu indywidualnego. Prawidłowo zaprojektowane węzły będą podnosić atrakcyjność podróży. Odpowiednie projektowanie i funkcjonowanie węzłów przesiadkowych jest zatem kluczową kwestią w publicznym transporcie zbiorowym.

Od wielu lat w Europie zmagano się z problemem projektowania i budowania dobrych węzłów przesiadkowych. Powstało wiele projektów finansowanych przez Unię Europejską, których założeniami i celem było opracowanie i wyznaczenie standardów dla projektowania funkcjonalnych węzłów przesiadkowych – np. NICHES+ [1], PIRATE [2], GUIDE [3], MIMIC [4]. Zawierają one jednak jedynie opisy dobrych praktyk czy też wykazy czynności i standardów do oceny węzłów.

W ramach projektu NICHES+ zespół polskich specjalistów pod przewodnictwem Piotra Olszewskiego opracował zestaw wskaźników służących ocenie węzłów przesiadkowych [5]. Metoda ta opiera się na 8 wskaźnikach ilościowych, których głównymi kryteriami oceny są: jakość infrastruktury podstawowej, integracja przestrzenna, dostępność dla osób starszych, niepełnosprawnych, osób z małymi dziećmi, informacja, czytelność węzła, bezpieczeństwo oraz dodatkowe wyposażenie. Metoda ta z powodzeniem może być wykorzystywana do oceny już istniejących i funkcjonujących węzłów przesiadkowych, jak również do oceny projektów węzłów.

W artykule przedstawione zostały wyniki przeprowadzonej oceny wskaźnikowej wybranych trzech węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie.

Charakterystyka badanych węzłów

Do przeprowadzenia oceny wskaźnikowej wybrane zostały trzy krakowskie węzły przesiadkowe: Dworzec Główny, Rondo Mogilskie oraz pętla tramwajowa w Borku Fałęckim wraz z sąsiadującym z nią dworcem autobusowym. Węzły te zostały wybrane w taki sposób, aby reprezentować trzy różne typy węzła przesiadkowego: węzły centralne, węzły obwodnicowe, węzły peryferyjne [6]. Pod uwagę wzięte zostały również ich rozmiar, jak i liczba obsługiwanych dziennie pasażerów – określona na podstawie przeprowadzonych jesienią 2014 roku badań zapełnienia w pojazdach komunikacji miejskiej w Krakowie [7]. Wyniki badań pozwoliły na stwierdzenie, że są to jedne z największych i najczęściej uczęszczanych przez podróżnych węzłów przesiadkowych w Krakowie.

Węzeł przesiadkowy Rondo Mogilskie zlokalizowany jest na drugiej obwodnicy miasta na wschód od centrum. Codziennie korzysta z niego średnio 62 tysiące osób [7]. W 2006 roku węzeł został całkowicie przebudowany. Obecnie ruch pojazdów w obrębie węzła odbywa się na dwóch pozio-

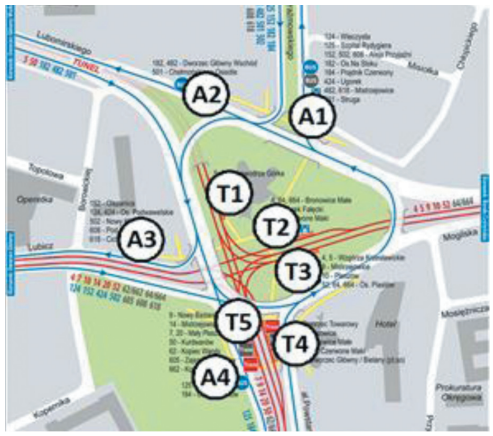
[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2017. Wkład autorów w publikację K. Czekała 50%, Z. Bryniarska 50%.

mach: ruch drogowy na płycie górnej, natomiast ruch tramwajowy po dolnej płycie. Przystanki autobusowe (na rys. 1 oznaczone literą A) zlokalizowane są na wylotach ulic. Wszystkie przystanki tramwajowe znajdują się na dolnej płycie węzła. Budowa całego węzła sprawia, że poruszanie się między przystankami w jego obrębie jest bezpieczne, gdyż ruch pieszych jest odizolowany od drogowego. Umiejscowienie przystanków zlokalizowanych w obszarze Ronda Mogilskiego wraz z liniami, które je obsługują, przedstawiono w tabeli 1.

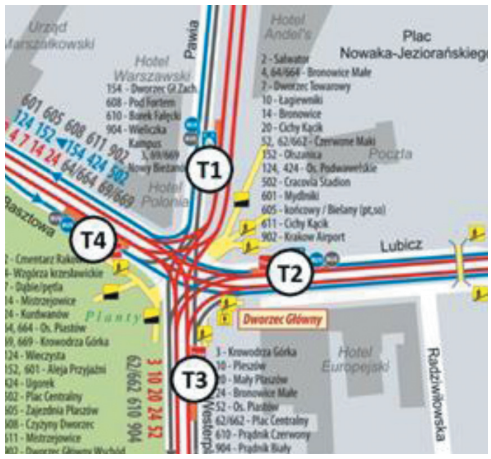
Tabela 1

Przystanki i linie komunikacyjne w węźle Rondo Mogilskie			
Oznaczenie	**Środek transportu**	**Ulica**	**Linie**
A1	Autobus	Beliny-Prażmowskiego	124, 125, 152, 182, 184, 424, 482, 501, 502, BUS
A2	Autobus	Lubomirskiego	182, 482, 501, BUS
A3	Autobus	Lubicz	124, 152, 424, 502, BUS
A4	Autobus	al. Powstania Warszawskiego	125, 184, BUS
T1	Tramwaj	Rondo Mogilskie	5, 50
T2	Tramwaj	Rondo Mogilskie	4, 10, 52
T3	Tramwaj	Rondo Mogilskie	4, 5, 9, 10, 52
T4	Tramwaj	Rondo Mogilskie	14, 20
T5	Tramwaj	Rondo Mogilskie	9, 14, 20, 50

Źródło: opracowanie własne



Rys. 1. Schemat węzła przesiadkowego Rondo Mogilskie



Rys. 2. Schemat węzła przesiadkowego Dworzec Główny

Źródło: opracowanie własne na podstawie: http://kmkrakow.pl/schematy-sieci/aktualny-schemat-sieci.html

Węzeł przesiadkowy Dworzec Główny jest trzecim w kolejności największym z węzłów przesiadkowych w Krakowie [7]. Jest zlokalizowany w ścisłym centrum Krakowa w bliskim sąsiedztwie dworca kolejowego i autobusowego (regionalnego i dalekobieżnego). W obrębie węzła znajdują się 4 przystanki komunikacyjne: 2 tramwajowo-autobusowe i 2 tramwajowe (na rys. 2 oznaczone symbolami: T1, T2, T3 i T4). Na skrzyżowaniu cały ruch pieszy odbywa się pod powierzchnią skrzyżowania. Takie rozwiązanie zmusza podróżnych do pokonywania różnych poziomów, wpływa na wydłużenie się drogi i czasu przesiadki, ale zdecydowanie zwiększa bezpieczeństwo pieszych i pojazdów.

Węzeł Dworzec Główny jest obsługiwany przez 13 linii komunikacyjnych – 9 tramwajowych oraz 4 autobusowe. Zestawienie wszystkich przystanków w obrębie węzła wraz z numerami linii komunikacyjnych przedstawiono w tabeli 2.

Węzeł przesiadkowy Borek Fałęcki obejmuje pętlę tramwajową wraz z przylegającym do niej dworcem autobusowym.

Tabela 2

Przystanki i linie komunikacyjne w węźle Dworzec Główny			
Oznaczenie	**Środek transportu**	**Ulica**	**Linie**
T1	Tramwaj	Pawia	3
T2	Tramwaj, autobus	Lubicz	2, 4, 7, 10, 14, 20, 52, 124, 152, 424, 502
T3	Tramwaj	Westerplatte	3, 10, 20, 24, 52
T4	Tramwaj, autobus	Basztowa	2, 4, 7, 14, 24, 124, 152, 424, 502

Źródło: opracowanie własne

Wśród wszystkich pętli tramwajowych w Krakowie jest drugim pod względem liczby dziennie obsługiwanych pasażerów [7]. Zlokalizowany jest w południowej części miasta, przy drodze wylotowej do Zakopanego. Jest to przykład typowego węzła peryferyjnego, który łączy linie aglomeracyjne z miejskimi.

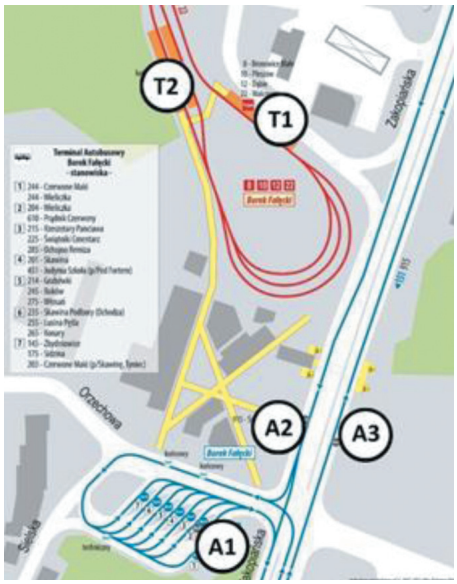
W obrębie węzła znajdują się 4 przystanki (na rys. 3 oznaczone symbolami: T1, A1, A2 i A3), jeden tramwajowy i trzy autobusowe, w tym jeden to wydzielona jednostka funkcjonalna w postaci dworca autobusowego, w skład którego wchodzi aż 6 mniejszych peronów (na rys. 1 oznaczony jako A1).

Węzeł przesiadkowy w Borku Fałęckim obsługiwany jest przez 20 linii komunikacyjnych – 4 tramwajowe oraz 16 autobusowych. Dodatkowo przebiegają tamtędy trasy linii przewoźników prywatnych, których pojazdy również zatrzymują się na przystankach zlokalizowanych w obrębie węzła.

Tabela 3

Przystanki i linie komunikacyjne w węźle Borek Fałęcki			
Oznaczenie	**Środek transportu**	**Ulica**	**Linie**
T1	Tramwaj	Pętla tramwajowa	8, 10, 12, 22
T2	Tramwaj	Pętla tramwajowa	8, 10, 12, 22
A1	Autobus	Dworzec autobusowy	145, 175, 201, 203, 204, 214, 215, 225, 235, 244, 245, 255, 265, 275, 285, 451
A2	Autobus	Zakopiańska	BUS
A3	Autobus	Zakopiańska	BUS
A4	Autobus	Dworzec autobusowy	145, 175, 201, 203, 204, 214, 215, 225, 235, 245, 255, 265, 275, 285, 451

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3.
Schemat węzła przesiadkowego Borek Fałęcki

Źródło: opracowanie własne na podstawie: http://kmkrakow.pl/schematy-sieci/aktualny-schemat-sieci.html

Zastosowane metody badawcze

Do wykonania kompleksowej oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych wykorzystane zostały wyniki badania zapełnień pojazdów publicznego transportu zbiorowego [7], badania ankietowe, dzięki którym określone zostały macierze przesiadek między przystankami w węźle, a także ocena wygody przesiadania się, ocena poziomu informacji dla pasażerów [8] oraz obserwacja – audyt przystanków komunikacyjnych w węźle wraz z wyznaczeniem wartości wskaźników dla poszczególnych elementów węzła [8, 9, 10].

Podstawowym elementem oceny każdego węzła przesiadkowego jest dokładny opis badanego węzła, który ma za zadanie zidentyfikowanie i określenie wszystkich elementów wchodzących w jego skład, przedstawienie układu przystanków wchodzących w skład węzła, układu peronów na każdym z przystanków, przebiegu chodników i tras rowerowych, zlokalizowaniu przejść przez jezdnie, a także określenie obecności schodów i wind. Opis powinien uwzględniać zarówno wielkość (szerokość/długość) peronów, przejść oraz chodników, jak również określić faktyczny stan infrastruktury.

Badania ankietowe zostały przygotowane tak, aby uzyskać opinie użytkowników na temat badanego węzła, a także, aby sporządzić więźbę przesiadek między przystankami komunikacyjnymi danego węzła przesiadkowego. Przeprowadzono je w kwietniu 2015 roku w trzygodzinnych okresach: szczytu porannego (7:00–10:00) oraz szczytu popołudniowego (15:00–18:00). Zebrano 3966 ankiet: 2308 na Rondzie Mogilskim, 927 na przystankach przy Dworcu Głównym i 730 w Borku Fałęckim. W kwestionariuszu ankietowym znalazły się pytania, których celem było ustalenie, czy ankietowany rozpoczyna podróż na danym przystanku komunikacyjnym, czy się przesiada. Pasażerów przesiadających się pytano, jaką linią przyjechali i na jaką linię oczekują na przystanku, jak oceniają wygodę przejścia między przystankami oraz poziom dostępnych informacji.

Wskaźniki określają poziom, w jakim poszczególne elementy węzła spełniają wyznaczone kryteria. Do elementów poddawanych ocenie należą wszystkie elementy przystanków tzn. perony, przejścia między peronami oraz ich segmenty jak: schody, przejścia przez jezdnię oraz chodniki/ścieżki. Do oceny wskaźnikowej przyjęto osiem wskaźników (W1 – W8) [9, 11]:

- **Wskaźnik W1** określa **jakość infrastruktury podstawowej**, czyli wyraża stopień spełnienia przepisów i wytycznych dotyczących projektowania przystanków transportu publicznego. Pod uwagę brane są kryteria dotyczące szerokości i długości peronu i chodnika, jakość nawierzchni, brak przeszkód w obrębie przystanku (parkujące samochody lub inne obiekty utrudniające przechodzenie), wysokość krawężnika i umieszczenie wiaty dla oczekujących pasażerów;
- **Wskaźnik W2** dotyczy oceny **zwartości przestrzennej węzła**. Jego wartość jest określana trojako jako: średnią ważoną odległość, średni ważony czas przejść między przystankami komunikacyjnymi znajdującymi się w obrębie węzła oraz średnią długość przejścia między peronami w węźle;
- **Wskaźnik W3** określa **czytelność węzła** i jest wyznaczany przez wyznaczenie liczby przystanków lub wejść na perony/stacje, które można dostrzec z każdego innego przystanku;
- **Wskaźnik W4** wyrażony jest jako odsetek elementów węzła, które spełniają wszystkie wymogi **dostępności dla osób starszych i niepełnosprawnych**, takie jak: ostrzegawcze płytki z wypustkami w kolorze kontrastowym (żółtym) wzdłuż krawędzi peronów, przed schodami i przejściami przez jezdnię, obniżone krawężniki, sygnał dźwiękowy na przejściach z sygnalizacją świetlną, pochylnie lub windy w miejscach pokonywania różnicy poziomów;
- **Wskaźnik W5** służy do oceny **poziomu bezpieczeństwa osobistego**, które wynika z obecności odpowiedniego oświetlenia oraz monitoringu we wszystkich elementach węzła przesiadkowego (peronach przystanków, przejściach i schodach);
- **Wskaźnik W6** określa **stopień bezpieczeństwa (w ruchu)** pieszych przy pokonywaniu przejść przez jezdnie oraz torowiska. Stopień ten zależy od typu przejścia: 100% – przejście podziemne lub kładka, 70% – przejście z sygnalizacją świetlną bez konfliktów z pojazdami skręcającymi w prawo, 50% – przejście z sygnalizacją świetlną z konfliktami z pojazdami skręcającymi, 30% – przejście bez sygnalizacji świetlnej – zebra, 0% – przejście nieoznakowane;
- **Wskaźnik W7** określa procent segmentów, które spełniają wszystkie podstawowe **kryteria informacji dla pasażerów**, takie jak obecność na przystankach: informacji taryfowych, rozkładów jazdy, planu węzła i okolicy oraz schematu sieci transportowej miasta i obecność informacji kierunkowych na rozwidleniach ścieżek, a także przy wejściach na schody i w przejściach podziemnych;

- **Wskaźnik W8** obejmuje ocenę **wyposażenia** przystanków w **dodatkowe** urządzenia i udogodnienia jak: zadaszenie peronów i przejść dla pieszych, kosze na śmieci i dodatkowe ławki oraz całej przestrzeni węzła w biletomaty, sklepy, toalety, stojaki dla rowerów czy wypożyczalnie rowerów miejskich.

Ocena pozytywna wymaga spełnienia wszystkich kryteriów podstawowych wchodzących w skład danego wskaźnika, a brak któregokolwiek z nich skutkuje niespełnieniem warunków danego wskaźnika.

Wyniki badań

Węzły przesiadkowe Dworzec Główny, Rondo Mogilskie oraz Borek Fałęcki są jednymi z ważniejszych węzłów przesiadkowych w sieci publicznego transportu zbiorowego w Krakowie (tabela 4).

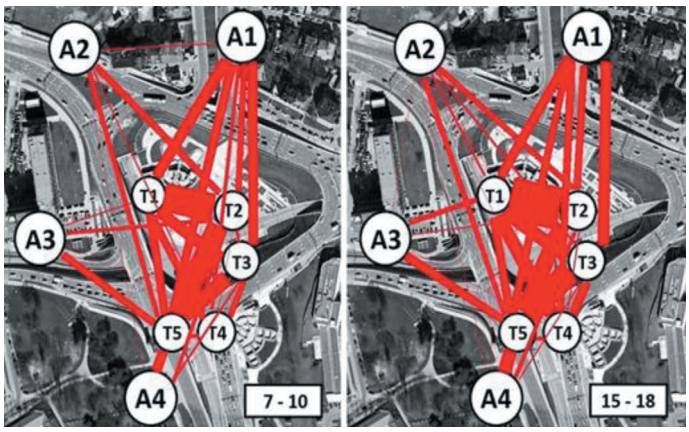
Tabela 4

Liczba pasażerów wsiadających i wysiadających w dobie na analizowanych węzłach przesiadkowych

Nazwa węzła	Liczba pasażerów wsiadających			Liczba pasażerów wysiadających		
	w komunikacji tramwajowej	w komunikacji autobusowej	Razem	w komunikacji tramwajowej	w komunikacji autobusowej	Razem
Dworzec Główny	20563	4948	25511	24917	4283	29200
Rondo Mogilskie	7272	23635	30907	7327	24198	31525
Borek Fałęcki	6274	9272	15546	5931	8871	14802

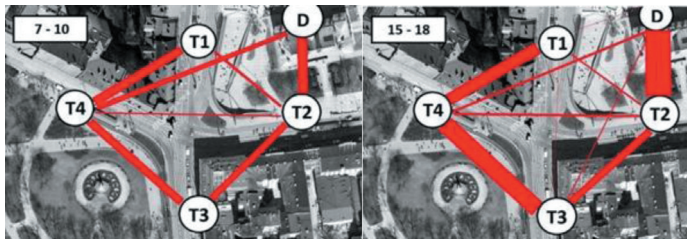
Źródło: opracowanie własne na podstawie [7]

Każdy z badanych węzłów charakteryzuje się innymi „zwyczajami" przesiadania się jego użytkowników. Na Rondzie Mogilskim (rys. 4) najwięcej przesiadek, zarówno w godzinach porannych, jak i popołudniowych, odbywa się między przystankami tramwajowymi. Znacznie mniejszy udział mają przesiadki na przystankach autobusowych.



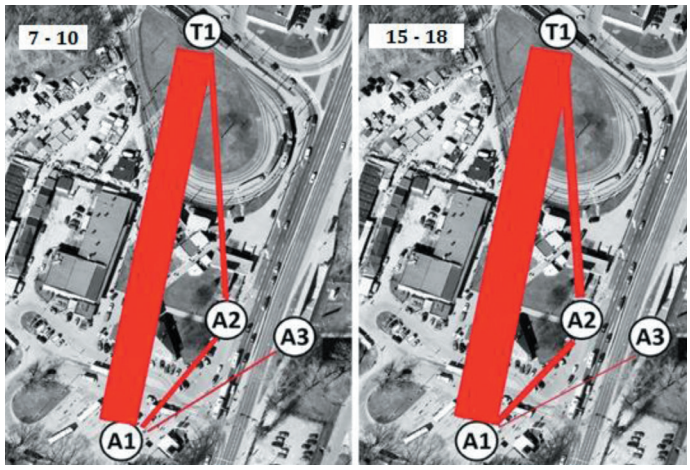
Rys. 4. Więźba przesiadek (okres poranny i popołudniowy) – węzeł przesiadkowy Rondo Mogilskie
Źródło: opracowanie własne

W węźle Dworzec Główny (rys. 5) najbardziej powszechne okazały się przesiadki najwygodniejsze, czyli wykonywane na tym samym przystanku komunikacyjnym. Stanowiły one około 88% wszystkich przesiadek w godzinach porannych oraz około 85% wszystkich przesiadek popołudniu.



Rys. 5. Więźba przesiadek (okres poranny i popołudniowy) – węzeł przesiadkowy Dworzec Główny
Źródło: opracowanie własne

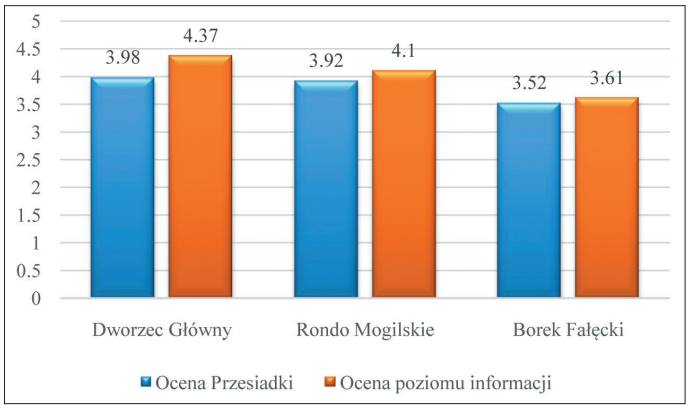
W Borku Fałęckim (rys. 6) największe potoki pasażerów obserwowane są miedzy pętlą tramwajową a dworcem autobusowym. Odbywają się one po najniekorzystniejszej dla użytkowników trasie, na której występują liczne utrudnienia oraz przeszkody, takie jak stragany czy też kramy. Przesiadki najwygodniejsze, czyli takie, które odbywają się w obrębie jednego przystanku, stanowią w tym węźle niecałe 17% w godzinach porannych oraz nieco ponad 10% w godzinach popołudniowych i dotyczą głównie dworca autobusowego.



