

Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG

2020, 23(1), 28-40

DOI 10.4467/2543859XPKG.20.010.12112

Otrzymano (Received): 24.12.2019

Otrzymano poprawioną wersję (Received in revised form): 16.02.2020

Zaakceptowano (Accepted): 17.02.2020

Opublikowano (Published): 31.03.2020

PRZESTRZENNE I CZASOWE ZRÓŻNICOWANIE NATĘŻENIA POTOKÓW PASAŻERSKICH W KOLEJOWYCH POŁĄCZENIACH DOJAZDOWYCH DO WROCŁAWIA

Spatial and temporal patterns of railway commuting to Wrocław

Wojciech Jurkowski

Zakład Zagospodarowania Przestrzennego, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Wrocławski, Kuźnicza 49/55, 50-138 Wrocław

e-mail: wojciech.jurkowski@uwr.edu.pl

Cytacja:

Jurkowski W., 2019, Przemiarne i czasowe zróżnicowanie natężenia potoków pasażerskich w kolejowych połączeniach dojazdowych do Wrocławia, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(1), 28-40.

Streszczenie: Rozwój i optymalizacja systemu kolejowych połączeń dojazdowych do głównego ośrodka wojewódzkiego stanowi jedno z podstawowych wyzwań dla polityki regionalnej prowadzonej przez władze samorządowe w Polsce. Mimo, że problematyka funkcjonowania regionalnego i aglomeracyjnego transportu kolejowego jest tematem relatywnie często poruszonym na gruncie literatury przedmiotu, wciąż niedostatecznie zbadana pozostaje kwestia popytu na usługi kolejowe, co stanowi ewidentną lukę badawczą. Celem niniejszego artykułu jest zatem rozpoznanie przestrzennego i czasowego zróżnicowania natężenia potoków pasażerskich w połączeniach dojazdowych do Wrocławia. W artykule zaprezentowano liczbę pasażerów przyjeżdżających i odjeżdżających z Wrocławia na poszczególnych kierunkach, a także dokonano analizy dobowego rozkładu ruchu pasażerskiego w przyjętych przedziałach godzinowych, co umożliwiło identyfikację szczytów przewozowych.

Słowa kluczowe: kolej aglomeracyjna, potoki pasażerskie, szczyty przewozowe.

Abstract: The development and optimisation of the agglomeration and regional railway system is one of the basic challenges for the regional policy of the local government in Poland. There are many studies focusing on the problems of functioning of railway transport in agglomeration areas, however there are less studies dealing with the issue of demand for railway services during the day. It is a evident research gap. The main purpose of this article is to recognize the spatial and temporal differentiation of the railway passenger volume in Wrocław. The article presents the number of passengers arriving and departing from Wrocław according to particular directions, and identifies peak hours based on the daily distribution of passenger volume in specific time intervals.

Key words: metropolitan railway, passenger volume, peak hours.

1. Wstęp

Podstawą funkcjonowania obszarów aglomeracyjnych największych miast w Polsce jest sprawny system transportu zbiorowego. Szczególną rolę w tym systemie odgrywa transport kolejowy, który dzięki wykorzystaniu odrębnej infrastruktury jest niezależny od kongestii w ruchu drogowym (por. Koźlak, 2013; Jurkowski, 2019). Pozwala to na minimalizację czasu przejazdu do centrum miasta, co ma istotne znaczenie w kontekście codziennych przemieszczeń do miejsc pracy czy nauki. Dodatkowo kolej ze względu na swoją niskoemisyjność w miejscu eksploatacji jest promowana w świetle realizacji założeń idei zrównoważonego rozwoju, stąd rozwój tego środka transportu powinien stanowić jeden z priorytetów polityki regionalnej danego województwa. Obecnie mimo dużej popularności tematu kolei aglomeracyjnej, zarówno na gruncie naukowym, jak i publicystycznym, wciąż niedostatecznie poznana pozostaje kwestia przestrzennego i czasowego zróżnicowania popytu na usługi transportu kolejowego, co stanowi pewną lukę badawczą. Badania te często nie są podejmowane ze względu na trudności w uzyskaniu danych dotyczących liczby pasażerów od poszczególnych spółek kolejowych¹. Istnieje zatem duże zapotrzebowanie na tego typu opracowania, zarówno ze względów poznawczych, jak i aplikacyjnych, bowiem mogą stać się one podstawą dla odpowiednich decyzji władz samorządowych w zakresie planowania transportowego w obrębie aglomeracji czy województwa.

2. Cel, zakres i metody badań

Głównym celem artykułu jest rozpoznanie przestrzennego i czasowego zróżnicowania natężenia potoków pasażerskich w połączeniach dojazdowych w obrębie wrocławskiego węzła kolejowego. W ramach celu głównego sformułowano również trzy cele szczegółowe:

- określenie natężenia potoków pasażerskich na poszczególnych kierunkach,
- identyfikacja dobowych szczytów przewozowych,
- porównanie dobowego rozkładu potoków pasażerskich na liniach o zróżnicowanej ofercie przewozowej.

¹ Mimo, że przewozy o charakterze służby publicznej mają swojego organizatora, który nie powinien odmawiać dostępu do zebranych danych, dość często istnieją problemy w ich uzyskaniu. Spółki kolejowe często powołują się na tak zwaną „tajemnicę handlową” i odmawiają udostępnienia danych bądź udostępniają je w formie uniemożliwiającej szczegółowe analizy.

Zakres przestrzenny niniejszego opracowania obejmuje szeroko rozumiany wrocławski węzeł kolejowy, czyli wszystkie stacje i przystanki kolejowe położone w granicach miasta². Autor zastosował pojęcie połączenia dojazdowe, na określenie tych realizowanych przez spółki: Koleje Dolnośląskie i Przewozy Regionalne, których trasa przebiega przez Wrocław³. Używanie terminów, takich jak: połączenia aglomeracyjne, regionalne czy międzywojewódzkie może być niejednoznaczne i mylące, ze względu na wzajemne nakładanie się poszczególnych rodzajów ruchu w polskim systemie transportowym, na co zwraca również uwagę E. Raczyńska-Buława (2015).

Podstawowym źródłem w badaniu były dane z pomiarów napełnienia pociągów dokonanych w 2017 r., które uzyskano od Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego. Pomiaru te dokonywane są cyklicznie w wybranym, reprezentatywnym tygodniu⁴ przez ankierów, odnotowujących liczbę pasażerów wsiadających i wysiadających na poszczególnych stacjach kolejowych w ramach danego połączenia. Dla zobrazowania wielkości przyjazdów wykorzystano średnią dobową liczbę pasażerów wysiadających z pociągu na wrocławskich przystankach i stacjach kolejowych w podziale na dni robocze i weekendowe. W przypadku odjazdów z Wrocławia wykorzystano średnią dobową liczbę pasażerów wsiadających do pociągu na wrocławskich przystankach i stacjach kolejowych w podziale na dni robocze i weekendowe. W obu przypadkach odjęto pasażerów wykorzystujących badane połączenia do przemieszczeń wewnątrzmijskich. Dla przykładu – na kierunku brzeskim przy przyjazdach, od sumy wysiadających na wrocławskich stacjach i przystankach kolejowych odjęto tych, którzy wsiadali na stacji Wrocław Brochów do pociągu kończącego bieg na stacji Wrocław Główny.

3. Przegląd literatury

Problematyka niniejszego opracowania mieści się w nurcie badań dotyczących przestrzennych i czasowych wzorców przemieszczeń pasażerów komu-

² Tego typu agregacja była dość często wykorzystywana w badaniach transportu lotniczego, gdzie jako węzeł traktowane jest miasto, nie zaś pojedyncze lotnisko (m.in.: Wang i in., 2011; Milan, 1997; Blumenfeld-Liebertal, 2009; Dai i in., 2018).

³ Należy jednak zaznaczyć, że zdecydowana większość tych połączeń rozpoczyna i kończy swój bieg we Wrocławiu, przez co można uznać, że mają one charakter dojazdowy do głównego ośrodka w województwie.

