

Elżbieta MACIOSZEK

ANALIZA PRĘDKOŚCI PRZEJAZDU WYRÓŻNIONYCH GRUP RODZAJOWYCH POJAZDÓW NA SKRZYŻOWANIACH TYPU RONDO

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań prędkości pojazdów w czasie przejazdu przez skrzyżowanie typu rondo. Na tym typie skrzyżowań prędkość pojazdów zależy od parametrów geometrycznych ronda oraz od wartości natężeń ruchu. Artykuł prezentuje wyniki badań własnych autorki.

THE DISTINGUISH VEHICLE GROUPS SPEED ANALYSIS ON ROUNDABOUTS

Summary. The results of research of distinguish vehicle groups speeds on roundabouts have been presented in his article. The vehicles speeds on roundabouts depends on geometrical parameters and on vehicle traffic volumes on particular elements of roundabouts. This article presented results of author own researches.

1. WPROWADZENIE

Z projektowego punktu widzenia prędkość, jako jeden z podstawowych parametrów ruchu drogowego, determinuje wartości elementów geometrycznych dróg i skrzyżowań. Wzrost natężenia ruchu powoduje spadek możliwości swobodnego poruszania się pojazdów, a wtedy maleją średnia prędkość pojazdów oraz rozrzut obserwowanych prędkości wokół wartości średniej. Z kolei przy niewielkich wartościach natężeń potoków ruchu prędkości pojazdów zależą głównie od indywidualnych zachowań kierowcy oraz zastosowanych ograniczeń prędkości (w postaci przepisów ruchu drogowego bądź z wykorzystaniem odpowiednich wartości cech geometrycznych danego elementu infrastruktury drogowej). Rozkład prędkości w strumieniu pojazdów zależy także od struktury rodzajowej ruchu.

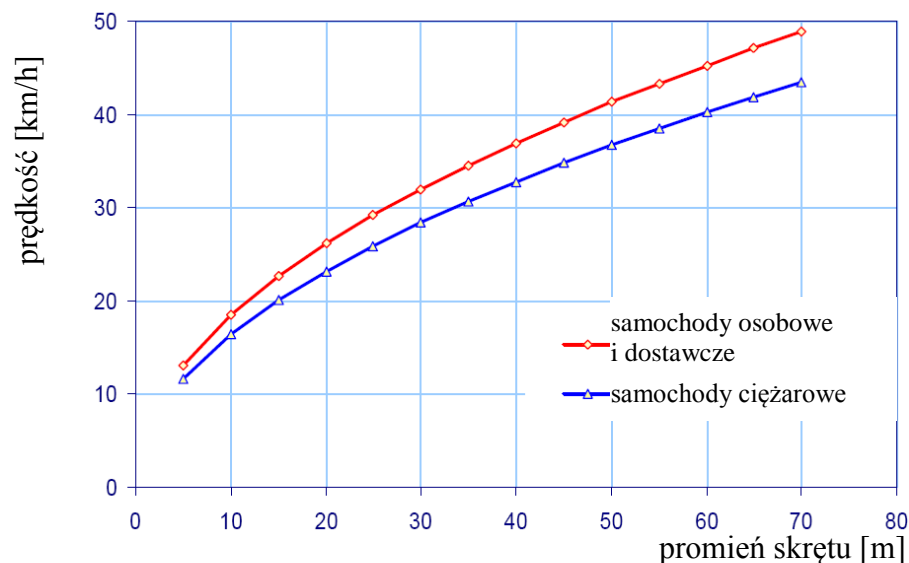
Konstrukcja ronda w sieci drogowo-ulicznej zapewnia stosunkowo niską prędkość pojazdów w czasie przejazdu skrzyżowania w porównaniu z innymi typami skrzyżowań. Na skrzyżowaniach typu rondo prędkość pojazdów zależy od parametrów geometrycznych oraz od wartości natężeń ruchu. W większości przypadków poprawia ono warunki widoczności w swoim rejonie, redukuje liczbę i ciężkość zdarzeń drogowych oraz zmniejsza ryzyko poruszania się w obszarze skrzyżowania niechronionych uczestników ruchu drogowego (piesi, rowerzyści). Jak dowodzą badania [1, 4, 8, 10], rondo jednopasowe gwarantują użytkownikom najwyższy poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego spośród innych typów skrzyżowań. Jednak na podstawie badań przeprowadzonych w Holandii [5]

