

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 140

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Kraków 2015, 25–38

doi: 10.4467/20833113PG.15.002.3531

## POWIĄZANIA MIAST WOJEWÓDZTWA ŁÓDZKIEGO W SYSTEMIE KOLEJOWEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W ŚWIETLE POTENCJAŁU KOMUNIKACYJNEGO

*Szymon Wiśniewski*

### Connections between the towns of the Łódź region in the system of public rail transport in the light of communication potential

*Abstract:* The paper presents a topological characteristics of the network passenger train connections in the province of Łódź. The effectiveness of all connections between 24 cities in the region included in the network of scheduled connections was assessed based on their frequency and duration time expressed in physical, time and economic units. In addition, the communication was defined by its potential, strength and direction of its influence for each of the examined cities in the rail system. It was found that the accessibility of the towns, on the assumption of train journey, is determined first of all by the direction of the railway. The railway pattern in the Łódź province provides access to 24 out of 44 towns. The level of transport connections between the towns in region resulting from the operation of collective transport by rail is clearly conditioned by the number of potential users. This relationship is not as clear as in the public road transport. On the other hand, the location of a city in the urban network and within the region is a secondary factor.

*Keywords:* public transport, rail transport, urban settlement network, Łódź province

*Zarys treści:* W artykule przedstawiono topologiczną charakterystykę sieci połączeń pociągami pasażerskimi w województwie łódzkim. Efektywność wszystkich relacji pomiędzy 24 miastami

regionu objętymi siecią regularnych połączeń oceniono na podstawie ich częstotliwości oraz długości ujętych w jednostkach fizycznych rzeczywistych, czasowych oraz ekonomicznych. Dodatkowo został określony potencjał komunikacyjny oraz siła i kierunek jego oddziaływania dla każdego z poddanych analizie miast w oparciu o system połączeń kolejowych. Stwierdzono, że dostępność miast przy założeniu podróży pociągiem jest uwarunkowana w pierwszej kolejności przebiegiem linii kolejowych. Ich układ w województwie łódzkim zapewnia dojazd do 24 z 44 wszystkich ośrodków. Poziom skomunikowania miast województwa wynikający z funkcjonowania zbiorowego transportu kolejowego jest wyraźnie uwarunkowany liczbą potencjalnych użytkowników. Nie jest to zależność tak wyraźna jak na przykład w przypadku komunikacji samochodowej. Lokalizacja ośrodka w sieci osadniczej i regionie jest natomiast czynnikiem wtórnym.

*Słowa kluczowe:* transport zbiorowy, transport kolejowy, miejska sieć osadnicza, województwo łódzkie

## Wstęp

Warunkiem niezbędnym do zapewnienia dostępności transportowej danego miasta jest zorganizowanie odpowiedniego poziomu przystępności elementów infrastruktury i usług przewozowych. Te dwa elementy są z sobą ściśle związane, ponieważ z jednej strony korzystanie z usług jest niemożliwe bez odpowiednio łatwego eksploataowania infrastruktury (Gadziński 2010), z drugiej zaś strony nawet możliwie łatwy i powszechny dostęp do niej nie gwarantuje dostępności transportowej na pożądanym poziomie. Maksymalny poziom osiągalności różnorodnych, użytecznych miejsc, dóbr, osób i usług często znacznie od siebie oddalonych uzależniony jest, poza samym funkcjonowaniem transportu, również od posiadania innych elementów (np. środków pieniężnych) przyczyniających się do dotarcia do tychże miejsc, osób czy usług (Kolarski 1976). Transport umożliwia jedynie przybycie do miejsca docelowego, nie skupia się jednak na wykorzystaniu wspomnianych dóbr, usług, miejsc pracy czy edukacji występujących w miejscu docelowym podróży (*Diagnoza Polskiego Transportu* 2011).

Celem artykułu jest ocena dostępności transportowej miast województwa łódzkiego w świetle kolejowego transportu zbiorowego w ujęciu wewnątrzregionalnym. Dla mieszkańca województwa łódzkiego, z punktu widzenia codziennych przejazdów, główną rolę odgrywa stosownie do potrzeb rozwinięty transport zbiorowy, pozwalający na dojazdy do pracy i placówek oświatowych oraz korzystanie z infrastruktury społecznej, która nie występuje w miejscu zamieszkania (Bartosiewicz, Marszał 2011). Podstawowym zadaniem funkcjonowania infrastruktury technicznej jest szeroko rozumiane zaspokojenie potrzeb społeczno-ekonomicznych. W przypadku rozwoju systemów transportowych miernikiem tej satysfakcji są wskaźniki dostępności, w tym transportowej. Rozwój sieci transportowych jest z natury rzeczy nierównomierny.



Zawsze jednak zasadniczym zadaniem planistycznym jest takie ich formowanie, aby przebieg sieci był możliwie najbardziej dopasowany do potrzeb przewozowych wynikających z popytu, jak również by spełniał cele polityki przestrzennej na poziomie regionalnym, skupiającej się na ożywieniu wskazanych regionów społeczno-gospodarczych przez poprawę dostępności transportowej. Dlatego bardzo przydatne są wskaźniki mające za zadanie ocenę efektywności funkcjonowania sieci transportowych (Śleszyński 2009).

## Materiały i metody opracowania

Ocena dostępności była oparta na połączeniach pomiędzy wszystkimi możliwymi dla transportu kolejowego parami miast województwa łódzkiego. Analizę wykonano, biorąc pod uwagę pięć podstawowych zmiennych: liczbę połączeń (liczbę par pociągów), ich długość, koszt i czas przejazdu oraz rodzaj przewoźnika (wielkość i struktura przewozów nie mogły zostać poddane analizie ze względu na brak dostępu do informacji o charakterze handlowym). Pierwszą zmienną badawczą, czyli liczbę połączeń określono przez zliczenie kursów w dniu roboczym z włączeniem kursów bezpośrednich, jak i z przesiadką. Nie włączano do analizy połączeń, których koniec przypadał na dzień po rozpoczęciu podróży. Połączenie jest rozumiane jako pojedynczy kurs wykonywany kolejowym transportem zbiorowym, pomiędzy ostatnim z przystanków w granicach administracyjnych miasta początkowego podróży a pierwszym przystankiem w graniach miasta docelowego. W relacjach bilateralnych pomiędzy miastami połączenia zliczano jednokrotnie. Taki dobór zmiennej został podyktowany faktem, że liczba połączeń wychodzących z danego miasta i liczba połączeń przychodzących pokrywają się z sobą (jeżeli występują różnice, to są one nieistotne). W ten sposób jedno połączenie jest rozumiane jako pojedyncza relacja obsługująca kurs pomiędzy miastami w obie strony. W związku z charakterystyką sieci kolejowej województwa łódzkiego oraz ograniczoną ofertą przewoźników substytucyjność połączeń między poszczególnymi miastami jest stosunkowo niewielka, więc możliwe było włącznie do analizy wszystkich możliwych relacji. Do ustalenia liczby oraz innych szczegółów połączeń kolejowych wykorzystano dane udostępnione przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. (PKP PLK S.A.) oraz TK Telekom (powstały pod nazwą Telekomunikacja Kolejowa) w formie zdigitalizowanych rozkładów jazdy oraz informacji zawartych w serwisie <http://www.rozklad-pkp.pl/> (15–20.04.2014). Badanie dostępności transportowej miast województwa łódzkiego w zakresie transportu zbiorowego zostało przeprowadzone w okresie marca, kwietnia i maja 2014 r.

