

Identyfikacja parametrów drogowych wpływających na prędkość odcinkową pojazdów samochodowych na drogach zamiejskich

Identification of road parameters affecting the sectional speed of motor vehicles on rural roads



Robert Ziółkowski

Dr inż.

Katedra Budownictwa i Inżynierii
Drogowej, Wydział Budownictwa
i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Białostocka

robert.ziolkowski@pb.edu.pl

Streszczenie: Podstawowymi czynnikami determinującymi prędkość poruszania się kierowców na drogach zamiejskich są właściwości geometryczne zaprojektowanej drogi oraz warunki ruchowe. Badania prędkości chwilowej są częstym obiektem badań polskich jak i zagranicznych natomiast niewiele uwagi poświęcono dotychczas badaniom prędkości odcinkowej. W artykule przedstawiono wyniki badań prędkości odcinkowej przeprowadzonej na zamiejskich odcinkach dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych. Odcinki badawcze były zlokalizowane w województwie podlaskim. Do pomiarów prędkości wykorzystano zestaw kamer z funkcją automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych. W ramach przeprowadzonych badań i analiz, wykorzystując narzędzia analizy statystycznej, ustalono istotność wpływu szerokości pasa ruchu, szerokości pobocza, dostępności drogi oraz jej krętości na średnie prędkości odcinkowe w grupie dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych.

Słowa kluczowe: Prędkość odcinkowa; Parametry geometryczne drogi

Abstract: The basic factors determining the driving speed of drivers on rural roads are geometric properties of the designed road and traffic conditions. Spot speed investigations and analysis are a frequent object of both Polish and foreign research, while little attention has been given to sectional speed studies. The article presents the results of sectional speed tests carried out on rural sections of national, regional and county roads. The research sections were located in the Podlasie Voivodship. A set of cameras with the function of automatic recognition of number plates was used for speed measurements. As part of the conducted research and analyses, applying the tools of statistical analysis, the significance of the influence of the width of the lane, shoulder width, road accessibility and its tortuosity on average sectional speeds in the group of national, provincial and county roads was determined.

Keywords: Sectional speed; Road geometry parameters

Podstawowymi czynnikami determinującymi prędkość poruszania się kierowców na drogach zamiejskich są właściwości geometryczne zaprojektowanej drogi oraz warunki ruchowe. Przy niskich natężeniach ruchu wzrasta swoboda manewrowania i ma miejsce wzrost prędkości jazdy. W takich warunkach prędkość z jaką poruszają się kierowcy będzie zależęć przede wszystkim od geometrii drogi – jej przebiegu w planie i profilu [1,2].

Znajomość zachowań kierowców, a zwłaszcza prędkości z jakimi się poruszają jest bardzo ważna ponieważ jest podstawą do podejmowania skutecznych działań zmierzających do podniesienia poziomu bezpieczeństwa na drogach. Badania prędkości prowadzone są przede wszystkim na zamiejskich odcinkach dróg kra-

jowych [3,4,5], a drogi niższych klas są uwzględniane w badaniach sporadycznie. Prowadzone badania koncentrują się głównie na prędkościach chwilowych [6,7,8,9,10,11]. Również w terenach zurbanizowanych badania prędkości skupiają się zasadniczo na prędkości chwilowej. Prędkość chwilowa może być determinowana poprzez wiele czynników, które mogą występować punktowo, a przez to wnioskowanie o zachowaniach kierowców może prowadzić do błędnych konkluzji. Badania prędkości odcinkowej pozwalają wyeliminować takie chwilowe zróżnicowanie charakterystyki drogi, a przez to prędkość odcinkowa będzie lepiej odzwierciedlać zachowania kierowców w określonych warunkach. Z tego względu badania tego parametru i czynników go determinujących

stanowią cenne źródło informacji. Celem niniejszego artykułu jest zbadanie wpływu wybranych parametrów drogowych na prędkość odcinkową na drogach zamiejskich.