⁴ Poza feriami letnimi i zimowymi, dniami świątecznymi, okresem trwania remontów tras czy też funkcjonowania zastępczej komunikacji autobusowej.

nikacji zbiorowej (*spatio-temporal patterns in travel demand*). Jak stwierdzają M. P. Pelletier i in. (2011), badania te mają silny wymiar aplikacyjny, bowiem pozwalają na usprawnienie planowania systemów transportowych w trzech płaszczyznach: strategicznej (rozwój sieci), taktycznej (dostosowanie usług i optymalizacja sieci), operacyjnej (diagnoza wydajności systemu). Początkowo autorzy wykorzystywali metodę kwestionariuszową (Vincent i in., 1994; Schlich i in., 2004), która spotkała się z krytyką na gruncie literatury przedmiotu, z powodu licznych ograniczeń takich, jak m.in. małe rozmiary próbek, wysokie koszty badania czy nieprecyzyjne informacje dotyczące przemieszczeń (Rickwood, Glazebrook, 2009; Chu, Chapleau, 2010). Dlatego też w ostatnich latach dużą popularność zyskały dane pochodzące z systemu elektronicznych płatności wykorzystującego tzw. Inteligentne karty (*Smart Card*). Tego typu badania przeprowadzano zwykle w obszarach metropolitalnych, zarówno dla całego miejskiego systemu transportowego, np. w Pekinie (Ma i in., 2013), jak również poszczególnych środków transportu, np. kolei miejskiej w Nowym Jorku (Chen i in., 2009), sieci metra w chińskim Shenzen (Zhao i in., 2017), sieci autobusowej w chińskim Guangzhou (Yu, He, 2017) i australijskim Brisbane (Tao i in., 2014).

W Polsce, zarówno problematyka zachowań komunikacyjnych, jak i funkcjonowania kolei aglomeracyjnej początkowo nie była dominującym wątkiem badań wśród geografów transportu. W nielicznych opracowaniach tego typu zwracano uwagę tylko na rolę i znaczenie kolei aglomeracyjnej jako elementu sprawnego systemu transportu zbiorowego (Troka, 1974; Ratajczak, 1980). Największy wzrost liczby opracowań dotyczących kolei aglomeracyjnej nastąpił na początku XXI w., co było spowodowane pojawieniem się samorządowych spółek kolejowych. Geneza ich powstania wiązała się z restrukturyzacją przedsiębiorstwa PKP oraz przyznaniem samorządom terytorialnym kompetencji w zakresie organizacji przewozów kolejowych (Górny, 2016). W latach 2005-2015 powstało sześć samorządowych spółek kolejowych: Koleje Mazowieckie, Koleje Dolnośląskie, Koleje Wielkopolskie, Koleje Śląskie, Łódzka Kolej Aglomeracyjna, Koleje Małopolskie. Po wieloletnim monopolu PKP działalność tego typu podmiotów na polskim rynku kolejowych przewozów pasażerskich była swobodną nowością, wprowadzała lepszą jakość, stąd nagły wzrost zainteresowania również na gruncie nauki. Badania dotyczyły przede wszystkim funkcjonowania kolei aglomeracyjnej w poszczególnych ośrodkach: łódzkim (Giedryś, Raczyński, 2014; Bartosiewicz, 2016), krakowskim (Komusiński, 2008; Bieda, 2010), katowickim (Dziadek, 1980), warszawskim (Kaczor, 1987; Wojciechowski, 2012; Wojciechowski, Popow-

ski, 2012), wrocławskim (Nowicki, Ochlik, 2012; Wild, 2012; Kruszyna, 2013; Makuch, 2018), poznańskim (Bul, 2016a; 2016b), trójmiejskim (Sagan, Palmowski, 1987; Kopec, 2014; Połom, Tarkowski, 2018; Połom i in., 2018). Oprócz tego można wymienić kilka opracowań o charakterze porównawczym (Raczyńska-Buława, 2015; Jurkowski, 2019; Kowalczyk, 2019). W wymienionych opracowaniach analizowany był system kolei aglomeracyjnej w aspekcie organizacyjnym, infrastrukturalnym oraz handlowym (oferta przewozowa). Mniej liczne były natomiast badania podejmujące kwestię szeroko pojętych zachowań komunikacyjnych, a w szczególności rozkładu potoków pasażerskich. Wyjątkiem w tym zakresie są jedynie opracowania dla aglomeracji krakowskiej (Ciastoń-Ciulkin, Pashkevich, 2015; Nowak i in., 2016; Kulpa i in., 2017; Ciastoń-Ciulkin, Puławska-Obiedowska, 2017) i wrocławskiej (Jurkowski, 2018), gdzie autorzy wykorzystali dane o liczbie pasażerów.

4. Natężenie potoków pasażerskich według kierunków

Pierwszym badanym elementem niniejszego opracowania jest określenie natężenia dobowych potoków pasażerskich na poszczególnych kierunkach wrocławskiego węzła kolejowego. W obrębie wrocławskiego węzła kolejowego znajduje się dziewięć linii kolejowych, na których prowadzony jest ruch pasażerski, a które na potrzeby badania nazwano według kierunków do najbliższej stacji węzłowej (tab. 1).

Na poniższych mapach zaprezentowano średnią liczbę pasażerów przyjeżdżających i odjeżdżających z Wrocławia w ciągu doby w dzień roboczy (ryc. 1A) i weekendowy (ryc. 1B) na tle oferty przewozowej (liczba par połączeń). Przede wszystkim należy zwrócić uwagę na wielkość przewozów pasażerskich – do Wrocławia w dni robocze przyjeżdżało średnio ok. 18 tys., a odjeżdżało ok. 20 tys. osób, natomiast w dni weekendowe wartości te wynoszą odpowiednio: 14 tys. i 12 tys. osób. Biorąc pod uwagę systematyczny wzrost liczby pasażerów Kolei Dolnośląskich oraz ogólny trend wzrostu liczby pasażerów w transporcie kolejowym wartości te mogą wzrosnąć w kolejnych latach (Urząd Transportu Kolejowego, 2019). Stanowi to duże wyzwanie w wymiarze organizacyjnym i logistycznym dla spółek kolejowych, w szczególności w kwestii dostosowania częstotliwości odjazdów, odpowiedniego taboru i przepustowości na trasach.

Największe potoki pasażerskie zanotowano na linii w kierunku Legnicy, najniższe zaś na linii w kierunku Trzebnicy. Warto zaznaczyć, że są to jednocześnie linie o największej i najmniejszej częstotliwości kursowania pociągów (27 i 16 par połączeń), co pokazuje związek pomiędzy liczbą pasażerów a ofertą

Tab. 1. Badane linie kolejowe według kierunków w obrębie wrocławskiego węzła kolejowego.

Kierunek*	Najbliższy węzeł	Numer linii	Kategoria linii	Liczba torów	Elektryfikacja	Liczba par połączeń w dzień roboczy	Liczba par połączeń w dzień weekendowy
brzeski	Brzeg	132	magistralna	2	Tak	17	10
jaworzyński	Jaworzyna Śląska	274	pierwszorzędna	2	Tak	24	19
jelczański	Jelcz-Laskowice	277	pierwszorzędna	1	Tak	18	9
kamieniecki	Kamieniec Ząbkowicki	276	pierwszorzędna	2	Tak	17	15
leszczyński	Leszno	271	magistralna	2	Tak	18	14
legnicki	Legnica	275	magistralna	2	Tak	27	24
oleśnicki	Oleśnica	143	pierwszorzędna	2	Tak	17	15
trzebnicki	Trzebnica	326	lokalna	1	Nie	16	9
głogowski	Głogów	273	magistralna	2	Tak	17	10

* nazwa kierunku od najbliższej stacji węzłowej.