Pierwszą poddaną analizie zmienną była odległość fizyczna rzeczywista pomiędzy poszczególnymi miastami przy założeniu poruszania się kolejowym transportem



zbiorowym. Po naniesieniu trasy przejazdu na mapę dokonywano pomiarów odległości zgodnie z przedstawioną wcześniej metodologią. Wszystkie pomiary odległości fizycznych zostały wykonane za pomocą programu ArcMap 10.0. Uzyskane wyniki zarówno posłużyły na potrzeby badania zakresu przestrzennego oddziaływania transportu zbiorowego, jak i występowały jako wyznacznik oporu przestrzeni dla obliczanego w dalszej części artykułu potencjału komunikacyjnego miast. Druga zmienna określająca poziom dostępności transportowej miast województwa łódzkiego w świetle kolejowego transportu zbiorowego to czas przejazdu. Ta cecha ma w niniejszym badaniu znaczenie decydujące, przede wszystkim bowiem determinowała wybór konkretnego analizowanego pod innymi względami połączenia. Przyjęto założenie, że podróżujący, wybierając połączenie, kieruje się przede wszystkim kryterium czasu. Przy wyborze połączenia do analizy kierowano się następującym kluczem. W pierwszej kolejności wybierano połączenie, które umożliwi najszybsze przemieszczenie się z jednego miasta do drugiego. Czas przejazdu był ważniejszy od pojawiającej się konieczności przesiadki. Jeśli występowały połączenia o identycznym czasie realizacji, wybierano to, które nie zmuszało do przesiadki. Jeśli te dwie cechy nie różnicowały połączeń, to wtedy kierowano się kryterium kosztu podróży – niższa cena stanowiła element decydujący. Jako ostatnią zmienną różnicującą wybrano odległość, która ma zostać pokonana przy wyborze konkretnego połączenia. Ma ona jednakże charakter wyłącznie teoretyczny, w badaniu nie wystąpiła bowiem konieczność porównywania połączeń pod tym względem. Kolejną zmienną charakteryzującą połączenia między miastami był koszt przejazdu. Do badania przyjęto założenie zakupu możliwie najtańszego biletu normalnego jednorazowego drugiej klasy, umożliwiającego dotarcie do pierwszego przystanku w granicach administracyjnych miasta docelowego.

Ostatnia cecha mówiąca o poziomie rozwoju połączeń kolejowego transportu zbiorowego w sieci miast województwa łódzkiego to zróżnicowanie przewoźników oferujących usługi na poszczególnych trasach. Na obszarze województwa łódzkiego usługi przewozowe świadczą Przedsiębiorstwa Komunikacji Samochodowej (spółki PKS), prywatni przewoźnicy typu bus, gminne spółki przewozowe typu Miejskie Przedsiębiorstwa Komunikacyjne (MPK), Przewozy Regionalne oraz PKP InterCity. W granicach województwa łódzkiego funkcjonują również Koleje Mazowieckie obsługujące połączenia m.in. do Skierniewic, Łowicza czy Drzewicy. Na potrzeby analizy wszystkie wyżej przedstawione zmienne ukazano w podziale na przewoźników. W przypadku połączeń kolejowych przyporządkowanie jest jednoznaczne i dotyczy odpowiednio Przewozów Regionalnych i PKP InterCity.

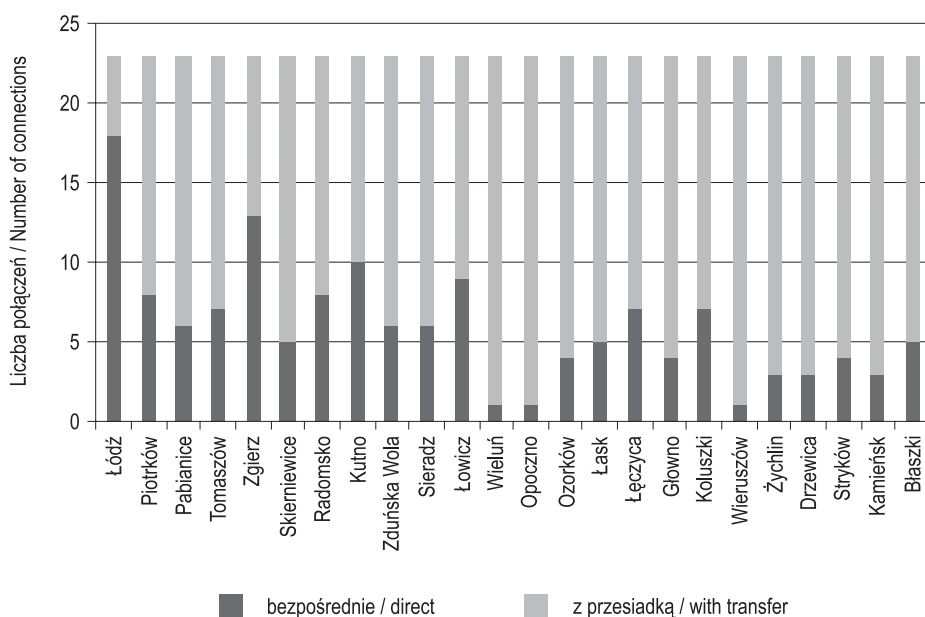


## Wyniki

### Efektywność funkcjonowania połączeń

Dostępność do transportu zbiorowego warunkuje poprawny, wszechstronny rozwój na danym obszarze. Umożliwia sprawne przemieszczanie się między miejscem zamieszkania a miejscem pracy lub nauki. Dobrze zorganizowany transport zbiorowy, o odpowiedniej częstotliwości i rozkładzie kursów w ciągu dnia, przyczynia się do zmniejszenia zatłoczenia w ruchu kołowym i skraca czas przejazdu. Przed przystąpieniem do analizy połączeń dwustronnych bilateralnych pomiędzy miastami województwa łódzkiego konieczne jest scharakteryzowanie sieci połączeń w transporcie zbiorowym w ujęciu topologicznym.

