ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2006
Seria: TRANSPORT z. 62 Nr kol. 1721

Elżbieta MACIOSZEK[1]

# RUCH PIESZYCH W OBRĘBIE MAŁEGO RONDA

**Streszczenie.** Liczne prace naukowe poparte przeprowadzonymi badaniami, np. [14], [16], [12], [7], [8], dowodzą, że małe ronda poprawiają w znacznym stopniu bezpieczeństwo zarówno pojazdów, jak i pieszych w obszarze małego ronda. Przebudowa różnych form skrzyżowań na małe ronda redukuje występowanie zdarzeń drogowych z udziałem pieszych. W artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z występowaniem i prowadzeniem ruchu pieszego w obrębie skrzyżowań typu małe rondo wraz z opisem dostępnych metod służących do wyznaczania czasu blokowania ruchu pojazdów przez pieszych na wlotach. Artykuł zawiera przegląd literatury krajowej i zagranicznej dotyczącej ruchu pieszego.

# PEDESTRIANS MOVEMENT ON SMALL ROUNDABOUTS

**Summary**. Current international research shows that modern roundabouts improve vehicular and pedestrian safety compared to conventional intersections ex. [14], [16], [12], [7], [8]. According to available literature converting conventional signalized intersections to modern roundabouts may reduce pedestrian-vehicle crashes and conflicts. The literature suggests that lower speeds and fewer conflict points of roundabouts are the primary contributors to the safety increase.

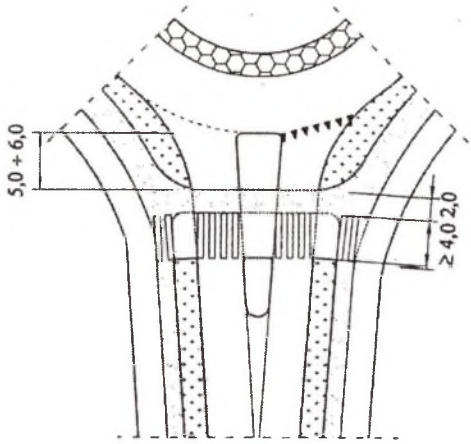
## 1. WPROWADZENIE

Piesi, zgodnie z obowiązującymi zasadami ruchu drogowego, mają pierwszeństwo na przejściach dla pieszych przed kierującymi pojazdami w momencie wejścia pieszych na przejście. W rzeczywistości jednak piesi nie mają absolutnego pierwszeństwa, tylko ma miejsce pewnego rodzaju „negocjacja" pierwszeństwa pomiędzy pieszymi a pojazdami.

Jak podają wytyczne [17], przy projektowaniu przejść dla pieszych na rondach należy stosować odsunięcie przejść od krawędzi jezdni ronda o 5÷6 [m], przy czym dopuszcza się zwiększenie tego odsunięcia do 10÷12 [m] przy większym udziale długich pojazdów w ruchu (rysunek 1). Powstająca w wyniku odsunięcia przestrzeń pomiędzy przejściem a krawędzią jezdni ronda powinna umożliwić oczekiwanie pojazdu na wlocie ronda bez blokowania przejścia dla pieszych. Natomiast przy opuszczaniu ronda pojazd może zatrzymać się przed przejściem dla przepuszczenia pieszych bez blokowania ruchu na jezdni ronda. W celu zapobiegania nieprawidłowemu przechodzeniu pieszych (poza wyznaczonymi do tego celu

[1] Wydział Transportu, Politechnika Śląska, Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, elzbieta.macioszek@polsl.pl

przejściami dla pieszych) wytyczne zalecają kierowanie ruchem pieszym za pomocą zieleni, elementów małej architektury lub wygrodzeń.




Rys. 1. Lokalizacja ścieżki rowerowej i przejścia dla pieszych w stosunku do jezdni ronda
Fig. 1. Place for bicycle path and pedestrian crossing on small roundabouts
Źródło: [17, s. 89].

Na wlotach i wylotach małych rond niskie prędkości podczas zbliżania się i zjeżdżania z jezdni ronda zachęcają pieszych do wchodzenia na przejście bez długotrwałego oczekiwania na duże luki czasu w potoku pojazdów. Także jednokierunkowe jezdnie ułatwiają pieszym decyzję o wejściu na przejście. Piesi przechodzący przez jezdnię na wlocie ronda w rzeczywistości ograniczają możliwość wykorzystania przez pojazdy z wlotu ronda części luk czasu, a zwłaszcza dużych luk pomiędzy pojazdami w potoku nadrzędnym na jezdni ronda.