stwierdzono, że po przebudowie skrzyżowania na rondo liczba zdarzeń pozostaje taka sama, natomiast zdecydowanie maleje ciężkość zdarzeń drogowych. Z kolei w pracy [3] na podstawie przeprowadzonych badań podano, że bezpieczeństwo ruchu pieszych i rowerzystów na rondach wielopasowych jest porównywalne do stanu bezpieczeństwa osiąganego na innych typach skrzyżowań jednopasowych.

Na świecie badaniami prędkości pojazdów na rondach zajmowali się m.in.: S. Ritchie [11], D. Geruschat oraz S. Hassan [7], M. Coelho, T. Farias i N. Roupail [6]. Badania S. Ritchiego polegały na analizie bezpieczeństwa ruchu drogowego na rondach w odniesieniu do prędkości pojazdów osiąganych na tego typu skrzyżowaniach. Pomiary D. Geruschata oraz S. Hassana miały na celu wyznaczenie zależności pomiędzy ustępowaniem pierwszeństwa pieszym, znajdującym się na przejściach dla pieszych na wlotach rond, a prędkością pojazdów oraz zachowaniem się pieszych. M. Coelho, T. Farias i N. Roupail badali wpływ emisji zanieczyszczeń na jednopasowych rondach, zlokalizowanych w miejskich korytarzach transportowych. Efektem tych badań było wyznaczenie prędkości pojazdów zależnej od wartości natężenia ruchu, długości kolejki pojazdów na wlocie oraz liczby cykli startów i zatrzymań, spowodowanych występowaniem kolejki pojazdów na wlocie.

2. SPOSOBY REGULOWANIA PRĘDKOŚCI POJAZDÓW PODCZAS PRZEJAZDU PO RONDACH

Właściwie dobierając parametry geometryczne ronda, można regulować średnią prędkość pojazdów poruszających się po tym skrzyżowaniu. Promień skrętu pojazdów na rondzie zależy od wymiarów takich elementów ronda, jak średnica wyspy centralnej, szerokość jezdni ronda oraz szerokość poszczególnych wlotów. W pracy [2] przedstawiono zależność prędkości samochodów osobowych i dostawczych oraz samochodów ciężarowych od promienia skrętu (rys. 1). Dla różnych wymiarów poszczególnych elementów geometrycznych ronda wyznaczono także kąty naprowadzenia wlotu do obwiedni, promienie skrętu oraz prędkości pojazdów, wyznaczone dla relacji na wprost, dla skrętu w lewo oraz skrętu w prawo (tabl. 1). Ilustrację zastosowanych w tabl. 1 oznaczeń przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Prędkości samochodów osobowych i dostawczych oraz samochodów ciężarowych w funkcji promienia skrętu

Fig. 1. Passenger cars, delivery vans and trucks speeds in turn radius function

Źródło: [2].

Tablica 1

Kąty naprowadzenia wlotów do obwiedni ronda, promienie skrętu, prędkości pojazdów obliczone dla relacji na wprost, dla skrętu w lewo i skrętu w prawo dla różnych wymiarów rond