W przypadku połączeń kolejowych do analizy włączono 24 miasta (ryc. 1). Jedyne do nich prowadzony jest regularny ruch pasażerski. W związku z założeniem



Ryc. 1. Połączenia kolejowe do miast województwa łódzkiego w podziale na bezpośrednie oraz z przesiadką

Fig. 1. Railway connections to the cities of the Łódź province broken down into direct and indirect ones



wstępnym, dotyczącym włączenia do analizy połączeń zarówno bezpośrednich, jak i z przesiadkami, do każdego z miast można dzięki kolei dotrzeć z 23 innych ośrodków.

Największą liczbą bezpośrednich połączeń odznacza się Łódź (18). Aby dotrzeć do niej z Wielunia, Opoczna, Wieruszowa, Żychlina oraz Kamieńska, konieczna jest przynajmniej jedna zmiana pociągu. Żychlin nie posiada bezpośredniego połączenia kolejowego. Stacja jest zlokalizowana w Pniewie, a dojazd do miasta funkcjonuje dzięki autobusom miejskim. Więcej niż 10 połączeń bezpośrednich prowadzi jeszcze jedynie do Zgierza (13). Najniższy pod tym względem poziom dostępności charakteryzuje Wieluń, Opoczno oraz Wieruszów. Przyczyn takiej sytuacji należy przede wszystkim upatrywać w lokalizacji tych ośrodków sieci kolejowej województwa. Wieluń i Wieruszów są bezpośrednio dostępne jedynie wzajemnie. Opoczno zaś posiada bezpośrednie połączenie wyłącznie z Tomaszowem Mazowieckim. Przy ustalaniu przebiegu połączeń uwzględniających przesiadki możliwe było określenie miast, w których użytkownicy zobligowani byli do zmiany pociągu. Analiza rozkładu jazdy wskazuje na Łódź jako miejsce największej liczby przesiadek. Ze wszystkich 276 kombinacji połączeń aż 105 razy Łódź występuje jako stacja przesiadkowa. W 59 przypadkach miejscem zmiany pociągu były Koluszki. Z rozkładu jazdy wynikają 24 przesiadki w Tomaszowie Mazowieckim, 16 w Skierniewicach, 15 w Łowiczu, 9 w Kutnie, po 8 w Piotrkowie Trybunalskim i Zgierzu, 3 w Łęczycy oraz po 1 w Radomsku i Sieradzu. Realizacja możliwie najszybszych połączeń kolejowych pomiędzy miastami województwa łódzkiego pociąga za sobą konieczność przesiadek również w miastach poza jego granicami. Podróżując głównie do Wielunia i Wieruszowa, pasażerowie zmuszeni są do przesiadki w Ostrowie Wielkopolskim (w przypadku 20 połączeń), Częstochowie (9 połączeń), ale również w Poznaniu (7 połączeń), Lublińcu (5 połączeń), Kępnie, Kaletach i Krzepicach (po 3 połączenia) czy Miechowie, Katowicach, Sochaczewie i Jarocinie (po 1 połączeniu).

Aby ocenić dostępność transportową miast województwa łódzkiego, przedstawiono częstotliwość, długość, czas i koszt połączeń oraz rodzaj przewoźników w postaci macierzy przedstawiającej wszystkie możliwe połączenia dwustronne dla danej sieci transportowej. Ocenę powiązań kolejowych rozpoczęto od analizy częstotliwości połączeń (ryc. 2).

Najwięcej połączeń spośród 24 miast województwa łódzkiego w ciągu doby w ujęciu topologicznym dociera do Koluszek (351). Zaledwie trzy połączenia mniej łączą pozostałe miasta województwa ze Skierniewicami. Powyżej 300 połączeń na dobę (bezpośrednich i z przesiadką) dociera jeszcze tylko do Łodzi (334) oraz Kutna (325) i Sieradza (314).

Najgorzej dostępnym miastem pod względem częstotliwości połączeń kolejowych jest Drzewica, do której w ciągu doby dociera tylko 88 pociągów pasażerskich



(przy uwzględnieniu połączeń z przesiadkami w ujęciu topologicznym). Poniżej stu połączeń ma jeszcze tylko Wieruszów (93). W kategorii połączeń dwustronnych największą częstotliwości kursów kolejowych ma połączenie Łódź–Koluszki, które dziennie pokonuje 35 par pociągów. Podobnie wysoka liczba kursów łączy Koluszki z Kutnem (34). Powyżej 30 połączeń na dobę łączy również Koluszki ze Skierniewicami (32). Zaledwie jedno połączenie uruchomione jest pomiędzy Opoczmem a Drzewicą. Analiza częstotliwości połączeń kolejowych wskazuje na ogólną prawidłowość, że jest ona wyraźnie większa w przypadku połączeń bezpośrednich.

Najbardziej dostępnym miastem województwa łódzkiego pod względem długości połączeń kolejowych w ujęciu topologicznym jest Łódź (ryc. 3). Wysoki poziom dostępności mają również Zgierz oraz Pabianice. Poniżej 2 tys. km dzieli od pozostałych 23 miast województwa łódzkiego jeszcze Łask (1933), Koluszki (1836) oraz Stryków (1903).

Najgorzej dostępnym pod względem odległości w transporcie kolejowym jest Wieruszów. Skumulowana odległość do pozostałych miast regionu, wynikająca z rozkładu jazdy, wynosi niemalże 5,8 tys. km. Prawie identyczną odległością charakteryzuje się Wieluń. Te dwa ośrodki są wyraźnie odizolowane od pozostałych 22 miast objętych siecią kolejową. Trzecim najgorzej dostępnym miastem jest Radomsko – jego odległość topologiczna jest o ponad 2,5 tys. km niższa od odległości Wielunia czy Wieruszowa. Wśród połączeń dwustronnych największa odległość dzieli Wieluń i Łowicz. Ponad 420 km dzieli również Żychlin i Wieruszów. Najkrótsze połączenia (do 10 km) występują pomiędzy Łodzią i Zgierzem, Łęczycą i Ozorkowem oraz Głownem i Strykowem. Znaczne odległości do Wieruszowa i Wielunia spowodowały, że średnia odległość, jaką zmuszony jest pokonać pociąg pomiędzy każdym z dostępnych dla kolei miast, przekroczyła nieznacznie 115 km. Połączenia nieprzekraczające średniej długości stanowią 61% ogółu. Przy wyeliminowaniu tych dwóch ośrodków z analizy i związanych z nimi połączeń średnia długość połączenia obniżyła się do poziomu 88,3 km. Niecałe 50% pozostałych połączeń nie osiągnęłoby wartości średniej.