Rys. 6. Więźba przesiadek (okres poranny i popołudniowy) – węzeł przesiadkowy Borek Fałęcki
Źródło: opracowanie własne

Z przeprowadzonych badań ankietowych wynika (rys. 7), że respondenci najlepiej pod względem wygody przesiadania się oraz poziomu informacji ocenili węzeł przesiadkowy Dworzec Główny. W pięciostopniowej skali, średnia ocena wygody przesiadki wyniosła 3,98. Natomiast dostępne informacje określili jako dobre (średnia ocena 4,37). Wpływ na tak wysoką ocenę wygody przesiadki może mieć fakt, że pod Dworcem Głównym najczęściej wykonywane są przesiadki w obszarze jednego przystanku. Nieco niżej, ale również stosunkowo wysoko, ankietowani ocenili wygodę przesiadek oraz poziom informacji na Rondzie Mogilskim. Średnie oceny wyniosły: odpowiednio 3,91 i 4,1. Najgorzej natomiast oceniony został węzeł przesiadkowy w Borku Fałęckim. Tam wygodę przesiadania się ankietowani ocenili na 3,52, a dostępne informacje na 3,61.

Dodatkowo ankietowani mieli możliwość wypowiedzenia się i dodania swoich własnych uwag dotyczących organizacji i funkcjonowania węzła przesiadkowego. Najwięcej negatywnych komentarzy oraz uwag ankietowani skiero-



Rys. 7. Średnie oceny poziomu informacji oraz wygody przesiadki na badanych węzłach przesiadkowych
Źródło: opracowanie własne

wali w stronę węzła przesiadkowego w Borku Fałęckim. Najbardziej dokuczliwe i uciążliwe okazało się położenie dworca autobusowego w stosunku do pętli tramwajowej oraz brak podstawowych informacji kierunkowych, które pomagałyby w odnalezieniu przystanków.

Na Rondzie Mogilskim największymi niedogodnościami dla podróżnych okazały się duże odległości oraz różnice poziomów, które trzeba pokonywać przy przesiadkach, niewłaściwe ustawienie sygnalizacji świetlnej, które sprawia, że sygnalizator wskazuje światło czerwone, chociaż w danym momencie nie jedzie żaden tramwaj. Problemem okazał się również brak informacji kierunkowych. Podróżny często jest zdany jedynie na swoją intuicję i orientację. Na większości przystanków brak również schematów obrazujących rozmieszczenie wszystkich przystanków w obrębie węzła.

Najmniej uwag mieli natomiast ankietowani w węźle przesiadkowym Dworzec Główny. Największymi niedogodnościami są tam: zatłoczone i ciasne przejście podziemne oraz organizacja przystanku tramwajowo-autobusowego leżącego przy ulicy Lubicz. Za dobre i ciekawe rozwiązanie ankietowani uznali ekrany LCD wyświetlające schemat węzła wraz z rozkładami jazdy. Uwagi i opinie użytkowników zdobyte dzięki badaniom ankietowym mają swoje pokrycie i uzasadnienie w wynikach zrealizowanych audytów – obserwacji węzłów (tabela 5).

Na wszystkich przystankach komunikacyjnych w obrębie węzła przesiadkowego Rondo Mogilskie spełnione są podstawowe kryteria jakości infrastruktury (wskaźnik W1) oraz przystosowanie do wielkości ruchu w godzinach szczytów komunikacyjnych. Podobnie można ocenić przejścia między przystankami. Zwartość węzła (wskaźnik W2) determinuje bardzo duża powierzchnia węzła, przez co średnia odległość międzyperonowa wyniosła aż 325 m, ale ponieważ większość przesiadek jest wykonywana pomiędzy przystankami tramwajowymi, średnia odległość ważona wielkością potoków pasażerskich jest blisko trzykrotnie mniejsza (98,4 m). Na ocenę czytelności węzła (wskaźnik W3) ma wpływ usytuowanie przystanków tramwajowych na poziomie dolnym płyty ronda, które powoduje, że przystanki autobusowe są całkowicie niewidoczne dla pasażerów. Ocena dostępności

Tabela 5

Zestawienie ocen wskaźnikowych dla wszystkich badanych węzłów

	Zestawienie wskaźników oceny dla wszystkich badanych węzłów	Rondo Mogilskie	Dworzec Główny	Borek Fałęcki
W1	**INFRASTRUKTURA PODSTAWOWA**			
	% peronów spełniających podstawowe wymogi jakości infrastruktury	78%	50%	43%
	% segmentów przejść międzyperonowych spełniających wymogi jakości infrastruktury	81%	50%	63%
W2	**INTEGRACJA PRZESTRZENNA (ZWARTOŚĆ WĘZŁA)**			
	czas przejścia między przystankami komunikacyjnymi węzła ważony potokiem pasażerów [mm:ss]	1:34	0:27	3:00
	odległość przejścia między przystankami komunikacyjnymi węzła ważona potokiem pasażerów [m]	98,4	23,0	197,7
	średnia arytmetyczna odległość między przystankami komunikacyjnymi węzła [m]	317,8	159,0	186,0
W3	**CZYTELNOŚĆ WĘZŁA**			
	średni % widocznych słupków peronowych	25%	67%	60%
W4	**DOSTĘPNOŚC DLA NIEPEŁNOSPRAWNYCH**			
	% peronów spełniających wymogi dostępności dla niepełnosprawnych	0%	0%	0%
	% segmentów przejść między peronami spełniających wymogi dostępności	16%	14%	33%
W5	**BEZPIECZEŃSTWO OSOBISTE**			
	% peronów spełniających wymogi bezpieczeństwa osobistego	100%	100%	21%
	% segmentów przejść międzyperonowych spełniających wymogi bezpieczeństwa	100%	100%	100%
W6	**BEZPIECZEŃSTWO W RUCHU**			
	średni stopień bezpieczeństwa na przejściach przez jezdnię	85%	100%	58%
W7	**INFORMACJA**			
	% peronów spełniających wymogi wystarczającej informacji	11%	25%	0%
	% segmentów przejść międzyperonowych z wystarczającą informacją	20%	33%	0%
W8	**WYPOSAŻENIE DODATKOWE**			
	% elementów wyposażenia dodatkowego z listy możliwych	66,7%	57%	86%

Źródło: opracowanie własne

peronów przystanków i przejść dla osób niepełnosprawnych (wskaźnik W4) jest niska, gdyż nie zostały zastosowane pasy płyt ostrzegawczych z wypustkami w kontrastowym kolorze, natomiast należy podkreślić, że we wszystkich przejściach, gdzie konieczna jest zmiana poziomu, znajdują się pochylnie, schody ruchome lub windy. Adekwatne oświetlenie, informacja o monitoringu wizyjnym oraz otwarta przestrzeń wpływają na podniesienie poczucia bezpieczeństwa osobistego (wskaźnik W5). Bezpieczeństwo ruchu (wskaźnik W6) ma wartość maksymalną, gdyż wszystkie przejścia są odizolowane od ruchu pojazdów. Większość segmentów przejść między peronami i na peronach nie spełnia podstawowych kryteriów informacji (wskaźnik W7). Brakuje informacji kierunkowych oraz na większości przystanków schematów węzłów. U stuowane w węźle dodatkowe wyświetlacze przedstawiające jego schemat nie uwzględniają przystanków autobusowych. Wyposażenie dodatkowe (wskaźnik W8) obejmuje m.in. dodatkowe ławki, wypożyczalnię rowerów miejskich i stojaki na rowery, biletomaty na niektórych przystankach.

Węzeł przesiadkowy zlokalizowany przy Dworcu Głównym charakteryzuje się największą integracją przestrzenną oraz czytelnością węzła (aż 67% – średni procent widocznych

słupków peronowych), ze wszystkich analizowanych węzłów przesiadkowych. Węzeł ten spełnił również wszystkie wymagane kryteria dla wskaźników bezpieczeństwa osobistego (adekwatne oświetlenia na peronach oraz monitoring w segmentach przejść) oraz bezpieczeństwa w ruchu (przejście podziemne – brak kolizji pieszych z ruchem samochodowym). Dość dobrze w porównaniu z pozostałymi węzłami przesiadkowymi wypadła ocena informacji dla pasażerów. W przejściu podziemnym są umieszczone informacje kierunkowe dotyczące lokalizacji przystanków oraz możliwych kierunków jazdy linii tramwajowych i autobusowych (tabliczki ze strzałkami wskazującymi przystanek, podwieszone pod sufitem w przejściu podziemnym). W przejściu podziemnym najbardziej kłopotliwe okazuje się rozmieszczenie stoisk handlowych. Na jednym z przystanków niedogodnością jest sposób poprowadzenia drogi dla samochodów, która. dzieli obszar przystanku na dwie części – przystanek i wyspę przy torach tramwajowych.

Węzeł przesiadkowy w Borku Fałęckim nie spełnił podstawowych kryteriów dla aż sześciu wskaźników, które dotyczą: jakości infrastruktury podstawowej, poziomu informacji dla pasażerów, integracji przestrzennej węzła, dostępności dla osób niepełnosprawnych oraz wymogów bezpieczeństwa osobistego i bezpieczeństwa w ruchu. Znaczna odległość, która dzieli pętlę tramwajową od dworca autobusowego, wpłynęła na wysoką wartość wskaźnika integracji przestrzennej węzła i niską wartość wskaźnika czytelności. Stwierdzono również brak oznaczeń wskazujących dojście do poszczególnych przystanków w węźle, a także brak schematów całego węzła. Na przystankach znajdują się jedynie informacje o rozkładów jazdy i taryfie biletowej. W obrębie węzła nie stwierdzono również wystarczających udogodnień dla osób niepełnosprawnych. Brak jest oznaczeń krawędzi peronów oraz udogodnień, które pozwalałyby na swobodne poruszanie się między przystankami. Duża liczba przejść naziemnych przez jezdnię/tory wpłynęła na niską wartość wskaźnika bezpieczeństwa w ruchu (58%). Z drugiej strony warto podkreślić dużą liczbę elementów wyposażenia dodatkowego, takich jak: toalety, automaty biletowe, miejsca postojowe dla samochodów, stojaki rowerowe oraz postój taksówek.

Głównymi, najczęściej pojawiającymi się brakami/problemami na analizowanych węzłach przesiadkowych okazały się zatem: niedostateczna informacja (zwłaszcza kierunkowa), jakość infrastruktury podstawowej oraz integracja przestrzenna węzła. Zauważono, że zwartość węzła przesiadkowego oraz jego przejrzystość zmniejsza się wraz ze wzrostem liczby przystanków, jakie są zlokalizowane na węźle przesiadkowym. Stąd też najbardziej zintegrowanym przestrzennie okazał się węzeł przesiadkowy Dworzec Główny, a najmniej zwarty węzeł przesiadkowy w Borku Fałęckim.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonej oceny wskaźnikowej, porównane zostały warunki przesiadania się pasażerów w obrębie trzech ważnych węzłów przesiadkowych w Krakowie. Wielokryterialna metoda oceny zaproponowana przez zespół profesora Olszewskiego pozwala na wszechstronną analizę różnych kryteriów od zwartości, jakości infrastruktury i niezbędnego wyposażenia ułatwiającego pasażerom, w tym osobom z ograniczonymi możliwościami poruszania się, niedowidzącym i niedosłyszącym, poruszanie się pomiędzy przystankami komunikacyjnymi węzła, poprzez spełnienie warunków bezpieczeństwa osobistego i bezpieczeństwa w ruchu.

Przeprowadzone badania ankietowe oraz audyty węzłów przesiadkowych ukazały najlepsze i najsłabsze strony ocenianych węzłów przesiadkowych. Pozwala to na zobrazowanie, jakich elementów brakuje podróżnym oraz na jakie aspekty infrastruktury i wygody przemieszczania się w węźle zwracają uwagę ich użytkownicy. Informacje takie mogą okazać się przydatne przy planowaniu remontów lub przyszłych modernizacji węzłów. Wyniki takie nie tylko mają zastosowanie do już istniejących węzłów przesiadkowych, ale również mogą – a nawet powinny – być brane pod uwagę przy projektowaniu nowych węzłów przesiadkowych. Wszystko po to, by nowopowstałe obiekty były w możliwie jak największym stopniu wolne od wad i w pełni służyły ich użytkownikom.

Literatura

1. NICHES + – *Guidelines for implementers of Passenger Friendly Interchanges*, 2010.
2. PIRATE – *Promoting Interchange Rationale, Accessibility and Transfer Efficiency, Final Report*, Funded by the European commission under the transport, RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1999.
3. GUIDE – *Urban Interchanges – A Good Practice Guide, Final Report*, Funded by the European commission under the transport, RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1999.
4. MIMIC – *Mobility, InterMobility and InterChanges, Final Report*, Funded by the European commission under the transport, RTD Programme of the 4th Framework Programme, 1999.
5. Olszewski P., Krukowski P., *Quanitative Assessment of Public Transport Interchanges*, AET Papers Repository, abstracts. aetransport.org.
6. Kruszyna M., *Znaczenie węzłów przesiadkowych w miejskim transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny", 2012, nr 1.
7. *Zintegrowany system taryfowo-biletowy w obszarze aglomeracji krakowskiej, Etap I – Badania napełnień pasażerskich w pojazdach Komunikacji Miejskiej w Krakowie na liniach miejskich*, Raport International Management Services Sp. z o.o. dla Zarządu Infrastruktury Komunalnej i transportu, Kraków 2014.
8. Czekała K., *Analiza funkcjonowania wybranych węzłów przesiadkowych publicznego transportu zbiorowego w Krakowie*, praca magisterska pod kierunkiem Z. Bryniarskiej, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, Zakład Transportu, Kraków 2015.
9. Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., Penar K., *Wykorzystanie metody wskaźnikowej i ankietowej do oceny wybranych węzłów przesiadkowych w Warszawie*, opracowanie na zlecenie Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy, Transplan Konsulting, Warszawa 2011.
10. Bryniarska Z., *Indicator assessment of selected public transport interchanges in Krakow*, „Logistyka", 2015, nr 4.
11. Olszewski P., Krukowska H., Krukowski P., *Metodyka oceny wskaźnikowej węzłów przesiadkowych transportu publicznego*, „Transport Miejski i Regionalny", 2014, nr 6.

ALEKSANDRA CIASTOŃ-CIULKIN
dr inż., Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Zarządzania w Budownictwie i Transporcie, Zakład Transportu, aciaston-ciulkin@pk.edu.pl

Analiza poziomu komfortu podróży w pociągach aglomeracyjnych na trasie Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek Kopalnia[1]

Streszczenie: Artykuł przedstawia analizę poziomu komfortu podróży w pociągach obsługujących połączenie kolejowe Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek Kopalnia. Analizę tę przeprowadzono w oparciu o stopień wykorzystania miejsc w pojeździe oraz współczynniki uciążliwości jazdy określające, ile razy zaobserwowana podróż pociągiem jest bardziej uciążliwa od nieskrępowanej podróży w warunkach małego zapełnienia (0,5 os./m^2). Przeprowadzona analiza obejmuje wszystkie kursy realizowane na przedmiotowej trasie w dniu roboczym w obu kierunkach. Dla każdej wielkości współczynników przypisano odpowiednią ocenę komfortu podróży w każdym kursie oraz na każdym odcinku trasy.

Słowa kluczowe: kolej aglomeracyjna, transport publiczny, komfort podróży, kryteria jakościowe.

Wprowadzenie

Zakres elementów składowych jakości usług transportu publicznego jest bardzo szeroki i w zasadzie powiększa się wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym. W znacznej mierze zależą one od aktualnie doświadczanych warunków przewozowych, statusu motoryzacyjnego podróżnego, poziomu i stylu życia podróżujących, a ich wartościowanie jest indywidualną kwestią każdego usługobiorcy. Wśród podstawowych cech jakości usług przewozowych niejednokrotnie wskazuje się dostępność usług, czas i koszt podróży oraz bezpieczeństwo [1]. Coraz częściej, jako jedną z podstawowych cech jakości usług przewozowych, definiuje się również komfort podróży, wygodę podróży lub warunki jazdy. Początkowo cecha ta wymieniana była obok wielu innych, jednak podniesienie jej znaczenia wynika z rosnących oczekiwań pasażerów w tym zakresie i znajduje odzwierciedlenie w zgłaszanych postulatach przewozowych, w szczególności przez użytkowników transportu indywidualnego [2].

Komfort podróży jako element składowy jakości usług przewozowych

W literaturze przedmiotu spotkać się można z różnymi rozwinięciami pojęcia komfort podróży. W opublikowanej w 1995 roku Zielonej Księdze zatytułowanej *Sieć obywatelska. Wykorzystanie potencjału transportu publicznego w Europie* [3], komfort podróży był jednym z wielu elementów budujących tzw. użyteczność podróży, która oprócz dostępności, taryfy biletowej, bezpieczeństwa oraz wpływu na środowisko wpływa na transport publiczny wysokiej jakości. Do pozostałych elementów wpływających na użyteczność podróży, poza komfortem podróży, zaliczono wówczas czas przejazdu, niezawodność, częstotliwość, czystość, informację, zintegrowaną taryfę biletową.

W zaproponowanym przez zespół O. Wyszomirskiego zestawie cech jakości usług przewozowych jednym z czterech głównych elementów zestawu jest wygoda podróży, definiowana jako zestaw wielu czynników mających znaczenie w całym procesie podróży. O. Wyszomirski wygodę podróży zdefiniował blisko dwudziestoma czynnikami, które można przydzielić do czterech tematycznych, związanych z:

- dostępną ofertą biletową wyrażającą się prostotą systemu taryfowego oraz swobodą zakupu biletu;
- systemem informacji o trasach i rozkładach jazdy przedstawionym w sposób jasny i zrozumiały, czytelnym sposobem prezentowania rozkładu jazdy i oznakowania pojazdów, przystanków i kierunków;
- ergonomią określaną przez estetykę i oświetlenie wiat przystankowych, oświetlenie i klimatyzację, wystrój wnętrza, a przede wszystkim przez łatwość przemieszczania się (rozmieszczenie drzwi i siedzeń, swoboda dojścia do przystanku, łatwość wsiadania i wysiadania, dostępność do kasowników), miejsce na bagaż;
- komfortem jazdy (płynność i cichość) i kulturą obsługi personelu [4].

W ujęciu definicyjnym [5] wygoda podróżowania rozumiana jest jako zespół elementów determinujących warunki oczekiwania na przystanku i przebywania w pojeździe. Proponowany przez ten sam zespół sposób określania jej spełnienia obejmuje pożądane warunki oczekiwania, minimalny standard przystanku, pożądane warunki jazdy, minimalny standard jazdy.

Podobny zakres składowych elementów podał A. Rudnicki [6] do określenia warunków podróżowania. Według autora, zasadniczym elementem cząstkowym jest bezpośredniość połączeń, ale istotną rolę odgrywają również czynniki mające wpływ na warunki dojścia i oczekiwania na przystanku, wsiadania /wysiadania i przesiadania się, a także warunki jazdy definiowane między innymi przez stopień zatłoczenia w pojeździe, liczbę miejsc siedzących, temperaturę w pojeździe czy płynność i prędkość jazdy.

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2017.

Komfort podróży został również uwzględniony i wymieniony jako jedna z ośmiu głównych cech jakości zaprezentowanych w europejskiej normie EN 13816:2002 [7]. O poziomie jakości **komfortu** podróżowania, według europejskiej normy, decydować powinny takie cząstkowe cechy jakości jak: użyteczność stosowanych udogodnień, odpowiednia przestrzeń miejsc siedzących i stojących w pojazdach i na przystankach, płynny sposób prowadzenia pojazdów, ergonomiczne aspekty związane z przemieszczaniem się, sprzyjająca podróżowaniu stylistyka wyposażenia. Dodatkowo na komfort podróży wpływają także stwarzane warunki otoczenia, takie jak: odpowiednia temperatura powietrza w pojazdach, czystość w pojazdach i na przystankach, odpowiednie oświetlenie, ochrona przed hałasem, złymi warunkami atmosferycznymi czy innymi niepożądanymi zjawiskami. Nie bez znaczenia pozostaje również wprowadzanie wachlarza udogodnień uzupełniających w postaci toalet/ łazienek, miejsc na bagaż i inne przedmioty łączności, dostępu do usług komercyjnych w punktach dużej wymiany pasażerów.

Wskaźniki opisujące komfort podróży w środkach transportu publicznego [6]

Definiowane w literaturze przedmiotu cechy jakości w zakresie komfortu (wygody) podróżowania zawierają zazwyczaj dość rozbudowany zbiór cech cząstkowych, który bardzo trudno jest ująć liczbowo. Jest to zazwyczaj przyczyna braku ich uwzględniania w różnych wskaźnikach oceny jakości publicznego transportu zbiorowego. Dlatego też w grupie wskaźników opisujących komfort (wygodę) podróży najczęściej pojawiają się te, które dotyczą między innymi uciążliwości podróżowania wynikającej z ograniczonej dostępności miejsc siedzących czy wręcz stojących w pojeździe. W literaturze przedmiotu najczęściej wymieniane są współczynnik uciążliwości czasu jazdy i współczynnik uciążliwości podróżowania lub współczynnik wykorzystania miejsc w pojeździe dla różnych poziomów odniesienia w postaci standardów liczby miejsc w pojeździe.

Współczynnik uciążliwości jazdy (dyskomfortu) μ_j określa, ile razy podróż środkiem transportu publicznego w konkretnych warunkach jest bardziej uciążliwa w porównaniu z podróżą, w czasie której pasażer siedzi, a zapełnienie miejsc stojących jest niewielkie (0,5 os./m^2). Współczynnik uciążliwości jazdy (dyskomfortu) μ_j obliczany jest ze wzoru (1):

$$\mu j = 0,8 + 3,6 \cdot (q - 0,15)^2 \qquad (1)$$

gdzie:

μ_j – współczynnik uciążliwości czasu jazdy

q – napełnienie względne: $0 \leq q \leq 1,3$

przy czym

$$q = \frac{N}{C_n}$$

gdzie:

N – napełnienie bezwzględne (liczba pasażerów w pojeździe)

C_n – pojemność nominalna pojazdu (przy wykorzystaniu powierzchni miejsc do stania 0,15 m^2/os.).