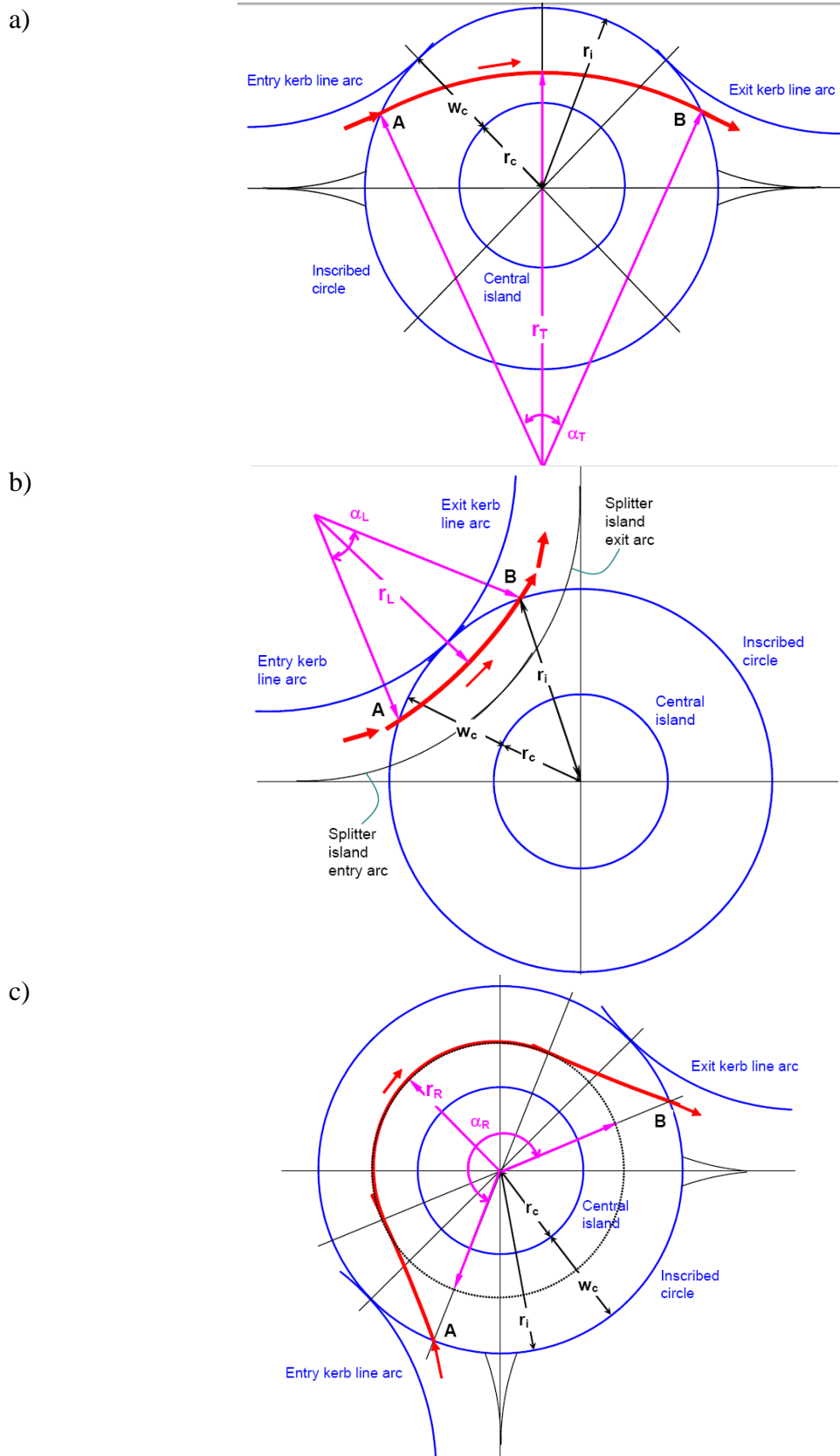
Wymiary ronda			Jazda na wprost				Skręt w lewo				Skręt w prawo			
r_c	w_c	D_i	α_T	r_T	L_T	V_T	α_L	r_L	L_L	V_L	α_R	r_R	L_R	V_R
8	7	30	51	31	28	33	42	16	12	23	225	11	42	19
10	10	40	53	40	37	37	39	23	16	28	225	14	55	22
15	10	50	47	57	47	44	32	35	19	34	225	19	75	25
20	10	60	43	76	57	50	28	47	23	40	225	24	94	28
25	10	70	40	97	67	50	26	59	27	45	225	29	114	31
30	10	80	37	100	84	50	25	71	31	49	225	34	134	34
35	10	90	35	100	93	50	24	83	35	50	225	39	153	36
40	10	100	33	100	87	50	23	95	39	50	225	44	173	39
10	8	36	50	39	34	36	37	22	14	27	225	13	52	21
10	9	38	52	39	35	36	38	22	15	27	225	14	53	21
10	10	40	53	40	37	37	39	23	16	28	225	14	55	22
15	8	46	44	57	44	44	30	34	18	34	225	18	71	25
15	10	50	47	57	47	44	32	35	19	34	225	19	75	25
15	12	54	50	58	51	44	33	36	21	35	225	20	78	26
20	8	56	40	78	54	50	27	46	22	39	225	23	91	28
20	10	60	43	76	57	50	28	47	23	40	225	24	94	28
20	12	64	46	76	61	50	29	48	25	40	225	25	97	29
25	8	66	36	100	64	50	25	58	25	44	225	28	111	31
25	10	70	40	97	67	50	26	59	27	45	225	29	114	31
25	12	74	42	96	71	50	27	61	29	45	225	30	117	32
30	10	80	37	100	84	50	25	71	31	49	225	34	134	34
30	12	84	40	100	90	50	26	73	32	50	225	35	137	34
30	14	88	42	100	99	50	26	74	34	50	225	36	140	35
40	10	100	33	100	87	50	23	95	39	50	225	44	173	39
40	12	104	35	100	87	50	24	97	40	50	225	45	176	39
40	14	108	38	100	86	50	24	98	42	50	225	46	179	39