Zależność między czasem potrzebnym do przebycia odległości pomiędzy wskazanymi miastami a odległością jest jeszcze wyraźniejsza w przypadku połączeń kolejowych, niż na przykład połączeń autobusowych. Dlatego też najniższym poziomem dostępności pod względem czasu podróży także odznaczają się Wieluń i Wieruszów (ryc. 4).

Również miasta o najwyższym poziomie dostępności pod względem czasu przejazdu są identyczne z tymi określonymi przez odległości. Po uwzględnieniu w analizie czasu koniecznego do przejazdu koleją pomiędzy miastami województwa łódzkiego możliwe staje się określenie prędkości na poszczególnych trasach. Z największą prędkością pociągi poruszają pomiędzy Łowiczem i Kutnem – średnia prędkość wynosi 108 km·h<sup>-1</sup>. Powyżej 100 km·h<sup>-1</sup> pociągi poruszają się również



między Skierniewicami i Koluszkami. Najniższa średnia prędkość (poniżej  $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) dotyczy powiązania Opoczno–Drzewica. Średnio  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  nie przekracza również pociąg jadący pomiędzy Ozorkowem i Strykowem. Tak niewielkie średnie prędkości wynikają w dużej mierze z konieczności przesiadki w obu relacjach.

Ostatnią zmienną charakteryzującą połączenia kolejowe jest ich cena (ryc. 5). Naliczana wraz ze wzrostem odległości odnosi się w bezpośredni sposób do macierzy odległości. Badaniu poddano wyłącznie relacje między miastami, dlatego zmiany proporcji ceny do odległości mogą wynikać z wyboru PKP InterCity (szczególnie Express InterCity), których ceny są wyższe od tych ustalonych na przykład w Przewozach Regionalnych (REGIO czy interREGIO). Ze względu na priorytet czasu przejazdu były jednak często uwzględniane w niniejszej analizie. Najdroższe w przeliczeniu na 1 km połączenie występuje pomiędzy Łodzią i Zgierzem oraz Sieradzem i Zduńską Wolą (blisko  $0,8 \text{ zł}\cdot\text{km}^{-1}$ ). Wynika to ze stałej minimalnej stawki za bilet, która nie różnicuje połączeń do określonej długości i wyraźnie niższych cen za przejazd kolejnych kilometrów (np. przejazd 6 km odcinka ze stacji Łódź Żabieniec do stacji Zgierz kosztuje 4,4 zł, podczas gdy przejazd o 8 km dłuższego odcinka Łódź Kaliska–Pabianice kosztuje tylko 5,3 zł). Najtańsze połączenie (w przeliczeniu na 1 km) łączą najbardziej oddalone od siebie miasta województwa łódzkiego. Najkorzystniejsze z punktu widzenia kosztów podróży jest poruszanie się pociągiem pomiędzy Wieluniem a Łowiczem. Cena za jeden kilometr na tej trasie nie przekracza 15 gr. Niemalże identyczna cena (15,3 gr.) dotyczy relacji Drzewica–Błaszki. Ceny  $0,2 \text{ zł}\cdot\text{km}^{-1}$  nie przekraczają łącznie 22 połączenia pomiędzy miastami województwa łódzkiego.

## Potencjał komunikacyjny

Na podstawie wszystkich przedstawionych charakterystyk połączeń transportu zbiorowego pomiędzy miastami województwa łódzkiego, określono potencjał komunikacyjny każdego z miast województwa oraz wskazano siły i kierunki ciężenia komunikacyjnego (Sobczyk 1985). Zastosowany w tym celu model ciężenia, wykorzystywany powszechnie w badaniach geograficzno-ekonomicznych, wyraża związki analogiczne do tych, które określone zostały prawem grawitacji Newtona, mówiące, że siła przyciągania dwóch ciał jest wprost proporcjonalna do iloczynu masy tych ciał, a odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między nimi. W przypadku badań związanych z problematyką komunikacyjną znajduje on zastosowanie najczęściej do obliczenia obecnej bądź przyszłej wielkości przewozów pasażerskich lub towarowych. W odniesieniu do transportu zbiorowego zasada grawitacji uwzględniona została do obliczenia wskaźnika ciężenia komunikacyjnego między każdym z miast a pozostałymi ośrodkami miejskimi układu osadniczego województwa łódzkiego. Przyjęto następujący wzór:





Ryc. 2. Częstotliwość połączeń kolejowych pomiędzy miastami województwa łódzkiego

Fig. 2. Frequency of rail connections between towns in the Łódź province

Objaśnienia: kolorem szarym zaznaczono połączenia bezpośrednie.

Explanations: direct connections marked in grey.

Łódź	Piotrków Trybunalski	Pabianice	Tomaszów Mazowiecki	Zgierz	Skieriewice	Radomsko	Kutno	Zduńska Wola	Sieradz	Łowicz	Wieluń	Opoczno	Ozorków	Łask	Łęczycza	Głowno	Koluszki	Wieruszów	Żychlin	Drzewica	Stryków	Kamieńsk	Błaszki
Łódź	17	18	11	27	20	18	19	20	21	12	5	6	12	15	15	10	35	7	13	4	7	15	7
	Piotrków Trybunalski	12	11	12	13	22	21	14	18	16	8	5	10	13	12	8	19	5	10	2	8	18	10
		Pabianice	11	14	18	12	14	20	21	18	5	5	10	15	13	10	15	3	13	4	7	15	7
			Tomaszów Mazowiecki	10	12	15	13	11	13	11	9	5	10	11	11	14	11	4	7	2	8	10	8
				Zgierz	27	12	19	16	20	11	5	6	12	13	13	10	18	3	12	4	7	14	7
					Skieriewice	19	18	19	18	13	8	5	18	16	25	11	32	5	9	6	12	14	10
						Radomsko	15	13	13	15	10	5	10	12	11	7	20	3	11	4	13	13	8
							Kutno	15	16	26	5	6	13	13	16	8	34	4	10	5	9	17	9
								Zduńska Wola	21	14	4	5	10	18	13	11	18	3	10	7	7	12	9
									Sieradz	21	6	5	10	17	13	10	19	3	15	4	7	16	7
										Łowicz	6	6	15	13	18	7	19	7	8	4	10	16	10
											Wieluń	4	4	4	5	4	4	2	4	3	5	5	5
												Opoczno	5	5	5	6	4	4	4	1	5	5	5
													Ozorków	9	11	11	11	4	10	3	8	11	6
														Łask	12	7	16	3	11	3	7	14	7
															Łęczycza	11	17	5	11	5	8	14	10
																Głowno	12	4	6	3	8	14	8
																	Koluszki	5	9	3	7	16	7
																		Wieruszów	6	3	3	3	4
																			Żychlin	3	9	7	7
																				Drzewica	4	5	6
																					Stryków	9	7
																						Kamieńsk	10



Ryc. 3. Długość połączeń kolejowych pomiędzy miastami województwa łódzkiego

Fig. 3. Length of rail connections between towns in the Łódź province

Objaśnienia: kolorem szarym zaznaczono połączenia bezpośrednie.