Na podstawie obliczonej wartości współczynnika dyskomfortu μ_j można określić jeden z sześciu poziomów komfortu jazdy pasażerów:

- Poziom komfortu A (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j – 0,8) oznacza, że zajętych jest około 10–70% miejsc siedzących, każdy z pasażerów ma zagwarantowane miejsce siedzące bez wymuszonego bezpośredniego sąsiedztwa współpasażera, bez trudu można przewozić bagaże, wózki, rowery itp.
- Poziom komfortu B (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j do wartości 1,0) oznacza, że wszystkie lub prawie wszystkie miejsca siedzące są zajęte (70–100%), ewentualnie ma miejsce przypadek pojazdu wyludnionego (<10%), łatwo przewozi się bagaże, wózki, rowery itp.
- Poziom komfortu C (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j do wartości 1,4) oznacza, że niewielka liczba miejsc stojących jest zajęta, ale jest możliwość nieskrępowanego poruszania się wewnątrz pojazdu, łatwy dostęp do kasownika (do 2 os./m^2).
- Poziom komfortu D (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j do wartości 2,1) wskazuje na niezbyt duże zatłoczenie pojazdu, wpływające na utrudnione poruszanie się wewnątrz pojazdu i problem z dostępem do kasownika (do 4 os./m^2).
- Poziom komfortu E (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j do wartości 3,4) określa już duże zatłoczenie pojazdu powodujące bardzo utrudniony dostęp do kasownika, występują również przypadki ustępowania miejsca pasażerom wysiadającym (do 6,7 os./m^2).
- Poziom komfortu F (odpowiada mu współczynnik dyskomfortu μ_j powyżej wartości 3,4) charakteryzuje bardzo duże zatłoczenie pojazdu, w czasie którego nie jest możliwe skasowanie biletu, a jazda wiąże się z dużym wysiłkiem fizycznym pasażerów stojących wciskanych w przestrzeń dla siedzących, występują duże trudności przy zamykaniu drzwi oraz przypadki uszkodzenia urządzenia zamykającego; zachodzi konieczność ustępowania miejsca pasażerom wysiadającym (powyżej 6,7 os/m^2).

Współczynnik uciążliwości podróżowania K nie różni się znacząco od przytoczonego powyżej współczynnika dyskomfortu: określa on również, o ile razy podróż danym pojazdem jest bardziej uciążliwa od podróży w warunkach akceptowalnych. Za podróż w warunkach akceptowalnych uznaje się podróż, w czasie której pasażer siedzi w otoczeniu nienarzucającego się sąsiedztwa (tj. bezpośrednio przylegające miejsce siedzące jest wolne), a na każdy m^2 powierzchni do stania znajduje się 0–1 osoby. Współczynnik uciążliwości podróżowania K oblicza się ze wzoru (2):

$$K = 1 + 2,96 \cdot q^{2,5} \quad (2)$$

gdzie:

K – współczynnik uciążliwości podróżowania K

q – napełnienie względne pojazdu, czyli stosunek liczby pasażerów znajdujących się w pojeździe do pojemności nominalnej tego pojazdu. Według wymogów europejskich za akceptowalne warunki uważa się 4–5 osób na m^2 powierzchni do stania.

W przypadku współczynnika podróżowania K do opisu komfortu stosuje się czterostopniową skalę, w zależności od obliczonej wartości współczynnika:

- $1,0 \leq K < 1,2$ – ocena bardzo dobra,
- $1,2 \leq K < 1,8$ – ocena dobra,
- $1,8 \leq K < 2,6$ – ocena dostateczna,
- $\geq 2,6$ – ocena niedostateczna.

Połączenie kolejami aglomeracyjnymi na trasie Kraków Lotnisko – Wieliczka Rynek Kopalnia

Połączenie kolejowe w relacji Wieliczka Rynek Kopalnia – Kraków Lotnisko funkcjonuje od września 2015 roku, choć wcześniej realizowane było jako dwa niezależne połączenia: Wieliczki z dworcem kolejowym oraz portu lotniczego z dworcem kolejowym w Krakowie.

Na odcinku pierwszym ruch pasażerski prowadzony był już w II połowie XIX wieku, wpływając na dynamiczny rozwój miasta Wieliczki. Po zelektryfikowaniu linii kolejowej w latach 60. na trasie Kraków – Wieliczka przewożono około 15 tysięcy osób na dobę i od 4,5 do 5 milionów rocznie. Społeczne, gospodarcze i polityczne przemiany, które od 1989 roku zachodziły w państwie, konieczność zamknięcia przystanku końcowego w Wieliczce z powodu osunięć górniczych, ograniczenie oferty kolejowej spowodował spadek popytu na przewozy kolejowe do około 1,5 tysiąca pasażerów w ciągu dnia roboczego. Istotną zmianę w wielkości ruchu kolejowego odnotowano dopiero w 2015 roku, kiedy pasażerom dostarczono atrakcyjną w stosunku do innych gałęzi transportu ofertę kolejową: duża częstotliwość, regularność i punktualność kursowania, atrakcyjne ceny biletów, nowoczesny i komfortowy tabor, integracja oferty kolejowej z innymi środkami transportu [8].

Historia połączenia kolejowego na kolejnym odcinku jest bardzo krótka. Pierwszy ruch na trasie Kraków Główny – Kraków Lotnisko został zapoczątkowany w maju 2006 roku. Połączenie powstało w oparciu o istniejącą niezelektryfikowaną, jednotorową bocznicę kolejową, biegnącą na obszar lotniska. Na trasie pojawiła się wówczas tylko jedna stacja – Kraków Balice. Była ona jednak oddalona od terminala lotniczego, co wymagało uruchomienia dodatkowego, bezpłatnego połączenia autobusowego. Pomimo krótkiego czasu przejazdu (18 minut) połączenie kolejowe nie odgrywało jednak dużego znaczenia w obsłudze dojazdów do lotniska. Częste opóźnienia, zawodność taboru, wysoka cena (19 złotych) oraz brak bezpośredniości połączenia powodowały, że w ciągu statystycznego dnia podróżowało tylko 1,3 tysiąca pasażerów [9]. Rosnąca rola MPL Balice w pasażerskiej obsłudze transportem lotniczym oraz m.in. wytyczne UE w zakresie zwiększania dostępności portów lotniczych [10] spowodowały powzięcie decyzji o znaczącej modernizacji linii (02.2014–09.2015): w pełni zelektryfikowano linię, zwiększono liczbę przystanków na trasie, zwiększono częstotliwość kursowania pociągów, zlokalizowano stację końcową w budynku zintegrowanym z terminalem lotniczym.

Od końca września 2015 roku funkcjonuje jedno połączenie kolejowe obejmujące dwa wyżej opisane odcinki. Łącznie trasa liczy 25 kilometrów i obejmuje 13 przystanków. Głównymi generatorami ruchu są przystanki końcowe (Kraków Lotnisko oraz Wieliczka Rynek Kopalnia i Wieliczka Park) i przystanek pośredni Kraków Główny (największy pasażerski węzeł transportowy w mieście). W przypadku pierwszego odcinka trasy linia kolejowa przenosi ruch głównie aglomeracyjny związany z obsługą ruchu dowozowo-odwozowego (codzienne podróże w relacji dom-praca/szkoła z Wieliczki do Krakowa). Duże znaczenie odgrywa również w obsłudze ruchu turystycznego do Kopalni Soli. Ze względu jednak na duże potoki pasażerów podróżujących do pracy i szkoły notuje się duży ruch dowozowy do Krakowa w godzinach porannych i dowozowy do Wieliczki w godzinach popołudniowych. Wyraźnie zaznaczonych szczytów komunikacyjnych nie ma natomiast na odcinku Kraków Główny–Lotnisko. Na tym drugim odcinku potoki pasażerskie generowane są głównie przez pasażerów i pracowników portu lotniczego. Duże napełnienia w pociągach skorelowane są zatem z przylotami i odlotami samolotów [11].

Czas przejazdu całej trasy wynosi średnio 44 minuty, przy czym z Krakowa Głównego do lotniska – 17 minut, a do Wieliczki – średnio 22 minuty. Pozostałe kilka minut różnicy stanowi postój pociągu na stacji Kraków Główny. Obecna oferta przewozowa obejmuje 39 połączeń w dobie realizowanych na odcinku Kraków Główny–Kraków Lotnisko/Airport i 38 połączeń w dobie realizowanych na odcinku Kraków Główny–Wieliczka Rynek Kopalnia. Połączenie kolejowe charakteryzuje się wysoką regularnością i częstotliwością kursowania – pociągi jeżdżą w równych 30-minutowych odstępach czasowych. Poza podstawowymi atrybutami oferty przewozowej, takimi jak punktualność, regularność oraz częstotliwość kursowania, na atrakcyjność oferty przewozowej wpływają również konkurencyjna oferta taryfowa, krótki czas przejazdu i bezpośredniość dojazdu do centrum miasta oraz wiele rozwiązań integrujących połączenie kolejowe z innymi środkami transportu [11].

Dostosowanie oferty przewozowej do wymagań pasażerów wiąże się z systematycznym wzrostem popytu na przewozy. Według danych z 2016 roku [12] w statystycznym dniu roboczym z połączenia kolejowego korzysta 9,8 tysięcy pasażerów, z czego $^2/_3$ podróżuje w kierunku Wieliczki, a co trzeci korzysta z połączenia kolejowego w kierunku portu lotniczego. W porównaniu z rokiem wcześniejszym z połączenia kolejowego korzystało o 32% mniej pasażerów (6,6 tysiąca w statystycznym dniu roboczym) [13].

Komfort podróżowania pociągami aglomeracyjnymi na trasie Kraków–Wieliczka Rynek Kopalnia

Znaczenie w kreowaniu popytu na przewozy kolejowe ma między innymi komfort podróży, zależny zarówno od jakości taboru, ale również stopnia jego zapełnienia i możliwości poruszania się wewnątrz pojazdu. Analizowane połączenie kolejowe obsługiwane jest niskopodłogowym, klimatyzowanym taborem wyposażonym w dynamiczną informację, monitoring, Wi-Fi, toaletę i windy dla niepełnosprawnych. Na trasę Kraków Lotnisko–Wieliczka Rynek Kopalnia wyjeżdżają pojazdy produkcji PESA Bydgoszcz, znane pod nazwą Acatus Plus (serii EN64, EN99) i Acatus II (EN77). Nominalna pojemność pojazdów kształtuje się pomiędzy 290 miejsc w trzyczłonowym EN64, 350 miejsc w czteroczłonowym EN77, a 380 miejsc w EN99 składającym się z dwóch zespołów [12]. Średnio połowę nominalnych miejsc w pojeździe stanowią miejsca do siedzenia. Nominalna liczba miejsc w pojeździe jest przeliczana przy zachowaniu wysokich standardów – 3 osoby/m^2.

Tabela 1

Tabor wykorzystywany w połączeniu kolejowym Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport w 2016 roku

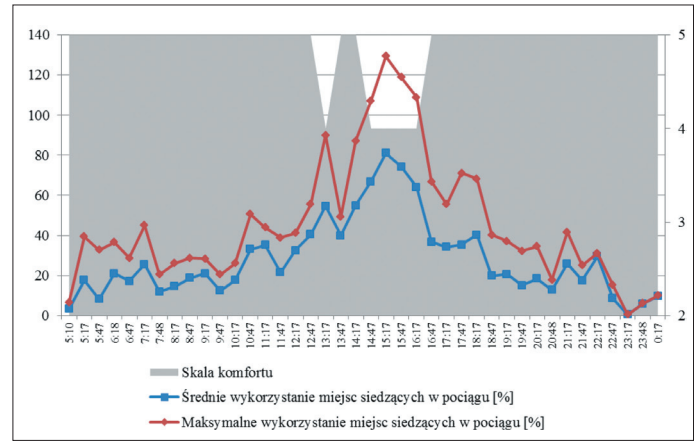
Lp.	Rodzaj składu	Liczba członów	Liczba par drzwi	Liczba miejsc siedzących	Ogólna liczba miejsc [3 os./m^2]
1.	1 x EN64	3	4	138	290
2.	1 x EN77	4	6	180	350
3.	2 x EN99	4	4	184	380

Źródło: *Pomiar napełnienia w pociągach Kolei Małopolskich na trasie Kraków Lotnisko/Airport -Wieliczka Rynek-Kopalnia*, Raport Końcowy, Koło Naukowe Logistyki TiLOG Politechnika Krakowska, Kraków 2016, s. 5

Wysoki komfort podróży na przedmiotowej trasie potwierdzają pasażerowie, którzy w badaniach sondażowych wskazują tę cechę jakości jako jeden z najbardziej istotnych czynników (zaraz po najkrótszym czasie przejazdu) mających wpływ na konkurencyjność połączenia [14]. Na wysoki poziom komfortu podróży, rozumianego jako niski stopień uciążliwości podróżowania wynikającej z ograniczonej dostępności miejsc siedzących, wskazują również badania napełnień pociągów. Według badań przeprowadzonych w październiku 2016 roku średnie zapełnienie pociągu w kursie realizowanym w dniu roboczym wynosi 124 osoby w relacji Kraków Lotnisko/Airport i 121 osób w relacji odwrotnej.

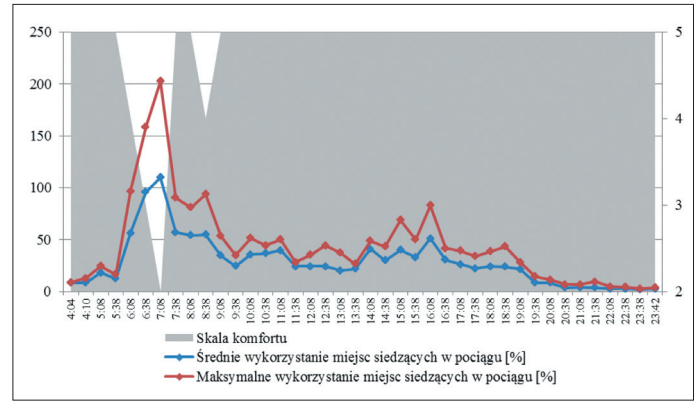
Tylko w czterech kursach realizowanych w kierunku Kraków Lotnisko/Airport i w dwóch kursach w kierunku przeciwnym wszystkie miejsca siedzące są zajęte i część pasażerów musi podróżować na stojąco. Oznacza to, iż w trakcie realizacji 92% kursów na przedmiotowej trasie pasażerowie nie mają problemu z uzyskaniem miejsca siedzącego w pociągu (rysunki 1 i 2). Zapełnienie wykraczające ponad nominalną liczbę miejsc siedzących w pociągu osiągane jest w kursach realizowanych z Wieliczki w czasie szczytu porannego (pomiędzy 6:30 a 7:30) i do Wieliczki w czasie szczytu popołudniowego (w godzinach 14:30–16:30).

Należy podkreślić, iż brak miejsc siedzących w godzinach szczytu nie dotyczy całej trasy przejazdu, a jedynie odcinka leżącego pomiędzy stacją Kraków Główny a stacją Wieliczka Park (rysunek 3). Zdecydowanie największe



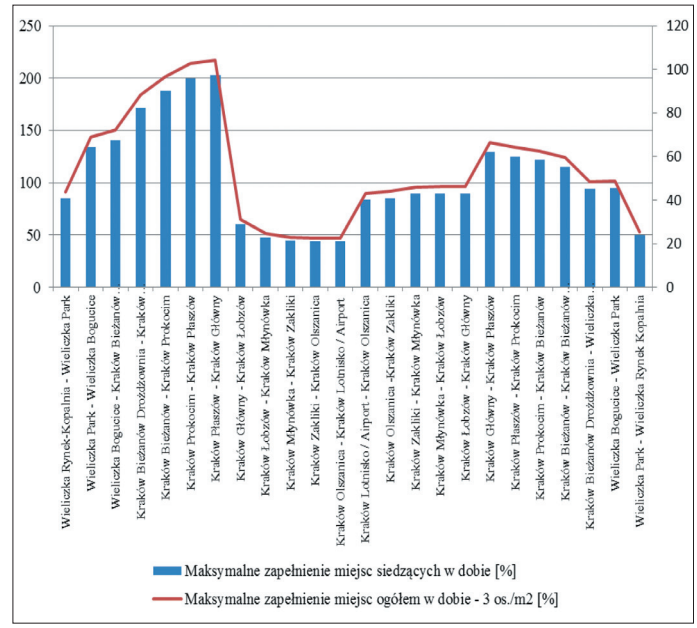
Rys. 1. Stopień zapełnienia pociągów na trasie Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek Kopalnia w poszczególnych kursach w dniu roboczym [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku



Rys. 2. Stopień zapełnienia pociągów na trasie Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport w poszczególnych kursach w dniu roboczym [%]

Źródło: pracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku



Rys. 3. Maksymalny stopień zapełnienia pociągów na poszczególnych odcinkach trasy w dniu roboczym [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku

Tabela 2

Poziom komfortu w pociągach kursujących na trasie Wieliczka rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport w dni robocze w 2016 roku							
Kursy w godzinach	Wykorzystanie miejsc siedzących [%]		Zapełnienie pociągu – 3os./m² [%]	Współczynnik uciążliwości jazdy μ_j	Poziom komfortu	Współczynnik uciążliwości podróżowania K	Skala komfortu
	Wartość średnia	Wartość ekstremalna					
Kierunek: Kraków Lotnisko / Airport–Wieliczka Rynek-Kopalnia							
do 8:30	do 26	do 45	do 23	0,88	B	1,04	Bardzo dobra
8:30–13:00	12–40	21–55	11–27	0,87	A	1,05	Bardzo dobra
13:00–15:00	40–67	50–107	25–52	0,90	B	1,27	Dobra
15:00–15:30	81	129	67	1,06	C	1,53	Dobra
15:30–16:30	64–74	109–119	56–61	0,99	B	1,43	Dobra
16:30–19:30	do 40	do 71	do 21	0,86	A	1,12	Bardzo dobra
19:30–21:00	do 18	do 37	do 19	0,87	B	1,02	Bardzo dobra
21:00–22:30	17–30	25–42	13–21	0,88	A	1,03	Bardzo dobra
po 22:30	do 10	do 15	do 7	088	B	1,00	Bardzo dobra
Kierunek: Wieliczka Rynek–Kopalnia–Kraków Lotnisko / Airport							
do 6.00	do 18	do 24	do 13	0,88	B	1,01	Bardzo dobra
6:00–6:30	56	97	51	0,90	B	1,27	Dobra
6:30–7:00	96	158	81	1,26	C	1,88	Dostateczna
7:00–7:30	110	203	104	1,71	D	2,63	Niedostateczna
7:30–8:30	54–57	81–91	43	0,85	A	1,17	Bardzo dobra
8:30–9:00	55	81	48	0,88	B	1,24	Dobra
9:00–16:00	20–41	27–69	12–35	0,85	A	1,11	Bardzo dobra
16:00–17:00	31–51	42–83	21–44	0,86	B	1,19	Bardzo dobra
17:00–19:30	22–26	28–43	15–22	0,85	A	1,03	Bardzo dobra
po 19:30	do 8	do 14	do 7	0,88	B	1,00	Bardzo dobra

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku

zatłoczenie w pojazdach dotyczy kursów porannych (6:38 i 7:08) realizowanych z Wieliczki, podczas których już od stacji Wieliczka Park brakuje miejsc siedzących. W czasie tych kursów zatłoczenie pociągów rośnie aż do stacji Kraków Główny, w dojeździe do której osiąga wartość będącą na poziomie nominalnej pojemności pociągu deklarowanej przez producenta. Maksymalne wykorzystanie miejsc siedzących w kursie rozpoczynającym się o godzinie 7:08 w Wieliczce wynosi 203% i przypada na odcinek trasy Kraków Płaszów–Kraków Główny (tabela 2 i rysunek 3).

Pomimo iż szczyt popołudniowy charakteryzujący się brakiem wolnych miejsc siedzących w pociągach trwa dłużej niż szczyt poranny, to stopień zatłoczenia pojazdów jest mniejszy. Maksymalny stopień zatłoczenia przypada na kurs rozpoczynający się o 15:17 ze stacji Kraków Lotnisko/Airport, a obserwowany jest na odcinku – podobnie jak w szczycie porannym – Kraków Główny–Kraków Płaszów (wykorzystanie miejsc siedzących – 129%). Poza tym, iż maksymalny stopień zatłoczenia pociągów w szczycie popołudniowym jest mniejszy niż w szczycie porannym, to dodatkowo obserwowany jest również na krótszym odcinku trasy. Podczas gdy w szczycie porannym zapełnienie wszystkich miejsc siedzących następuje już na stacji Wieliczka Park, to w szczycie popołudniowym sytuacja taka ma miejsce wyłącznie od stacji Kraków Główny maksymalnie do stacji Kraków Bieżanów (kursy o godzinie 15:17 i 15:47).

Zaobserwowany stopień napełnienia pociągów w poszczególnych kursach jest skorelowany z poziomem komfortu określonym w oparciu o otrzymane wielkości współczynnika uciążliwości podróżowania K i jazdy μ_j. Pierwszy z nich obliczany jest przy założeniu 5 os./m², a drugi – 6 os./m². Obliczone wartości współczynników wskazują na wysoki stopień komfortu w zdecydowanej większości kursów (rysunki 4 i 5). Poza kursami odbywającymi się w godzinach szczytu porannego z Wieliczki (godz. 6:00–9:00) i w godzinach szczytu popołudniowego do Wieliczki (godz. 13:00–16:30) komfort podróży jest bardzo dobry (tabela 2). Oznacza to, iż przynajmniej w 88% kursów każdy podróżujący może liczyć na miejsce siedzące na całej trasie, najczęściej bez wymuszonego bezpośredniego sąsiedztwa, a wszystkie bagaże i wózki można przewozić bez żadnych ograniczeń przestrzeni innych współpasażerów. W przedmiotowych kursach współczynnik uciążliwości kursowania K nie przekracza wartości 1,2. Warto podkreślić, iż na odcinku Kraków Zakliki–Kraków Lotnisko/Airport–Kraków Zakliki oraz Wieliczka Rynek Kopalnia–Wieliczka Park–Wieliczka Rynek Kopalnia poziom komfortu według czterostopniowej skali we wszystkich kursach jest bardzo dobry (rysunek 4).

