

Justyna STĘPIEŃ*

Politechnika Świętokrzyska

FUNKCJONOWANIE MIEJSKICH PRZYSTANKÓW AUTOBUSOWYCH WYKORZYSTYWANYCH PRZEZ RÓŻNYCH PRZEWOŹNIKÓW

Streszczenie. Rozwój usług prywatnych przewoźników przyczynia się do coraz intensywniejszego wykorzystywania miejskich przystanków autobusowych przez różnych przewoźników. Konieczne staje się ustalenie zasad ich wspólnego funkcjonowania oraz określenie wpływu zatrzymujących się minibusów na procesy ruchu z tym związane. Istotnym problemem jest wymiarowanie geometryczne przystanków oraz określenie organizacji ruchu w ich obrębie w zależności od czasu postoju pojazdów o różnych długościach. Należy przy tym uwzględnić losowy charakter ich pojawiania się. W niniejszym referacie, opierając się na wykonanych pomiarach rozpoznawczych na terenie Kielc, porównano czasy wymiany pasażerów na przystanku dla różnych grup pojazdów komunikacji zbiorowej. Określono również kierunki dalszych badań.

FUNCTIONING OF URBAN BUS STOPS USED BY VARIED OPERATORS

Summary. Development of private minibus services justifies the growing intensity of usage of urban bus stops by varied operators. It is thus becoming necessary to establish some rules of functioning of common bus stops, and to determine the influence of minibuses stopping on the traffic process. A crucial problem here is measurement of the bus stops geometry, and the need to define the traffic movement in their area, according to the stop-time for vehicles of different lengths. Also, influence of the random values involved with mentioned processes should be considered. This paper contains comparison of passenger exchange times at bus stops for different groups of public transport vehicles, basing on measurements taken in the city of Kielce. Possibilities of further researches in this issue have been shown.

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Andrzej Rudnicki.

1. Wprowadzenie

W ostatnich latach w Polsce coraz intensywniej rozwijają się usługi świadczone przez licznych prywatnych przewoźników zarówno na obszarze miast, jak i obejmujące kursy zamiejskie. Wspólne korzystanie z przystanków autobusowych przez różnorodnych przewoźników wywołuje w wielu przypadkach zakłócenia w ruchu komunikacji zbiorowej, a także w ruchu ogółu pojazdów.

Funkcjonowanie przystanku autobusowego można interpretować jako system obsługi masowej, w którym procesem wejścia jest „potok” autobusów przyjeżdżający na przystanek, procesem obsługi wymiana pasażerów w autobusie, a aparatem obsługi część zatoki przystankowej, na której zatrzymuje się autobus celem wymiany pasażerów. Zastosowanie modeli obsługi masowej wymaga identyfikacji tych procesów, w tym opisujących je zmiennych losowych. Przepustowość przystanku i związana z nią potrzebna długość krawędzi wysiadania i wsiadania w dużym stopniu zależą od średniego czasu postoju autobusu na przystanku oraz od rozrzutu tego czasu wokół wartości średniej. Czas postoju składa się z czasu wymiany pasażerów, z czasu operacyjnego i z czasu traconego na włączanie się do ruchu.

