

Elżbieta MACIOSZEK

## GENEZA SKRZYŻOWAŃ TYPU RONDO

**Streszczenie.** Ronda, szczególnie małe, znajdują coraz większe uznanie wśród polskich projektantów, co wynika przede wszystkim z ich zalet. Formę tę przyjmują zarówno nowo budowane skrzyżowania, jak i przebudowywane, już istniejące inne typy skrzyżowań. Do głównych zalet rond należy zaliczyć: bezpieczeństwo, wysoką przepustowość, geometrycznie wymuszoną redukcję prędkości podczas przejazdu przez rondo, możliwość łatwego i bezpiecznego zawracania. Wszystkie te i pozostałe zalety są efektem wypracowanej przez lata funkcjonowania geometrii i organizacji ruchu na rondach. Rozwojowi tego typu skrzyżowań towarzyszy rozwój metodologii obliczania ich przepustowości. W artykule zaprezentowano genezę powstania skrzyżowań typu rondo na świecie oraz pierwsze metody służące do obliczania ich przepustowości.

## THE BEGINNINGS OF THE ROUNDABOUT

**Summary.** Modern roundabouts have become a subject of great interest and attention over the last few years on all the world. This interest is partially based on the great success of roundabouts in Europe and Australia, where intersection design practice has changed substantially as the result of the good performance of roundabouts and their acceptance by the public. Modern roundabouts follow design principles that are different from those of traffic circles built on the world in the first half of the century. The old circles often gave priority to entering traffic and were designed with the weaving movement as a prime consideration. The circles became fairly large, with long distances between consecutive entrances and exits and with relatively high speeds. In contrast, the modern roundabouts are designed for lower speeds, and its dimensions are determined by the number of branches, required capacity, and by the turning radii of larger vehicles. Deflection of the vehicle path through the roundabout is a critical design element affecting the safety of the roundabout. Entering traffic has to yield to circulating traffic. At low traffic loads, vehicles enter without stopping, at higher loads, entering traffic hasn't wait for a gap in the circulating stream. To increase roundabout capacity, entries are flared to provide more than one entry lane, and the circulatory roadway is widened.

## 1. SKRZYŻOWANIA Z RUCHEM OKRĘŻNYM

Po rozpowszechnionych w XIX w. na placach miejskich w wielkich miastach Europy rondach o dużych średnicach początkowo poruszali się piesi i zaprzęgi konne. Ronda w tamtych czasach nie były jeszcze rondami w sensie komunikacyjnym, ich funkcje były przede wszystkim urbanistyczne, stanowiąc miejsca życia publicznego oraz spotkań i pogawędek. Były mocnym akcentem w przestrzeni miejskiej, łącząc rozwiązania przestrzenne placów ze wspaniałymi pomnikami i fontannami [5]. W 1995 r. Mike i Brown wydali książkę pod tytułem „Projektowanie rond”, która opisuje historię powstawania rond w Europie i w USA [4].

W USA już przed 1903 r. istniały skrzyżowania o ruchu okrężnym, jednak stanowiły one element architektury, dopuszczając dwukierunkowy ruch wokół wyspy centralnej. Pierwsze skrzyżowanie o jednokierunkowym ruchu okrężnym zbudowano w 1904 r. w USA, w Nowym Yorku. Było to tzw. Rondo Columbus zaprojektowane przez Williama Phelps Eno (rysunek 1). Jak dowodzą źródła [3], Eno był zagorzałym zwolennikiem jednokierunkowych ulic i ogólnie pojętego ruchu okrężnego. Ronda, które polecał, miały małą wyspę centralną najczęściej w postaci metalowego krążka o średnicy 1.5 m lub mniejszej z elektrycznym oświetleniem lub reflektorami.



Rys. 1. Pierwsze skrzyżowanie typu rondo (Rondo Columbus) zbudowane w 1905 r. w USA, w Nowym Yorku

Fig. 1. The first roundabout build in 1905 in New York, USA  
Źródło: [3].