gdzie: r_c – średnica wyspy centralnej ronda [m], w_c – szerokość obwiedni ronda [m], α_n – kąt naprowadzenia wlotu do obwiedni ronda [°], r_n – promień skrętu [m], L_n – długość odcinka obwiedni, po której porusza się pojazd [m], V_n – prędkość pojazdów [km/h], szerokość wlotu = 8.0 m, $f_s = 0.266$ [-].

Źródło: [2].

Według wyników badań przedstawionych w pracy [5] niską prędkość przejazdu pojazdów po rondach można uzyskać przez zastosowanie następujących cech geometrycznych:

- ograniczenia w geometrii ronda oraz zastosowanie termoplastycznego oznakowania poziomego. Zastosowanie średnicy zewnętrznej ronda z zakresu 30÷40 m powoduje, że prędkość pojazdów na obwiedni przyjmuje wartość średnią 30 km/h;
- naprowadzenie osi wlotów na styczną do wyspy centralnej ronda. Wyłukowanie toru jazdy pojazdów powoduje znaczną redukcję prędkości. Kontrowersje budzą te lokalizacje rond, w których przebiega linia komunikacji zbiorowej, wydzielony pas dla autobusów lub też występuje duże natężenie ruchu samochodów ciężarowych czy też obserwowany jest częsty przejazd pojazdów specjalnych (typu karetki pogotowia, straż pożarna, policja). W tego typu przypadkach w analizie należy uwzględnić występowanie dodatkowych czynników zewnętrznych;
- budowę ronda turbinowego. Geometria tego typu skrzyżowań zakłada dwupasowe wloty (niekoniecznie wszystkie), co najmniej jeden dwupasowy wylot oraz zmienną liczbę pasów na rondzie (jeden, dwa lub trzy). Na rondzie turbinowym potoki ruchu z pasa wewnętrznego i zewnętrznego nie przecinają się dzięki zastosowaniu separatorów wyniesionych ponad powierzchnię pasów ruchu. W zależności od liczby pasów na wlotach i wylotach możliwa jest taka konfiguracja ronda, która uniemożliwia zawracanie na jednym z kierunków.