Explanations: direct connections marked in grey.

Łódź	Piotrków Trybunalski	Pabianice	Tomaszów Mazowiecki	Zgierz	Skierniewice	Radomsko	Kutno	Zduńska Wola	Sieradz	Łowicz	Wieluń	Opoczno	Ozorków	Łask	Łęczycza	Głowno	Koluszki	Wieruszów	Żychlin	Drzewica	Stryków	Kamieńsk	Błaszki
Łódź	61	14	48	6	55	100	68	42	59	55	224	69	29	25	39	41	21	193	81	79	22	86	79
	Piotrków Trybunalski	81	66	78	78	45	143	110	127	98	224	92	121	92	111	110	39	196	127	102	96	31	147
		Pabianice	70	25	88	126	82	29	46	69	210	96	47	11	57	50	49	179	95	112	40	112	65
			Tomaszów Mazowiecki	67	66	111	133	98	115	88	232	26	89	93	99	84	27	387	115	32	88	97	135
				Zgierz	85	123	57	53	70	49	235	93	18	36	28	25	46	204	76	109	15	109	90
					Skierniewice	123	67	117	134	22	244	93	102	105	92	47	39	267	48	102	57	109	153
						Radomsko	188	155	172	143	179	137	166	137	156	148	84	182	171	147	138	14	192
							Kutno	111	128	45	378	160	35	93	25	70	106	348	19	169	72	167	148
								Zduńska Wola	17	104	182	127	76	12	86	78	77	151	130	137	68	144	37
									Sieradz	121	164	141	93	29	103	95	91	134	147	144	85	158	20
										Łowicz	426	114	80	92	70	25	61	393	26	169	35	131	141
											Wieluń	306	257	199	406	260	259	31	397	268	250	273	145
												Opoczno	135	107	125	110	53	281	141	62	114	123	145
													Ozorków	58	10	48	68	382	53	132	38	138	113
														Łask	74	67	66	162	112	129	57	129	48
															Łęczycza	58	78	372	43	142	48	142	123
																Głowno	67	418	52	133	10	141	115
																	Koluszki	228	87	63	57	70	100
																		Wieruszów	422	329	219	196	114
																			Żychlin	151	62	157	167
																				Drzewica	110	133	177
																					Stryków	117	105
																						Kamieńsk	178



Ryc. 4. Czas połączeń kolejowych pomiędzy miastami województwa łódzkiego

Fig. 4. Duration time of rail connections between towns in the Łódź province

Objaśnienia: kolorem szarym zaznaczono połączenia bezpośrednie.

Explanations: direct connections marked in grey.

Łódź	Piotrków Trybunalski	Pabianice	Tomaszów Mazowiecki	Zgierz	Skierniewice	Radomsko	Kutno	Zduńska Wola	Sieradz	Łowicz	Wieluń	Opoczno	Ozorków	Łask	Łęczycza	Głowno	Koluszki	Wieruszów	Żychlin	Drzewica	Stryków	Kamieńsk	Błaszki
Łódź	50	18	62	12	49	97	82	54	69	57	287	96	42	33	50	43	15	237	112	100	31	99	85
	Piotrków Trybunalski	94	70	83	54	45	105	127	146	75	333	113	138	117	125	158	25	242	150	137	123	34	176
		Pabianice	111	36	89	142	107	35	51	102	268	139	75	14	81	72	57	232	137	215	62	135	67
			Tomaszów Mazowiecki	75	53	100	118	125	164	90	300	31	142	140	114	165	27	378	210	36	119	124	207
				Zgierz	81	131	62	77	97	43	325	126	22	50	34	29	61	291	90	189	18	131	125
					Skierniewice	82	58	118	146	29	302	108	114	111	102	59	22	339	53	105	72	99	171
						Radomsko	133	155	168	103	287	142	186	144	152	189	50	271	185	179	172	13	204
							Kutno	155	167	25	299	179	37	130	25	58	104	257	16	288	98	204	190
								Zduńska Wola	13	134	231	197	125	14	129	106	95	194	168	208	96	179	29
									Sieradz	159	201	201	129	29	141	130	114	177	186	227	115	192	15
										Łowicz	353	146	89	111	55	23	62	295	22	243	37	160	186
											Wieluń	393	375	284	362	398	390	21	512	455	366	350	196
												Opoczno	194	128	163	216	61	423	165	213	220	156	238
													Ozorków	84	11	71	93	314	58	247	81	186	163
														Łask	104	82	80	210	150	237	81	158	45
															Łęczycza	83	104	302	46	266	67	176	164
																Głowno	93	351	61	225	10	217	158
																	Koluszki	316	98	72	87	72	166
																		Wieruszów	490	462	342	294	161
																			Żychlin	271	65	188	220
																				Drzewica	201	166	280
																					Stryków	175	134
																						Kamieńsk	208



Ryc. 5. Ceny połączeń kolejowych pomiędzy miastami województwa łódzkiego

Fig. 5. Prices of rail connections between towns in the Łódź province

Objaśnienia: kolorem szarym zaznaczono połączenia bezpośrednie.

Explanations: direct connections marked in grey.