Obszar badawczy

Obszar badawczy objął łącznie 28 odcinków dróg zamiejskich. Pomiar prowadzono na 10 odcinkach dróg krajowych (DK), 9 odcinkach dróg wojewódzkich (DW) i 9 odcinkach dróg powiatowych (DP). Wszystkie odcinki były zlokalizowane na obszarze województwa podlaskiego i były to drogi jednojezdniowe, dwupasowe z pobocznymi gruntowymi. Podstawowe parametry geometryczne odcinków badawczych przedstawiono w tabelach 1-3. Wytypowane do badań od-

Tab. 1. Charakterystyka geometryczna odcinków badawczych dróg krajowych

Odcinek badawczy/ Nr drogi	Klasa techniczna	Długość odcinka [m]	Szerokość pasa ruchu [m]	Szerokość pobocza [m]	Krętość [°]	Dostępność [1/km]
DK_1	GP	6600	3,5	1,5	16,3	4,7
DK_2	GP	8000	3,5	1,5	5,5	4,7
DK_3	GP	5000	3,5	1,5	1,8	4
DK_4	GP	6000	3,5	1,5	33,6	8
DK_5	GP	6300	3,5	1,5	20,7	6
DK_6	GP	5700	3,5	1,5	9,9	5,1
DK_7	G	6100	3,0	1,5	11,3	4,7
DK_8	G	5300	3,0	1,5	13,4	6,6
DK_9	G	7600	3,25	1,5	5,5	7,8
DK_10	G	7300	3,25	1,5	4,3	6,4

Tab. 2. Charakterystyka geometryczna odcinków badawczych dróg wojewódzkich

Odcinek badawczy/ Nr drogi	Klasa techniczna	Długość odcinka [m]	Szerokość pasa ruchu [m]	Szerokość pobocza [m]	Krętość [°]	Dostępność [1/km]
DW_1	G	3600	3.25	1.25	36.6	3,6
DW_2	Z	3620	3.00	1.00	10.59	1,4
DW_3	G	2640	3.0	1.00	16.91	4,5
DW_4	G	3010	3.25	1.25	23.40	3,7
DW_5	G	3320	3.00	1.25	33.05	1,8
DW_6	Z	9590	3.25	1.00	2.6	2,3
DW_7	Z	3840	2.75	1.00	45.39	5,2
DW_8	G	3220	3.00	1.00	56.47	2,2
DW_9	G	7760	3.25	1.25	61.70	2,6

Tab. 3. Charakterystyka geometryczna odcinków badawczych dróg powiatowych

Odcinek badawczy/ Nr drogi	Klasa techniczna	Długość odcinka [m]	Szerokość pasa ruchu [m]	Szerokość pobocza [m]	Krętość [°]	Dostępność [1/km]
DP_1	Z	2970	2.50	0.50	6.69	4
DP_2	Z	8380	2.75	0.75	8.03	3
DP_3	Z	3670	2.75	0.50	17.51	5
DP_4	Z	4300	3.00	0.75	33.54	5
DP_5	Z	2800	2.50	0.50	34.12	3
DP_6	Z	4710	2.75	0.50	41.82	6
DP_7	Z	4370	3.00	0.75	45.58	5
DP_8	Z	3320	2.50	0.50	58.00	4
DP_9	Z	3660	2.75	0.50	71.54	3

Tab. 4. Średnie prędkości i odchylenia standardowe badanych odcinków

Parametr	Drogi krajowe									
	DK_1	DK_2	DK_3	DK_4	DK_5	DK_6	DK_7	DK_8	DK_9	DK_10
V _{sr} [km/h]	92,6	87,7	89,3	85,5	86,4	92,5	84,8	94,5	92,5	90,5
SD [-]	10,6	11,6	9,3	8,2	9,1	11,3	8,1	11,5	11,2	12,1
Parametr	Drogi wojewódzkie									
	DW_1	DW_2	DW_3	DW_4	DW_5	DW_6	DW_7	DW_8	DW_9	
V _{sr} [km/h]	80,9	80,2	80,4	75,9	74,4	75,9	73,1	72,5	72,9	
SD [-]	13,5	12,8	8,9	9,6	11,5	12,2	10,5	9,4	10,9	
Parametr	Drogi powiatowe									
	DP_1	DP_2	DP_3	DP_4	DP_5	DP_6	DP_7	DP_8	DP_9	
V _{sr} [km/h]	77,6	90,5	77,5	79,8	74,8	70,6	81,8	66,9	76,0	
SD [-]	9,1	13,5	12,7	8,9	10,5	12,2	11,6	8,6	11,9	