Rys. 2. Ilustracja parametrów geometrycznych ronda zastosowanych w tabl. 1 dla relacji: a) jazda na wprost, b) skręt w lewo, c) skręt w prawo (w sytuacji ruchu lewostronnego)

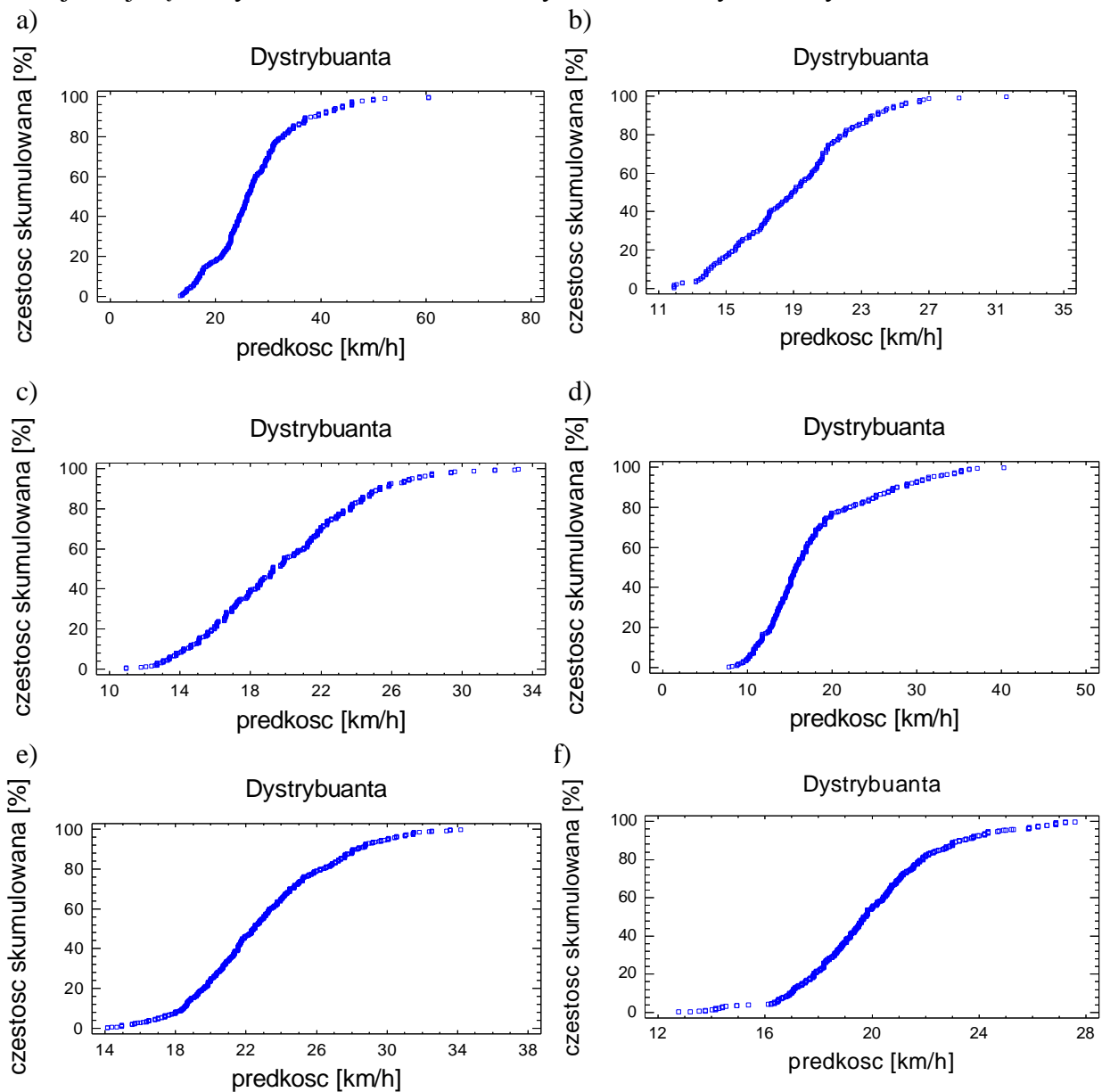
Fig. 2. The illustration of roundabouts geometrical parameters using in table 1 for a) the path of a through vehicles, b) the path of a left-turning vehicles, c) the path of a right-turning vehicles (for left-hand traffic)

Źródło: [2].

3. WYNIKI BADAŃ

Na rys. 3 przedstawiono wykresy częstości skumulowanych prędkości samochodów osobowych, poruszających się po obwodni ronda. W tabl. 2 zestawiono wartości kwantyli 5%, 50%, 75% oraz 95% prędkości samochodów osobowych. Podczas przejazdu pojazdów po rondzie średnia prędkość waha się w zakresie 15,5÷26,0 km/h.