Według polskich wytycznych [9, s. 30-31] piesi obecni na części przejścia przez wlot ronda mogą utrudniać lub nawet blokować wjazd pojazdów z wlotu ronda zarówno w sytuacji odstępów czasu w potoku nadrzędnym na jezdni ronda większych od granicznego odstępu czasu, jak i mniejszych. To blokowanie jest uwzględniane w obliczaniu przepustowości wlotu przez wprowadzenie współczynnika ($f_p$) redukującego przepustowość wyjściową ($C_{owl}$). Wartość tego współczynnika odczytuje się z wykresu w zależności od typu ronda (jednopasowe, semi-dwupasowe) oraz wartości natężenia nadrzędnego na jezdni ronda.

Według polskich wytycznych [9] wpływ ruchu pieszego może być pominięty, gdy natężenie ruchu pojazdów potoku nadrzędnego na jednopasowej jezdni ronda osiągnie wartość 820 [P/h]. Wynika to z faktu, że przy dużym natężeniu potoku nadrzędnego ograniczenia możliwości wjazdu pojazdów podporządkowanych są tak duże, że piesi mogą swobodnie przechodzić pomiędzy oczekującymi na wlocie pojazdami bez dodatkowego powstrzymywania ich ruchu. Wpływ ruchu pieszego na przepustowość wlotu ronda można również pominąć, jeżeli natężenie tego ruchu na przejściu jest mniejsze od 100 [Ps/h]. Przypadki występowania natężenia ruchu pieszych na przejściu małych rond większych od 400 [Ps/h] nie są uwzględniane w obliczeniach przepustowości, gdyż są to sytuacje, w których małe ronda są rozwiązaniami niekorzystnymi i nie powinny być stosowane.

Piesi obecni na przejściu w obrębie wylotu ronda również blokują lub spowalniają ruch pojazdów opuszczających jezdnię ronda. Według [9] w skrajnym przypadku przechodzący piesi mogą powodować powstawanie kolejek pojazdów blokujących ruch na rondzie (przy natężeniu 800 [Ps/h]). Z tego powodu przypadki występowania dużych natężeń ruchu pieszego przemawiają przeciwko stosowaniu rond. Ponieważ w polskiej metodzie [9] nie oblicza się przepustowości wylotu ronda, pomija się także wpływ pieszych na ruch pojazdów opuszczających rondo.

## 2. METODY ZAGRANICZNE DOTYCZĄCE RUCHU PIESZYCH

Piesi mogą przechodzić przez wlot pojedynczo bądź w grupach. Minimalny odstęp pomiędzy kolejnymi rzędami pieszych przechodzących przez przejście dla pieszych ($t_{f\text{-}p}$) powinien być uwzględniany tylko w sytuacjach dużych wartości natężeń ruchu pieszego, kiedy piesi wkraczają na wlot w kilku rzędach.

W literaturze zagranicznej podanych jest kilka sposobów na uwzględnienie wpływu pieszych blokujących ruch na wlotach. Poniżej przytoczono najczęściej podawaną metodę do wyznaczenia wpływu ruchu pieszych (rowerzystów), która jest zgodna z metodą podaną w HCM 2000 oraz z metodą podaną przez Brilona i Wu w pracach: [4], [5].

Gdy pieszy lub grupa pieszych przechodzą przez pas ruchu o szerokości $w_{pasa}$ [m] z prędkością $V_p$ [$\frac{m}{s}$], to czas zajętości pasa ruchu przez pieszych wynosi:

$$t_z = \frac{w_{pasa}}{V_p} \quad [s] \tag{1}$$

Gdy piesi przekraczają wlot w grupach o średniej liczbie pieszych w grupie $n_g$, to średnia liczba grup pieszych na godzinę wynosi:

$$q_g = \frac{q_p}{n_g} \tag{2}$$

gdzie:
$q_p$ – natężenie ruchu pieszych w godzinie [Ps/h],
$n_g$ – średnia liczebność pieszych w grupie przekraczającej pas ruchu [Ps/grupę].