cinki charakteryzowały się zmiennymi szerokościami pasów ruchu i poboczny gruntowych oraz zmienną krętością i dostępnością. Na wszystkich analizowanych odcinkach występowało administracyjne ograniczenie prędkości na poziomie 90 km/h. Stan techniczny nawierzchni określono wizualnie jako dobry. Długości odcinków pomiarowych wahały się od 5300 m do 8000 m w przypadku dróg krajowych, od 2640 m do 9590 m w przypadku dróg wojewódzkich i od 2800 m do 8380 m w przypadku dróg powiatowych.

Pomiary prędkości odcinkowej

Badania prędkości odcinkowej zostały wykonane za pomocą zestawu 2 kamer ANPR Rapier 50IQ (Automatic Number Plate Recognition) automatycznie rejestrujących i odczytujących tablice rejestracyjne przejeżdżających samochodów. Kamery ustawiano w dwóch punktach kontrolnych na początku i końcu badanego odcinka, gdzie każdy przejeżdżający pojazd był rejestrowany wraz z czasem rejestracji. W oparciu o znany czas przejazdu i długość odcinka badawczego obliczano prędkość odcinkową. Punkty pomiarowe każdorazowo lokalizowane były minimum 250 m od znaku D-43. Badania prędkości zostały przeprowadzone porze dziennej. W czasie pomiarów nie występowały żadne utrudnienia wpływające na warunki ruchu.

Wyniki i badań i ich analiza

Wcześniejsze badania autora w zakresie prędkości odcinkowych pozwoliły na stwierdzenie występowania istotnych różnic w prędkościach odcinkowych w powiązaniu ze strukturą rodzajową pojazdów. Stwierdzono, że średnie prędkości odcinkowe pojazdów ciężarowych są istotnie niższe od średnich prędkości samochodów osobowych i dostawczych przy braku takich istotnych różnic pomiędzy tymi dwoma ostatnimi grupami pojazdów. Z tego względu w dalszych analizach uwzględniono tylko dwie kategorie pojazdów: samochody osobowe i samochody dostawcze.

W tabeli 4 przedstawiono średnie wartości prędkości odcinkowej na odcinkach badawczych wraz z obliczonym odchyleniem standardowym

(SD). Liczba przy symbolu drogi (DK, DW, DP) jest liczbą porządkową badanego odcinka i nie wiąże się z istniejącą numeracją dróg publicznych.

Drogi krajowe w porównaniu do dróg wojewódzkich i powiatowych charakteryzują się lepszymi parametrami technicznymi. Taka sytuacja stwarza kierowcom dogodniejsze warunki do szybszej jazdy, co znalazło odzwierciedlenie w zarejestrowanych wartościach średnich prędkości. W grupie analizowanych odcinków badawczych najwyższe średnie prędkości zanotowano na drogach krajowych, a najniższe na drogach powiatowych. Najwyższa średnia prędkość w grupie dróg krajowych wyniosła 92,6 km/h i była o 14,5% wyższa od najwyższej średniej prędkości zarejestrowanej na drogach wojewódzkich (80,9 km/h) oraz tylko o 2,3% od najwyższej prędkości zarejestrowanej na drogach powiatowych (90,5 km/h). W przypadku dróg powiatowych zwraca uwagę duży rozrzut średnich prędkości. Rozrzut między maksymalną i minimalną średnią prędkością odcinkową zanotowany w grupie dróg powiatowych wyniósł 63,5% i był najwyższy. Najniższy rozrzut zanotowano w grupie dróg krajowych (9,2%), a w grupie dróg wojewódzkich rozrzut był niewiele wyższy i wyniósł 11,6%.