Największą zmienność i zróżnicowanie prędkości pojazdów stwierdzono na wlocie, a najmniejszą na wylocie z ronda. Potwierdziły to wartości wyznaczonych miar zmienności.



Rys. 3. Wykresy częstości skumulowanych prędkości samochodów osobowych, poruszających się po obwodni rond w relacji: a) jazda na wprost bez zatrzymania na wlocie, b) jazda na wprost z zatrzymaniem na wlocie, c) skręt w prawo bez zatrzymania na wlocie, d) skręt w prawo z zatrzymaniem na wlocie, e) skręt w lewo bez zatrzymania na wlocie, f) skręt w lewo z zatrzymaniem na wlocie

Fig. 3. The accumulate frequency graphs of passenger cars speeds on roundabouts a) through vehicles without stop on inlet, b) through vehicles with stop on inlet, c) right-turning vehicles without stop on inlet, d) right-turning vehicles with stop on inlet, e) left-turning vehicles without stop on inlet, f) left-turning vehicles with stop on inlet

Źródło: [9].

Tablica 2

Wartości kwantyli prędkości samochodów osobowych,
poruszających się po obwiedniach małych rond jednopasowych

Relacja	5% [km/h]	50% [km/h]	75% [km/h]	95% [km/h]
skręt w lewo bez zatrzymania na wlocie	17,0	22,5	25,0	30,0
skręt w lewo z zatrzymaniem na wlocie	16,0	19,5	21,5	24,0
na wprost bez zatrzymania na wlocie	16,0	26,0	31,0	42,0
na wprost z zatrzymaniem na wlocie	13,5	19,0	21,0	25,0
skręt w lewo bez zatrzymania na wlocie	13,5	19,0	22,5	27,0
skręt w lewo z zatrzymaniem na wlocie	10,0	15,5	19,0	31,0

Źródło: opracowanie własne na podstawie [9].

4. PRĘDKOŚCI POJAZDÓW NA MAŁYCH RONDACH JEDNOPASOWYCH

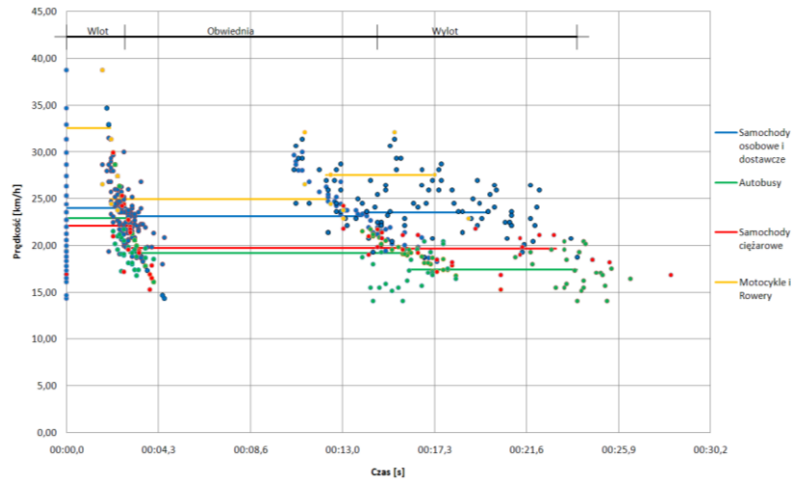
Na podstawie zbiorczych wykresów prędkości pojazdów na rondach sformułowano wnioski, dotyczące prędkości pojazdów z rozróżnieniem struktury ruchu kierunkowej i rodzajowej. W artykule dla przykładu podano ogólne wnioski dotyczące grupy rodzajowej samochody osobowe i dostawcze. Prędkości samochodów osobowych i dostawczych, które nie zatrzymują się na wlocie ronda, kształtują się w następujący sposób (rys. 4):