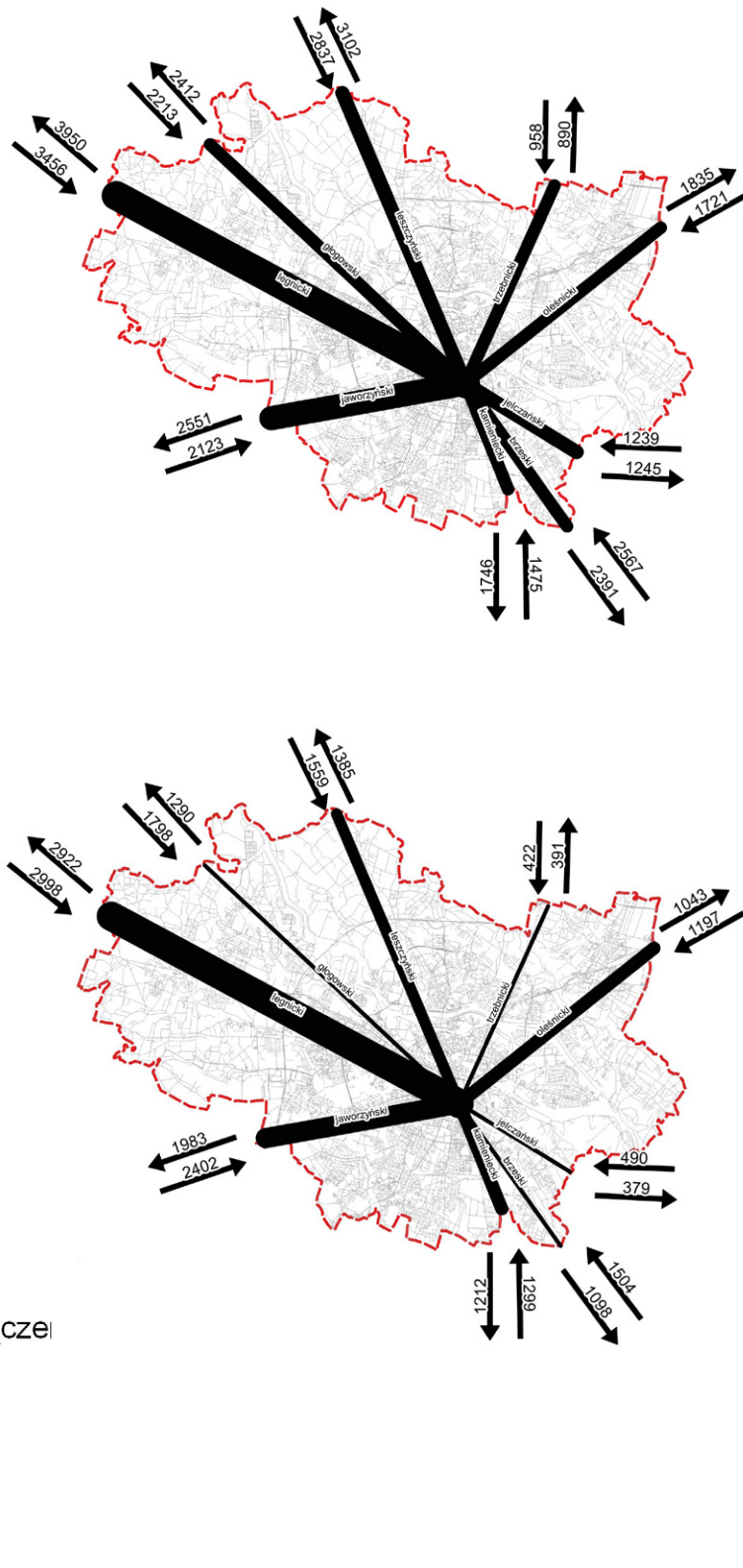
Źródło: opracowanie własne.

przewozową na danej linii (por. Jurkowski, Smolarski, 2018). Cechą charakterystyczną rozkładu potoków pasażerskich była przewaga liczby pasażerów odjeżdżających z Wrocławia w dni robocze i przyjeżdżających do Wrocławia w dni weekendowe. U podstaw nierównomierności w dniach roboczych może leżeć mniejsza elastyczność w zakresie dostosowania się do rozkładu jazdy pociągów, a także większe możliwości wspólnych dojazdów członków gospodarstwa domowego w godzinach porannych niż popołudniowych. Zwykle poranny zakres czynności od momentu przebudzenia do odjazdu jest ściśle zaplanowany, co w przypadku konieczności dostosowania się do godziny odjazdu pociągów może przyczynić się do rezygnacji z tego środka transportu. Inaczej sytuacja wygląda w godzinach popołudniowych czy wieczornych (po pracy), gdzie często pasażerowie przed powrotem do domu korzystają z usług, załatwiają sprawy urzędowe, spotykają z przyjaciółmi. W efekcie może to wpływać na większą elastyczność w dostosowaniu się do czasu odjazdu pociągu w drodze powrotnej. Dodatkowo godziny rozpoczęcia pracy czy nauki są względnie porównywalne, co umożliwia wspólne, poranne dojazdy (rodziny lub znajomych)

samochodem osobowym do obszarów centralnych miasta. W przypadku powrotu jest to zdecydowanie trudniejsze ze względu na różne godziny zakończenia pracy czy szkoły przez członków rodziny.

Należy również pamiętać, że poranne dojazdy do pracy na określoną godzinę wywołują dużo większy stres niż powroty, a kluczowym elementem redukującym ten stres jest przewidywalność i kontrola czasu podróży (Kluger, 1998; Kosłowski i in., 2013). Wybór transportu samochodowego wprawdzie naraża użytkownika na większą utratę czasu związaną z kongestią, jednocześnie jednak pozwala na oszacowanie ewentualnej straty czasu na określonych skrzyżowaniach, co zwiększa poczucie przewidywalności i kontroli nad czasem dojazdu (Evans i in., 2002). Również w przypadku nieprzewidzianych wydarzeń na drodze istnieje więcej możliwości kontynuowania podróży niż w przypadku zdarzeń kolejowych, kiedy to często brak jest informacji o tym z czego wynikają opóźnienia i jaka będzie ich wielkość.

Istotnym czynnikiem zawiązującym średnią wartość liczby pasażerów odjeżdżających w dni robocze z Wrocławia mogą być piątkowe powroty studentów do domów rodzinnych. Wydaje się jednak, że studenckie



Ryc. 1. Oferta przewozowa i średnie natężenie potoków pasażerskich (przyjazdy i odjazdy) w dzień roboczy (A) i dzień weekendowy (B) na poszczególnych kierunkach wrocławskiego węzła kolejowego w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.

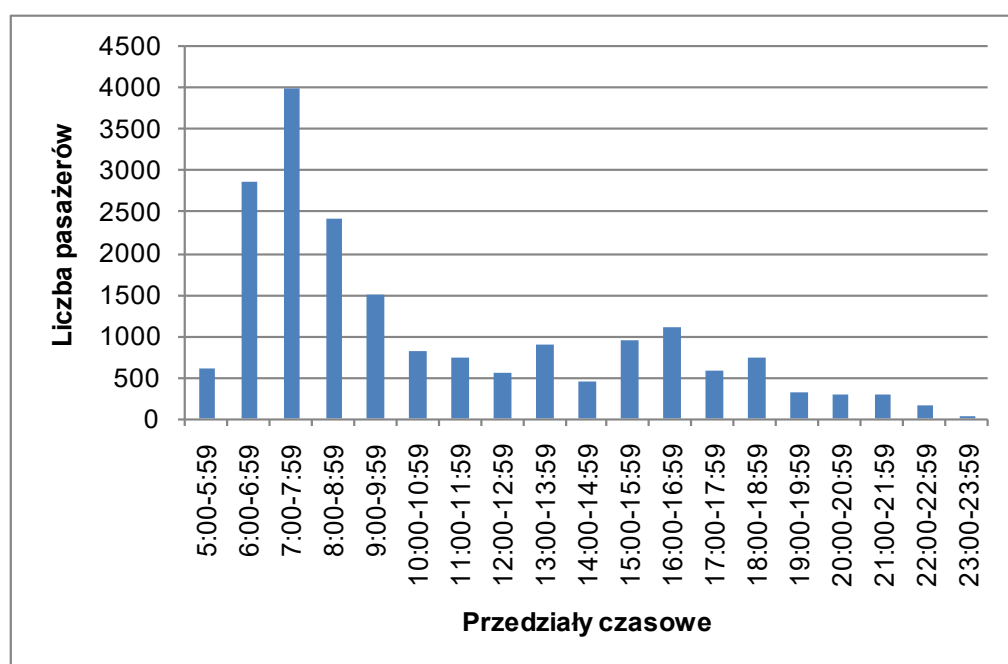
migracje mają zdecydowanie większe znaczenie w przypadku weekendowej nadwyżki pasażerów przyjeżdżających do Wrocławia nad odjeżdżającymi. O ile studenci wracają do swoich miejscowości rodzinnych zarówno w czwartki, piątki, jak i soboty to zdecydowana większość z nich wraca do Wrocławia w niedzielę wieczorem, by w poniedziałek uczestniczyć w zajęciach na uczelni. Dodatkowo ruch ten nakłada się na powroty turystów zamieszkałych we Wrocławiu z pobliskich miejscowości turystycznych, jak Kudowa-Zdrój czy Szklarska Poręba (co jest widoczne przy analizie tych kierunków), co wyjaśnia nadwyżkę przyjazdów do Wrocławia w weekendy.