Ocenie bardzo dobrej zazwyczaj odpowiada poziom komfortu A lub B ustalany na podstawie współczynnika uciążliwości jazdy μ_j. W kursach, dla których odpowiednie współczynniki odpowiadają poziomowi komfortu B i skali komfortu bardzo dobrej, przewożonych jest niewielu pasażerów. Taka sytuacja powoduje, że pojazd jest wyludniony (poziom napełnienia nie przekracza 10%), co dla wielu pasażerów może być mało komfortowe, zwłaszcza po zmierzchu. W ciągu dnia roboczego średnio 18% kursów jest

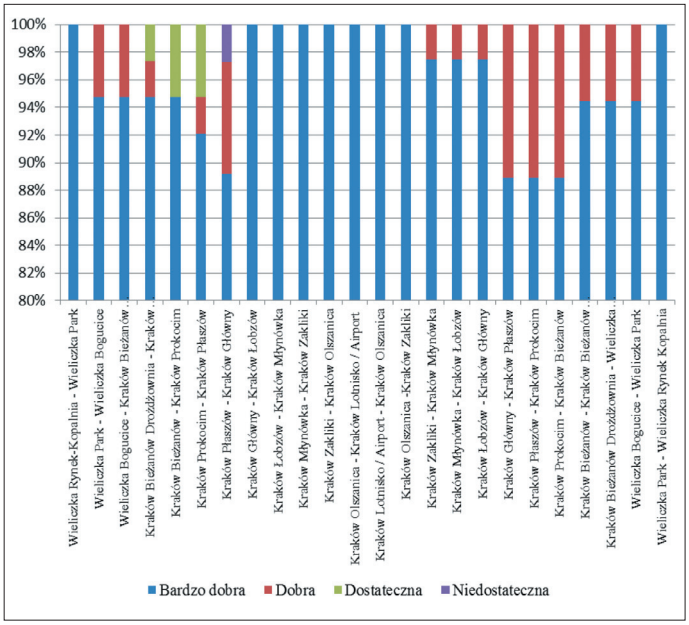
wyludnionych, choć zdecydowanie większe zróżnicowanie występuje na poszczególnych odcinkach trasy. Najczęściej bardzo małe napełnienie pociągów obserwuje się na odcinkach końcowych trasy:

- średnio co w trzecim kursie występuje na odcinku Kraków Zakliki–Kraków Lotnisko/Airport–Kraków Zakliki,
- w co siódmym kursie na odcinku Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Bieżanów Drożdżownia,
- blisko w co czwartym kursie na odcinku Kraków Bieżanów Drożdżownia–Wieliczka Rynek Kopalnia.

Najmniej kursów wyludnionych jest na odcinku Kraków Płaszów–Kraków Główny–Kraków Łobzów – tylko dwa w ciągu dnia roboczego (rysunek 5).

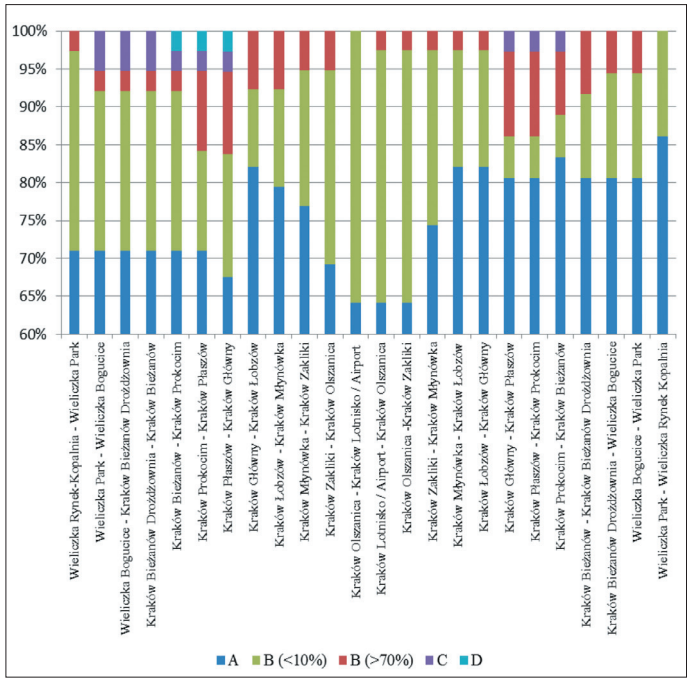
Poziom komfortu B wynikający z małej liczby pasażerów dotyczy zazwyczaj kursów realizowanych we wczesnych godzinach porannych oraz późnowieczornych (tabela 2). Należy jednak podkreślić, iż zależność ta obejmuje inne przedziały czasowe w każdym z kierunków. Niski stopień zapełnienia pociągów w relacji Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport obserwowany jest wyłącznie do godziny 6:00, podczas gdy w kierunku przeciwnym – do godziny 8:30. W godzinach wieczornych sytuacja jest odwrotna: niska frekwencja w pociągach w relacji Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport obserwowana jest już od godziny 19:30, podczas gdy w kierunku przeciwnym dopiero po godzinie 22:30. Sytuacja taka wynika przede wszystkim z tego, iż głównym generatorem ruchu jest stacja Kraków Główny, a największe potoki pasażerskie obejmują codzienne podróże dojazdowe do pracy i szkoły z obszarów leżących na trasie Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Główny. W związku z powyższym w godzinach porannych występuje ruch wyjazdowy do centrum Krakowa, a w godzinach popołudniowych – ruch powrotny, co ma przełożenie na inne rozłożenie kursów o bardzo niskim stopniu zapełnienia.

Nieliczne, aczkolwiek realizowane są również kursy, w których poziom komfortu jest co najwyżej dostateczny. Niższy poziom komfortu zdarza się w kursach realizowanych w godzinach szczytu, przy czym sytuacja taka dotyczy wyłącznie fragmentów trasy i określonych kierunków (rysunki 4 i 5). W szczycie porannym niższy poziom komfortu dotyczy kierunku Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport i obejmuje w szczególności odcinek trasy Wieliczka Park–Kraków Główny. Liczba kursów, w których brakuje wolnych miejsc siedzących i część pasażerów musi podróżować na stojąco, jest jednak niewielka. Komfort na poziomie oceny nie wyższej niż C obserwowany jest w dwóch kursach wyjeżdżających ze stacji początkowej w Wieliczce o godzinie 6:38 i 7:08. W tym drugim kursie zapełnienie pociągu na każdej kolejnej stacji wzrasta tak bardzo, iż w oparciu o współczynnik uciążliwości jazdy μ_j na odcinku Kraków Bieżanów–Kraków Główny poziom komfortu osiąga ocenę D. Dla pasażera oznacza to zatłoczenie pojazdu wpływające na utrudnione poruszanie się wewnątrz pojazdu i problem z dostępem do kasownika. Najgorsze warunki podróży dotyczą obecnie jednoprzystankowego odcinka trasy Kraków Płaszów–Kraków Główny, na którym według obliczonego współczynnika uciążliwości podróżowania K komfort podróży uzyskuje ocenę niedostateczną. Komfort na poziomie oceny C określony został również w jednym popołudniowym kursie w relacji Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek Kopalnia (wyjazd o godzinie 15:17) na odcinku Kraków Główny–Kraków Prokocim.



Rys. 4. Udział procentowy kursów o określonym poziomie komfortu na poszczególnych odcinkach trasy w dniu roboczym – 5 os./m^2 [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku



Rys. 5. Udział procentowy kursów o określonej skali komfortu na poszczególnych odcinkach trasy w dniu roboczym – 6 os./m^2 [%]

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez TiLog Koło Naukowe Politechniki Krakowskiej w 2016 roku

Przeprowadzona analiza poziomu komfortu podróży wykazuje pełną zbieżność z wynikami przytoczonych powyżej badań sondażowych przeprowadzonych wśród osób korzystających z oferty kolejowej na trasie Wieliczka Rynek Kopalnia–Kraków Lotnisko/Airport. Co prawda porównanie komfortu podróży pociągiem pod względem dostępności miejsc siedzących z własnym samochodem w godzinach szczytu wypada na korzyść transportu indywidualnego. Jednak ze względu na inne atrybuty podróży związane z czasem przejazdu pociąg staje się konkurencyjnym do samochodu środkiem transportu. W porównaniu natomiast komfortu podróży pociągiem a autobusem, zdecydowanie korzystniej wypada ten pierwszy. Wykorzystanie w pociągach powierzchni do stania sięga maksymalnie 3 os./m^2, podczas gdy w autobusach może być dwukrotnie wyższe – do 6 os./m^2 [15].

Podsumowanie

Wysoki komfort podróżowania oraz pewność odbycia podróży w zaplanowanym, krótkim czasie wpływają na tworzenie oferty przewozowej, która może być konkurencyjna w stosunku do innych środków transportu, a w szczególności dla transportu indywidualnego. W takich kategoriach można mówić o kolejowej ofercie przewozowej na trasie Wieliczka Rynek Kopalnia – Kraków Lotnisko/Airport. Ze względu na niezależność połączenia od warunków drogowych podróżujący pociągami mogą liczyć na krótki, i co najważniejsze – niezmienny czas przejazdu. Ponadto, jak dowodzi przeprowadzona analiza, warunki podróży pociągiem są bardzo dobre. Trasę obsługują nowe, komfortowe, bogato wyposażone pociągi. Niska podłoga w pojazdach umożliwia swobodne podróżowanie osobom z ograniczoną mobilnością, a temperatura w pojazdach jest zawsze dostosowana do warunków panujących na zewnątrz.

Dostępnej kolejowej ofercie przewozowej nie można również odmówić wysokiej oceny ze względu na dostosowanie pojemności pociągów do wielkości potoków pasażerskich, co ma bezpośredni wpływ na swobodę przemieszczania się wewnątrz pociągów i dostępność miejsc siedzących. Choć w wyniku przeprowadzonej analizy komfortu podróży pociągami obsługującymi badaną relację wskazano kursy, w których na wybranych odcinkach trasy zdarza się podróżować na stojąco, to warto podkreślić, iż sytuacje takie zdarzają się rzadko (niespełna 10% kursów). Należy podkreślić, iż zapełnienie w tych kursach wykraczające poza nominalną liczbę miejsc siedzących obserwowane jest wyłącznie na wybranych odcinkach trasy. Zdecydowanie najczęściej natomiast (w 75% kursów) każdy podróżujący może liczyć na miejsce siedzące bez wymuszonego bezpośredniego sąsiedztwa współpasażera.

Reasumując, należy podkreślić, iż możliwość wygodnego i komfortowego podróżowania pociągami na przedmiotowej trasie nie jest efektem małego zainteresowania ofertą przewozową, a działaniami przewoźnika kolejowego zmierzającymi do dopasowania pojemności pojazdów do oczekiwań pasażerów. W momencie uruchomienia połączenia eksploatowane były wyłącznie składy EN64 o nominalnej liczbie miejsc siedzących 138, a obecnie połączenie obsługiwane jest przez składy średnio o 30% większej pojemności.

Literatura

1. Ciastoń-Ciulkin A., *Jakość usług przewozowych i jej elementy składowe – ujęcie teoretyczne,* „Transport Miejski i Regionalny" 2015, nr 1.
2. Hebel K., *Zachowania transportowe mieszkańców w kształtowaniu transportu miejskiego*, Fundacja Rozwoju Uniwersytety Gdańskiego, Gdańsk 2013.
3. Commission of the European Communities, *The Citizens' Network. Fulfilling the Potential of Public Transport in Europe. Communities Green Paper*, COM(95) 601 final.
4. Eboli L., Mazzulla G., *A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view,* Transport Policy, 2011, Nr 18.
5. *Funkcjonowanie rynku komunikacji miejskiej* pod redakcją O. Wyszomirskiego, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1998.
6. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału SITK w Krakowie, 1999, nr 71.
7. Starowicz W., *Charakterystyka polskiej normy. Jakość usług w publicznym transporcie pasażerskim,* „Technika Transportu Szynowego", 2004, nr 9.
8. Ciastoń-Ciulkin A., Pashkevich A., *Znaczenie oferty przewozowej w kształtowaniu ruchu pasażerskiego na przykładzie kolejowej linii aglomeracyjnej na trasie Kraków Główny–Wieliczka Rynek Kopalnia*, [w:] *Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym. Część II, Sterowanie ruchem kolejowym, Transport szynowy*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie, seria: Materiały Konferencyjne, 2015, nr 3 (107).
9. Krok D., Półćwiartek N., *Analiza wielkości ruchu pasażerskiego na trasie kolejowej MPL Balice–Kraków Główny–Wieliczka Rynek Kopalnia,* praca inżynierska, Politechnika Krakowska, 2016.
10. Komisja Europejska, *Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu,* KOM(2011) 144 wersja ostateczna.
11. Ciaston-Ciulkin A., Puławska-Obiedowska S., *Solutions for Agglomeration Railway Integration – Case Study of the Line Wieliczka–Krakow Airport,* [w:] Macioszek E., Sierpiński G. (eds) *Contemporary Challenges of Transport Systems and Traffic Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 2. Springer International Publishing Switzerland, 2017.
12. *Pomiar napełnienia w pociągach Kolei Małopolskich na trasie Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek–Kopalnia*, Raport Końcowy, Koło Naukowe Logistyki TiLOG Politechnika Krakowska, Kraków, 2016.
13. *Pomiar napełnienia w pociągach Kolei Małopolskich na trasie Kraków Lotnisko/Airport–Wieliczka Rynek–Kopalnia*, Raport Końcowy, Koło Naukowe Logistyki TiLOG Politechnika Krakowska, Kraków, 2015.
14. Ciastoń-Ciulkin A., Puławska-Obiedowska S., *Konkurencyjność podsystemu Kolei Aglomeracyjnej na przykładzie połączenia Kraków –Wieliczka* [w:] *Nowoczesne technologie i systemy zarządzania w transporcie szynowym. Część II, Sterowanie ruchem kolejowym,* Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie, seria: Materiały Konferencyjne, 2016, nr 3 (110).
15. Starowicz W., *Jakość przewozów w miejskim transporcie zbiorowym*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2007.

ANDRZEJ MASSEL
dr inż., Instytut Kolejnictwa,
Warszawa ul. Chłopickiego 50,
e-mail: AMassel@ikolej.pl

Ewolucja stanu infrastruktury kolejowej w województwie łódzkim[1]

Streszczenie: Artykuł dotyczy zmian stanu infrastruktury kolejowej w województwie łódzkim w latach 1990–2015. Stan infrastruktury kolejowej jest zasadniczym czynnikiem wpływającym na jakość usług świadczonych przez przewoźników pasażerskich i towarowych. Z ruchowego oraz handlowego punktu widzenia największe znaczenie mają te kryteria oceny, które wiążą stan infrastruktury z warunkami jej eksploatacji. Spośród tych wskaźników za najważniejsze uznano grupy kryteriów związanych z prędkościami maksymalnymi, ograniczeniami prędkości oraz dopuszczalnym naciskiem osi. W artykule przedstawiono ewolucję tych wskaźników w analizowanym okresie. Poszczególne wskaźniki obrazują, że infrastruktura kolejowa na terenie województwa łódzkiego ulegała w okresie od 1990 roku systematycznej degradacji, której najbardziej odczuwalnymi przejawami były zmniejszanie prędkości maksymalnych i rosnąca liczba stałych ograniczeń prędkości na wielu ważnych odcinkach linii. Widoczny efekt poprawy przyniosło w ostatnich kilku latach zrealizowanie inwestycji modernizacyjnych i rewitalizacyjnych, zarówno liniowych, jak i punktowych (dotyczących w szczególności rozjazdów oraz przejazdów w poziomie szyn), a także zwiększenie zakresu robót remontowych i utrzymaniowych. Praktycznym efektem eksploatacyjnym stanu infrastruktury są czasy przejazdu osiągane na poszczególnych odcinkach sieci. Przedstawiona została ewolucja tych czasów dla głównych połączeń o charakterze regionalnym.

Słowa kluczowe: infrastruktura kolejowa, transport regionalny, województwo łódzkie.

Wprowadzenie

Stan infrastruktury kolejowej jest zasadniczym czynnikiem wpływającym na jakość usług świadczonych przez przewoźników pasażerskich i towarowych. Pod względem technicznym może być on opisany poprzez stan poszczególnych podsystemów składających się na infrastrukturę, to jest stan drogi kolejowej (nawierzchni torów i rozjazdów, podtorza, obiektów inżynieryjnych), stan urządzeń sterowania ruchem i telekomunikacji, stan sieci trakcyjnej oraz systemu zasilania elektroenergetycznego. Z ruchowego oraz handlowego punktu widzenia dużo większe znaczenie mają wskaźniki pośrednie, wiążące stan infrastruktury z warunkami jej eksploatacji. Za najważniejsze można uznać wskaźniki związane z prędkościami maksymalnymi, ograniczeniami prędkości oraz dopuszczalnym naciskiem osi. W artykule przedstawiono ewolucję tych wskaźników w okresie od 1990 do 2015 roku w odniesieniu do sieci kolejowej w województwie łódzkim. Przyjęcie stanu infrastruktury z roku 1990 jako stanu odniesienia wynika z faktu, że był to pierwszy rok po ustrojowej zmianie dokonanej w kraju. Zasadnicze założenia przeprowadzonej oceny są następujące:

- ocena odnosi się do sieci kolejowej znajdującej się w granicach województwa łódzkiego po reformie administracyjnej, która weszła w życie 1 stycznia 1999 roku;
- ocena obejmuje odcinki linii kolejowych według wykazu linii kolejowych Id-12;
- w ocenie nie są ujęte linie nr 44 Mikołajów–Regny i nr 53 Tomaszów Mazowiecki–Spała, które były okresowo wyłączone z eksploatacji (prędkość maksymalna 0);
- z oceny wyłączone są łącznice i tory łączące w obrębie węzłów kolejowych (Łódź, Koluszki, Skierniewice, Łowicz, Zduńska Wola, Idzikowice);
- w odniesieniu do linii leżących w całości na terenie województwa uwzględniono odległości pomiędzy osiami posterunków ruchu;
- ocena przedstawia stan infrastruktury co 5 lat i obejmuje okres od 1990 do 2015 roku (z uwagi na dostępność danych w analizie w miejsce roku 2000 uwzględniono rok 1999);
- podstawą oceny za lata 1990–2000 są służbowe rozkłady jazdy pociągów wraz z dodatkami I (Warunki techniczno-ruchowe linii) oraz VII (Wykaz Ostrzeżeń Stałych);
- podstawą oceny za lata 2005–2015 są załączniki do regulaminu przydzielania tras pociągów (wykazy prędkości, wykazy dopuszczalnych nacisków osi);
- analizowane dane dotyczą rocznego rozkładu jazdy, obowiązującego pod koniec danego roku (na przykład dane za rok 2015 pochodzą z rozkładu jazdy na lata 2015/2016, ważnego od 13 grudnia 2015 roku).

Prędkości maksymalne

Parametrem najsilniej powiązanym ze stanem infrastruktury jest prędkość maksymalna. Prędkości maksymalne, obowiązujące na poszczególnych odcinkach drogi przejazdu pociągu, wynikają z wielu czynników, do których należą przede wszystkim: układ geometryczny linii, konstrukcja nawierzchni, wyposażenie linii w urządzenia sterowania ruchem, rodzaj zastosowanej sieci trakcyjnej (na liniach zelektryfikowanych), stan techniczny poszczególnych elementów infrastruktury. W celu jak najpełniejszego wykorzystania możliwości istniejącej infrastruktury kolejowej prędkości te są z reguły zróżnicowane na długości linii.

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2017.

Wskaźnikiem pozwalającym wnioskować o stanie infrastruktury liniowej jest średnia ważona prędkość maksymalna. Powinna być ona wyznaczana jako średnia harmoniczna, bowiem w ten sposób możliwe jest odzwierciedlenie wpływu lokalnego zróżnicowania prędkości maksymalnych na czas przejazdu, a w konsekwencji także na przepustowość linii.

$$V_{o\ max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{V_{i\ max}}} \qquad (1)$$

gdzie:

$V_{i\ max}$ – prędkość maksymalna na odcinku (linii) i,

l_i – długość odcinka i.

Analizie podlegały prędkości maksymalne na odcinkach linii kolejowych znajdujących się na terenie województwa łódzkiego. Obliczone dla każdej linii, średnie ważone prędkości maksymalne zostały zawarte w tabeli 1.

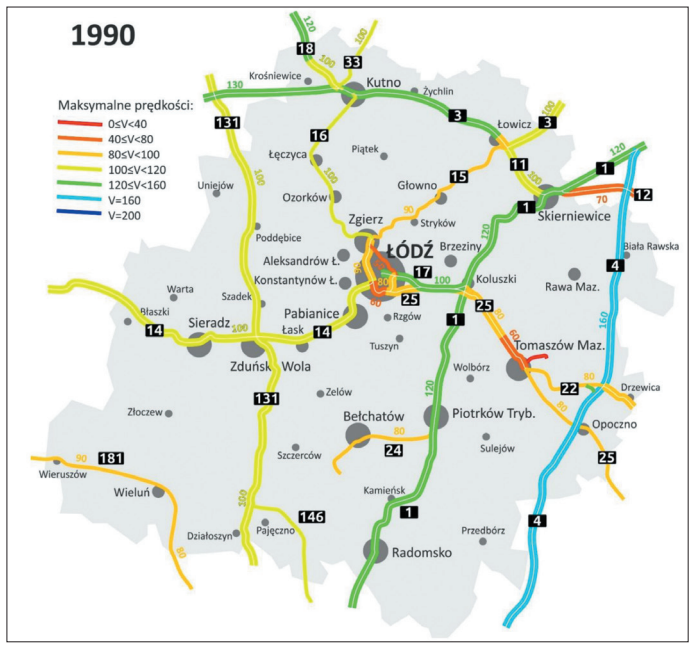
Dane zawarte w tabeli 1 stanowią syntetyczną ilustrację zmian stanu infrastruktury kolejowej w latach 1990–2015. Wynika z nich, że w 1990 roku stan sieci kolejowej w województwie łódzkim umożliwiał osiąganie na większości linii prędkości 100 km/h, na linii Warszawa–Katowice 120 km/h, na linii Warszawa–Kunowice 100–130 km/h, a na Centralnej Magistrali Kolejowej – 160 km/h. W kolejnych latach następowało stopniowe zmniejszanie prędkości na wielu liniach województwa. Przyczyną były zaniżone nakłady na remonty i utrzymanie infrastruktury, skutkujące drastycznym ograniczeniem napraw, w szczególności wymian torów oraz rozjazdów [3].