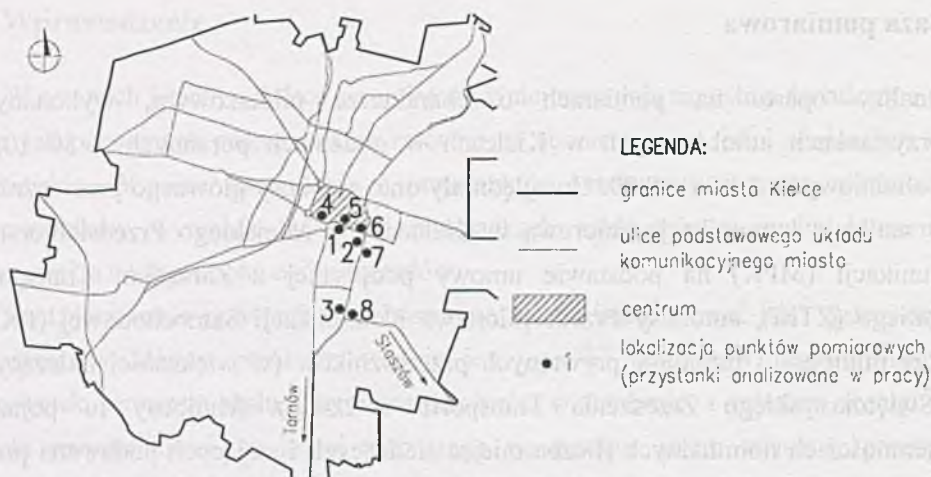
Dotychczas w Polsce badane były przystanki, z których korzystały prawie wyłącznie autobusy komunalnego przewoźnika, gdzie obowiązuje samoobsługa, czyli pasażerowie nie realizują opłaty u kierowcy. Dla tych warunków przedstawiono w pracy [1] nomogram do wyznaczania potrzebnej liczby stanowisk postojowych na przystanku w zależności od natężenia „potoku” autobusów oraz średniego czasu postoju autobusu na przystanku. Modelowanie czasu postoju autobusów na przystankach obsługiwanych przez jednorodnego użytkownika przedstawiono m.in. w pracach [2, 3, 4, 5, 6], analizujących czynniki wpływające na czas wymiany pasażerów, odnoszące się zarówno do infrastruktury przystankowej, jak i taborowej.

Celem niniejszego referatu jest estymacja średniego czasu postoju autobusów na przystanku oraz jego odchylenia standardowego dla różnych rodzajów przewoźników (MPK, PKS, prywatni), co pozwoli na porównanie spodziewanych różnic w sprawności wymiany pasażerów na wspólnych przystankach. Duże zróżnicowanie czasu wymiany pogarsza funkcjonowanie przystanku, wpływa na jego przepustowość i w konsekwencji na wymiarowanie długości przystanku oraz na organizację ruchu w jego obrębie.

2. Baza pomiarowa

Analizy oparto na pomiarach o charakterze pilotażowym, wykonanych na przystankach autobusowych w Kielcach w godzinach porannych: 6:30÷10:30 i popołudniowych: 14:00÷18:00. Uwzględniały one: autobusy głównego przewoźnika, który realizuje komunikację zbiorową w Kielcach, tj. Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji (MPK) na podstawie umowy podpisanej z Zarządem Transportu Miejskiego (ZTM), autobusy Przedsiębiorstwa Komunikacji Samochodowej (PKS), a także minibusy i midibusy prywatnych przewoźników (w większości należących do Świętokrzyskiego Zrzeszenia Transportu i Usług). Minibusy to pojazdy o pojemnościach nominalnych (liczba miejsc siedzących i stojących podawana przez producenta pojazdu) od 17+8 do 25+10, natomiast midibusy to pojazdy o pojemnościach od 35+16 do 47+30. W przeprowadzanych analizach pojazdy prywatnych przewoźników potraktowano jako jedną grupę, zwaną dalej minibusami. Najczęściej są to pojazdy marki Mercedes, których pasażerowie wsiadają i wysiadają tylko jednymi drzwiami, najczęściej nieotwieranymi automatycznie, oraz przemieszczają się stosunkowo wąskimi przejściami pomiędzy rzędami siedzeń w pojeździe.