5. Dobowy rozkład potoków pasażerskich

W drugim etapie badania podjęto próbę identyfikacji szczytów przewozowych na podstawie dobowego rozkładu potoków pasażerskich. W tym przypadku ukazano łączną liczbę pasażerów na wszystkich kierunkach w codziennych przedziałach czasowych od 4:00 do 23:00. Analiza poszczególnych kierunków w tego typu przedziałach czasowych nie byłaby miarodajna, ponieważ na niektórych liniach w poszczególnych przedziałach czasowych nie kursował żaden pociąg. Z kolei analiza na wyższym poziomie agregacji, np. dwugodzinnych lub większych przedziałów czasowych zdaniem autora byłaby pozbawiona sensu w kontekście identyfikacji szczytów przewozowych.

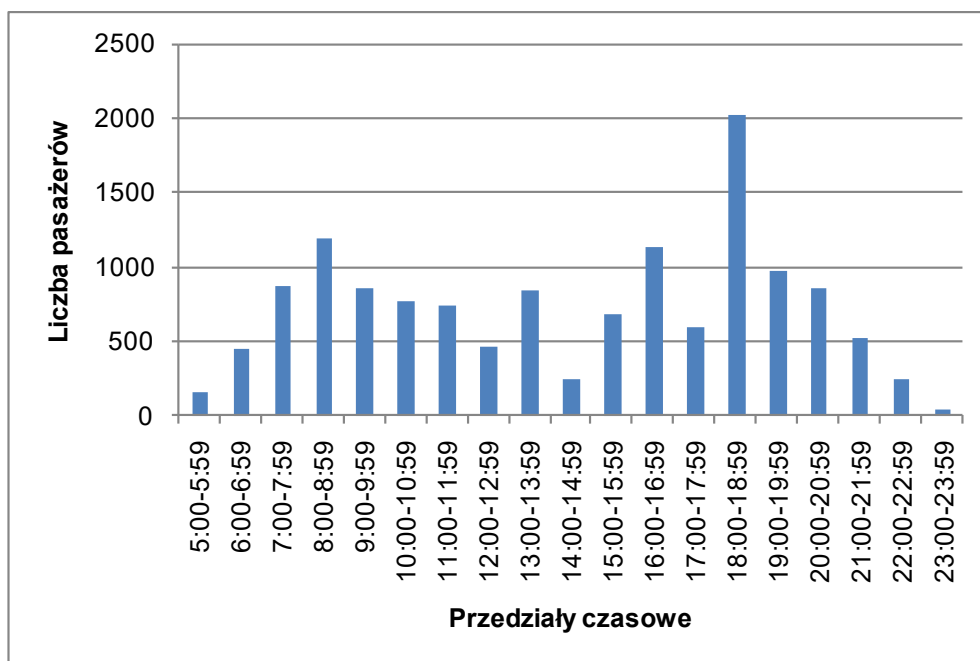
W obrębie przyjazdów do Wrocławia w dzień roboczy zaznacza się jeden szczyt przewozowy, trwający od ok. 6:00 do 9:00 (ryc. 2). Pozostałe przedziały godzinowe charakteryzują się dość porównywalnym, stosunkowo niskim natężeniem liczby pasażerów z charakterystycznym wygaszeniem po godzinie 20:00. Oznacza to, że w dni robocze większość pasażerów przyjeżdża do Wrocławia w godzinach porannych, praktycznie w ogóle nie zaznaczają się przyjazdy w godzinach popołudniowych czy wieczornych. Z jednej strony pokazuje to, że większość miejsc pracy czy nauki funkcjonuje w trybie tzw. „pierwszej zmiany”. Z drugiej strony być może oferta przewozowa w kontekście powrotu osób pracujących w innych godzinach jest niezadawalająca i stąd tak niskie natężenie potoków pasażerskich o innych porach.

Całkowicie inaczej przedstawia się rozkład przyjazdów do Wrocławia w dzień weekendowy (ryc. 3). Jest on bardziej wyrównany, w zdecydowanej większości przedziałów godzinowych liczba pasażerów przyjeżdżająca do Wrocławia przekracza 500 osób. Istotne jest, że w przypadku weekendów zaznacza się okres wzmożonego ruchu w godzinach wieczornych (który przewyższa poranne przyjazdy do Wrocławia) z wyraźnym szczytem przewozowym od 18:00 do 19:00. Jest to przede wszystkim związane z powrotami studentów ze swoich domów rodzinnych do Wrocławia, a także z powrotami turystów z weekendowych wyjazdów do pobliskich miejscowości górskich lub uzdrowiskowych.



Ryc. 2. Dobowy rozkład potoków pasażerskich w dzień roboczy w obrębie węzła wrocławskiego (przyjazdy) w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.



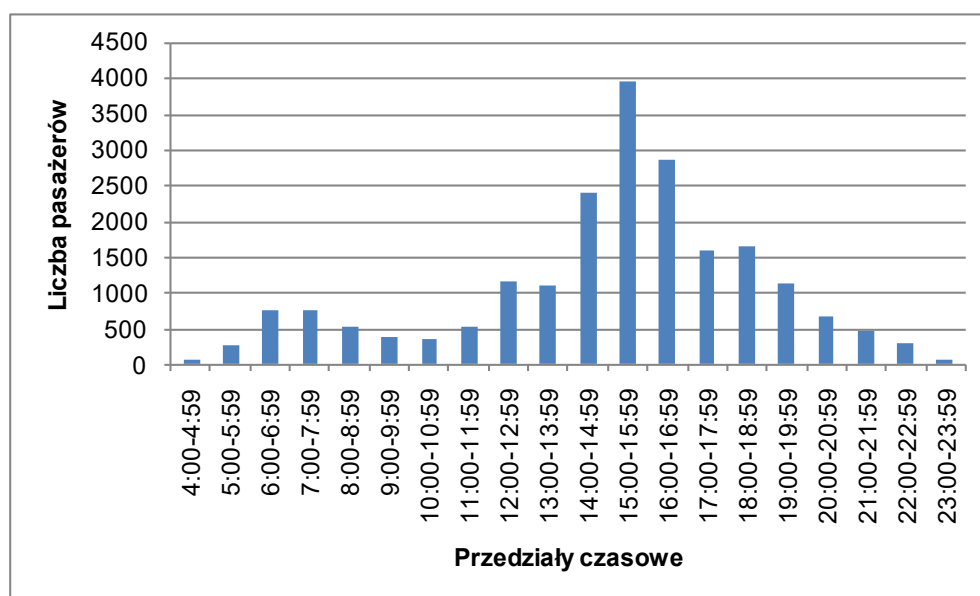
Ryc. 3. Dobowy rozkład potoków pasażerskich w dzień weekendowy w obrębie węzła wrocławskiego (przyjazdy) w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.