Łódź	Piotrków Trybunalski	Pabianice	Tomaszów Mazowiecki	Zgierz	Skierniewice	Radomsko	Kutno	Zduńska Wola	Sieradz	Łowicz	Wieluń	Opoczno	Ozorków	Łask	Łęczycza	Głowno	Koluszki	Wieruszów	Żychlin	Drzewica	Stryków	Kamieńsk	Błaszki
Łódź	23	5,3	13,5	4,4	19,5	32,5	23	11,7	14,6	19	49,6	16,1	8,2	7,6	13	9,8	11	42,6	17,5	17,1	7,6	18,6	17,1
	Piotrków Trybunalski	28,3	21,2	23	23	19	42	37	37,6	26	55,3	26,5	41,4	30,6	37	30,3	13	47	23,6	22	28,8	9,8	40,1
		Pabianice	23	7,6	20,4	42,3	28,3	13	19	24,3	49,6	31,2	11,7	5,3	24,3	13,5	14,7	42,6	25,5	33,9	10,6	38,1	15,6
			Tomaszów Mazowiecki	23	16	34,2	47,8	30,7	37	28,8	58,2	8,2	30,6	31	26	18,6	8,2	65	22,4	9,8	18,6	19,8	36,1
				Zgierz	20,4	40	19	19	23	19	52	31,2	6,5	10,6	8,2	7,6	13,8	44,5	17,1	33,9	5,3	32,8	29,5
					Skierniewice	40	26,6	23,8	25,4	7,6	60,6	26,5	22	32,8	19,8	11,7	13	65,6	13,5	28,6	14,6	29,1	40,1
						Radomsko	47	42	44	42	48,3	39,5	46,4	44,6	42	49,7	26	52	45	41	45,3	5,3	54,1
							Kutno	34,7	37,6	19	116	47,3	9,8	19,8	13	25,5	22,4	113	6,5	44,2	24,3	49,8	40,1
								Zduńska Wola	13	22	45,8	24,8	17,1	5,3	30,7	17,1	18,3	38,8	23,6	38,8	16,1	25,5	10,6
									Sieradz	23,6	43,1	45,2	19,8	8,2	22	19,8	21	36,1	25,5	37,6	18,6	47,4	6,5
										Łowicz	61,9	34,1	28,8	24,4	23	8,2	20,6	116	8,2	48	9,8	36,7	25,5
											Wieluń	64,2	53,1	48	93,9	57,5	62,6	13	122,5	65,6	53,1	74,1	40,6
												Opoczno	38,6	34,8	34,2	24,8	13,5	69,1	25,9	15,6	34,7	23,6	25,5
													Ozorków	14,6	4,4	13,5	22,8	122,8	13,5	38,4	10,6	38,9	22
														Łask	17,1	19	16,8	41	27,3	38,6	14,6	42,6	13,5
															Łęczycza	14,6	24,7	120,6	11,7	40,3	18,3	46,8	36,1
																Głowno	22,8	123,6	15,5	23,6	4,4	39,7	22
																	Koluszki	55,6	19	15,6	15,8	16,1	19,8
																		Wieruszów	93	69,4	46,1	54,9	33,6
																			Żychlin	42,1	15,6	42,6	27,1
																				Drzewica	22	23,6	27,1
																					Stryków	22	22
																						Kamieńsk	49,9



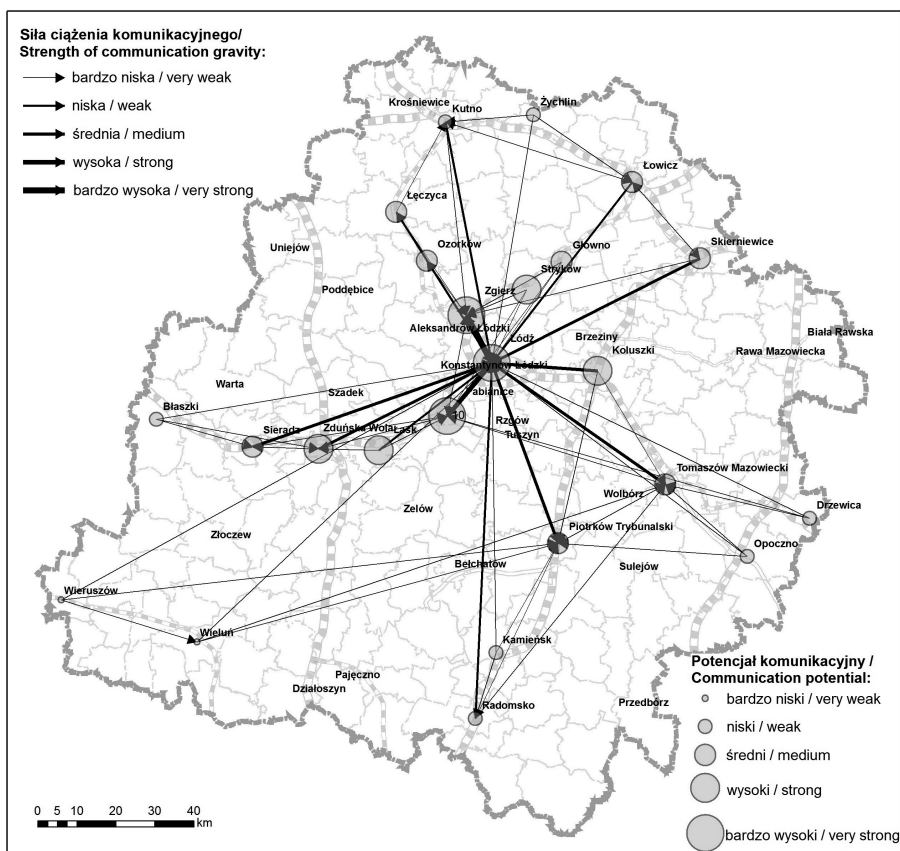
$$G_{ij} = k \cdot \frac{L_i L_j}{d_{ij}^2}$$

gdzie:  $G_{ij}$  – wskaźnik grawitacji komunikacyjnej między miastami  $i$  oraz  $j$ ,  
 $L_i$  – ludność miasta  $i$ ,  
 $L_j$  – ludność miasta  $j$ ,  
 $d_{ij}$  – odległość między miastami  $i$  oraz  $j$  według połączeń komunikacji zbiorowej,  
 $k$  – współczynnik, którego wielkość równa jest pierwiastkowi kwadratowemu z częstotliwości połączeń komunikacji zbiorowej między dwoma miastami.

Zgodnie z regułą grawitacji ciążenie między dwoma badanymi miastami jest wprost proporcjonalne do liczby ludności (potencjalnych pasażerów) tych miast, a odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości między nimi. W celu przybliżenia modelu grawitacji do warunków rzeczywistych stosuje się we wzorze wykładniki potęgowe oraz współczynniki. Do wzoru na grawitację komunikacyjną wprowadzono współczynnik  $k$ , którego wielkość jest ściśle uzależniona od liczby połączeń kolejowych między badanymi miastami. Odgrywa on we wzorze istotną rolę, gdyż duży wpływ na siłę ciążenia między dwoma miastami ma również częstotliwość połączeń komunikacyjnych między nimi (Wiśniewski 2015). Ze względu na duże znaczenie czasu oraz pieniędzy we współczesnym życiu społeczno-gospodarczym opory przestrzeni między miastami wyrażono, poza jednostkami długości, również w jednostkach czasowych oraz pieniężnych zgodnie z taryfami poszczególnych przewoźników. Dla połączeń kolejowych zmiany potencjału poszczególnych miast oraz najsilniejszych relacji towarzyszących przyjmowaniu odległości, czasu i kosztu jako zmiennych określających oddalanie są bardzo wyraźne. Jeśli za zmienną przyjmiemy jednostki długości, to miastami o najwyższym potencjale są Łódź, Zgierz oraz Pabianice. Również pomiędzy tymi ośrodkami występują najsilniejsze wzajemne relacje. Uzupełnia je relacja pomiędzy Łodzią i Piotrkowem Trybunalskim. Należy podkreślić również wysoki potencjał Koluszek (ryc. 6), które pomimo małej liczby ludności osiągnęły dziesiątą pozycję wśród 24 miast województwa. Ich potencjał jest 23-krotnie niższy od najwyższego, łódzkiego, potencjału, podczas gdy liczba ludności Łodzi jest ponad 53-krotnie wyższa od liczby mieszkańców Koluszek. Najniższym potencjałem charakteryzują się Błaszki, Drzewica oraz Wieruszów, które poza niewielką liczbą mieszkańców charakteryzują się największymi odległościami topologicznymi. Jeśli odległość zostanie wyrażona w jednostkach czasowych, to klasyfikacja miast pod względem ich potencjału zmienia się nieznacznie. Do grupy miast o najniższym potencjale dołączył Kamieńsk. Zwiększył się natomiast potencjał Drzewicy.