Samo pojęcie jednokierunkowego ruchu okrężnego wokół wyspy centralnej oraz kształt skrzyżowania w postaci owalnej wprowadził w 1906 r. Eugene Henard (architekt z Paryża), gdy zaistniała potrzeba ruchu okrężnego tylko w jednym kierunku na kilku ważnych

komunikacyjnie skrzyżowaniach w Paryżu (rysunek 2). W ten sposób w 1907 r. na placu gwiazdy (Place de l'Etoile) powstało pierwsze francuskie rondo, a zarazem pierwsze tego typu skrzyżowanie w Europie. Do 1910 r. powstało kilka kolejnych rond na głównych skrzyżowaniach Paryża. W źródłach bibliograficznych, np. [3], można spotkać się z żywą debatą nad tym, kto był wynalazcą skrzyżowań typu rondo: Henard czy Eno. Wydaje się jednak, że każdy z nich, niezależnie, stworzył nową koncepcję skrzyżowania. Istnieje jedna zasadnicza różnica w ich sposobach projektowania, dotycząca rozmiaru wyspy centralnej ronda. Henard zalecał wyspę środkową o minimalnej średnicy 8 [m], natomiast Eno, jak już wspomniano wcześniej, proponował o wiele mniejsze średnice w postaci żelaznych dysków.

Pierwsze formalne określenie skrzyżowania o nazwie „rondo” wprowadziły w USA Ministerstwo Transportu oraz Instytut Planowania Przestrzennego Miast w 1929 r. W latach 1925-1926 powstało wiele rond w Londynie i w innych dużych miastach Europy [11]. Ruch okrężny stał się powszechny; był często zalecany do stosowania na ruchliwych skrzyżowaniach oraz na skrzyżowaniach o więcej niż czterech wlotach. W tamtych czasach nie istniały żadne wytyczne projektowania. Odbywało się ono początkowo na zasadzie doświadczenia oraz zdrowego rozsądku projektanta.



Rys. 2. Wielki Bulwar w Paryżu

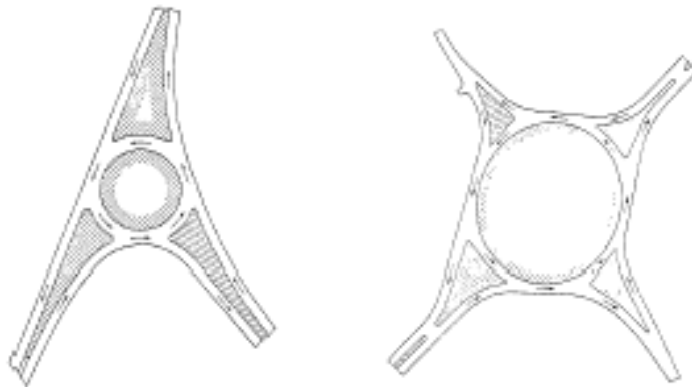
Fig. 2. The grand boulevard in Paris

Źródło: [3].

Pierwszy zbiór zaleceń i wytycznych projektowania rond zawierał zasady praktyczne, a nie metody obliczania przepustowości. W 1936 r. Knight i Beddington na podstawie wcześniejszych badań i obserwacji wprowadzili wyspę centralną ronda jako obowiązkowy element geometrii. Początkowo kształt wyspy centralnej był uzależniany od liczby wlotów (rysunki 3, 4). Wskazówki te były stopniowo uaktualniane w celu poprawy bezpieczeństwa na rondach.

W 1942 r. w USA kolejne zasady projektowania rond opublikowało Amerykańskie Stowarzyszenie Drogownictwa (Association of State Highway Officials - AASHO).