Największe natężenie liczby pasażerów odjeżdżających z Wrocławia w dzień roboczy odnotowano w godzinach popołudniowych. Okres największego szczytu przewozowego trwa od 14:00 do 17:00, z dość łagodnym spadkiem w kierunku godzin wieczornych do ok. 20:00 (ryc. 4). Następnie od 20:00 do 23:00 odnotowano już dużo niższe wartości liczby pasażerów niż w godzinach porannych od 6:00 do 9:00. Okazuje

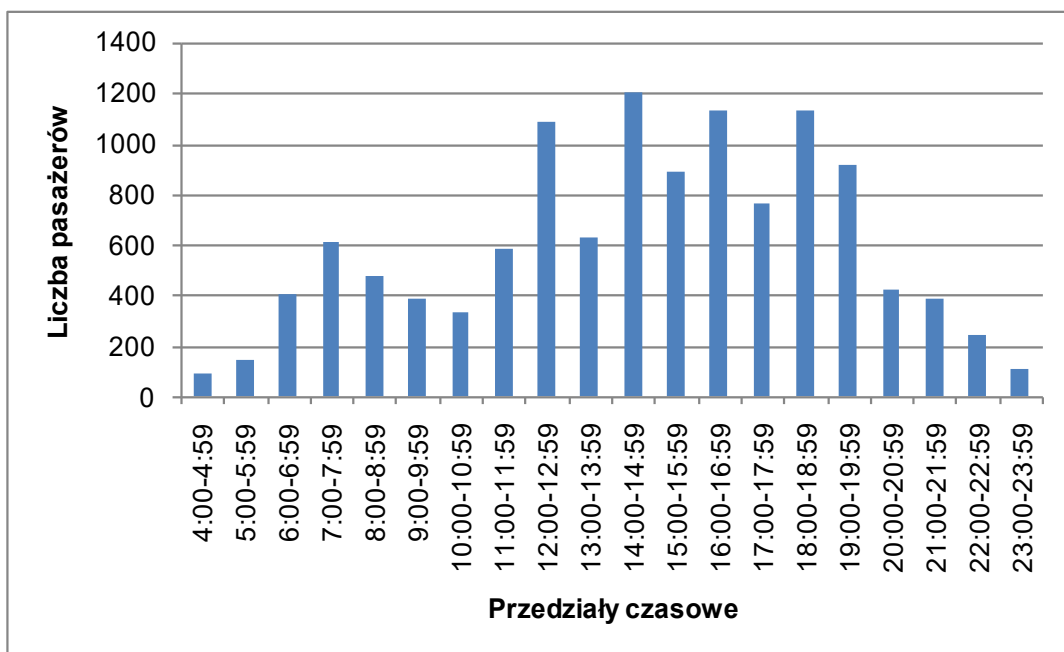
się, że wciąż aktualny jest wzorzec mobilności w dniu roboczym, zgodnie z którym największe potoki pasażerskie notowane są w godzinach porannych przy przyjazdach i w godzinach popołudniowych przy odjazdach z ośrodka rdzeniowego aglomeracji.

W przypadku rozkładu weekendowych potoków pasażerskich przy odjazdach z Wrocławia znacznie trudniej jednoznacznie wskazać szczyt przewozowy



Ryc. 4. Dobowy rozkład potoków pasażerskich w dzień roboczy w obrębie węzła wrocławskiego (odjazdy) w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.



Ryc. 5. Dobowy rozkład potoków pasażerskich w dzień weekendowy w obrębie węzła wrocławskiego (odjazdy) w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.

(ryc. 5). Okres wzmożonego ruchu pasażerskiego trwa praktycznie od 12:00 do 20:00, co jest zapewne związane z nieregularnymi powrotami z wrocławskich galerii i parków handlowych lub z miejsc rozrywki. W porównaniu do dnia roboczego zaznacza się drobny wzrost potoków pasażerskich w godzinach porannych, co może być spowodowane z kolei wycieczkami weekendowymi mieszkańców Wrocławia, szczególnie w sobotę.

6. Rozkład potoków pasażerskich a oferta przewozowa

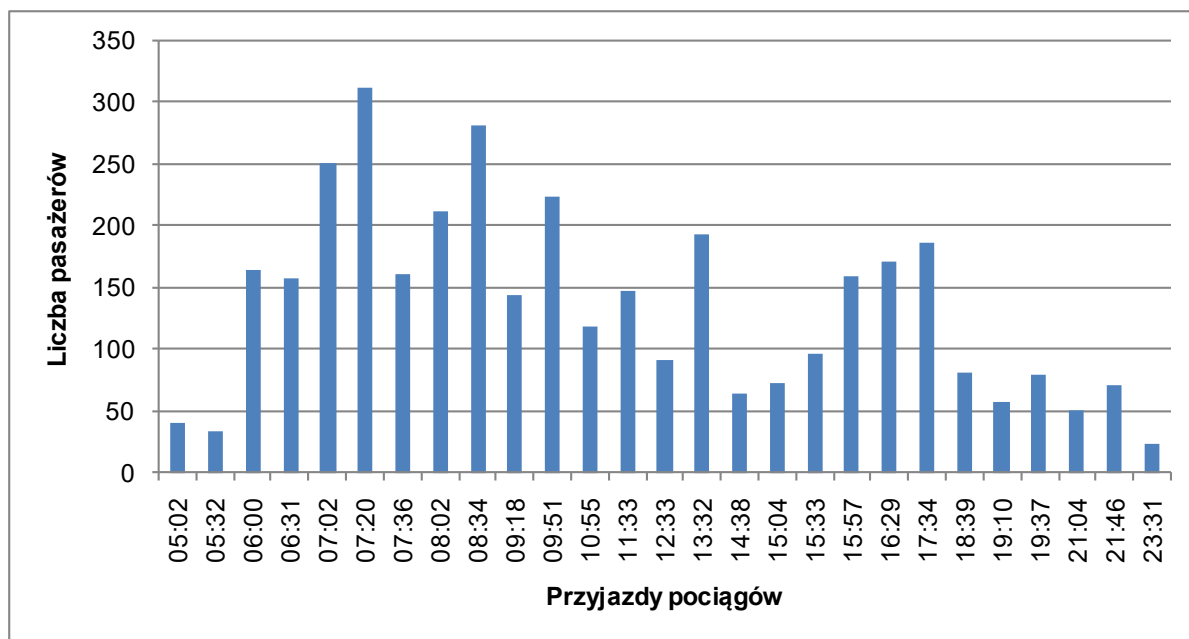
W ostatniej części badania dokonano porównania rozkładu potoków pasażerskich na liniach o najlepszej i najgorszej ofercie przewozowej (odpowiednio: linia w kierunku Legnicy i Trzebnicy). Kierunek legnicki obsługiwany był przez 27 par połączeń, pociągi osiągały tam wysoką prędkość dochodzącą momentami do 160 km/h, a na trasie położone były takie miasta jak Legnica, Bolesławiec czy Lubań. Na kierunku trzebnickim kursowało zaś w ciągu dnia tylko 16 par połączeń, pociągi na większości trasy nie osiągały prędkości wyższej niż 80 km/h, a jedynym miastem położonym na trasie była Trzebnica. Analiza w tej części została przeprowadzona na wyższym poziomie szczegółowości, bowiem ukazano liczbę pasażerów dla poszczególnych kursów w ramach przyjazdów i odjazdów z Wrocławia.

W przypadku linii w kierunku Legnicy jednoznaczne wyznaczenie szczytów komunikacyjnych nie jest zadaniem prostym, ponieważ większość kursów ma

relatywnie wysoką frekwencję. Bardziej adekwatnym określeniem jest okres wzmożonego ruchu trwający od kursu z godziny 6:00 do kursu z 13:32 dla przyjazdów do Wrocławia i od 13:49 do 18:19 dla odjazdów z Wrocławia (ryc. 6, ryc. 7). Szczyty przewozowe byłyby bardziej widoczne przy agregacji do przedziałów godzinowych, w przypadku których największe natężenie potoków pasażerskich odnotowane zostałyby w godzinach od 7:00 do 8:00, kiedy to do Wrocławia przyjeżdża średnio aż 725 osób. W przypadku odjazdów największe natężenie liczby pasażerów przypadłoby w godzinach od 15:00 do 16:00, gdzie w kierunku Legnicy odjeżdżało średnio aż 825 osób.