Gdy pojazdy ze strumienia ruchu $k$ na wlocie podporządkowanym ustępują pierwszeństwa części $p_{k,j}$ z grup pieszych w strumieniu pieszych $j$, udział zajętości pasa ruchu przez pieszych można wyznaczyć z zależności:

$$\rho_j = p_{k,j} \cdot \frac{q_g t_z}{3600} \tag{3}$$

gdzie:
$p_{k,j}$ – udział pieszych z potoku pieszych $j$, którym pojazdy ze strumienia $k$ z wlotu podporządkowanego ustąpiły pierwszeństwa.

Przy wyznaczaniu udziału blokowania pasa przez pieszych dla dużych wartości natężeń ruchu pieszego należy uwzględniać wartości minimalnych odstępów czasu pomiędzy kolejnymi rzędami pieszych przekraczających pas ruchu, udział blokowania pasa wynosi:

$$p_{0,j} = 1 - \rho_j \tag{4}$$

## 3. PRZEPUSTOWOŚĆ I STRATY CZASU PIESZYCH

Oh i Sisiopiku z USA [10] przedstawili probabilistyczny model służący do wyznaczania przepustowości i strat czasu ponoszonych przez pieszych na rondach. Zakładając, analogię pomiędzy ruchem pieszych i ruchem pojazdów, czyli istnienie zależności pomiędzy prędkością, gęstością i natężeniem ruchu przedstawione zostały zależności oparte na teorii kolejek. Zakładając losowe zgłoszenia pieszych, losowe odejścia i jeden kanał obsługi (model M/M/1), podano, że gęstość pieszych wynosi:

$$\rho = \frac{v}{\mu} \tag{5}$$

gdzie:
$\rho$ - gęstość ruchu pieszego,
$v$ - wskaźnik zgłoszeń pieszych w [Ps/h/m],
$\mu$ - maksymalny udział ruchu pieszego mogącego przejść przez przejście o szerokości 1 [m], w zadanych warunkach ruchowych i geometrycznych.

Oczekiwana długość kolejki ($L_q$) składającej się z pieszych została wyrażona jako:

$$L_q = P_0 \frac{\left(\frac{v}{\mu}\right)^2}{\left(1 - \left(\frac{v}{\mu}\right)\right)} \quad [P] \tag{6}$$

gdzie:
$L_q$ - oczekiwana długość kolejki składającej się z pieszych [P],
$P_0$ - udział czasu, w którym system jest pusty.

Czas oczekiwania pieszego ($W_q$) w kolejce przed wlotem wyrażono jako:

$$W_q = \frac{L_q}{v} \tag{7}$$

Całkowite straty czasu pieszego ($W_t$) podczas przejścia przez wlot ronda zdefiniowano jako sumę czasu oczekiwania przy krawężniku przed wejściem na wlot/wylot z ronda oraz czasu spędzonego na wyspie dzielącej wlot od wylotu z ronda i zostały wyrażone jako:

$$W_t = \frac{\rho_k^2}{(v_k(1-\rho_k))} + \frac{\rho_s^2}{(v_s(1-\rho_s))} \quad [s] \tag{8}$$

gdzie:

$W_t$ - całkowite straty czasu pieszego podczas przejścia przez wlot ronda [s],

$\rho_k = \frac{v_k}{\mu_k}$, $\rho_s = \frac{v_s}{\mu_s}$,

$v_k$ - wskaźnik zgłoszeń pieszych przy krawężniku na wlocie/wylocie w [Ps/h/m],

$v_s$ - wskaźnik zgłoszeń pieszych na wyspie dzielącej wlot od wylotu w [Ps/h/m],

$\mu_k$ - maksymalny udział ruchu pieszego mogącego przejść przez przejście o szerokości l [m] od krawężnika do wyspy dzielącej w zadanych warunkach ruchowych i geometrycznych,

$\mu_s$ - maksymalny udział ruchu pieszego mogącego przejść przez przejście o szerokości l [m] z wyspy dzielącej do krawężnika w zadanych warunkach ruchowych i geometrycznych.

Oh i Sisiopiku, we wspomnianej już pracy [10] porównywali straty czasu pieszych ponoszone na wlotach rond i skrzyżowań z sygnalizacją świetlną i podali, że dla natężeń ruchu z zakresu: 1000-1200 [P/h/w jednym kierunku] na wlotach rond piesi ponoszą mniejsze straty czasu niż piesi na wlotach skrzyżowań z sygnalizacją świetlną o długości cyklu sygnalizacji 60-120 [s]. Głównie jest to spowodowane wyspami dzielącymi wlot od wylotu z ronda, które umożliwiają przejście w dwóch etapach („na raty"), a ocena sytuacji ruchowych osobno na jezdni wlotu i wylotu z ronda jest łatwiejsza.