Zasadniczo różnice pomiędzy potencjałami są wyraźnie mniejsze. Koluszki zachowały swoją dziesiątą lokatę, ale ich potencjał jest jedynie 12-krotnie mniejszy od potencjału dominującej Łodzi. Wyraźnie obniżył się potencjał miast, przez które przechodziły linie o niskich maksymalnych prędkościach, takie jak Zduńska Wola

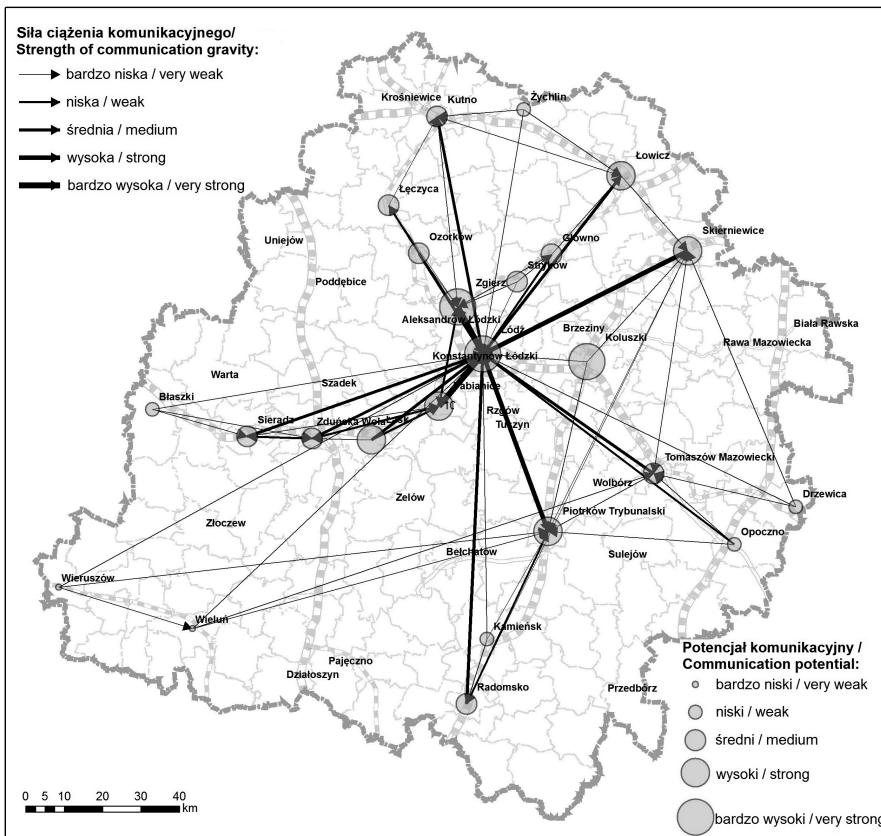




Ryc. 6. Potencjał oraz siła i kierunek ciężenia komunikacyjnego (I, II i III rzędu) miast województwa łódzkiego w świetle komunikacji kolejowej (opór przestrzeni w jednostkach długości)  
 Fig. 6. Potential, strength and direction of communication gravity (1st, 2nd and 3rd level) of the cities in the Łódź province in the light of rail communication (spatial resistance in units of length)

czy Zgierz (ryc. 7). Wzrosły zaś wyraźnie w przypadku miast, do których prowadzą linie kolejowe o najwyższych parametrach technicznych, jak Łowicz, Skierniewice czy Kutno. Niezmienne pozostały pary miast połączone najsilniejszymi relacjami wzajemnymi. Zmieniła się jednak siła poszczególnych połączeń. Dla przykładu relacja Łódź–Pabianice osłabła o 30%, a Łódź–Piotrków znacząco się wzmocniła (o 20%). Wśród połączeń najwyższych rzędów, najwyraźniej zaznacza się pojawienie połączeń skierowanych do Skierniewic, między innymi z Tomaszowa Mazowieckiego