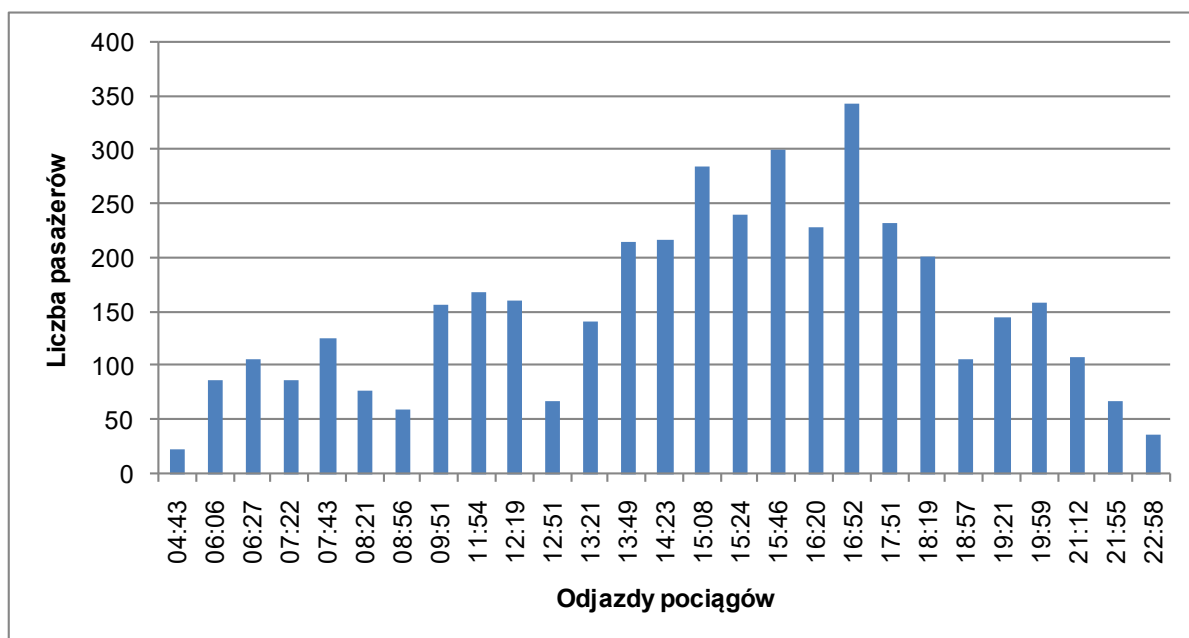
W przypadku oferty przewozowej o niższej jakości szczyty przewozowe są bardziej jednoznaczne, a kursy w pozostałych porach dnia nie cieszyły się zbyt wielkim zainteresowaniem. Widać to zarówno w przyjazdach, jak i odjazdach na linii trzebnickiej, gdzie w obu przypadkach możemy zidentyfikować dość jednoznacznie szczyt poranny w pobliżu kursu z 6:42 (przyjazd) i szczyt popołudniowy w pobliżu kursu z 15:54 (odjazd) (ryc. 8, ryc. 9).

Analiza ta pozwala stwierdzić, że w miarę rozwoju oferty przewozowej z transportu kolejowego zaczynają korzystać osoby o nieregularnych godzinach pracy. Stąd w przypadku linii o dobrej ofercie przewozowej można wyróżnić (trwający relatywnie krótko) szczyt przewozowy oraz znacznie dłuższy okres wzmożonego ruchu pasażerskiego. W przypadku ograniczonej oferty przewozowej natomiast kolej jest wykorzystywana zwykle przez pasażerów, którzy rozpoczynają



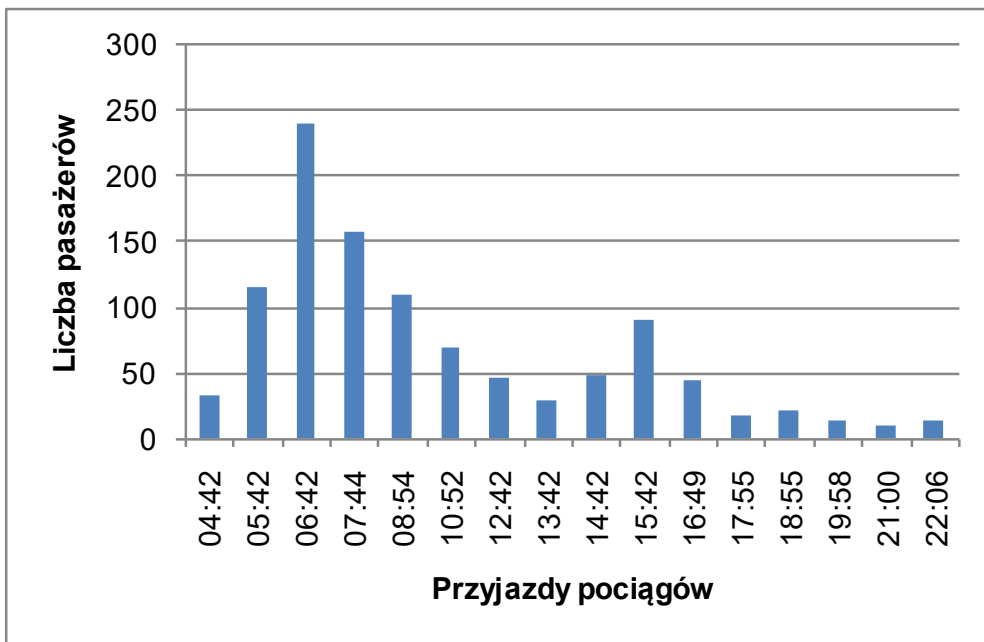
Ryc. 6. Rozkład potoków pasażerskich w poszczególnych kursach (przyjazdy) z kierunku legnickiego w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.



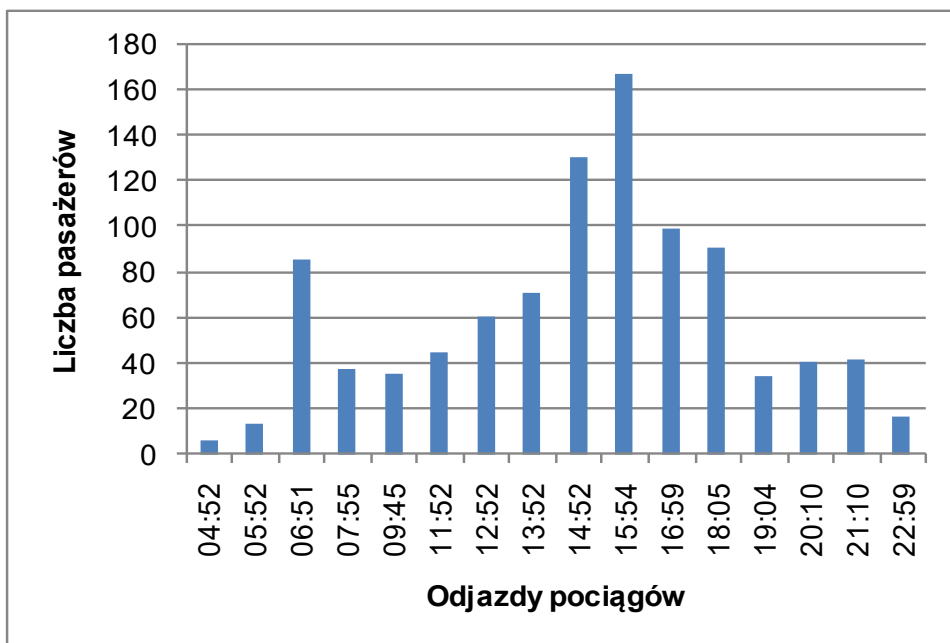
Ryc. 7. Rozkład potoków pasażerskich w poszczególnych kursach (odjazdy) na kierunku legnickim w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.



Ryc. 8. Rozkład potoków pasażerskich w poszczególnych kursach (przyjazdy) z kierunku trzebnickiego w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.



Ryc. 9. Rozkład potoków pasażerskich w poszczególnych kursach (odjazdy) na kierunku trzebnickim w 2017 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego.

pracę, naukę w godzinach porannych i kończą w godzinach popołudniowych.