Pomiary obejmowały rejestrację przez obserwatorów stojących na przystankach momentów otwierania i zamykania drzwi pojazdów oraz momentów odjazdów z przystanków, a także liczby pasażerów wysiadających i wsiadających oraz napełnień pojazdów. Szczególną uwagę zwrócono na zatrzymujące się minibusy prywatnych przewoźników. Pomiary wykonano na 26 przystankach, natomiast analizy zawarte w referacie oparto na bazie pomiarowej uzyskanej z 8 przystanków zlokalizowanych na odcinku od ul. Żytniej do ul. Wojska Polskiego w Kielcach (rys. 1). Zarejestrowano na nich największe natężenia zatrzymujących się minibusów (ok. 40% wszystkich pojazdów). Przystanki nr 1, 2, 3 charakteryzowały się dominującym udziałem osób wsiadających do pojazdów prywatnych przewoźników i autobusów PKS, natomiast na przystankach nr 4, 5, 6, 8 przeważali wysiadający. Przystanki nr 1, 4, 5, 6 zlokalizowane są przy ulicach otaczających centrum miasta, natomiast nr 2, 3, 7, 8 już poza centrum, na wylocie z miasta w kierunku Tarnowa (rys. 1). Ulice te posiadają przekrój o dwóch jezdniach po dwa pasy ruchu każda. Analizowane przystanki mają wydzielone zatoki bądź dodatkowy pas ruchu o długości krawędzi pozwalającej na zatrzymanie się kilku pojazdów jednocześnie.



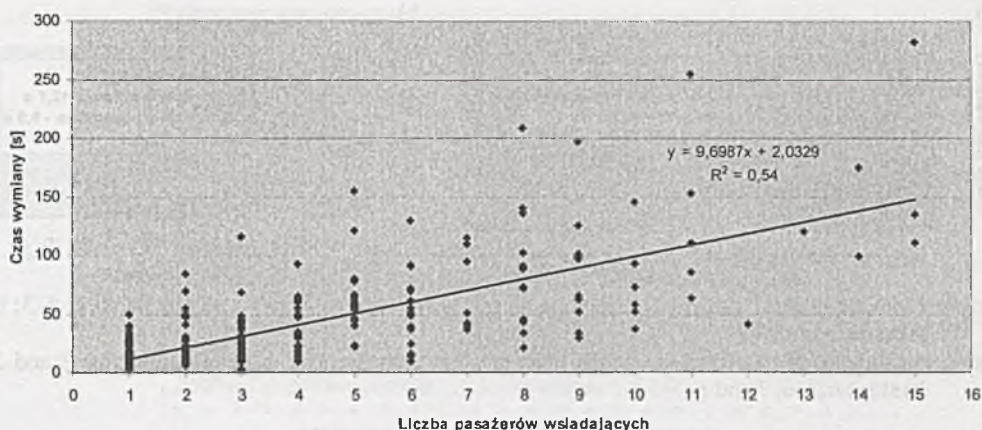
Rys. 1. Lokalizacja badanych przystanków autobusowych w sieci komunikacyjnej Kielce
 Fig. 1. Location of investigated bus stops in public transport network in the city of Kielce

3. Charakterystyka czasu wymiany pasażerów dla różnych rodzajów przewoźników

Przez czas wymiany pasażerów rozumie się czas jaki upływa od momentu rozpoczęcia wysiadania bądź wsiadania (na ogół tożsamym z momentem zatrzymania autobusu na przystanku) do momentu zakończenia wymiany podstawowej grupy pasażerów (pasażerowie dobiegający po zakończeniu podstawowej fazy wymiany są pomijani).