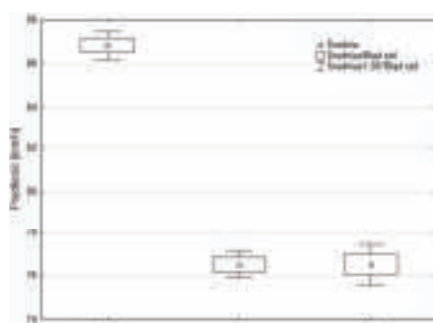
Na Rys. 1 przedstawiono wykres średnich prędkości odcinkowych z uwzględnieniem funkcji drogi. Z rysunku wyraźnie widać występujące różnice pomiędzy średnimi w zależności od klasy funkcjonalnej grupy odcinków badawczych. W celu ustalenia statystycznej istotności tych różnic przeprowadzono analizę wariancji, w wyniku której uzyskano potwierdzenie bardzo istotnej różnicy pomiędzy średnimi ($p = .0000$). W dalszych analizach wpływ poszczególnych parametrów drogowych na średnie prędkości odcinkowe analizowano osobno w grupie dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych.

Na rysunkach 2÷4 przedstawiono wyniki analiz statystycznych odzwierciedlające wpływ podstawowych parametrów geometrycznych drogi na średnią prędkość odcinkową. W analizach uwzględniono: szerokości pasa ruchu, szerokości pobocza, krętość i dostępność drogi. W przypadku dróg krajowych nie analizowano wpływu

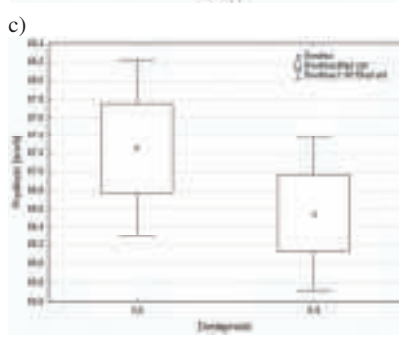
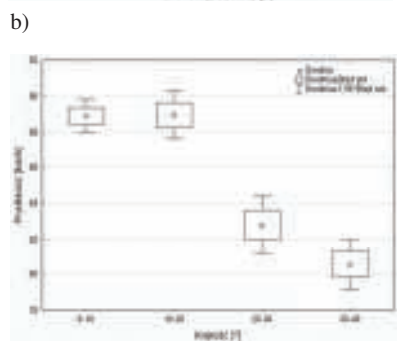
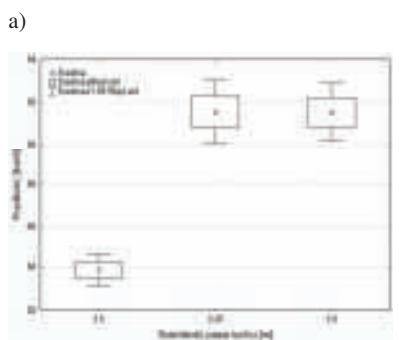
szerokości pobocza gruntowego z uwagi na jego stałą wartość wynoszącą 1,5 m.

Z rysunku 2a i 2b wynika, że w przypadku dróg krajowych średnia prędkość odcinkowa istotnie zależy od szerokości pasa ruchu oraz krętości drogi. W obu tych sytuacjach uzyskano bardzo wysoką istotność wpływu szerokości pasa ruchu (poziom $p = .0000$). Analizując wpływ szerokości pasa ruchu widać również, że w przypadku dróg o szerokości pasa ruchu 3,25 m