7. Podsumowanie

Analiza wyników badań pozwala na sformułowanie kilku zasadniczych prawidłowości dotyczących przestrzennego i czasowego rozkładu potoków pasażerskich. Przede wszystkim, liczba pasażerów przyjeżdżających i odjeżdżających w ciągu dnia z Wrocławia cechuje się dużą nierównomiernością na poszczególnych kierunkach. Układ ten jest zachowany zarówno w dzień roboczy, jak i weekendowy, przy czym wielkość potoków pasażerskich w dni weekendowe zmniejsza się średnio prawie dwukrotnie. Charakterystyczna jest przewaga liczby pasażerów odjeżdżających z Wrocławia w dzień roboczy i przyjeżdżających do Wrocławia w dzień weekendowy, na co mogą mieć wpływ czynniki, takie jak:

- wspólne dojazdy samochodem członków gospodarstwa domowego w godzinach porannych i osobne powroty w godzinach popołudniowych w dni robocze,
- mniejsza zdolność dostosowania się do rozkładu jazdy w godzinach porannych w dni robocze,
- migracje studenckie w ciągu tygodnia (w dni robocze powrót do domu rodzinnego, w weekend przyjazd do Wrocławia),
- powroty z weekendowych wyjazdów turystycznych z pobliskich miejscowości górskich bądź uzdrowiskowych.

Czasowy rozkład natężenia potoków pasażerskich w dni robocze pozwala na identyfikację dwóch szczytów przewozowych:

- na kursach przyjazdowych do Wrocławia w godzinach porannych (6:00–9:00),
- na kursach powrotnych z Wrocławia w godzinach popołudniowych (14:00–17:00).

W dzień weekendowy szczyty przewozowe trudniej jest jednoznacznie określić, ponieważ ruch pasażerski rozkłada się bardziej równomiernie. Charakterystyczny jest jedynie weekendowy szczyt przewozowy w kursach przyjazdowych do Wrocławia w godzinach wieczornych (największe nasilenie 18:00–19:00), związany z powrotami studentów z miejscowości rodzinnych oraz turystów z wycieczek weekendowych. W przypadku dni roboczych można wyróżnić tzw. okres szczytowy i okres pozaszczytowy (*peak hours / off-peak hours*), natomiast w przypadku dni weekendowych jest to kilka okresów w ciągu dnia o zwiększonym i zmniejszonym natężeniu (por. Cervero, 1986; Yu, He, 2017)⁵.

⁵ W literaturze wyróżnia się zwykle pięć dobowych okresów przemieszczeń: *morning*, *AM peak*, *Midway*, *PM peak*,

W badaniu zaobserwowano również, że dobowy rozkład natężenia potoków pasażerskich ma związek z ofertą przewozową. Na liniach o wysokiej częstotliwości kursowania i większej prędkości osiągniętej przez pociągi można wyróżnić zarówno szczyty przewozowe o bardzo wysokim natężeniu potoków pasażerskich (ok. 1–2 h), jak również okresy wzmożonego ruchu pasażerskiego trwające po kilka godzin. W przypadku linii o niskiej jakości oferty przewozowej zaznaczają się tylko tradycyjne szczyty przewozowe, natomiast w pozostałych porach dnia liczba pasażerów jest relatywnie niewielka.

8. Dyskusja i wnioski

Dobowy rozkład potoków pasażerskich nawiązuje wyraźnie do ogólnych tendencji zachowań komunikacyjnych w Polsce, określonych na podstawie Badania Pilotażowego Zachowań Komunikacyjnych (2015), gdzie wyróżniono szczyt poranny w godzinach 6:00–9:00 (23,1% podróży) i popołudniowy w godzinach 14:00–18:00 (21,1% podróży). Biorąc pod uwagę wyniki badań przeprowadzonych w innych światowych ośrodkach, tylko okres porannego szczytu przewozowego jest zbliżony do tego zidentyfikowanego w niniejszym opracowaniu. W literaturze zagranicznej okres popołudniowego szczytu przewozowego występuje w późniejszych godzinach – zwykle zaczyna się od ok. 16:00 i trwa do ok. 20:00, a nawet 21:00 (Cervero, 1986; Chen i in., 2009; Yu, He, 2017; Zhao i in., 2017; Wemegah, 2018)⁶.

Wraz z upowszechnienia tzw. elastycznego czasu pracy w wielu podmiotach gospodarczych, a także wzrostem liczby podróży niezwiązanych z pracą można się spodziewać bardziej równomiernego rozkładu liczby pasażerów w poszczególnych porach dnia. Wątpliwy jest jednak całkowity zanik szczytów przewozowych, ponieważ przemieszczenia związane z harmonogramem obowiązków domowych, korzystaniem usług itp. również w dużej mierze odbywają się w godzinach tradycyjnych szczytów przewozowych (Oakil, 2016). W miarę rozwoju systemu kolei dojazdowych, a także całej aglomeracji wrocławskiej można natomiast spodziewać się przesunięcia szczytu popołudniowego na późniejsze godziny. Tego typu tendencja została zidentyfikowana w badaniu dynamiki zmian czasowego zróżnicowania dobowych wzorców przemieszczeń w Stanach Zjednoczonych w latach 1983–1990 (Vincent i in., 1994). Powyższe pro-

evening (Cervero, 1986), lub *morning*, *morninig peak*, *flat peak*, *evening peak*, *evening* (Yu, He, 2017).

⁶ C. Jun i Y. Dongyuan (2013) konstruując model subwencji dla transportu miejskiego w Pekinie używają nawet określenia wieczorny szczyt komunikacyjny.

gnozy należy jednak traktować jedynie jako pewne przypuszczenia, ponieważ w dużej mierze odnoszą się one do badań systemów o dużo większej częstotliwości i większej skali dojazdów.

Podsumowując, należy zatem dążyć do zwiększenia zarówno częstotliwości, jak również regularności odjazdów pociągów, najlepiej w takcie codziennym, z ewentualnymi dodatkowymi kursami w obrębie tradycyjnych szczytów przewozowych. Szczególne znaczenie ma wzrost liczby połączeń w godzinach porannych, kiedy pasażerowie wykazują mniejsze zdolności dostosowania się do rozkładu jazdy. W planowaniu oferty przewozowej należy również uwzględnić różnicę pomiędzy dniem roboczym a weekendowym. Ponadto należy brać pod uwagę weekendowe szczyty przewozowe (szczególnie w niedzielę), generowane przez powracających studentów oraz turystów weekendowych.