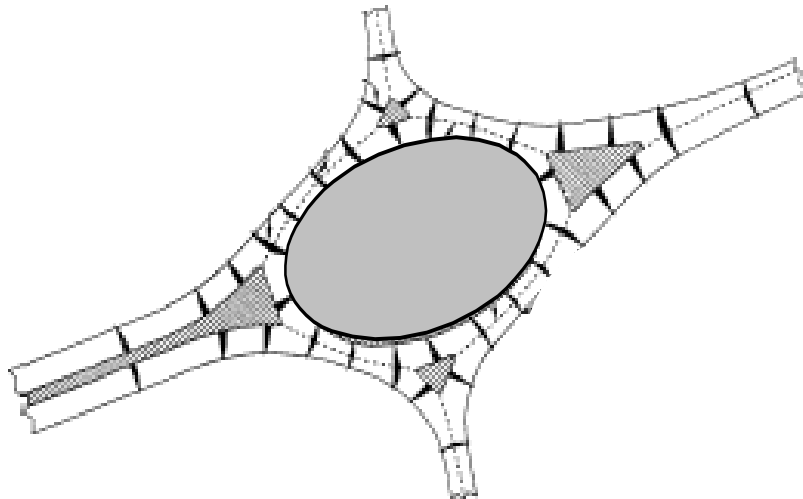
Zdefiniowały one skrzyżowanie, na którym ruch z poszczególnych wlotów łączy się w całość i porusza się jednym pasem ruchu wokół wyspy centralnej. Ronda pomiędzy sąsiednimi wlotami posiadały wtedy długie odcinki przeplatania, na których utrzymywana była wysoka prędkość oraz wysoka przepustowość. Wytyczne zalecały prędkość pojazdów na rondzie nie mniejszą niż 40 [km/h] oraz promień wyspy centralnej co najmniej 23-metrowy, po to aby wjeżdżające na jezdnię ronda pojazdy mogły łączyć się oraz przeplatać z potokiem ruchu poruszającym się już po jezdni ronda. Maksymalna prędkość projektowa wynosiła 64 [km/h], co wymagało promienia wyspy centralnej co najmniej 82-metrowego lub większego w zależności od pochylenia zastosowanego na jezdni ronda. W 1942 r. Amerykańskie Stowarzyszenie Drogownictwa (AASHO) wydało zalecenie o nieprojektowaniu rond na skrzyżowaniach, na których całkowity ruch jest większy bądź równy 5000 [P/h], ponieważ takich przypadków nie przewidują wytyczne projektowania. W latach 1954 i 1965 AASHO podało 3000 [P/h] jako wartość maksymalnej przepustowości praktycznej.



Rys. 3. Przykładowe kształty wysp centralnych pierwszych budowanych rond

Fig. 3. Examples of central island shapes in the first built roundabouts

Źródło: [3].



Rys. 4. Przykładowy kształt wyspy centralnej pierwszych budowanych rond

Fig. 4. Example of central island shape in the first built roundabouts

Źródło: [3].

## 2. PIERWSZE METODY OBLICZANIA PRZEPUSTOWOŚCI ROND

Tak kształtował się rozwój geometrii rond, natomiast jeśli chodzi o rozwój metod obliczania ich przepustowości, to (jak już wspomniano) pierwsze zasady, jakie powstawały były raczej wskazówkami do projektowania. W 1933 r. Watson zasugerował, że pomiędzy kolejnymi pojazdami w każdym potoku ruchu na rondzie powinien być zapewniony 4-sekundowy odstęp czasowy. Pozwoliłoby to około 900 [P/h] włączyć się z wlotów na jezdnię ronda przy dogodnych warunkach. Dodatkowo, Watson zasugerował 15% rezerwę przy obliczaniu przepustowości uwzględniającą wpływ pieszych dla obliczonego 1500 [P/h] maksymalnego natężenia na wlotach i na jezdni ronda. Podał też, że pojazdy ciężkie wymagają sześciosekundowego odstępu czasowego.

Kolejne, ale też jedne z pierwszych zasad praktycznych odnoszących się do rond podali Hammond i Sorenson w 1941 r., którzy oszacowali przepustowość rond na 3000 [P/h], minimalny promień ronda na 50 [m] i szerokość jezdni wokół wyspy na 8-11 [m]. W Nowym Yorku Shrope (1952) wykonywał empiryczne analizy funkcjonowania rond.