Tabela 1

Średnie ważone prędkości maksymalne na liniach kolejowych woj. łódzkiego [km/h]

Linia	Długość odcinka [km]	Długość toru [km]	1990	1995	1999	2005	2010	2015
1 Warszawa–Katowice	141,220	282,440	118,9	91,8	120,0	92,2	105,7	128,2
3 Warszawa–Kunowice	81,100	162,200	121,5	133,5	132,3	121,0	105,5	146,8
4 Grodzisk Maz.–Zawiercie	84,330	168,660	160,0	160,0	151,3	160,0	160,0	158,7
11 Skierniewice–Łowicz	21,750	43,500	100,0	100,0	100,0	60,0	60,1	64,2
12 Skierniewice–Łuków	8,870	17,740	70,0	70,0	60,0	60,0	60,0	60,0
14 Łódź Kal.–Tuplice	84,960	169,920	100,0	103,1	92,0	81,8	78,1	85,5
15 Bednary–Łódź Kal.	68,200	79,240	90,0	90,0	86,9	39,2	37,8	78,0
16 Łódź Widzew–Kutno	70,930	70,930	99,9	100,0	95,7	70,0	68,3	75,2
17 Łódź Fabryczna–Koluszki	26,100	52,200	100,0	118,3	117,5	100,0	122,7	133,8
18 Kutno–Piła	19,000	38,000	104,9	60,0	60,0	82,7	116,2	116,2
22 Tomaszów Maz.–Radom	37,400	46,317	80,0	80,0	80,0	89,0	89,0	95,6
24 Piotrków–Bełchatów	34,350	34,350	80,0	80,0	80,0	42,1	42,1	42,1
25 Łódź Kal.–Dębica	96,850	152,550	74,4	84,1	86,5	79,8	80,9	84,4
33 Kutno–Brodnica	17,000	17,000	100,0	80,0	80,0	60,0	60,0	60,0
131 Chorzów Bat.–Tczew	116,400	232,800	100,0	100,0	96,8	80,0	76,3	98,0
146 Wyczerpy–Chorzew Siemk.	32,180	32,180	100,0	100,0	64,7	60,0	41,2	58,4
181 Herby Nowe–Oleśnica	52,240	52,240	80,1	80,1	90,0	90,0	94,8	94,8
Razem wszystkie linie		**1652,267**	**102,3**	**99,0**	**100,3**	**82,1**	**81,7**	**97,9**

Źródło: opracowanie własne

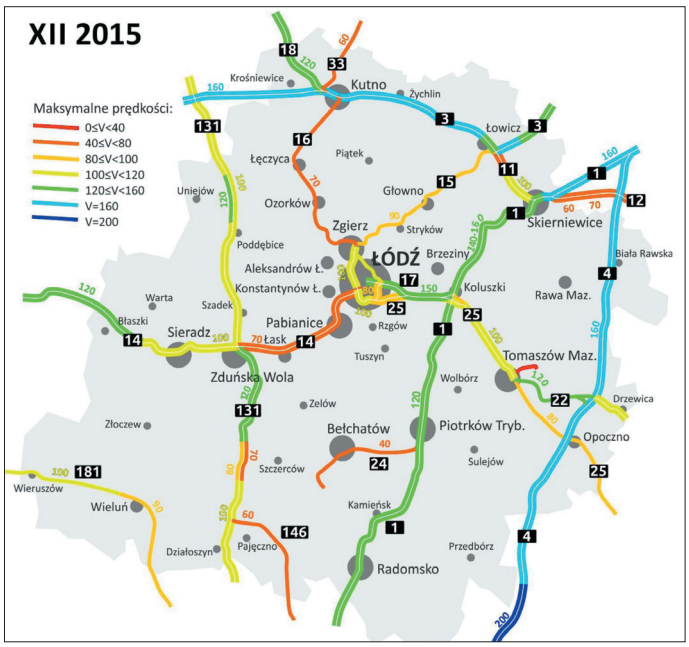


Rys. 1. Prędkości maksymalne na liniach województwa łódzkiego (1990). Opracowanie mapy: T. Bużałek

Z danych o średnich ważonych prędkościach maksymalnych zawartych w tabeli 1 wynika, że stan infrastruktury był najgorszy w latach 2005–2010. Jest pewnym paradoksem, że w tym okresie rozpoczęto realizację dużych inwestycji modernizacyjnych, na przykład na terenie województwa zmodernizowano odcinek Skierniewice–Koluszki–Łódź Widzew. Modernizacje te nie były jednak w stanie zahamować degradacji pozostałej części sieci.

Poprawa stanu infrastruktury kolejowej w całym kraju nastąpiła w latach 2011–2015. Wiązała się ona przede wszystkim z rozszerzeniem programu inwestycyjnego o inwestycje rewitalizacyjne, a także ze zwiększeniem zakresu wykonywanych remontów i prac utrzymaniowych. Działania te były wykonywane w ramach przyjętego przez Radę Ministrów Wieloletniego Planu Inwestycji Kolejowych [9]. W ich wyniku prędkości maksymalne uległy istotnemu zwiększeniu także na obszarze województwa łódzkiego. W ciągu pięciu lat średnia ważona prędkość maksymalna obliczona dla wszystkich linii w województwie wzrosła o ponad 16 km/h, to jest z 81,7 km/h w grudniu 2010 roku do 97,9 km/h w grudniu 2015 roku. Warto jednak podkreślić, że nadal nie został osiągnięty poziom roku 1990.

Istotną cechą stanu infrastruktury na poszczególnych liniach kolejowych w latach 1990–2015 była jego duża zmienność. Dotyczyła ona zarówno linii magistralnych o największym znaczeniu w systemie transportowym kraju (fot. 1), jak i linii pierwszorzędnych (fot. 2). Tę zmienność stanu można najlepiej zobrazować na przykładzie odcinka linii nr 1 Warszawa–Katowice (rys. 3). W 1990 roku prawie na całej długości linii w województwie łódzkim obowiązywała prędkość 120 km/h, a wyjątkiem był tylko odcinek przez stację węzłową Skierniewice (100 km/h). Pięć lat później (1995) prędkość maksymalna była zmniejszona do 50 km/h na odcinku Koluszki–Baby, a do 60 km/h na odcinku Baby–Piotrków Trybunalski. Skutkowało to zmniejszeniem średniej ważonej



Rys. 2. Prędkości maksymalne na liniach województwa łódzkiego (2015). Opracowanie mapy: T. Bużałek

prędkości maksymalnej do 91,8 km/h. W roku 1999, po wykonanych naprawach, na całej linii ponownie pociągi kursowały z prędkością 120 km/h. Z kolei w roku 2005 zmniejszona do 60 km/h prędkość pociągów obowiązywała w obu torach na odcinku między Skierniewicami a Koluszkami (spadek średniej ważonej prędkości maksymalnej do 92,2 km/h). Średnia prędkość maksymalna na linii nr 1 według stanu na koniec 2015 roku (128,2 km/h) odzwierciedla wykonaną modernizację odcinka od Warszawy do Koluszek oraz rewitalizację odcinka Koluszki–Częstochowa. Widoczny jest także efekt optymalizacji prędkości na odcinku Skierniewice–Koluszki, uwzględniającej zwiększone wartości parametrów kinematycznych, które zostały wprowadzone przez znowelizowane rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie [7].

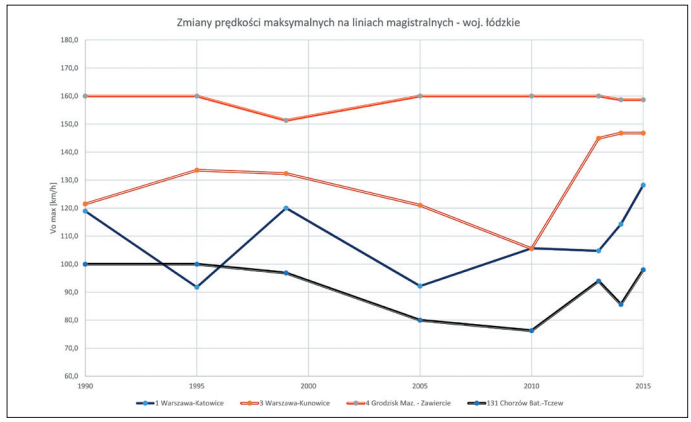
W grupie linii magistralnych w najmniejszym stopniu zmieniał się stan infrastruktury na linii nr 4 (Centralnej Magistrali Kolejowej). Prędkość pociągów na tej linii przez cały okres analizy wynosiła 160 km/h, a krótkotrwała zmiana miała miejsce w 1999 roku, kiedy na części długości toru nr 2 prędkość została zmniejszona do 120 km/h.

W grupie linii pierwszorzędnych największe zmiany prędkości maksymalnej następowały na odcinku Łowicz Przedmieście–Zgierz linii nr 15 Bednary–Łódź Kaliska (rys. 4). Na linii tej od lat sześćdziesiątych aż do roku 2000 obowiązywała prędkość 90 km/h, która wskutek złego stanu nawierzchni (przede wszystkim podkładów drewnianych), była następnie stopniowo zmniejszana, osiągając w grudniu 2004 roku 30 km/h. Przywrócenie normalnych warunków prowadzenia ruchu nastąpiło w 2011 roku, po ciągłej wymianie nawierzchni w ramach inwestycji dofinansowanej z środków Regionalnego Programu Operacyjnego.

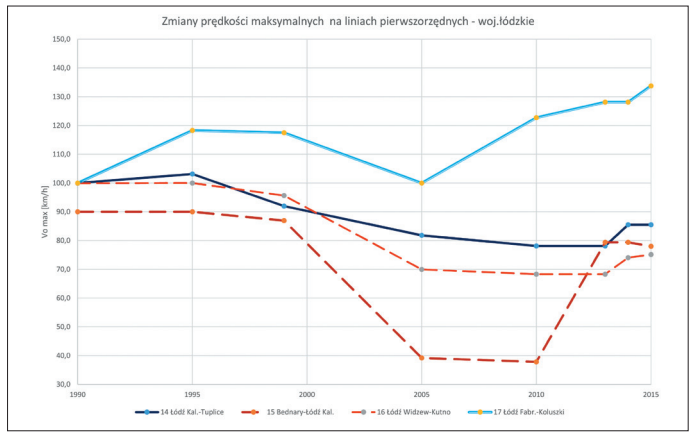
Rys. 4. Średnie ważone prędkości maksymalne na liniach nr 14, 15, 16 i 17

Fot. 1. Linia nr 1 w obrębie stacji Piotrków Trybunalski

Fot. 2. Szlak Brzustów–Dęba Opoczyńska na linii nr 22 po naprawie nawierzchni (zwiększenie prędkości maksymalnej do 120 km/h)



Rys. 3. Średnie ważone prędkości maksymalne na liniach nr 1, 3, 4 i 131



Ograniczenia prędkości

W warunkach kolei polskich stosowane są dwa rodzaje ograniczeń prędkości: ograniczenia stałe i ograniczenia doraźne. Ostrzeżenie stałe to ograniczenie prędkości jazdy pociągów lub zachowanie ostrożności na wskazanym fragmencie linii kolejowej, przewidziane w rocznym rozkładzie jazdy, trwające ponad 30 dni. Ograniczenia stałe wyszczególnione są w dodatku do służbowego rozkładu jazdy wydawanym kilkukrotnie w ciągu roku jako Wykaz Ostrzeżeń Stałych (WOS). Z kolei ostrzeżenie doraźne to ograniczenie prędkości jazdy pociągów na wskazanym fragmencie linii kolejowej wprowadzone doraźnymi zarządzeniami, nieujęte w Wykazie Ostrzeżeń Stałych. Ostrzeżenia doraźne mogą być jednorazowe, to jest odnoszące się do określonego pociągu, lub okresowe, to jest odnoszące się do wszystkich pociągów w okresie ważności tego ostrzeżenia.

Ograniczenia prędkości wprowadzane są z różnych przyczyn. Najważniejsze z nich to zły stan torów i rozjazdów, zły stan podtorza, zły stan obiektów inżynieryjnych (mostów, wiaduktów i przepustów), nieodpowiednia widzialność na przejazdach lub przekroczony iloczyn ruchu. Negatywny wpływ ograniczeń na przykładzie linii nr 131 przeanalizowano w pracy [5].

Za podstawowe wskaźniki, obrazujące występowanie ograniczeń prędkości na danej linii kolejowej lub na sieci kolejowej na terenie kraju czy regionu, można uznać:

- liczbę ograniczeń,
- sumaryczną długość ograniczeń.

Niewątpliwą zaletą takich wskaźników jest łatwość wyznaczenia ich wartości, jednak proste wskaźniki nie odzwierciedlają precyzyjnie skutków ograniczeń prędkości. Na przykład wprowadzenie 10 ograniczeń do 100 km/h na linii o prędkości maksymalnej 120 km/h będzie miało bardzo niewielki wpływ na czas przejazdu pociągów i na zużycie energii elektrycznej (lub paliwa – w przypadku trakcji spalinowej). Natomiast wprowadzenie na takiej linii 10 ograniczeń prędkości do 20 km/h doprowadzi do znacznego wydłużenia czasu jazdy, a w konsekwencji – także do zmniejszenia przepustowości. Dlatego poza liczbą ograniczeń prędkości oraz ich sumaryczną długością celowe jest dysponowanie zbiorczym parametrem, charakteryzującym eksploatacyjny wpływ ograniczeń. Takim parametrem może być teoretyczne wydłużenie czasu jazdy, które jest najważniejszym wskaźnikiem jakościowym stosowanym w Niemczech do oceny stanu infrastruktury kolejowej, przy czym parametr ten jest wyznaczany dla całej sieci, dla sieci dalekobieżnej i aglomeracyjnej oraz dla sieci regionalnych [4].

$$t_{ws} = \sum_{j=1}^{m} \left(\frac{l_j}{V_{j\,max}} - \frac{l_j}{V_{j\,ogr}} \right) \qquad (2)$$

gdzie:

t_{ws} – teoretyczne wydłużenie czasu jazdy dla analizowanej sieci kolejowej,
$V_{j\,max}$ – prędkość maksymalna na odcinku (linii) j,
$V_{j\,ogr}$ – prędkość ograniczona na odcinku (linii) j,
l_j – długość odcinka z ograniczoną prędkością j.

Tak zdefiniowane teoretyczne wydłużenie czasu jazdy dobrze odzwierciedla wpływ długich, wielokilometrowych, ograniczeń prędkości, przy których straty czasu na hamowanie i rozruch pociągu nie mają większego znaczenia. Niestety parametr ten pomija skutki ograniczeń punktowych, w szczególności na przejazdach kolejowo-drogowych. Dlatego jako parametr uwzględniający wydłużenie czasu przejazdu wskutek hamowania i ponownego rozpędzania pociągu oraz związane z tym dodatkowe zużycie energii można zaproponować skumulowaną zmianę prędkości wskutek występowania ograniczeń na linii lub sieci.

$$\Delta V_{skum} = \sum_{j=1}^{m} \left| V_{j\,max} - V_{j\,ogr} \right| \qquad (3)$$

Oznaczenia są analogiczne, jak we wzorze (2).

Analizie poddane zostały stałe ograniczenia prędkości ujęte w WOS na liniach kolejowych na terenie województwa łódzkiego w pięciu wybranych latach. Uwzględniono ograniczenia obowiązujące na szlakach oraz w torach głównych zasadniczych na stacjach.

Tabela 2

Ograniczenia prędkości na liniach kolejowych w województwie łódzkim

Parametr		1990	1995	1998	2011	2015
Liczba ograniczeń	[szt]	108	81	88	225	73
Sumaryczna długość ograniczeń	[km]	95,0	121,0	85,7	82,2	62,5
Teoretyczne wydłużenie czasu jazdy	[min]	54,4	63,5	22,3	56,4	54,9
Sumaryczna zmiana prędkości	[km/h]	5590	3175	3380	9300	2860

Źródło: opracowanie własne

Podobnie jak dane o maksymalnych prędkościach, statystyki ograniczeń odzwierciedlają zmiany stanu infrastruktury na liniach kolejowych w województwie łódzkim. Liczba ograniczeń zwiększyła się ze 108 w 1990 roku do 225 w grudniu 2011 roku, by spaść do 73 w grudniu 2015 roku. Należy podkreślić, że dużą część ograniczeń, jakie obowiązywały w 2011 roku, stanowiły ograniczenia na przejazdach, na których wskutek zwiększenia się ruchu drogowego wzrosły wartości iloczynów ruchu, co spowodowało, że poziom ich zabezpieczenia przestał odpowiadać wymaganiom warunków technicznych. Liczba tych ograniczeń uległa zmniejszeniu w wyniku realizacji projektu POIiŚ „Poprawa bezpieczeństwa i likwidacja zagrożeń eksploatacyjnych na przejazdach kolejowych". Do redukcji liczby ograniczeń na przejazdach przyczyniła się także zmiana rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych z drogami kołowymi [6].

Największa sumaryczna długość ograniczeń (121 km) wystąpiła na sieci kolejowej województwa w 1995 roku, w kolejnych latach uległa pewnemu zmniejszeniu. W grudniu 2015 roku sumaryczna długość ograniczeń wyniosła 62,5 km, z czego aż 38,3 km przypadło na linię nr 131 Chorzów Batory–Tczew (Magistralę Węglową).

Teoretyczne wydłużenie czasu jazdy wskutek wprowadzenia ograniczeń prędkości przez większą część analizowanego okresu wynosiło około 50–60 minut, jedynie w 1998 roku było dużo mniejsze (22,3 minuty). W teoretycznym

wydłużeniu czasu jazdy według stanu na rok 2015 największy udział mają ograniczenia prędkości na linii nr 131.

Wraz ze zmniejszeniem się liczby ograniczeń bardzo istotnemu zmniejszeniu uległa w latach 2011–2015 wartość skumulowanej zmiany prędkości (redukcja z 9300 km/h do 2860 km/h). Dane powyższe świadczą o znaczącym upłynnieniu jazdy pociągów. Jako przykład takiej poprawy płynności jazdy można wskazać odcinek linii nr 14 między stacjami Łódź Kaliska i Zduńska Wola (42,36 km), na którym łączna liczba ograniczeń w obu torach spadła z 27 w grudniu 2011 roku do 4 w grudniu 2015. Aż 18 ograniczeń (po 9 w każdym z torów) dotyczyło przejazdów w poziomie szyn, przy czym prędkość w każdym przypadku była zmniejszona do 20 km/h. Warto przy tym wskazać, że prędkość pociągów prowadzonych elektrycznymi zespołami trakcyjnymi została na tym odcinku zwiększona z 60 km/h do 70 km/h (w rozkładzie jazdy 2015/2016, po wykonaniu robót utrzymaniowych, przewidziane jest zwiększenie tej prędkości do 80 km/h).

Dopuszczalny nacisk osi

Dopuszczalny nacisk osi stanowi parametr decydujący o możliwości wykorzystania ładowności taboru towarowego oraz kursowania pojazdów trakcyjnych poszczególnych serii. Ograniczone naciski uniemożliwiają realizację maksymalnie efektywnych przewozów, w pełni wykorzystujących możliwości ładunkowych taboru. Uniemożliwiają one w wielu przypadkach prowadzenie pociągów po trasach najkorzystniejszych z punktu widzenia przewoźnika (najkrótszych) [8].

Zgodnie z rozporządzeniem 1315/2013/WE linie towarowe sieci bazowej TEN-T powinny się charakteryzować następującymi parametrami: nacisk osi co najmniej 22,5 t, prędkość konstrukcyjna 100 km/h i możliwość uruchomienia pociągów o długości 740 m. Nacisk osi wynoszący 221 kN (22,5 tony) powinien być więc traktowany jako standard na liniach wykorzystywanych do przewozów towarowych. Biorąc powyższe pod uwagę, można przyjąć następujące wskaźniki:

- średni ważony dopuszczalny nacisk osi wagonu,
- sumaryczna długość odcinków torów szlakowych i głównych zasadniczych dostosowanych do nacisku 221 kN/oś dla wagonów,
- sumaryczna długość odcinków o nacisku (dla wagonów) 206 kN/oś (21 ton na oś) lub mniejszym.

W ostatnich latach, w wyniku prowadzonych na sieci kolejowej działań inwestycyjnych dopuszczalne naciski osi są stopniowo zwiększane. Średni dopuszczalny nacisk osi dla wagonów wzrósł z 214,7 kN w 2006 roku do 216,7 kN w 2015 roku.

Największe znaczenie dla przewoźników towarowych ma sumaryczna długość torów o nacisku 221 kN/oś dla lokomotyw i wagonów. Wyniosła ona:

- 563,9 km w roku 2006,
- 891,7 km w roku 2010,
- 1107,7 km w roku 2015.

W rozkładzie jazdy ważnym od grudnia 2015 roku nacisk 221 kN dla lokomotyw i wagonów obowiązuje na około 2/3 całkowitej długości torów szlakowych i głównych zasadniczych na terenie województwa łódzkiego. W szczególności dotyczy to całej długości następujących linii:

- linia nr 1 Warszawa–Katowice,
- linia nr 3 Warszawa–Kunowice,
- linia nr 17 Łódź Fabryczna–Koluszki,
- linia nr 18 Kutno–Piła,
- linia nr 22 Tomaszów Mazowiecki–Radom.