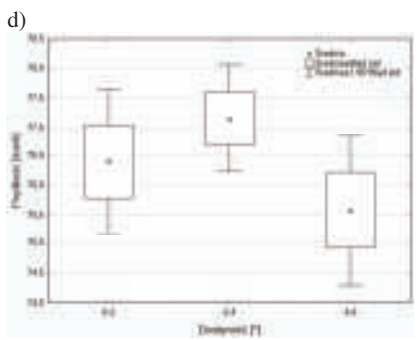
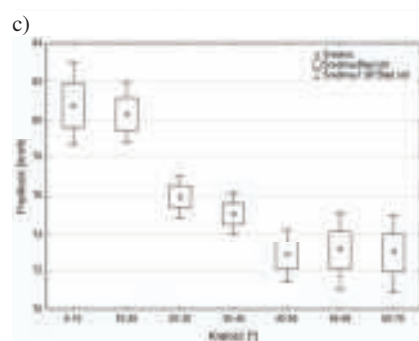
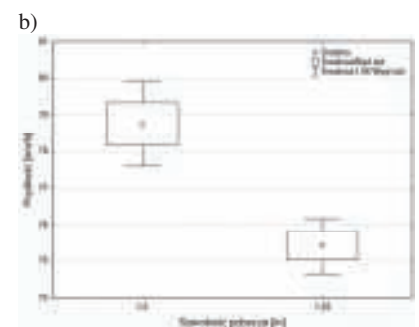
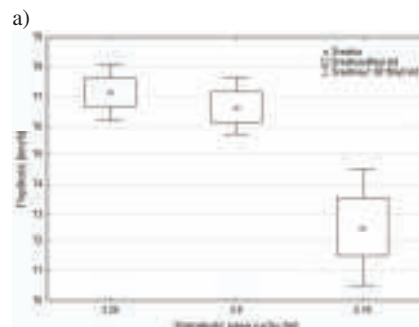
i 3,0 m średnie prędkości pozostają praktycznie na takim samym poziomie i, co charakterystyczne, jest to poziom wyższy w porównaniu do dróg o szerokości pasa ruchu 3,5 m. Analizując krętość dróg (Rys. 2b, 3c i 4c) i jej wpływ na średnią prędkość odcinkową z przedstawionych rysunków wyraźnie wynika fakt, że drogi niższych klas technicznych charakteryzują się wyższą krętością. W przypadku dróg krajowych i wojewódzkich wzrost krętości powyżej 20° istotnie wpływa na



1. Wartości średnich prędkości odcinkowych na badanych odcinkach dróg zamiejscowych



2. Zależność średniej prędkości odcinkowej na drogach krajowych od a) szerokości pasa ruchu b) krętości drogi c) dostępności drogi



3. Zależność średniej prędkości odcinkowej na drogach wojewódzkich od a) szerokości pasa ruchu b) szerokości pobocza c) krętości drogi d) dostępności drogi

spadek średniej prędkości odcinkowej. Dodatkowo dają się wyodrębnić dwie grupy jednorodnych, których jednorodność została potwierdzona w teście Post-hoc RIR Tukeya. Pierwszą grupę tworzą drogi o krętości do 20°, a w grupie drugiej znajdują się drogi o krętości powyżej 20°. Można również zauważyć wpływ dostępności drogi na spadek średniej prędkości jazdy (Rys. 2c) ale jest to wpływ statystycznie nieistotny ($p=0.27919$).

Dostępność drogi nie ma również istotnego wpływu na średnią prędkość odcinkową w przypadku dróg wojewódzkich ($p=0.12937$). Bardzo

istotny wpływ stwierdzono w przypadku szerokości pasa ruchu i pobocza gruntowego oraz krętości drogi (na poziomie p odpowiednio równym $p=0.00056$ oraz $p=0.0000$). Wpływ krętości na prędkość odcinkową w przypadku dróg wojewódzkich jest podobny jak na drogach krajowych. Wzrost krętości powyżej 20° przekłada się w na istotny spadek prędkości, a analizowane odcinki, w oparciu o test Post-hoc RIR Tukeya, można przyporządkować do dwóch jednorodnych grup (Rys. 3c). Jedną grupę tworzą drogi o krętości 0÷20°, a drugą drogi o krętości 20÷40°.

Analizując wpływ rozpatrywanych parametrów na średnią prędkość odcinkową na drogach powiatowych w oparciu o analizę wariancji stwierdzono bardzo istotny wpływ szerokości pasa ruchu (Rys. 4a), szerokości pobocza (Rys. 4b) oraz dostępności (Rys. 4c) - w każdym z tych przypadków $p=0.0000$. Nie stwierdzono, w przeciwieństwie do pozostałych odcinków badawczych, istotnego wpływu krętości drogi ($p=0.14177$).