## 4. PODSUMOWANIE

Znajomość natężenia ruchu pieszych poruszających się w obszarze małego ronda jest bardzo ważnym zagadnieniem związanym z przepustowością wlotów podporządkowanych. Jak przedstawiono w niniejszym artykule, ograniczenie przepustowości wlotów podporządkowanych małych rond może być uwzględnione za pomocą współczynnika określającego udział blokowania ruchu pojazdów na wlotach przez pieszych.

Prace naukowe poparte przeprowadzonymi badaniami np.: [13], [2], [1, s. 10], [11], [15, s. 1086], [3], [6], dowodzą, że małe ronda zapewniają większe bezpieczeństwo zarówno pojazdom, jak i poruszającym się po przejściach pieszym w porównaniu z innymi typami skrzyżowań. Po przebudowie skrzyżowania na małe rondo obserwuje się spadek zdarzeń drogowych (w tym tych z udziałem pieszych) spowodowany m.in. redukcją prędkości podczas przejazdu przez małe rondo w porównaniu do prędkości przejazdu przez inne typy skrzyżowań (tablica 1).

Tablica 1

Porównanie liczby zdarzeń drogowych z udziałem pieszych dla różnych typów skrzyżowań

| Typ skrzyżowania | Zdarzenia drogowe z udziałem pieszych na milion zdarzeń ogółem |
|---|---|
| Minirondo | 0.31 |
| Małe rondo | 0.45 |
| Skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną | 0.67 |

Źródło:[6, s. 117].

**Literatura**


1. Appleton I., Clark G.: The Ins and Outs of Roundabouts. Traffic Design Group, New Zeland 1998.
2. Baranowski B., Waddell E.: Alternate Design Methods for Pedestrian Safety at Roundabout Entries and Exits: Crash Studies and Design Practices in Australia, France, Great Britain and the USA, USA 2003.
3. Brabander B., Nuyts E., Vereeck L.: Road safety effects of roundabouts in Flanders. Journal of Safety Research 36 (2005), Belgia, Pergamon 2005, p. 289-296.
4. Brilon W., Wu N.: Unsignalized Intersections - a third method for analysis. In Taylor 2002, p. 157-178.
5. Brilon W., Wu N.: Capacity at unsignalized intersections derived by conflict technique. In Traffic Flow and Highway Capacity 2001. Washington D.C.: Transportation Research Board, p. 82-90.
6. Kittelson W.: Roundabouts: An Informational Guide. US Department of Transportation. Federal Highway Administration FHWA-RD-00-067, USA 2000.
7. Macioszek E. (wydane jako Duda E.): Bezpieczeństwo ruchu na skrzyżowaniach typu małe rondo na przykładzie wybranych miast Górnego Śląska. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr kol. 1607, seria Transport z.50, Gliwice 2003, s. 81 – 88.
8. Macioszek E.: Elementy bezpieczeństwa stosowane na rondach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej Nr kol. 1675, seria Transport z. 57, Gliwice 2005, s. 253-260.
9. Metoda obliczania przepustowości rond. Instrukcja obliczania. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2004.
10. Oh H., Sisiopiku V.: Probabilistic Models for Pedestrian Capacity and Delay at Rounabouts. Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity.
11. Rodegerdts L., Kittelson and Associates: State-ot-the-Art in US Roundabout Practise. Papar presented at the Institute of Transportation Engineers 2005 Annual Meeting. Melbourne, Australia 2005.
12. Sontowski J.: Projektowanie małych i średnich rond. Bezpieczne Drogi 2/2002, s. 41-43.
13. Stone J., Chae K., Pillalamarri S.: The Effect of Roundabouts on Pedestrian Safety. Prepared for: The Southeastern Transportation Center. Department of Civil Engineering, North Carolina State University, 2002.
14. Szczuraszek T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. WKiŁ, Warszawa 2005.
15. Wall R., Long R., Guth D., Ashmead D., Ponchillia P.: Roundabouts: Problems of and strategies for access. Elsevier, International Congress Series 1282 (2005), p.1085-1088.
16. Wróbel J.: Małe ronda - wielka sprawa. Bezpieczne Drogi nr 4/2000, s. 23-25.
17. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych, część II Ronda. GDDP, Warszawa, 12. VI. 2001.