Warto zwrócić uwagę, że na Magistrali Węglowej (linii nr 131) nacisk 221 kN/oś dla lokomotyw i wagonów obowiązuje prawie na całej długości linii, poza odcinkiem od 156,9 do km 165,0 (szlak Kozuby–Zduńska Wola Karsznice).

Najmniejszy nacisk osi dla wagonów na liniach znajdujących się na obszarze województwa łódzkiego wynosi 206 kN (21 ton). Dotyczył on następujących długości torów:

- 504,7 km w roku 2006,
- 504,7 km w roku 2010,
- 437,9 km w roku 2015.

Czasy przejazdu w relacjach regionalnych

Praktycznym efektem eksploatacyjnym stanu infrastruktury są czasy przejazdu osiągane na poszczególnych odcinkach sieci. Przykład analizy takich efektów w odniesieniu do relacji międzyaglomeracyjnych zawiera praca [2]. W celu sprawdzenia, w jakim stopniu stan infrastruktury przekłada się na jakość przewozów pasażerskich w regionie, wykonano prostą ocenę połączeń, biorąc pod uwagę kryterium najkrótszego czasu przejazdu w wybranych relacjach. Analiza dotyczyła bezpośrednich połączeń kolejowych Łodzi z miastami powiatowymi województwa łódzkiego w obecnym jego podziale administracyjnym (obowiązującym do 1999 roku). Z analizy wyłączone zostały miasta powiatowe bez dostępu do sieci kolejowej normalnotorowej (Brzeziny, Rawa Mazowiecka) oraz miasta, do których w badanym okresie nie były uruchamiane pociągi bezpośrednie do i z Łodzi (Bełchatów, Wieluń, Wieruszów, Pajęczno). Ponadto ze względu na fakt, że siedzibą powiatu łódzkiego wschodniego jest Łódź, w analizie uwzględnione zostało miasto Koluszki jako największy ośrodek powiatu. W odniesieniu do Łodzi uwzględniono dane o czasach przejazdu z dworców Łódź Fabryczna, Łódź Kaliska oraz Łódź Chojny.

Okres analizy obejmował lata 1990–2015, to jest analogicznie, jak w odniesieniu do oceny charakterystyk infrastruktury. Dane dotyczące czasów przejazdu bezpośrednimi pociągami osobowymi określono w odstępach pięcioletnich, to jest dla lat 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 do roku 2015. Źródłem danych były sieciowe rozkłady jazdy za poszczególne lata. Dla każdej z analizowanych relacji określono parametry charakteryzujące czasy przejazdu: czas najkrótszy (minimalny), czas najdłuższy (maksymalny), a także wartość średnią 25-letnią. Wartość średnią 25-letnią wyznaczono w tym przypadku jako:

$$t_{s25} = \frac{t_{1990} + t_{1995} + \cdots + t_{2010} + t_{2015}}{6} \quad (4)$$

gdzie:

t_{1990} – czas przejazdu w grudniu 1990 roku,
t_{1995} – czas przejazdu w grudniu 1995 roku itd.

Najkrótsze czasy w wybranych latach (od 1990 roku co pięć lat) zawiera tabela 3.

Tabela 3

Najkrótsze czasy przejazdu w relacjach regionalnych w latach 1990–2015[h:min]

Relacja	Długość [km]	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Łódź–Pabianice	15	0:13	0:12	0:13	0:15	0:18	0:15
Łódź–Łask	32	0:30	0:30	0:32	0:37	0:39	0:33
Łódź–Zduńska Wola	43	0:41	0:40	0:45	0:51	0:53	0:45
Łódź–Sieradz	60	1:02	0:58	1:03	1:10	1:12	1:01
Łódź–Zgierz	11	0:11	0:10	0:11	0:12	0:13	0:11
Łódź–Łowicz Gł.	63	1:08	1:02	1:06	2:07	–	1:04
Łódź–Łęczyca	44	0:46	0:49	0:44	0:57	0:52	0:49
Łódź–Kutno	68	1:07	1:11	1:06	1:22	1:19	1:14
Łódź–Koluszki	27	0:34	0:32	0:35	0:35	0:32	0:30
Łódź–Skierniewice	67	1:20	1:16	1:15	1:29	1:10	1:05
Łódź–Piotrków Tryb.	66	1:18	1:46	–	–	1:13	0:58
Łódź–Radomsko	111	2:22	2:51	–	–	1:56	1:37
Łódź–Tomaszów Maz.	53	1:24	0:46	0:47	1:19	1:08	0:49
Łódź–Opoczno	79	–	1:41	1:40	–	–	1:22

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4 zawiera najkrótsze, najdłuższe i średnie wartości czasów przejazdu dla połączeń Łodzi z miastami powiatowymi, w obu kierunkach. Podane są także czasy przejazdu w rozkładzie jazdy ważnym od 13 grudnia 2015 roku (rozkład zamknięciowy ważny do 12 marca 2016 roku) i stosunki tych czasów do wartości średnich 25-letnich.

W okresie od 1990 do 2015 roku czasy przejazdu na odcinkach łączących Łódź z miastami powiatowymi ulegały istotnym zmianom. W przypadku niektórych z analizowanych połączeń regionalnych zaobserwowano duże wahania tych czasów, które spowodowane były zmianami stanu infrastruktury kolejowej, opisanego prędkościami maksymalnymi na poszczególnych odcinkach linii oraz występującymi ograniczeniami prędkości.

Relacje łączące Łódź z miastami powiatowymi można przyjąć jako reprezentatywną próbę połączeń regionalnych i aglomeracyjnych na terenie województwa. Czasy przejazdu w tych połączeniach w rozkładzie jazdy na lata 2015/2016 są jednymi z lepszych, a w wielu wypadkach wręcz najlepszymi, jakie kiedykolwiek na tych trasach osiągano. Duże skrócenie czasów przejazdu stało się możliwe przede wszystkim w efekcie inwestycji modernizacyjnych, inwestycji rewitalizacyjnych, prac remontowych oraz utrzymaniowych, jakie w ostatnich kilku latach wykonywane były na liniach kolejowych województwa. Drugim czynnikiem wpływającym na skrócenie czasów przejazdu była realizowana odnowa taboru: zakup elektrycznych zespołów trakcyjnych nowej generacji oraz modernizacja eksploatowanych EZT serii EN57 [1].

Tabela 4

Najkrótsze, średnie i najdłuższe czasy przejazdu w relacjach regionalnych w latach 1990–2015

Miasto	Odległość [Km]	t_{min} [h:min]	t_{s25} [h:min]	t_{max} [h:min]	t_{2015} [h:min]	t_{2015}/t_{s50}
Pabianice	15	0:12 0:12	0:14 0:14	0:18 0:18	0:15 0:16	1,09
Łask	32	0:30 0:29	0:33 0:33	0:39 0:40	0:33 0:35	1,01
Zduńska Wola	43	0:40 0:40	0:45 0:46	0:53 0:54	0:45 0:47	1,00
Sieradz	60	0:58 0:59	1:04 1:04	1:12 1:12	1:01 1:03	0,96
Zgierz	11	0:10 0:10	0:11 0:12	0:13 0:18	0:11 0:11	0,92
Łowicz	63	1:02 1:02	1:17 1:17	2:07 2:08	1:04 1:04	0,83
Łęczyca	44	0:44 0:46	0:49 0:51	0:57 0:59	0:49 0:50	0,98
Kutno	68	1:06 1:07	1:13 1:15	1:22 1:26	1:14 1:15	1,00
Koluszki	27	0:30 0:29	0:33 0:32	0:35 0:35	0:30 0:29	0,90
Skierniewice	67	1:05 1:06	1:15 1:15	1:29 1:29	1:05 1:06	0,86
Piotrków Tryb.	66	0:58 0:57	1:18 1:20	1:46 1:49	0:58 0:57	0,72
Radomsko	111	1:37 1:45	2:11 2:12	2:51 2:37	1:37 1:45	0,77
Tomaszów Maz.	53	0:46 0:49	1:02 1:02	1:24 1:23	0:49 0:49	0,79
Opoczno	79	1:22 1:21	1:34 1:33	1:41 1:42	1:22 1:21	0,87

Źródło: opracowanie własne

Historycznie najkrótsze czasy przejazdu pociągami regionalnymi lub aglomeracyjnymi są oferowane obecnie w następujących relacjach:

- Łódź–Koluszki oraz Koluszki–Łódź,
- Łódź–Skierniewice oraz Skierniewice–Łódź,
- Łódź–Piotrków Trybunalski oraz Piotrków Trybunalski–Łódź,
- Łódź–Radomsko oraz Radomsko–Łódź,
- Łódź–Tomaszów Mazowiecki oraz Tomaszów Mazowiecki–Łódź,
- Łódź–Opoczno oraz Opoczno–Łódź.

Warto ponadto zwrócić uwagę, że aktualne czasy przejazdu w pozostałych relacjach, to jest z Łodzi do Zgierza, Łowicza, Pabianic, Łaska, Zduńskiej Woli, Sieradza, Łęczycy oraz Kutna, są tylko o 1–8 minut dłuższe od czasów minimalnych. Ponadto w prawie wszystkich relacjach czasy przejazdu w rozkładzie 2015/2016 są krótsze od czasów średnich wieloletnich (t_{s25}). Wyjątkiem są połączenia do Pabianic, Łaska i Zduńskiej Woli, wykorzystujące odcinek linii nr 14, na którym prędkość maksymalna wynosi 70 km/h.

Wnioski

Stan infrastruktury jest najważniejszym czynnikiem warunkującym konkurencyjność kolejowych przewozów pasażerskich i towarowych. W artykule przeanalizowano zmiany stanu infrastruktury w województwie łódzkim w latach 1990–2015.

Fot. 3. Hala nowego dworca Łódź Fabryczna

Na podstawie wskaźników związanych z prędkościami maksymalnymi, ograniczeniami prędkości oraz dopuszczalnymi naciskami osi można zauważyć, że infrastruktura kolejowa na terenie województwa łódzkiego ulegała w okresie od 1990 roku systematycznej degradacji, której najbardziej odczuwalnymi przejawami były zmniejszanie prędkości maksymalnych i rosnąca liczba stałych ograniczeń prędkości na wielu ważnych odcinkach linii. Widoczny efekt poprawy przyniosło dopiero zrealizowanie w ostatnich kilku latach inwestycji modernizacyjnych i rewitalizacyjnych, zarówno liniowych, jak i punktowych (dotyczących w szczególności rozjazdów oraz przejazdów w poziomie szyn), a także zwiększenie zakresu robót remontowych i utrzymaniowych.

Fot. 4. Peron nowego dworca Łódź Fabryczna

Działania służące poprawie stanu infrastruktury kolejowej w województwie łódzkim, podobnie jak w całym kraju, są obecnie kontynuowane w ramach Krajowego Programu Kolejowego. Szczególne znacznie dla województwa będzie miała w szczególności rozpoczynająca się właśnie modernizacja odcinka linii nr 14 między Łodzią Kaliską a Zduńską Wolą a także rewitalizacja linii nr 16 od Zgierza do Kutna. Poza poprawą odcinków istniejących Program zawiera także kluczową dla całego regionu budowę linii średnicowej, która udostępni Dworzec Fabryczny dla pociągów z kierunku zachodniego i północnego.

Stan infrastruktury na poszczególnych liniach województwa jest skorelowany z czasami przejazdu pociągów. Jest to dobrze widoczne na przykładzie relacji pociągów regionalnych łączących stolicę województwa z miastami powiatowymi [4].

Osiągnięcie lepszej niż dotychczas jakości infrastruktury kolejowej, a także poprawa dostępności do centrum Łodzi w wyniku budowy linii średnicowej, w połączeniu z zakupem nowych pojazdów szynowych przez Łódzką Kolej Aglomeracyjną, powinny przyczynić się do skokowego zwiększenia roli transportu szynowego w obsłudze aglomeracji.

Literatura

1. Graff M., Raczyński J., *Zespoły Flirt3 dla PKP Intercity*, „Technika Transportu Szynowego", 2016, nr 1–2.
2. Massel A., *Czasy przejazdu w relacjach międzyaglomeracyjnych a stan infrastruktury kolejowej,* „Logistyka", 2015, nr 4.
3. Massel A., *Ewolucja stanu infrastruktury kolejowej w Polsce w latach 1990–2014,* „Logistyka", 2014, nr 4.
4. Łódzki Węzeł Kolejowy – stan obecny i perspektywy rozwoju, red. A. Massel, Instytut Kolejnictwa, Warszawa 2016.
5. Poliński J., Piwowar B., *Ograniczenia prędkości na liniach kolejowych a wielkość emisji* CO_2, „Problemy Kolejnictwa", 2009, nr 148.
6. Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju z dnia 20 października 2015 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych i bocznic kolejowych z drogami oraz ich usytuowanie. Dz.U. 2015, poz. 1744.
7. Rozporządzenie ministra infrastruktury i rozwoju z dnia 5 czerwca 2014 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie. Dz.U. 2014, poz. 867.
8. *Wąskie gardła na sieci kolejowej {raport z badań}*, Związek Niezależnych Przewoźników Kolejowych. Warszawa, maj 2012.
9. *Wieloletni Program Inwestycji Kolejowych do roku 2015*, Uchwała Rady Ministrów nr 196/2013 z dnia 5.11.2013 r.

MARCIN PAJĄK
mgr inż., Łódzka Kolej Aglomeracyjna sp. z o.o., al. Piłsudskiego 12, 90-051 Łódź,
marcin.pajak@lka.lodzkie.pl
ANDRZEJ SOCZÓWKA
dr, Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec,
andrzej.soczowka@us.edu.pl

Synchronizacja linii tramwajowych na przykładzie Zagłębia Dąbrowskiego[1]

Streszczenie: Problem synchronizacji linii tramwajowej omówiono na przykładzie Zagłębia Dąbrowskiego, wschodniej części sieci łączącej 13 miast konurbacji katowickiej. Na tej części sieci linie kursują z różnymi modułami częstotliwości, co uniemożliwia dobrą koordynację. Dodatkową barierę stanowią odcinki jednotorowe z mijankami. Artykuł zawiera uproszczoną metodykę postępowania przy ocenie możliwości i kosztów remarszrutyzacji sieci tramwajowych. Opisane w nim zostały podstawowe zasady synchronizacji linii. W oparciu o przedstawioną metodykę przygotowano projekt nowej synchronizacji linii – odpowiedź na pytanie: czy dla tej części sieci korzystniejszy jest wariant modułów 15- i 20-minutowych, czy też jest możliwość techniczna i finansowa wprowadzenia w godzinach szczytu modułów 10-minutowych? Uwzględniając bariery infrastrukturalne, dla obydwu wariantów przeanalizowano: poziom i jakość oferty na głównych ciągach komunikacyjnych, wielkość pracy eksploatacyjnej w ujęciu tygodniowym, zapotrzebowanie na tabor i czas pracy kierujących oraz szacunkowe koszty reformy w podziale na jednostki administracyjne. Przedstawiono również tabele koordynacji linii w modułach 10-, 15- i 20-minutowych. Badania wykazały, że wprowadzenie w Zagłębiu Dąbrowskim jednolitych, przyjaznych pasażerowi częstotliwości kursowania tramwajów nie jest możliwe bez dodatkowych inwestycji infrastrukturalnych.
Słowa kluczowe: komunikacja zbiorowa, komunikacja tramwajowa, synchronizacja.

Wprowadzenie

Funkcjonująca od 1894 roku sieć tramwajowa w konurbacji katowickiej to jeden z największych systemów na świecie. Jest to system międzymiastowy, łączący 13 miast konurbacji katowickiej. Składa się z podsystemów funkcjonujących w obrębie historycznych regionów: górnośląskiego i zagłębiowskiego. Historię tramwajów w tym regionie można podzielić na cztery etapy [3]:

1. początki komunikacji tramwajowej na Górnym Śląsku przed I wojną światową;
2. okres międzywojenny, czyli funkcjonowanie tramwajów na terenie dwóch państw i uruchomienie tramwajów w Zagłębiu Dąbrowskim;
3. okres wspólnej organizacji komunikacji tramwajowej i autobusowej w ramach gospodarki planowej;
4. okres regresu komunikacji tramwajowej po 1991 roku.

Po wejściu Polski do Unii Europejskiej transport publiczny zyskał dostęp do dodatkowych środków w ramach funduszy strukturalnych. Same inwestycje infrastrukturalne i taborowe nie stanowią antidotum na wszystkie problemy komunikacyjne, zwłaszcza w sytuacji, gdy wiele z nich ma charakter odtworzeniowy. Aby zachęcić pasażera do korzystania z komunikacji tramwajowej, konieczne jest stworzenie atrakcyjniejszej oferty.

Jako obszar do analizy możliwości poprawy oferty poprzez lepszą koordynację rozkładów jazdy wybrano wschodnią część sieci tramwajowej – Zagłębie Dąbrowskie. Na tej części sieci linie kursują z różnymi modułami częstotliwości, co uniemożliwia dobrą koordynację. Dodatkowym utrudnieniem są sztywne ograniczenia ruchowe w postaci odcinków jednotorowych z mijankami. Tylko trzy linie (15, 21 i 28) są w całości dwutorowe. Kształt sieci, przebieg linii, odcinki jednotorowe (wraz z czasami przejazdu pomiędzy mijankami) i dwutorowe oraz rozmieszczenie mijanek prezentuje rycina 1.

Historyczne śląsko-zagłębiowskie animozje znalazły swoje odzwierciedlenie również na sieci tramwajowej. W momencie przejęcia organizacji komunikacji tramwajowej przez KZK GOP w 1999 roku tempo i zakres redukcji pracy eksploatacyjnej w Zagłębiu Dąbrowskim był znacznie większy niż na pozostałych częściach sieci. Obliczenia dokonane na podstawie archiwalnych i współczesnych rozkładów jazdy dowiodły, że w latach 1999–2016 praca eksploatacyjna w skali całej sieci zmniejszyła się o 29% – z 24,0 mln do 17,1 mln wkm, ale w samym Zagłębiu Dąbrowskim poziom ograniczeń był wyższy – praca eksploatacyjna uległa ograniczeniu o 42%, tj. z 7,56 mln do 4,38 mln wkm. Z perspektywy kilkunastu lat śmiało można stwierdzić, że chociaż problem finansowania komunikacji miejskiej w konurbacji katowickiej miał charakter globalny, to inne części sieci tramwajowej ratowano kosztem zagłębiowskich miast.

Postawiono zatem następujące pytanie problemowe: czy dla poprawy jakości oferty tramwajowej w Zagłębiu Dąbrowskim korzystniejsze – od obecnych rozwiązań – jest stosowanie modułu częstotliwości 15-minutowej w ciągu dnia i 20-minutowej wieczorem i w dni wolne od pracy, czy też jest jeszcze techniczna i finansowa możliwość wzmocnić częstotliwość w godzinach szczytu do 10-minutowej? Czy konieczne są zmiany tras i tworzenie nowych połączeń? Jakie będą w obydwu przypadkach koszty poprawy jakości? W celu odpowiedzi na powyższe pytania dla obydwu wariantów dokonano porównania:

- poziomu i jakości oferty na głównych ciągach komunikacyjnych,
- wielkości pracy eksploatacyjnej w ujęciu tygodniowym,
- zapotrzebowania na tabor i czas pracy kierujących,

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2017. Wkład autorów w publikację M. Pająk 50%, A. Soczówka 50%.

- szacunkowych kosztów reformy w podziale na jednostki administracyjne.

Tym samym artykuł zawiera uproszczoną metodykę postępowania przy ocenie możliwości i kosztów remarszrutyzacji sieci tramwajowych. Od strony terminologicznej należy wyjaśnić, że poszczególne tramwaje w ruchu, nazywane na różnych sieciach brygadami, wozami, rozkładami lub kolejnościami, na tej sieci nazywane są pociągami.

Zasady wprowadzania zmian na sieciach tramwajowych

Opracowanie założeń remarszrutyzacji sieci tramwajowej to działanie wieloetapowe. Pierwszy etap to ocena uwarunkowań formalnoprawnych przeprowadzenia reformy. Jest to przegląd planów zrównoważonego rozwoju transportu publicznego, umów zawartych z gminami czy też innych dokumentów strategicznych, w których określone mogą być różne uwarunkowania dotyczące: spraw finansowych, poziomu pracy eksploatacyjnej, dopuszczalnego zakresu zmian, poziomu oferty na wybranych ciągach, przypisania taboru do określonych linii czy też innych uwarunkowań wynikających z trwałości projektów inwestycyjnych dofinansowanych ze środków unijnych.

Etap drugi dotyczy oceny możliwości infrastruktury technicznej. Szczególne znaczenie ma tutaj prawidłowa identyfikacja „wąskich gardeł" oraz stan i moc infrastruktury zasilającej. Podstawowe ograniczenia ruchowe to: odcinki jednotorowe, pętle z ograniczoną liczbą torów i możliwościami wyprzedzania, skrzyżowania z sygnalizacją świetlną ograniczającą przepustowość ruchu tramwajów czy przystanki o dużej wymianie pasażerów. Tramwaje w ruchu miejskim na niewydzielonych torowiskach również podlegają kongestii, a sygnalizacje świetlne bez priorytetu w ruchu potrafią istotnie opóźnić pojazd, toteż diagnozując sytuację infrastruktury, należy przyjąć, że pojazdy w stosunku do rozkładu jazdy nie zawsze będą poruszać się planowo i konieczne jest pozostawienie rezerw przepustowości.

Trzeci etap dotyczy potencjału taborowego i zasobów kadrowych przewoźnika. W przeciwieństwie do rynku autobusowego możliwości pozyskania dodatkowego używanego taboru są tutaj bardzo ograniczone. Wyłączenie z eksploatacji na dłuższy okres większej liczby wagonów sprawi, że będą one traktowane jako magazyn części zamiennych i ponowne przywrócenie ich do ruchu będzie trudne i kosztowne. W przypadku zmian liczby kierujących trzeba uwzględnić dwa elementy: czas potrzebny na przeszkolenie dodatkowych pracowników, a przy znaczącej redukcji etatów – protesty silnych w spółkach komunalnych związków zawodowych.