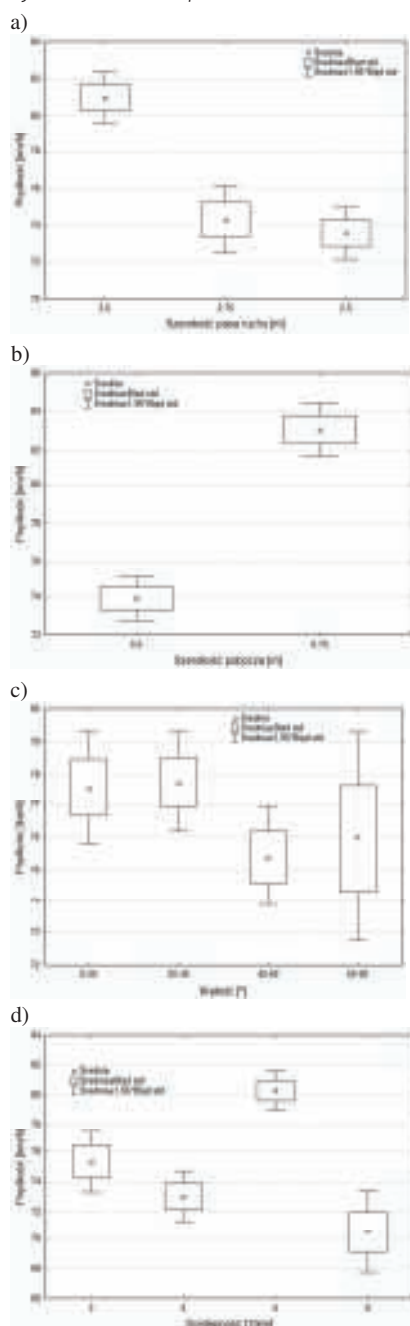
Wnioski

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów prędkości odcinkowej przeprowadzonych na zamiejskich odcinkach dróg krajowych, wojewódzkich i powiatowych. Celem badań było określenie istotności wpływu wybranych parametrów drogowych na prędkość odcinkową pojazdów. W wyniku przeprowadzonych badań i analiz stwierdzono, że:

- w przypadku dróg krajowych prędkość odcinkowa pojazdów istotnie zależy od szerokości pasa ruchu i krętości drogi, a nie zależy od dostępności drogi,
- w przypadku dróg wojewódzkich prędkość odcinkowa pojazdów istotnie zależy od szerokości pasa ruchu i pobocza gruntowego oraz krętości drogi, a nie zależy od dostępności drogi,
- w przypadku dróg powiatowych prędkość odcinkowa pojazdów istotnie zależy od szerokości pasa ruchu i pobocza gruntowego oraz dostępności drogi, a nie zależy od jej krętości. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Gajda J. i inni. Pomiary parametrów ruchu drogowego. Kraków : Wydawnictwa AGH, 2012 r.
- [2] Kempa J.: Charakterystyki ruchu swobodnego na krzywoliniowych odcinkach dróg w planie. Biblioteka Główna Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2008
- [3] Gaca. S.: Badania prędkości pojazdów i jej wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego, Zeszyty Naukowe, Inżynieria Lądowa Nr 75, Kraków 2002
- [4] Wojewódzki Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w Województwie Podlaskim 2014-2020. Białystok 2013 r.
- [5] Prędkość pojazdów w Polsce. Raport z badań 2013. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego.
- [6] Prędkość pojazdów w Polsce. Raport z badań 2014. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego
- [7] Radalj T., Sultana S.: Trends in Driver Speed Behaviours on Western Australian Rural Road Network 2000 to 2013, Main Roads Western Australia, 2014
- [8] Semeida A.M.: Impact of highway geometry and posted speed on operating speed at multi-lane highways in Egypt, Journal of Advanced Research, Volume 4, Issue 6, November 2013, pp. 515-523
- [9] Ziółkowski R.: Badania prędkości pojazdów na wlotach skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej, Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska I Architektury Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture, JCEEA, t. XXXIII, z. 63 (1/II/16), 2016, s. 393-400
- [10] Szczuraszek T.: Prędkość pojazdów w warunkach drogowego ruchu swobodnego. KILiW PAN, Warszawa 2008.
- [11] Goldenbeld Ch., Schagen I.: The effects of speed enforcement with mobile radar on speed and accidents: An evaluation study on rural roads in the Dutch province Friesland, Accident Analysis & Prevention, Volume 37, Issue 6, November 2005, pp. 1135-1144



4. Zależność średniej prędkości odcinkowej na drogach powiatowych od a) szerokości pasa ruchu b) szerokości pobocza c) krętości drogi d) dostępności drogi