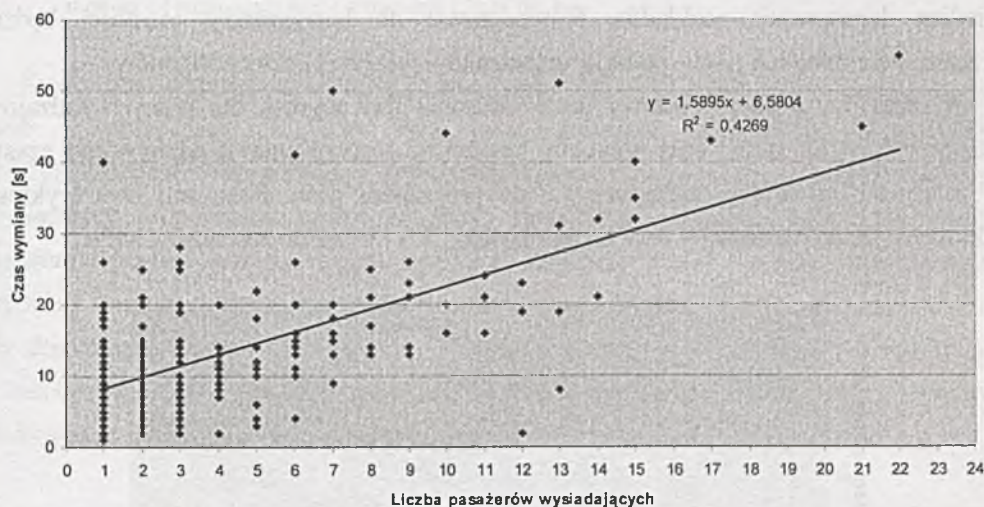
Na przystankach nr 1 i 2 zgromadzono łącznie 565 obserwacji procesu wymiany pasażerów, w tym 248 minibusów, natomiast na przystankach nr 6, 7, 8 – 612 obserwacji, w tym 257 minibusów. Uzyskane z pomiarów wartości czasu wymiany dla przystanków nr 2 i 3 należą do przedziału od 3 do 282 s, natomiast dla przystanków nr 6, 7, 8 od 3 do 94 s. Średni czas dla pierwszej próby pomiarowej wynosi 42,2 s, a dla drugiej 12,7 s i jest zbliżony do średniego czasu wymiany dla autobusów MPK (por. pomiary z opracowania [7]).

Na rysunkach 2 i 3 pokazano linie regresji dla czasu wymiany pasażerów w minibusach, w zależności od liczby pasażerów wsiadających bądź wysiadających, natomiast na rysunku 4 histogramy częstości jego występowania. Obliczenia statystyczne oraz wykresy wykonano przy użyciu programu komputerowego Excel.



Rys. 2. Linia regresji dla średniego czasu wymiany pasażerów na przystankach nr 2 i 3, w zależności od liczby osób wsiadających do minibusów

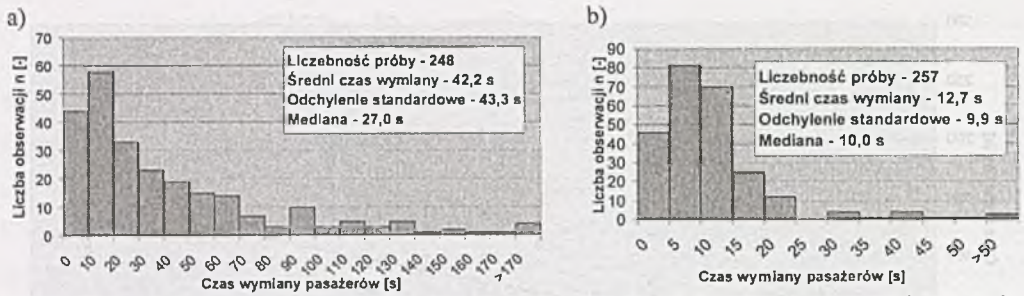
Fig. 2. Regression line for the average time of passengers exchange at a bus stop nos. 2 and 3, depended on the number of passengers getting into the minibuses



Rys. 3. Linia regresji dla czasu wymiany pasażerów na przystankach nr 6, 7, 8, w zależności od liczby osób wysiadających z minibusów

Fig. 3. Regression line for the average time of passengers exchange at a bus stop nos. 6, 7, 8 depended on the number of passengers getting out of the minibuses

Zarejestrowane długie czasy wymiany pasażerów na poligonach nr 2 i 3 w głównej mierze wynikają z faktu zakupu biletów u kierowców minibusów przez osoby wsiadające. Charakterystyczne dla pomierzonego czasu obsługi realizowanej przez minibusy jest duże rozproszenie wyników pomiarów wokół linii regresji, co wskazuje na duży wpływ czynnika losowego.