Etapy tworzenia rozkładu jazdy opisane są m.in. w [5] i obejmują: badania marketingowe potrzeb przewozowych lub popytu, ustalenie tras linii, określenie charakteru linii w zakresie liczby przystanków i okresu kursowania, obliczenie międzyprzystankowych czasów jazdy, wybór standardów częstotliwości dla poszczególnych rodzajów dni tygodnia i okresów doby, zbudowanie tabeli koordynacji, wyznaczenie odjazdów z przystanków końcowych, łączenie kursów w brygady, a brygad w zadania, sporządzenie rozkładów jazdy dla przewoźników, kierowców, służb dyspozytorskich, kontrolnych i druk tabliczek przystankowych.

Realizacja zgłaszanych na rynku usług przewozowych postulatów to umiejętność znalezienia kompromisu pomiędzy wzajemnie wykluczającymi się postulatami. Pasażerowie z jednej strony oczekują bezpośrednich połączeń, z drugiej – wysokiej częstotliwości kursowania; akceptowalność przesiadek jest raczej niska. Pasażerowie oczekują wysokiego komfortu podróży, bezpieczeństwa, a jednocześnie niskich cen biletów, zbliżonego czasu podróży do czasu jazdy samochodem i krótkiego czasu oczekiwania na przystankach. Wraz ze wzrostem poziomu motoryzacji rosną oczekiwania jakościowe pasażerów nie posiadających uprawnień do ulgowych lub bezpłatnych przejazdów. W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele opracowań dotyczących rangi poszczególnych postulatów przewozowych, również porównywanych pomiędzy poszczególnymi sieciami komunikacyjnymi, np. [4], [9], [10], [11].

Komunikacja tramwajowa ma jeszcze jedną istotną cechę – stosunkową łatwość do nauczenia się i zrozumienia układu komunikacyjnego. Osobom nie korzystającym regularnie z komunikacji miejskiej, osobom o niższym stopniu orientacji przestrzennej, turystom łatwiej jest poruszać się tramwajami niż autobusami. Stąd też układy tras tramwajowych powinny cechować się maksymalną prostotą i czytelnością, a jednocześnie jak największą trwałością w czasie. Stałe zmiany w układach tras powinny być wprowadzane jak najrzadziej. Na końcowych odcinkach tras o niewielkich przewozach dla zmniejszenia liczby linii kursy można wariantować; takie rozwiązania stosowane są na przykład w Warszawie, Gdańsku, Łodzi lub czeskiej Pradze.

Obsługę komunikacyjną każdego ciągu może zapewniać jedna linia bądź też kilka linii kursujących ze sobą w sposób skoordynowany. Dokonując remarszrutyzacji, bazujemy na istniejącym już układzie komunikacyjnym, w którym są wykształcone relacje, trasy podróży, zachowania komunikacyjne i przyzwyczajenia pasażerów przekładające się na określone wielkości przewozów. Za podstawową zasadę każdej reformy powinno przyjmować się, tak jak w medycynie: „primum non nocere" (po pierwsze nie szkodzić). Szczególnie toksyczne przy tego typu reformach są podmioty lub osoby, które, korzystając z okazji, za wszelką cenę chcą przeforsować własną wizję, często szkodliwą i utopijną.

„Uwzględnianie jednostkowych skarg i wniosków nie może stanowić wyłącznej podstawy do kształtowania oferty przewozowej. Model ten prowadzi bowiem do sytuacji, w której dla pojedynczego, ale aktywnego w dochodzeniu do swoich racji pasażera, może zostać zmieniona oferta przewozowa, komplikując lub zniechęcając do korzystania z usług przewoźnika kilkadziesiąt innych osób". [1, s. 29]. Prawidłowo przeprowadzona synchronizacja rozkładów jazdy poprawia efektywność funkcjonowania transportu publicznego [13].

W literaturze przedmiotu brakuje dobrych opracowań, które stanowiłyby wsparcie merytoryczne w kwestiach synchronizacji rozkładów jazdy na sieciach tramwajowych. Wiele cennych wskazówek dotyczących zasad organizacji komunikacji miejskiej i synchronizacji rozkładów jazdy można znaleźć w pracach [5] [6] [7], ale publikacje te w dużej mierze dotyczą jednak komunikacji autobusowej. Nieśmiałą próbą było opracowanie [8], w którym poruszono problem synchronizacji rozkładów jazdy linii tramwajowych.

Powstałą niszę rynkową próbują jednak wykorzystać firmy consultingowe, a na rynku wydawniczym pojawiły się nierecenzowane opracowania o wątpliwej jakości merytorycznej. Na dowód trzy przykłady rażących błędów merytorycznych, znalezione w jednej z takich prac, wraz komentarzem dotyczącym górnośląsko-zagłębiowskiej sieci:

- „skorzystanie z trójkąta manewrowego jest zdecydowanie bardziej czasochłonne, niż objechanie łuku klasycznej pętli, ponadto wiąże się z opuszczaniem kabiny przez motorniczego i dwukrotnym przestawianiem zwrotnic" [2, s. 341] – na trójkącie torowym Sosnowiec Środula Okrzei manewry zabezpiecza regulator ruchu, zwrotnice automatycznie wracają do właściwego położenia po przejeździe tramwaju, motorniczy nie musi opuszczać w trakcie zawracania kabiny;
- „największym mankamentem odcinków jednotorowych jest fakt, że w tym samym czasie na tym samym odcinku może znajdować sie tylko jeden pociąg, zdążający w danym kierunku" [2, s. 509] – na odcinku Świętochłowice Lipiny–Chebzie Pętla rozkład jazdy w obydwu kierunkach przewiduje jednoczesny przejazdy linii 1 i 17 lub 11 i 17, a incydentalnie na krótkiej części tego odcinka jednotorowego (przejazd pod wiaduktem) przemieszcza się linia 9 w kierunku tym samym lub przeciwnym;
- „współcześnie wszystkie odcinki jednotorowe są zabezpieczane poprzez sygnalizację świetlną, podobną do stosowanej w przypadku ruchu wahadłowego w transporcie drogowym" [2, s. 509] – ruch tramwajów na odcinkach jednotorowych zabezpieczany jest na cztery sposoby: stałe mijanki wyznaczone w rozkładzie jazdy (bez żadnej sygnalizacji), sygnalizacja ręczna przełączana przez motorniczych (wygaszony sygnał oznacza zajętość odcinka jednotorowego) oraz sygnalizacje przekaźnikową, w której tramwaj np. za pomocą pantografu (przejazd przez kontakt na sieci trakcyjnej) włącza sygnalizację; stosowana jest również sygnalizacja ślizgowa, dopuszczająca jednoczesny wjazd dwóch kolejnych tramwajów na odcinek jednotorowy [por. 3, s. 62–63].

W literaturze przedmiotu nie ma syntetycznie zebranych zasad koordynacji linii tramwajowych, ale najczęściej stosuje się następujące założenia:

- dążymy do tego, aby na poszczególnych ciągach tramwaje kursowały naprzemienne, a odstępy pomiędzy poszczególnymi kursami były zbliżone;
- dla ułatwienia koordynacji na całej sieci, w miarę możliwości, w określonych porach dnia stosujemy te same moduły częstotliwości lub ich wielokrotności; moduły częstotliwości mogą zmieniać się w trakcie dnia, dla ułatwienia zapamiętywania rozkładu jazdy powinny być stosowane moduły powtarzalne w godzinie (7' / 8', 10' , 12', 15', 20' itp.);
- na poszczególnych liniach powinien kursować tabor o jednakowej lub zbliżonej pojemności, przy dobrej ofercie pasażerowie potrafią się w newralgicznych momentach dostosować i korzystać z linii o pojemniejszym taborze;
- na każdym ciągu pojawiają się linie jadące z różnych kierunków i nie jest możliwa idealna koordynacja (warunki koordynacji wzajemnie wykluczają się), dlatego należy dążyć do rozwiązań kompromisowych (np. 8' / 12' czy 7' / 13' zamiast 10' / 10'), aby na każdym ciągu uzyskać możliwie najbardziej optymalny układ kursów;
- na niektórych sieciach występują dodatkowe uwarunkowania techniczne – utrudnienia w koordynacji w postaci odcinków jednotorowych z mijankami lub pętli z ograniczoną liczbą torów (gdzie tramwaje powinny odjechać w takiej samej kolejności, w jakiej przyjechały);
- należy dążyć do tworzenia skomunikowań na węzłach i umożliwiania przesiadek między liniami, zwłaszcza w godzinach wieczornych i nocnych, ponadto przy niektórych generatorach przewozów (np. duże zakłady pracy) konieczne jest dostosowywanie godzin odjazdów i przyjazdów pod ich lokalne potrzeby.

Projekt nowej synchronizacji linii tramwajowych w Zagłębiu

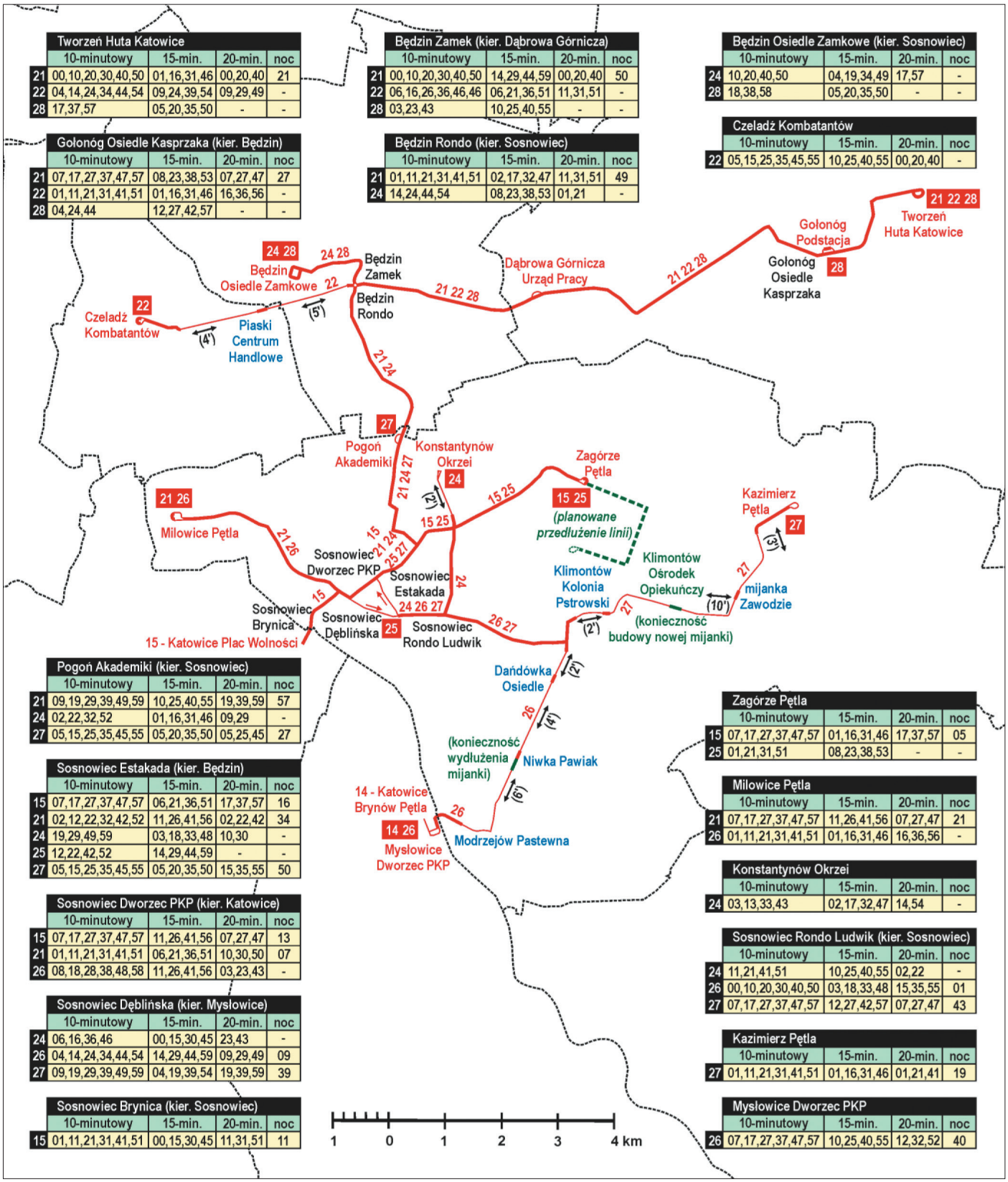
Na obszarze Zagłębia Dąbrowskiego funkcjonuje obecnie 6 linii tramwajowych (rys. 1). Zdaniem autorów, pomimo pojawiających się co jakiś czas postulatów i propozycji tworzenia nowych połączeń, na tej części sieci nie jest konieczna zmiana tras, a usprawnień należy dokonywać poprzez poprawę oferty na poszczególnych liniach. Nowe linie osłabiłyby jedynie potencjał istniejących już połączeń. Dlatego obydwa warianty projektu przewidują jedynie niewielkie zmiany: wydłużenie szczytowych kursów linii 28 do Huty Katowice (w godzinach szczytu zdarzają się przepełnienia na liniach 21 i 22 do Huty Katowice) i rezygnację z sobotnich wydłużonych kursów linii 27 do Urzędu Pracy w Dąbrowie Górniczej.

Częstotliwości kursowania linii tramwajowych w Zagłębiu kształtują się następująco:

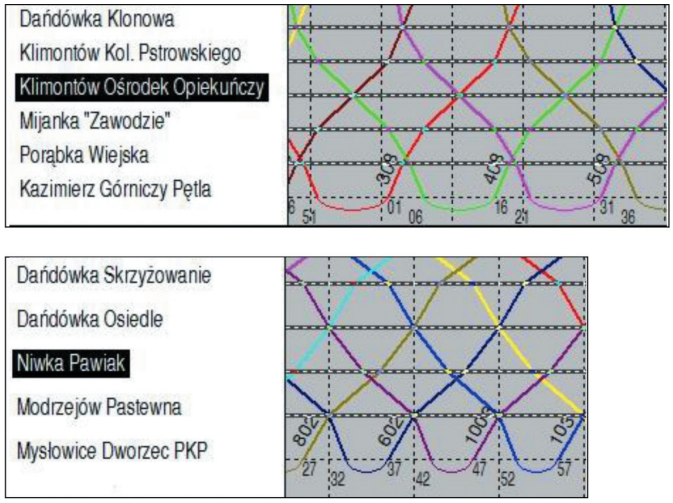
- na początku 1999 roku: w dni robocze linie 22, 26 i 28 kursowały co 10 minut, linia 24 – co 14 minut, linie 21 i 27 – co 16 minut, linia 15 – co 20 minut, linia 25 – co 30 minut; w dni wolne od pracy linia 21 kursowała co 16 minut, linie 15, 22 i 26 – co 20 minut, linia 25 – co 30 minut, linia 24 – co 42 minuty, a linia 28 nie była uruchamiana;
- pod koniec 2016 roku: w dni robocze linia 26 kursowała co 12 minut, linia 15 – co 15 minut, linie 21, 22, 24, 27 i 28 – co 20 minut; linia 15 kursowała w soboty

co 15 minut, w niedziele i święta – co 30 minut; linie 21, 22, 24, 26 i 27 kursowały w dni wolne od pracy co 20 minut, linia 28 w dni wolne od pracy nie jest uruchamiana, ponadto na wszystkich kursujących liniach wieczorem oraz w niedziele i święta częstotliwość jest ograniczana do 30-minutowej.

Wariant I projektu przewiduje kursowanie linii 15, 21, 22, 26 i 27 w dni robocze do godzin wieczornych i w soboty od godziny 9 do 14 co 15 minut, a w pozostałych porach co 20 minut. Wyjątkiem byłyby linie 24 – kursująca w soboty co 30 minut oraz linia 28 – ograniczana tylko do godzin szczytu dni roboczych. Wariant II



Rys. 1. Schemat sieci tramwajowej Zagłębia Dąbrowskiego wraz z wynikiem koordynacji linii
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Fragmenty wykresów ruchu potwierdzające konieczność inwestycji w infrastrukturę torową
Źródło: opracowanie własne

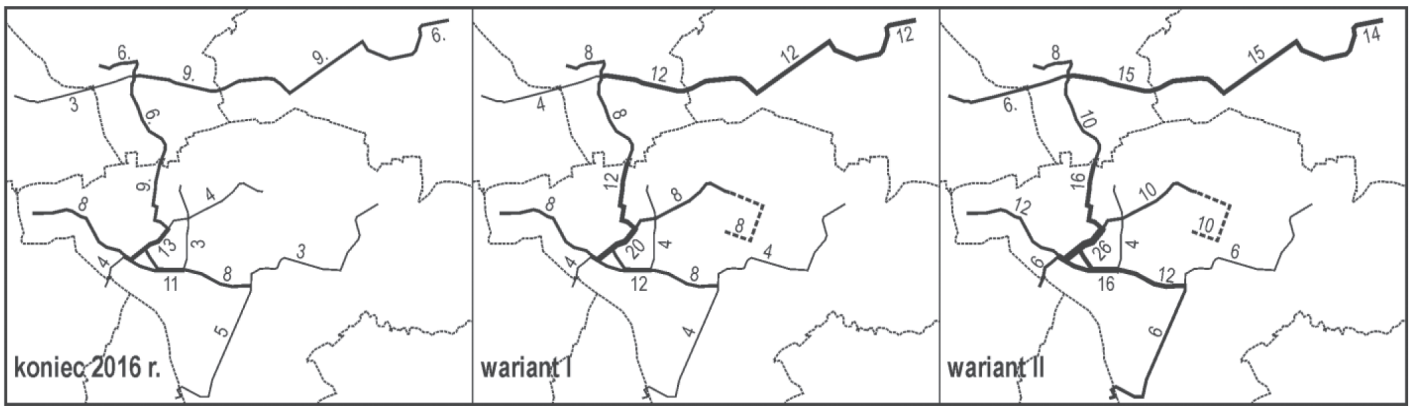
przewiduje dodatkowo w dni robocze zwiększenie częstotliwości kursowania 5 podstawowych linii w godzinach 6–8 i 14–16 do 10-minutowej. W razie potrzeby godziny te można wydłużyć. Linia 28 kursowałaby dodatkowo w międzyszczycie co 30 minut. Po otwarciu nowego odcinka sieci w Zagórzu autorzy w obydwu wariantach proponują uruchomienie dodatkowej linii 25, kursującej średnio w godzinach szczytu co 15 minut, początkowo jako szczytowej, docelowo po wzroście przewozów i poprawie przychodowości – jako całodziennej. Z racji braku możliwości koordynacji częstotliwości 10-minutowej i 15-minutowej, dla linii 24 i 25 zaproponowano rozwiązanie 4 kursów na godzinę w takcie 10/20 minut.

Wszystkie rozpatrywane warianty i poszukiwane możliwości koordynacji linii w Zagłębiu Dąbrowskim wykazały konieczność dobudowania mijanki na linii 27 w Sosnowcu Klimontowie w okolicach dawnego wiaduktu nad linią do kopalni lub wiaduktu nad drogą ekspresową S1. W przypadku linii 26 dla przywrócenia częstotliwości 10-minutowej niezbędne jest ponadto przedłużenie mijanki Niwka Pawiak w kierunku Mysłowic, do wysokości odsuniętych od drogi bloków (rys. 2). Przygotowana tablica koordynacji (rys. 1) potwierdziła natomiast, że przy dokonanych ww. inwestycjach dla wszystkich zagłębiowskich linii możliwe jest dokonanie synchronizacji na poszczególnych ciągach z akceptowalnymi wynikami. Bez tych dodatkowych, niewielkich inwestycji infrastrukturalnych nie jest możliwe wprowadzenie jednolitych, przyjaznych pasażerowi modułów częstotliwości. Obecna infrastruktura umożliwia dobrą synchronizację linii jedynie na modułach 20-minutowych lub niższych (np. 25- czy 30-minutowych).

Wprowadzenie na sieci modułu 15-minutowego (wariant I) nieznacznie poprawiłoby ofertę na sieci (rys. 3). Przy zastosowaniu jednakowych modułów częstotliwości poprawieniu ulega regularność kursowania tramwajów na poszczególnych ciągach, przy zbliżonej liczbie kursów. Traciłby jedynie odcinek linii 26 Dańdówka–Mysłowice, gdyż zmniejszałaby się liczba kursów z 5 do 4 na godzinę, ale byłoby to rekompensowane taborem niskopodłogowym o większej pojemności. Istotną poprawę jakościową widać dopiero przy wdrożeniu wariantu II. Istotną poprawę oferty odczuliby natomiast mieszkańcy Zagórza po wydłużeniu trasy i uruchomieniu nowej linii.

Praca eksploatacyjna wykonywana w 1999 roku na zagłębiowskiej części sieci wynosiła 146 tysięcy wkm tygodniowo. Przez kilkanaście lat zredukowano ją o ponad 40% do poziomu 85 tysięcy wkm tygodniowo. Przeprowadzone obliczenia uwzględniające na podstawie przygotowanych rozkładów jazdy (tabela 1, tabela 2) wykazały, że wprowadzenie 15-minutowych modułów częstotliwości w stosunku do stanu obecnego powodowałoby zwiększenie pracy eksploatacyjnej tygodniowo jedynie o 13,5 tysiąca wkm, tj. o 13%, co jest w dużej mierze konsekwencją uwzględnienia wydłużenia trasy w Zagórzu i skierowania tam dodatkowej linii.

Znacznie kosztowniejszy jest wariant II projektu, powodujący wzrost pracy eksploatacyjnej o 26,1 tysiąca wkm tygodniowo, tj. o 30,6%. Ponadto w wariancie II dochodzi problem znaczącego wzrostu pracy eksploatacyjnej w poszczególnych gminach, np. o ponad 30% w Czeladzi czy w Sosnowcu. Tak duży jednorazowy wzrost pracy eksploatacyjnej stanowi istotną barierę wdrożeniową reformy. Wariant ten wymaga także przebudowy niedawno remontowanego przystanku Sosnowiec Estakada na dwustanowiskowy z uwagi na ograniczoną przepustowość sygnalizacji świetlnej.