- dla relacji skrętu w lewo prędkość samochodów na obwiedni ronda jest najmniejsza (22,54 km/h), prędkość na wlocie wynosi 24,34 km/h, a największą prędkość osiągają pojazdy na wylocie z ronda (27,65 km/h),
- dla relacji jazda na wprost prędkości samochodów na wlocie (26,91 km/h) i obwiedni ronda (26,71 km/h) są zbliżone, a największa prędkość pojazdów występuje na wylocie z ronda (29,95 km/h),
- dla relacji skrętu w prawo najniższa prędkość występuje na wlocie ronda (16,67 km/h) a najwyższa na wylocie (27,28 km/h). Prędkość na obwiedni ronda wynosi 22,78 km/h,
- prędkości pojazdów w relacji na wprost są najwyższe.

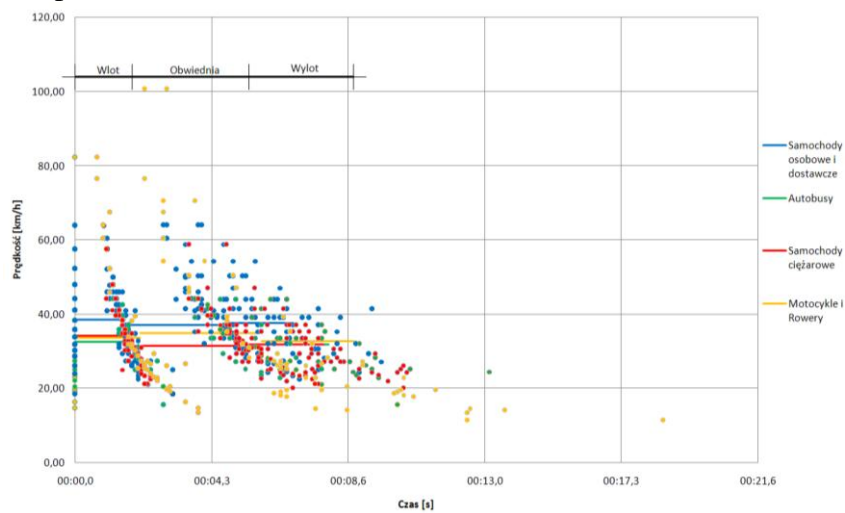
W przypadku samochodów osobowych i dostawczych, które zatrzymują się na wlocie ronda, dla wszystkich relacji najniższe prędkości występują na wlocie ronda (14,72 km/h - 17,00 km/h), a najwyższe na wylocie z ronda (23,03 km/h - 27,87 km/h).

Dalsze analizy wyników badań pozwoliły na ustalenie występowania zależności pomiędzy prędkością osiąganą przez pojazdy na obwiedni ronda a szerokością pasa ruchu obwiedni (wraz z pierścieniem) oraz liczbą wlotów ronda (im więcej wlotów ma rondo, tym pojazdy osiągają większą prędkość w czasie przejazdu).