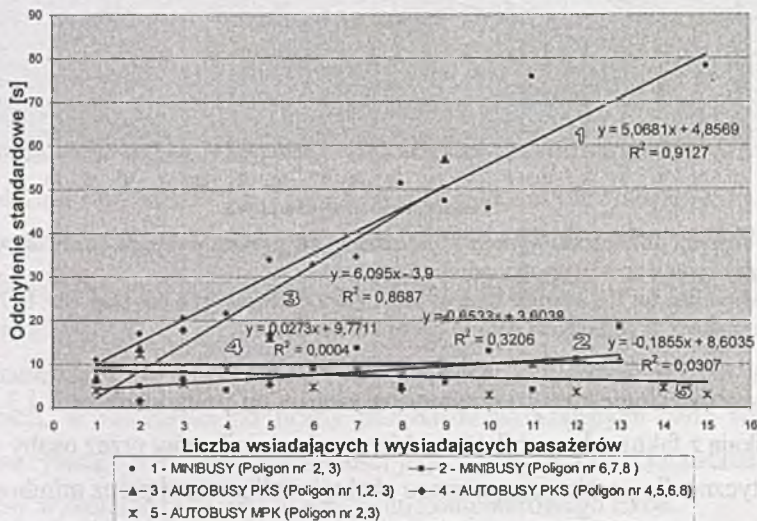
Rys. 4. Histogramy czasu wymiany pasażerów na przystanku dla minibusów: a) przystanki nr 2, 3; b) przystanki nr 6, 7, 8

Fig. 4. Histograms of passenger exchange time at a bus stop for minibuses: a) stops nos. 2 and 3, b) stops nos. 6, 7 and 8

Z rys. 4 wynika, że najczęściej przypadków zatrzymań pojazdów na przystankach charakteryzuje się czasem wymiany mieszczącym się w przedziale 10÷20 s w przypadku pasażerów wsiadających oraz 5÷10 s dla wysiadających.

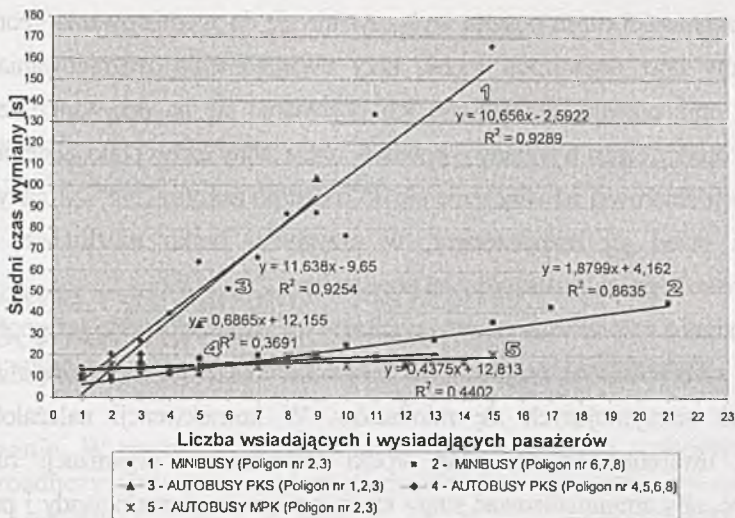
Histogramy mają zbliżony kształt do rozkładu Gamma o niskiej wartości parametru k . Analiza dopasowania rozkładów teoretycznych do histogramów częstości będzie przedmiotem dalszych prac – po objęciu badaniami większej liczby polygonów.

Rysunki 5 i 6 dają podstawy do porównania linii regresji dla różnych rodzajów przewoźników na średni czas wymiany pasażerów i odchylenia standardowego czasu, w zależności od liczby obsługiwanych na przystanku osób. Pokazano dwa wykresy odnoszące się do minibusów, dwa do autobusów PKS i jeden do autobusów MPK.



Rys. 5. Linie regresji dla średniego czasu wymiany pasażerów na przystanku, w zależności od liczby pasażerów wsiadających i wysiadających

Fig. 5. Regression lines for the average time of passengers exchange depended on the number of passengers getting into and out of the bus



Rys. 6. Linie regresji dla odchylenia standardowego czasu wymiany pasażerów na przystanku, w zależności od liczby pasażerów wsiadających i wysiadających
 Fig. 6. Regression lines for the standard deviation of passenger exchange time, depended on the number of passengers getting into and out of the bus