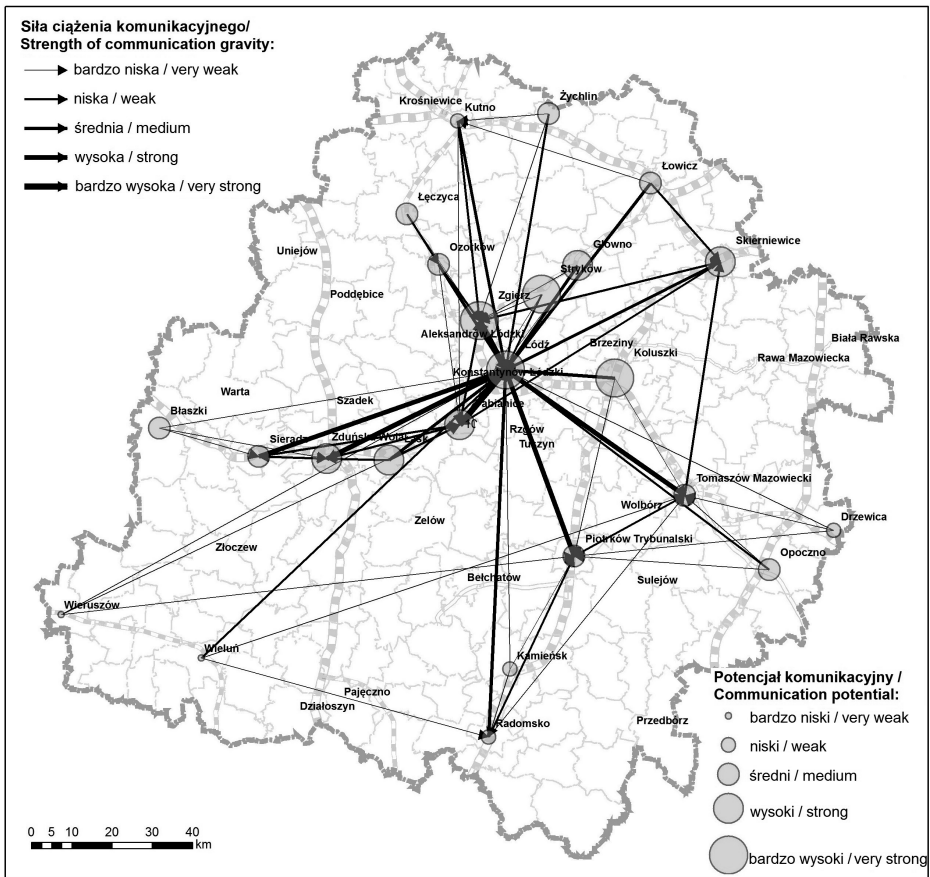


Ryc. 7. Potencjał oraz siła i kierunek ciężenia komunikacyjnego (I, II i III rzędu) miast województwa łódzkiego w świetle komunikacji kolejowej (opór przestrzeni w jednostkach czasowych)

Fig. 7. Potential, strength and direction of communication gravity (1st, 2nd and 3rd level) of the cities in the Łódź province in the light of rail communication (spatial resistance in units of time)

czy Piotrkowa Trybunalskiego. Straciły natomiast na znaczeniu połączenia do Pabianic, szczególnie z miast wschodniej części województwa. Wprowadzenie do analizy czynnika kosztu podróży powoduje, że jej wyniki wyraźnie nawiązują do wielkości potencjałów i sił ciężenia komunikacyjnego przy założeniu jednostek długości (ryc. 8). Wynika to z bezpośredniej korelacji pomiędzy ceną biletu za przejazd a jego długością. Na uwagę zasługuje znaczny wzrost potencjału Zduńskiej Woli, który przy założeniu analizy cen uplasował miasto na trzeciej pozycji.





Ryc. 8. Potencjał oraz siła i kierunek ciężenia komunikacyjnego (I, II i III rzędu) miast województwa łódzkiego w świetle komunikacji kolejowej (opór przestrzeni w jednostkach ekonomicznych)

Fig. 8. Potential, strength and direction of communication gravity (1st, 2nd and 3rd level) of the cities in the Łódź province in the light of rail communication (spatial resistance in economic units)





## Wnioski

Poziom dostępności komunikacyjnej miast województwa łódzkiego wynikający z funkcjonowania zbiorowego transportu kolejowego zależy przede wszystkim od przebiegu linii kolejowych, których układ zapewnia dojazd do 24 z 44 wszystkich ośrodków. Kolejnym czynnikiem wpływającym na poziom dostępności komunikacyjnej jest liczba potencjalnych użytkowników. Nie jest to powiązanie tak wyraźne jak na przykład w przypadku komunikacji samochodowej, niemniej jednak wskaźnik korelacji rang Spearmana wynosi 0,66. Lokalizacja ośrodka w sieci osadniczej i regionie jest natomiast czynnikiem wtórnym. W dużej mierze jest to wynik wyższej częstotliwości połączeń docierających do większych miast. Wyjątek stanowią Kozłuszki, które jako małe miasto, ale jednocześnie bardzo ważny węzeł kolejowy, znalazły się na wysokiej pozycji w rankingu. Oddalenie ośrodków od centrum województwa ma w przypadku transportu kolejowego niewielkie znaczenie (współczynnik wynosi jedynie 0,11).

Wyraźnie zauważalne są zmiany wielkości potencjału miast oraz relacji o największych siłach ich łączących, a związanych z włączeniem do analizy oporu przestrzeni w postaci odległości, czasu i kosztu przejazdu. Uwzględnienie odległości wyrażonej w jednostkach czasowych powoduje zmniejszenie różnic pomiędzy potencjałami w stosunku do jednostek długości. Zastosowanie do analizy zmiennej mówiącej o koszcie podróży skutkuje natomiast oczywistym nawiązaniem do przestrzennego rozkładu potencjału komunikacyjnego przy założeniu oporu w jednostkach długości.

Funkcjonujący pomiędzy miastami województwa łódzkiego kolejowy transport zbiorowy nie wyczerpuje wszystkich możliwości wynikającym z powiązań infrastrukturalnych, których właściwe wykorzystanie mogłoby skutkować wzrostem poziomu dostępności ośrodków. Organizacja kolejowego transportu zbiorowego zapewnia jednak, choć w niewielkim stopniu, spójność wszystkich 24 miast objętych siecią, chociaż w poszczególnych częściach województwa łódzkiego charakteryzuje się ona różną efektywnością.

## Literatura

Bartosiewicz B., Marszał T., 2011, *Zróżnicowanie przestrzenne dostępności miast i gmin w województwie łódzkim w świetle sieci transportu zbiorowego*, opracowanie wykonane na zlecenie Biura Planowania Przestrzennego Województwa Łódzkiego na potrzeby Strategii Województwa Łódzkiego.

*Diagnoza Polskiego Transportu – stan w 2009 roku*, 2011, Załącznik 1 do Strategii Rozwoju Transportu, Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa.



- Gadziński J., 2010, *Ocena dostępności komunikacyjnej przestrzeni miejskiej na przykładzie Poznania*, Biuletyn IGSEiGP UWAM, Seria Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna, 13, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Kolarski A., 1976, *Funkcje rozkładu jazdy w transporcie pasażerskim*, Problemy Ekonomii Transportu, 2, 51–67.
- Sobczyk W., 1985, *Dostępność komunikacyjna w układach osadniczych miast*, PWN, Warszawa.
- Śleszyński P., 2009, *Rozwój nowoczesnej drogowej sieci transportowej a efektywność połączeń głównych ośrodków miejskich (1989–2015)*, Magazyn Autostrady, 7, 50–53.
- Wiśniewski S., 2015, *Zróżnicowanie dostępności transportowej miast w województwie łódzkim*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Witryna internetowa rozkładu jazdy pociągów PKP S.A., <http://www.rozklad-pkp.pl/bin/query.exe/pn?> (15–20.04.2014).

*Szymon Wiśniewski*  
*Uniwersytet Łódzki*  
*Wydział Nauk Geograficznych*  
*Katedra Zagospodarowania Środowiska i Polityki Przestrzennej*  
*ul. Kopcińskiego 31, 90-142 Łódź*  
*szymon.wisniewski@geo.uni.lodz.pl*