Piśmiennictwo

- Bartosiewicz B., 2016, Kolej Aglomeracyjna jako element systemu lokalnego transportu zbiorowego w Łodzi, *Space–Society–Economy*, (18), 49-65.
- Bieda K., 2010, Kolej aglomeracyjna – nowy czynnik w rozwoju przestrzennym Krakowa, *Czasopismo Techniczne. Architektura*, 107(1-A), 183-195.
- Blumenfeld-Lieberthal E., 2009, The topology of transportation networks: a comparison between different economies, *Networks and Spatial Economics*, 9(3), 427-458.
- Bul R., 2016a, Poznańska Kolej Metropolitalna jako odpowiedź na zmiany przestrzenne i demograficzne zachodzące na obszarze Poznania i jego strefy podmiejskiej, *Transport Miejski i Regionalny*, 9, 11-18.
- Bul R., 2016b, Droga do Poznańskiej Kolei Metropolitalnej – działania na rzecz budowy systemu kolei w aglomeracji poznańskiej, *Transport Miejski i Regionalny*, 11, 23-29.
- Cervero R., 1986, Time-of-day transit pricing: comparative US and international experiences, *Transport Reviews*, 6(4), 347-364.
- Ciastoń-Ciulkin A., Pashkevich A., 2015, Znaczenie oferty przewozowej w kształtowaniu ruchu pasażerskiego na przykładzie kolejowej linii aglomeracyjnej na trasie Kraków Główny–Wieliczka Rynek Kopalnia, *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne*.
- Ciastoń-Ciulkin A., Puławska-Obiedowska S., 2017, Znaczenie oferty przewozowej w kształtowaniu wielkości przewozów pasażerskich na kolejowej linii aglomeracyjnej Kraków Główny–Miechów, *Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne*.
- Chen C., Chen J., Barry J., 2009, Diurnal pattern of transit ridership: a case study of the New York City subway system, *Journal of Transport Geography*, 17(3), 176-186.
- Chu K., Chappleau R., 2010, Augmenting transit trip characterization and travel behavior comprehension. *Transportation Research Record*, 2183, 29-40.
- Dai L., Derudder B., Liu X., 2018, The evolving structure of the Southeast Asian air transport network through the lens of complex networks, 1979-2012, *Journal of Transport Geography*, 68, 67-77.
- Dziadek S., 1980, Organizacja przewozów pracowniczych w wielkich aglomeracjach przemysłowych na przykładzie huty „Katowice”, *Przegląd Komunikacyjny*, 6, 213-215.
- Evans G. W., Wener R. E., Phillips, D., 2002, The morning rush hour: Predictability and commuter stress. *Environment and behavior*, 34(4), 521-530.
- Giedryś A., Raczyński J., 2014, Łódzka Kolej Aglomeracyjna – the new railway system for the Lodz agglomeration, *TTS Technika Transportu Szybowego*, 21(6), s. 30-32.
- Górny J., 2016, Samorząd wojewódzki jako organizator kolejowych regionalnych przewozów pasażerskich, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 19(4), 72-81.
- Jun C., Dongyuan Y., 2013, Estimating smart card commuters origin-destination distribution based on APTS data, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 13(4), 47-53.
- Jurkowski W., 2018, Wpływ integracji zabudowy mieszkaniowej ze stacją kolejową na ruch pasażerski w obszarach wiejskich wrocławskiej strefy podmiejskiej, *Studia Obszarów Wiejskich*, 50, 197-211.
- Jurkowski W., 2019, Integracja zabudowy mieszkaniowej z infrastrukturą kolejową w strefach podmiejskich Krakowa, Łodzi, Poznania i Wrocławia, *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego*, 43, Wrocław.
- Jurkowski W., Smolarski, M., 2018, The impact of transport supply on passenger volume characterising regional rail transport in Lower Silesia, *Europa XXI*, 34, 79-93.
- Kaczor G., 1987, Obsługa pasażerskiego ruchu podmiejskiego w Warszawskim Węźle Kolejowym, *Biuletyn IGS/Szkoła Główna Handlowa. Instytut Gospodarstwa Społecznego*, (2), 85-105.
- Kluger A., 1998, Commute variability and strain, *Journal of Organizational Behavior*, 19, 147-165.
- Komusiński S., 2008, Znaczenie transportu kolejowego w obsłudze przewozów pasażerskich w miastach aglomeracji krakowskiej, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, XV, Warszawa– Rzeszów.
- Kopeć K., 2014, Pomorska Kolej Metropolitalna jako element zrównoważonego rozwoju systemu transportowego aglomeracji gdańskiej, *Zeszyty Naukowe. Problemy Transportu i Logistyki*, 28, 107-124.
- Koslowsky M., Kluger A. N., Reich M., 2013, *Commuting stress: Causes, effects, and methods of coping*, Springer Science Business Media.
- Kowalczyk K., 2019, *Pasażerski transport kolejowy na obszarach aglomeracyjnych w Polsce a rozwiązania multimodalne*.

- dalne w codziennych dojazdach do pracy, Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Koźlak A., 2013, Kolej aglomeracyjna jako podstawa systemu komunikacyjnego obszarów metropolitalnych w Polsce [w:] M. Michałowska (red.), *Współczesne uwarunkowania rozwoju transportu w regionie*, Studia Ekonomiczne, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, 143, 172-185.
- Kruszyna M., 2013, Integracja transportu publicznego na bazie kolei dla dużej i koncentrycznej aglomeracji (Aglomeracja Wrocławska), *Przegląd Komunikacyjny*, 11, 27-31.
- Kulpa T., Kulas S., Popadiak B., 2017, Zmiany zachowań komunikacyjnych pasażerów po uruchomieniu Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej w Małopolsce, *Transport Miejski i Regionalny*, 9, 5-10.
- Ma X., Wu Y.-J., Wang Y., Chen F., Liu J., 2013, Mining smart card data for transit riders' travel patterns. *Transportation Research C: Emerging Technology*, 36, 1-12.
- Makuch J., 2018, Działania niezbędne dla uruchomienia atrakcyjnego systemu kolei aglomeracyjnej na przykładzie Wrocławia, *Przegląd Komunikacyjny*, 73.
- Milan J., 1997, Comparison of the quality of rail and air networks in West, Central and Eastern Europe, *Transport Policy*, 4(2), 85-93.
- Nowak M., Koterbicki M., Pashkevich A., 2016, Analiza przewozów pasażerskich i oferty przewozowej kolei aglomeracyjnej na przykładzie linii Kraków-Miechów, *TTS Technika Transportu Szybnego*, 23.
- Nowicki R., Ochlik D., 2012, Możliwości rozwoju kolei aglomeracyjnej na Dolnym Śląsku, *Przegląd Komunikacyjny*, LXVII, 10, 21-23.
- Oakil A. T. M., Nijland L., Dijst M., 2016, Rush hour commuting in the Netherlands: Gender-specific household activities and personal attitudes towards responsibility sharing, *Travel Behaviour and Society*, 4, 79-87.
- Pelletier M.-P., Trépanier M., Morency C., 2011, Smart card data use in public transit: A literature review, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(4), 557-568. DOI:10.1016/j.trc.2010.12.003
- Połom M., Tarkowski M., 2018, Rola Pomorskiej Kolei Metropolitalnej w kształtowaniu struktury przestrzenno-funkcjonalnej Gdańska, *Studia Miejskie*, 30, 39-58.
- Połom M., Tarkowski M., Puzdrakiewicz K., 2018, Urban transformation in the context of rail transport development: the case of a newly built railway line in Gdańsk (Poland), *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-15. DOI: 10.1155/2018/1218041
- Raczyńska-Buława E., 2015, Systemy kolei aglomeracyjnych w Polsce, *Technika Transportu Szybnego*, 7-8, 37-45.
- Ratajczak K., 1980, Rola kolei w systemach transportowych wielkich aglomeracji miejskich, *Przegląd Komunikacyjny*, 12, 10-14.
- Rickwood P., Glazebrook G., 2009, Urban structure and commuting in Australian cities, *Urban Policy Research*, 27, 171-188.
- Sagan I., Palmowski T., 1987, Rozwój sieci kolejowej na zapleczu aglomeracji gdańskiej w ujęciu grafowym, *Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego*, 16, 35-46.
- Schlich R., Schönfelder S., Hanson S., Axhausen K. W., 2004, Structures of leisure travel: temporal and spatial variability, *Transport Reviews*, 24(2), 219-237.
- Tao S., Rohde D., Corcoran J., 2014, Examining the spatial-temporal dynamics of bus passenger travel behaviour using smart card data and the flow-comap, *Journal of Transport Geography*, 41, 21-36.
- Troka B., 1974, *Transport kolejowy w obsłudze aglomeracji przemysłowo-miejskich*, Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Urząd Transportu Kolejowego – <https://utk.gov.pl/pl/raporty-i-analazy/analizy-i-monitoring/statystyka-przewozow-pa/dane-archiwalne/14765,Przewozy-pasazerskie-w-2018-r.html> [22.12.2019]
- Vincent M., Keyes M., Reed M., 1994, *NPTS Urban Travel Patterns: 1990 Nationwide Personal Transportation Survey. Report FHWA-PL-94-018*, Office of Highway Information Management, Washington, DC.
- Wang J., Mo H., Wang F., Jin F., 2011, Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: A complex network approach, *Journal of Transport Geography*, 19(4), 712-721.
- Wemegah T. D., Zhu S., Atombo C., 2018, Modeling the effect of days and road type on peak period travels using structural equation modeling and big data from radio frequency identification for private cars and taxis, *European Transport Research Review*, 10(2), 39.
- Wild P., 2012, Wrocławska Kolej Metropolitalna – Rozwój Infrastruktury Transportu Metropolitalnego, *Przegląd Komunikacyjny*, LXVII, 10, 21-23.
- Wojciechowski A., 2012, Miejsce Warszawskiej Kolei Dojazdowej w systemie logistyki miejskiej aglomeracji Warszawskiej, *Logistyka*, 3.
- Wojciechowski A., Popowski Ł., 2012, Warszawska kolej dojazdowa a stan sektora kolejowego w Polsce, *Logistyka*, 2.
- Yu C., He Z. C., 2017, Analysing the spatial-temporal characteristics of bus travel demand using the heat map, *Journal of Transport Geography*, 58, 247-255.
- Zhao J., Qu Q., Zhang F., Xu C., Liu, S., 2017, Spatio-temporal analysis of passenger travel patterns in massive smart card data, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(11), 3135-3146.