Średni czas wymiany pasażerów na przystanku dla takiej samej liczby obsługiwanych osób w przypadku autobusów PKS oraz minibusów prywatnych przewoźników jest kilkukrotnie dłuższy w sytuacji, gdy dominują pasażerowie wsiadający, niż gdy dominują wysiadający. Jednocześnie można zauważyć, że wraz ze wzrostem liczby wsiadających pasażerów szybko wzrasta rozrzut wyników pomiarów wokół wartości średniej czasu wymiany (wzrost wartości odchylenia standardowego – krzywe nr 1 i 3). Takiego wzrostu nie dostrzeżono w przypadku, gdy dominowała liczba osób wysiadających z minibusów i autobusów PKS oraz dla autobusów MPK, niezależnie od tego, czy dotyczyło to dominacji wsiadających czy wysiadających.

4. Wnioski generalne oraz kierunki dalszych badań

- Najwyższe wartości czasu wymiany pasażerów odnotowano w przypadku autobusów PKS oraz minibusów przewoźników prywatnych na przystankach, gdzie dominowali wsiadający. Także w tych przypadkach wraz ze wzrostem czasu wymiany rośnie szybko jego odchylenie standardowe. Potęguje to losowy charakter czasu wymiany pasażerów, co pogarsza warunki funkcjonowania przystanku, w tym ogranicza jego przepustowość. Przy dużym udziale zatrzymujących się minibusów na przystankach niewątpliwie dochodzi do znacznych zakłóceń płynności ruchu w komunikacji zbiorowej, a także pozostałych pojazdów, z uwagi na efekt blokowania przystanku i sąsiedniego pasa ruchu.

- Analizy zmienności czasu postoju wykorzystuje się do wymiarowania geometrycznego przystanków oraz organizacji ruchu, przy uwzględnieniu zróżnicowania gabarytów pojazdów oraz prawdopodobieństwa ich pojawiania się na przystanku, zatem dalsze badania – oprócz czasu wymiany – powinny objąć straty czasu ponoszone przez pojazdy komunikacji zbiorowej na włączenie się do ruchu po zakończeniu wymiany pasażerów, ale także przed jej rozpoczęciem, w przypadku braku możliwości podjechania na stanowisko wymiany pasażerów na przystanku.
- Istnieje potrzeba rozszerzenia zakresu pomiarów na większej liczbie poligonów w innych miastach, szczególnie na przystankach z ograniczeniami geometrycznymi i o dużych natężeniach zatrzymujących się minibusów. W konsekwencji należałoby określić, w jakich uwarunkowaniach, jakie środki techniczne i organizacji ruchu należy zastosować, aby zminimalizować straty czasu ponoszone przez pojazdy i pasażerów na przystankach obsługiwanych przez różnych przewoźników, w tym wyznaczać przepustowość przystanków. Oddzielnym zadaniem jest wymiarowanie pętli końcowych, z których korzystałyby równocześnie autobusy standardowe i minibusy.

BIBLIOGRAFIA

1. Rudnicki A.(red.): Obsługa komunikacyjna w obszarach zurbanizowanych w Polsce. Zeszyty SITK, monografie nr 1 (z. 30), Kraków 1994.
2. Bąk R.: Analiza przepustowości przystanków autobusowych. Praca magisterska, Politechnika Krakowska, 2007.
3. Bauer M.: Wpływ infrastruktury ulic na funkcjonowanie miejskiej komunikacji autobusowej. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
4. Kruszyna M.: Przepustowość elementów sieci komunikacji zbiorowej. Praca doktorska, Politechnika Wroclawska, Wrocław 1999.
5. Kraft W., Boardman T.: Predicting Bus Passenger Service Time. Traffic Engineering, Vol. 40, Part I, No.1/1969, Part II, No. 1/1970.
6. Małkis R. A: Issledowanie reżimow i bezapasnosti dwizenia awtamobiliej w zonie awtobusnych astanowak. Praca doktorska, MISA (PUT), Moskwa 1972.
7. Rudnicki A. i in.: Zintegrowany plan rozwoju transportu publicznego dla Kielc. Zleceniodawca: ZTM Kielce, Kraków 2007.