Rys. 3. Porównanie projektowanej oferty w dni robocze w godzinach szczytu ze stanem obecnym
Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Porównanie pracy eksploatacyjnej i zapotrzebowania na tabor w ujęciu tygodniowym

Nr linii	Obsada taborowa	Praca eksploatacyjna [wzkm]	Zapotrzebowanie na pracowników [roboczogodz]
Stan początkowy – 1999 rok			
15*	6 poc. 2x105N	9 052,80	731,82
21	9 poc. 2x105N	57 218,10	1 101,33
22	10 poc. 105N	19 253,10	1 023,08
24	3 poc. 105N	3 698,56	279,63
25**	3 poc. 105N	6 680,45	354,43
26	10 poc. 105N	16 149,60	966,80
27	8 poc. 2x105N	26 351,35	815,33
28	8 poc. 105N	7 425,00	365,17
Suma	23 poc. 2x105N, 34 poc. 105N **(57 pociągów)**	**145 828,96**	**5 637,60**
Stan aktualny – koniec 2016 roku			
15*	7 poc. 2012N	7 449,90	941,17
21	4 poc. MF16, 1 poc. 105HF, 2 poc. 105N, 1 poc. 2x105HF	20 404,50	1 105,75
22	3 poc. 105HF, 3 poc. 105N	12 949,25	809,83
24	6 poc. 105N	8 768,70	665,85
26	10 poc. E1	15 393,20	1 051,15
27	1 poc. 105HF, 5 poc. 2x105N	15 816,95	784,68
28	5 poc. 105N	4 475,75	293,75
Suma	7 poc. 2012N, 4 poc. MF16, 10 poc. E1, 1 poc. 2x105HF, 5 poc. 2x105N, 5 poc. 105HF, 16 poc. 105N **(48 pociągów)**	**85 258,25**	**5 652,18**
Wariant I			
15*	7 poc. 2012N, 1 poc. 2018N	10 662,40	1 246,41
21	4 poc. MF16, 6 poc. 2018N	24 205,05	1 300,95
22	6 poc. E1, 1 poc. 105HF	16 079,90	839,83
24	7 poc. 105HF	9 720,55	701,38
25***	3 poc. 2x105N	4 302,00	166,61
26	8 poc. 2018N	14 643,00	987,07
27	4 poc. E1, 3 poc. PT8N, 1 poc 2x105HF	14 917,05	987,88
28	4 poc. 105HF, 2 poc. 105NK	4 177,75	221,50
Suma	7 poc. 2012N, 15 poc. 2018N, 4 poc. MF16, 3 poc. PT8N, 10 poc. E1, 12 poc. 105HF, 2 poc 105NK, 1 poc. 2x105HF, 3 poc. 2x105N **(57 pociągów)**	**98 707,70**	**6 451,64**
Wariant II			
15*	8 poc. 2012N, 4 poc. 2018N	12 834,09	1 417,86
21	4 poc. MF16, 6 poc. 2018N, 5 poc 105N	27 977,55	1 503,45
22	6 poc. E1, 1 poc. 105HF, 2 poc. 105N	18 650,40	1 018,00
24	7 poc. 105HF	9 720,55	701,47
25***	4 poc. 2x105N	4 843,56	169,43
26	8 poc. 2018N, 2 poc. PT8N	16 790,25	1 120,07
27	4 poc. E1, 3 poc. PT8N, 1 poc 2x105HF, 3 poc. 105NK	16 528,05	1 071,38
28	3 poc. 105HK, 2 poc. 105NK	4 017,75	242,25
Suma	8 poc. 2012N, 18 poc. 2018N, 4 poc. MF16, 5 poc. PT8N, 10 poc. E1, 1 poc. 2x105HF, 4 poc. 2x105N, 13 poc. 105HF, 5 poc. 105NK, 7 poc. 105N **(75 pociągów)**	**111 362,20**	**7 243,90**

Objaśnienia: * – praca eksploatacyjna dla linii 15 liczona tylko na odcinku Zagórze Pętla – granica miasta Sosnowiec, ale roboczogodziny pracy motorniczych w celach porównawczych liczone są na całej trasie; ** – linia 25 została zlikwidowana 1 kwietnia 2006 roku; ***– nowa linia relacji Sosnowiec Zagórze–Sosnowiec Dworzec PKP, uruchomiona po przedłużeniu linii tramwajowej w Zagórzu
Typy taboru: 105N – pojedynczy wagon Konstal 105N; 2x105N – dwuwagonowe pociągi Konstal 105N; E1 – wagon SGP / Lohner E1; 105NK, 105HF – pojedynczy zmodernizowany wagon Konstal 105N; 2x105HF – dwuwagonowe pociągi zmodernizowanych Konstal 105N (doczepa bez kabiny); MF16 – częściowo niskopodłogowy wagon Moderus Beta; PT8N – zmodernizowany częściowo niskopodłogowy wagon Duewag Pt; 2012N – niskopodłogowy wagon Pesa Twist; 2018N – proponowane oznaczenie dla nowego niskopodłogowego taboru zakupionego ze środków z perspektywy finansowej na lata 2014–2020.

Tabela 2

Porównanie pracy eksploatacyjnej i kosztów w podziale na gminy w ujęciu tygodniowym

	Będzin	Czeladź	Dąbrowa Górn.	Sosnowiec*	Razem
Praca eksploatacyjna [wkm] (5 dni roboczych + 1 sobota + 1 niedziela)					
Koniec 2016 roku	14 283,55	2 064,40	18 116,70	50 793,60	85 258,25
Wariant I projektu	15 862,20	2 662,40	21 553,25	54 197,85	94 275,70
	(+1 578,65)	(+598,00)	(+3 436,55)	(+3 404,25)	(+9 017,45)
(+ nowa trasa w Zagórzu)	15 862,20	2 662,40	21 553,25	58 629,85	98 707,70
	(+1 578,65)	(+598,00)	(+3 436,55)	(+7 836,25)	(+13 449,45)
Wariant II projektu	17 694,20	3 000,40	24 243,25	61 432,35	106 370,20
	(+3 410,65)	(+936,00)	(+6 126,55)	(+10 638,75)	(+21 111,95)
(+ nowa trasa w Zagórzu)	17 694,20	3 000,40	24 243,25	66 424,35	111 362,20
	(+3 410,65)	(+936,00)	(+6 126,55)	(+15 630,75)	(+26 103,95)
Koszt w ujęciu tygodniowym [zł]					
Koniec 2016 roku	159 040,48	22 369,00	203 871,76	557 830,95	943 112,19
Wariant I projektu				679 113,83	1 154 187,81
(+ nowa trasa w Zagórzu)	188 410,88	28 301,31	258 361,78	740 142,47	1 215 216,45
Wariant II projektu				762 342,87	1 287 365,99
(+ nowa trasa w Zagórzu)	206 656,01	31 894,25	286 472,86	831 082,71	1 356 105,83

Objaśnienia: * – praca eksploatacyjna dla linii nr 26 w całości przypisana do gminy Sosnowiec

Największy koszt niesie za sobą wprowadzenie do ruchu nowego taboru. W tym miejscu konieczne jest wyjaśnienie metodyczne. Prezentowany w tabeli 2 koszt uruchomienia oferty tramwajowej w ujęciu tygodniowym w podziale na gminy nie jest faktycznym kosztem dla gmin, ponieważ elementem zmiennym są przychody z biletów, które metodami statystycznymi rozdzielane są na poszczególne linie komunikacyjne i pomniejszają przedstawione czysto eksploatacyjne koszty uruchomienia oferty przez przewoźnika tramwajowego.

W 1999 roku na potrzeby obsługi zagłębiowskich linii uruchamianych było 57 pociągów, zestawionych z 80 wagonów, a wskaźnik ukrotnienia wynosił 1,39. Obecnie uruchamianych jest 48 pociągów przy wskaźniku ukrotnienia 1,05. Porównanie rozkładów jazdy z 1999 i 2016 roku prowadzi do ciekawych wniosków. Okazuje się, że pomimo redukcji liczby pociągów zwiększeniu uległo zapotrzebowanie na motorniczych (z 5638 do 5652 roboczogodzin tygodniowo), co dowodzi nieefektywnego układania rozkładów jazdy, bez zwracania uwagi na koszty przewoźnika.

W I wariancie projektu zapotrzebowanie na tabor ulega relatywnie niewielkiej zmianie – do obsługi wszystkich linii potrzeba 57 pociągów. Zwiększenie roboczogodzin pracy motorniczych o 14% to konsekwencja proponowanej poprawy oferty w godzinach wieczornych oraz uruchomienia dodatkowej linii z Sosnowca do Zagórza. W wariancie II projektu znacząco wzrasta zapotrzebowanie na tabor – konieczne jest aż 75 pociągów i na motorniczych – roboczogodziny wzrastają aż o 28,1%. Wariant ten oznaczałby konieczność wprowadzenia do ruchu aż 27 dodatkowych pociągów. Obecnie Tramwaje Śląskie do obsługi całej sieci wykorzystują w dni robocze 235 z 335 posiadanych wagonów; możliwe jest zatem zwiększenie

poziomu uruchomień z 70% do 80% stanu taboru, ale dużą barierą jest konieczność zatrudnienia dodatkowo co najmniej 47 motorniczych[2].

Wdrażając reformę, niewielkich oszczędności finansowych gminy mogłyby poszukiwać, porządkując ofertę autobusową. Ale tutaj również napotykamy na bariery: oferta globalnie jest skromna i pomimo pozornej dużej liczby linii, większość połączeń ma charakter raczej socjalny i nawet w dzień roboczy kursuje 1–2 razy na godzinę. Większość linii objęta jest różnego rodzaju okresami trwałości z racji zakończonych lub wdrażanych unijnych projektów taborowych, co ogranicza elastyczność wprowadzania zmian siatki połączeń. Trudno zatem na dużą skalę skracać trasy lub likwidować linie, nie wyrządzając dużych szkód w systemie, ale możliwa jest w wielu miejscach korekta tras, aby autobusy kursowały nie tymi samymi trasami co tramwaj, ale ciągami równoległymi.

Przykładowo, można:

- skrócić linię 27 z Katowic do Będzina Kościuszki, w zamian skierować linię 814 w Dąbrowie Górniczej do Huty Katowice przez Kasprzaka (zapewnienie dojazdu do szpitala);
- połączyć linie 808 i 811 w jedną linię przez Sielec Wawel i dworzec kolejowy w Gołonogu;
- skierować linię 690 w Sosnowcu przez Osiedle Kukułek, zamiast wzdłuż tramwaju przez Dębową Górę;
- skierować wybrane linie (np. 18, 635) w Dąbrowie Górniczej trasą przez Urząd Miasta i centrum Gołonoga, zamiast bezpośrednio wzdłuż tramwaju;
- skrócić część kursów autobusów do projektowanego centrum przesiadkowego w Czeladzi przy pętli tramwajowej.

Poprawa jakości oferty w postaci wprowadzenia nowego taboru, zwiększenia częstotliwości na najważniejszych liniach czy też poprawy koordynacji na ciągach może zaowocować zwiększonymi przychodami z biletów, które zrównoważą podwyższony koszt pracy eksploatacyjnej. Jest to element zależny od całości polityki finansowej i taryfowej prowadzonej przez organizatora. Jednocześnie bez nowego taboru mało prawdopodobne jest pozyskanie nowych pasażerów. Jeżeli zaś chcemy zwiększyć liczbę wagonów w ruchu, co automatycznie zwiększy zapotrzebowanie na motorniczych, to przewoźnik musi mieć czas na przygotowanie się do takiej reformy.

Niezależnie od realizowanych obecnie dużych unijnych projektów inwestycyjnych należy szukać możliwości dodatkowych działań poprawiających dostępność i integrację tramwajów w Zagłębiu. Autorzy proponują w najbliższych latach realizację mniejszych inwestycji infrastrukturalnych, polegających na:

- budowie w Dąbrowie Górniczej linii do przystanku kolejowego Gołonóg (1,3 km nowej linii) wraz z budową centrum przesiadkowego (mały dworzec autobusowy, parking dla samochodów),
- wydłużeniu w Sosnowcu Kazimierzu linii 27 do Parku im. Kuronia, wzdłuż linii kolejowej (1,3 km nowej linii) – skrócenie drogi dojścia z osiedla,
- wydłużeniu w Sosnowcu Środuli linii 24 do południowo-zachodniej części osiedla (0,8 km nowej linii), umożliwiając dojazd do projektowanego przystanku kolejowego.

Podsumowanie

Pomimo że pierwotnie najbardziej korzystnym rozwiązaniem wydawało się wprowadzenie trzech częstotliwości: 10-, 15- i 20-minutowej, to dokładne wyliczenia na podstawie opracowanych rozkładów jazdy pokazały, że wprowadzenie tego rozwiązania wiąże się z istotnym zwiększeniem pracy eksploatacyjnej, co czyni reformę bardzo trudną do wdrożenia od strony finansowej. Dlatego częstotliwość 15-minutowa w dni robocze i soboty, a 20-minutowa w pozostałych porach w pierwszym okresie reformy jest kompromisem wynikającym z możliwości finansowych gmin, a dającym jednocześnie zauważalną poprawę jakościową. Docelowo należy dążyć do wdrożenia wariantu II, ale jest to możliwe dopiero w późniejszym czasie, po zwiększeniu liczby pasażerów, uwzględniwszy możliwości kadrowe i taborowe przewoźnika.

Wdrożenie projektu niezależnie od wybranego wariantu wymaga inwestycji infrastrukturalnych. Przedłużenie mijanki Niwka Pawiak na linii 26 powinno zostać zrealizowane przy okazji modernizacji linii w ramach programu modernizacji sieci, współfinansowanego ze środków unijnych w perspektywie finansowej 2014–2020, natomiast budowa nowej mijanki w Klimontowie na linii 27 – z rezerw finansowych uzyskanych przy projekcie. Niezależnie od podjętych działań w kierunku zmian częstotliwości kursowania tramwajów – każda wydłużona lub dobudowana mijanka zwiększa elastyczność prowadzenia ruchu na odcinkach jednotorowych i poprawia punktualność.

Dokonane w latach wcześniejszych redukcje pracy eksploatacyjnej w tramwajach bądź jej przesunięcia na inne części sieci (poza Zagłębiem Dąbrowskim) powodują, że przy tak skromnej pracy eksploatacyjnej trudno jest tworzyć ofertę atrakcyjną dla pasażera. W takich warunkach konstrukcja rozkładu jazdy i całej oferty sprowadza się do bardzo trudnych kompromisów pomiędzy oczekiwanym standardem obsługi transportowej ciągów komunikacyjnych a możliwościami finansowymi gmin. Rozkład jazdy, obok taryfy, jest jednym z najważniejszych narzędzi tworzenia oferty i nie może on zniechęcać do korzystania z transportu publicznego.

Potencjał tramwajów trzeba przywracać stopniowo, ewolucyjnie. W sytuacji, kiedy w krótkim czasie zwiększona zostanie praca eksploatacyjna, naturalną konsekwencją będzie wzrost kosztów finansowania zadania po stronie gminy,

[2] Problemy kadrowe mogą okazać się barierą nawet dla zreformowanych, funkcjonujących systemów transportowych. W kwietniu 2017 r. z powodu braku motorniczych Dopravní podnik Ostrava zmuszony był doraźnie ograniczyć kursowanie dodatkowych tramwajowych linii szczytowych z częstotliwości 10-minutowej do 1–2 kursów na godzinę.

który nie zostanie od razu zbilansowany zwiększonymi przychodami ze sprzedaży biletów. Dopiero po jakimś czasie poprawiona oferta ma szansę przyciągnąć nowych pasażerów. W tym momencie gminy mogą stanąć przed trudnym wyborem – albo znaleźć środki na pokrycie deficytu lub zanegować sens reformy i wprowadzić drastyczne ograniczenia. Dlatego z uwagi na wskazane uwarunkowania finansowe reforma komunikacyjna powinna być zaplanowana w budżetach gmin.

Drugą naturalną konsekwencją ograniczeń pracy eksploatacyjnej jest zwiększenie pojemności kursujących pojazdów, kosztem zmniejszania częstotliwości kursowania. W tym momencie dobór pojemności taboru jest dostosowaniem jego pojemności do godzin szczytu. Co więcej, w przypadku długich linii nie jest możliwe skierowanie taboru o większej pojemności wyłącznie na wybrane kursy, ponieważ przekroczenie standardu 4 osób/m^2 na dłuższych odcinkach występuje na każdym kursującym pociągu.

Trudnym do wyeliminowania problemem są różnice w standardzie obsługi poszczególnych linii, postrzegane przez mieszkańców jako lepsze i gorsze traktowanie. Niewielka liczba nowego niskopodłogowego taboru powoduje, że nie jest możliwe optymalne jego rozdysponowanie. Zaproponowane rozwiązanie to – w zależności od zakupów taborowych – stopniowe wprowadzanie niskopodłogowych wagonów na kolejne linie, aby zachowywać standard, a nie wprowadzać wybiórczo na wybranych kursach kilka razy w ciągu dnia.

Wieloletnia niechęć samorządów gminnych do finansowania lokalnego transportu zbiorowego, połączona z niskim pokryciem kosztów funkcjonowania komunikacji miejskiej wpływami z biletów u organizatora komunikacji powoduje, że gminy co prawda są w stanie wyasygnować niewielkie dodatkowe środki na publiczny transport zbiorowy, ale są one zagospodarowywane na pokrycie zwiększającego się deficytu. Tym samym popadają jednak w pułapkę „błędnego koła komunikacji" – systematycznie tracą dotychczasowych klientów, a nowym nie są w stanie niczego zaoferować. Jedynym wyjściem z sytuacji wydaje się zatem inteligentna „ucieczka do przodu", czyli takie zwiększenie pracy eksploatacyjnej i kosztów, które w miarę szybko przełoży się na pozyskanie nowych pasażerów i wzrost przychodowości połączeń.

Konieczna jest też mentalnościowa zmiana sposobu postrzegania tramwaju, zarówno przez wszystkie władze samorządowe, jak i samego organizatora transportu. Tramwaj nie może być traktowany wyłącznie jako stosunkowo droga forma transportu; musi zaistnieć w świadomości zarządzających jako nowoczesny, atrakcyjny środek transportu, stanowiący w zatłoczonych centrach miast alternatywę dla motoryzacji indywidualnej. Z tą świadomością należy kształtować i realizować inwestycje. Co ważne – nie mogą one być tylko liczbami na papierze, ale muszą służyć pozyskaniu nowych pasażerów. Nie jest miarą sukcesu kwota zainwestowanych środków – miarą sukcesu jest dopiero wzrost liczby pasażerów korzystających z transportu publicznego.

Proponowana reforma zagłębiowskiej sieci tramwajowej powinna być elementem szerszej dyskusji o problemach transportu publicznego w regionie i elementem poważniejszej reformy systemu transportowego w tworzonej właśnie górnośląsko-zagłębiowskiej metropolii. Z obecnych rozwiązań nie są zadowoleni pasażerowie systematycznie rezygnujący z usług (odnotowany spadek przychodowości połączeń). Zgodnie z ustawą związek metropolitalny „wykonuje zadania publiczne w zakresie planowania, koordynacji, integracji oraz rozwoju publicznego transportu zbiorowego, w tym transportu drogowego, kolejowego oraz innego transportu szynowego, a także zrównoważonej mobilności miejskiej" oraz „metropolitalnych przewozów pasażerskich" [14, art. 12, ust. 1, pkt. 3-4]. Ustawowe utworzenie metropolii to zatem szansa, ale nie gwarancja, nowej jakości zarządzania transportem publicznym. Podobnie jak plan transportowy, metropolia jest jedynie narzędziem wspomagającym, które, użyte w sposób właściwy, może mieć przełożenie na realne korzyści dla mieszkańców i regionu.

Literatura

1. *Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na sieci komunikacyjnej w wojewódzkich przewozach pasażerskich*, Departament Infrastruktury i Komunikacji Urząd Marszałkowski Województwa Lubuskiego, Zielona Góra 2016.
2. Madej B., Pruciak K., Madej R., *Publiczny transport miejski. Zasady tworzenia rozkładów jazdy. Poradnik*, Biblioteka Akademii Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa 2015.
3. Soczówka A., *Zróżnicowanie struktury przestrzennej komunikacji miejskiej w konurbacji katowickiej*, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec 2012.
4. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK", nr 71,1999.
5. *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*, Wyszomirski O. (red.),Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008.
6. Dźwigoń W., *Synchronizacja rozkładów jazdy w transporcie zbiorowym*, „Transport Miejski i Regionalny", 2006, nr 12.
7. Ozimek J., Rogowski A., *Synchronizacja miejskich linii komunikacyjnych z wykorzystaniem wielu kryteriów*, „Autobusy", 2016, nr 12.
8. Molecki B., *Synchronizacja rozkładów jazdy w transporcie miejskim*, Sekcja Naukowa Klubu Miłośników Transportu Miejskiego, Chorzów 2003.
9. Wolański M., *Alternatywne metody hierarchizacji postulatów przewozowych oraz wyniki ich zastosowania w polskich miastach*, „Transport Miejski i Regionalny", 2012, nr 12.
10. Starowicz W., *Kształtowanie jakości usług przewozowych w miejskim transporcie zbiorowym*, Wyd. Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2001.
11. Staszak J., Wyszomirski O., *Ranking postulatów przewozowych i ich wpływ na preferencje komunikacyjne mieszkańców Gdyni*, „Transport Miejski i Regionalny", 2005, nr 10.
12. Ciastoń A., *Wyniki badania zgodności ocen i preferencji pasażerów na temat jakości usługi przewozowej w miejskiej komunikacji zbiorowej*, „Transport Miejski i Regionalny", 2007, nr 6.
13. Molecki B., *Wpływ synchronizacji rozkładów jazdy na efektywność systemów transportowych*, „Logistyka" 2007, nr 3.
14. Ustawa z dnia 9 marca 2017 r. o związku metropolitalnym w województwie śląskim.