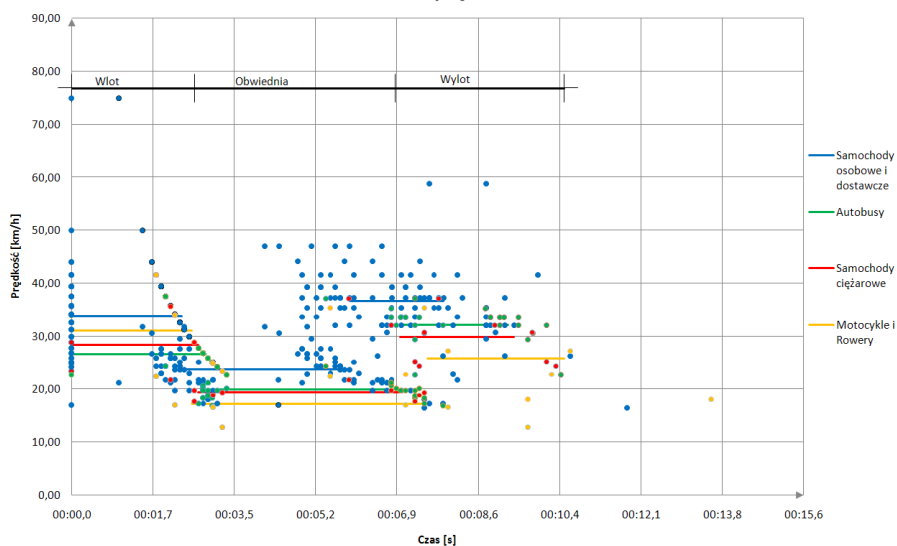
a) dla relacji skrótu w lewo



b) dla relacji na wprost



c) dla relacji skrótu w prawo



Rys. 4. Prędkości pojazdów na rondach, w sytuacji gdy pojazdy nie zatrzymują się na wlotach: a) w relacji skrótu w lewo, b) w relacji na wprost, c) w relacji skrótu w prawo

Fig. 4. Vehicles speeds on roundabouts in situation when vehicles do not stop on inlets: a) left-turning vehicles, b) through vehicles, c) right-turning vehicles

Źródło: [9].

5. PODSUMOWANIE

Prędkość, jako jeden z podstawowych parametrów ruchu drogowego, wpływa na wartości elementów geometrycznych dróg i skrzyżowań. Na skrzyżowaniach typu rondo, sterując doбором parametrów geometrycznych ronda, można regulować średnią prędkość pojazdów poruszających się po tego typu skrzyżowaniach. Średnia prędkość pojazdów poruszających się rondach jest stosunkowo niska w porównaniu do prędkości osiągananej przez pojazdy na innych elementach infrastruktury drogowej.

Bibliografia

1. Arlington G.: A Better Traffic Intersection: Roundabouts. Improve Safety, Reduce Delays. An Insurance Institute for Highway Safety. USA Consumers Research, September 2000, www.highwaysafety.org.
2. Akcelik R.: Estimating negotiation radius, distance and speed for vehicles using roundabouts. Akcelik & Associates Pty Ltd, 24th Conference of Australian Institutes of Transport Research 2004.
3. Arnold A., Flannery A., Ledbetter L., Bills T., Jones M., Ragland D., Spautz L.: Identifying Factors that Determine Bicyclist and Pedestrian-Involved Collision Rates and Bicyclist and Pedestrian Demand at Multi-Lane Roundabouts. Final Report. California Department of Transportation. Division of Research & Innovation, California 2010.
4. Brabander B., Nuyts E., Vereeck L.: Road safety effects of roundabouts in Flanders. *Journal of Safety Research* 36 (2005). Pergamon, Belgia 2005, p. 289-296.
5. Campbell D., Jurisich I., Dunn R.: Improved Multi-lane Roundabout Design for Cyclists. Land Transport New Zealand Research Report 287, Auckland 2006.
6. Coelho M., Farias T., Roupail N.: Effect of roundabout operations on pollutant emission. *Transportation Research, Part D* 11 (2006), p. 333-343.
7. Geruschat D.R., Hassan S.: The Effects of Vehicle Speed and Pedestrian Behavior on Driver Yielding at Roundabouts . National Roundabout Conference 2005 DRAFT, http://www.teachamerica.com/roundabouts/RA057A_ppt_Geruschat.pdf.
8. Macioszek E.: Bezpieczny ruch drogowy w obszarze ronda jako czynnik wspomagający sprawny rozwój systemu transportowego w regionie Górnego Śląska. Materiały Konferencji Systemy Transportowe. Teoria i praktyka. Katowice 2011 (w druku).
9. Parkitny P.: Profile prędkości na skrzyżowaniach typu rondo. Praca magisterska, Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Inżynierii Ruchu, Katowice 2010.
10. Retting R. A., Persaud B. N., Garder P. E., Lord D.: Crash and Injury Reduction Following Installation of Roundabouts in the United States. *American Journal of Public Health*, Vol. 91, No. 4, April 2001, p. 628-631.
11. Ritchie S.: High Speed Approaches at Roundabouts. Roundabouts & Traffic Engineering, California 2005, http://www.teachamerica.com/roundabouts/ra052a_pprritchie.pdf.