Ówczesne wytyczne dotyczące rond opisywały ich działanie, bazując na teorii przeplatania się pojazdów na jezdni ronda pomiędzy wlotami, a nie, tak jak obecnie, jako manewry włączania się po akceptacji odstępu. Dlatego wzory (1), (2), (3) dotyczą przepustowości obliczonej w sytuacji, gdy na rondzie występuje manewr przeplatania się potoków ruchu. Jeden z pierwszych modeli określających przepustowość rond zaproponował Clayton (1941, 1945):

$$C_p = s \left[ n - \frac{\alpha}{90} \left( n - \frac{4}{3} \right) \right] \left[ \frac{P}{h} \right] \quad (1)$$

gdzie:

$s$  - nasycenie ruchem,  $s = 1200$  [P/h],

$n$  - liczba pasów ruchu na wlocie,

$\alpha$  - maksymalny kąt przeplatania,  $\alpha$  jest to kąt pomiędzy przekątnymi obszaru przeplatania.

Od 1955 r. model ten był zalecany do stosowania przez Brytyjskie Ministerstwo Transportu.

Natomiast jednym z najbardziej znaczących modeli przepustowości rond w tamtych czasach był model Wardropa (1957). Bazując na pomiarach ruchu w testowych warunkach maksymalnego natężenia w obszarze przeplatania, Wardrop podał następującą zależność:

$$C_p = \frac{4.9(w_w + w_a)(4l_w - 3w_w)(3 - p_w)}{l(0.56 + p_{HV})} \left[ \frac{P}{h} \right] \quad (2)$$

gdzie:

$w_w$  - szerokość obszaru przeplatania [m],

$l_w$  - długość obszaru przeplatania [m],

$w_a$  - średnia szerokość wlotu [m],

$p_w$  - proporcja natężenia ruchu przeplatającego się w stosunku do całego natężenia występującego w obszarze przeplatania,

$p_{HV}$  - udział średnich i ciężkich pojazdów oraz autobusów.

Równanie (2) zostało później rozwinięte przez Road Research Laboratory (1965) do następującej postaci:

$$C_p = \frac{108w_w \left(1 + \frac{w_a}{w_w}\right) \left(1 - \frac{p}{3}\right)}{1 + \frac{w_w}{l_w}} \left[ \frac{P}{h} \right] \quad (3)$$

Przepustowość określona wzorem (3) stanowi 80% wartości otrzymanej ze wzoru (2).

### 3. ZMIANA ZASAD PIERWSZEŃSTWA RUCHU NA RONDACH

W początkowej fazie projektowania i funkcjonowania rond nieokreślone były zasady pierwszeństwa pojazdów. Około 1950 r. wprowadzono pierwszeństwo dla pojazdów wjeżdżających na rondo, co powodowało samoczynne blokowanie się pojazdów oraz wzrost liczby wypadków spowodowany nieprzestrzeganiem zasad ruchu. Spowodowało to z kolei utratę zaufania projektantów, a przede wszystkim użytkowników, do tego typu skrzyżowań. Poprawa warunków ruchu przez zastosowanie znaków drogowych oraz wynalezienie i masowe instalowanie na sieciach dróg (szczególnie w USA) skoordynowanej sygnalizacji świetlnej także uczyniło ronda mniej atrakcyjnymi rozwiązaniami i wiele z nich zaczęto przebudowywać na inne typy skrzyżowań. W Niemczech przyczyną przebudowy rond na inne typy skrzyżowań był brak odpowiednich metod obliczania przepustowości, natomiast wysoki wskaźnik wypadkowości oraz zatłoczenie na rondach spowodowały złą interpretację zasad ruchu i nieprzestrzeganie pierwszeństwa przejazdu.

Tak jak początkowo ronda budziły zachwyty, tak po pojawieniu się długo wyczekiwanych przez ludzką masę samochodów szybko zaczęły być zastępowane innymi rozwiązaniami drogowymi. Powodów wycofywania rond było wiele. Poza wcześniej podanymi można jeszcze wymienić dużą powierzchnię terenu, jaka potrzebna była pod ich budowę, oraz stosunkowo dużą prędkość ruchu na rondzie. Obowiązujące od lat pięćdziesiątych wymiarowanie rond według teorii przeplatania się na nich strumieni ruchu wymagało stosowania długich odcinków pomiędzy wlotami a wylotami, co powodowało powiększanie średnic rond, a w rezultacie zmniejszanie się ich liczby.

### 4. PODSUMOWANIE

Genezy powstania rond można szukać w założeniach urbanistycznych projektujących place na zbiegu ważnych ulic z monumentalnymi obiektami lub rzeźbami. Taka forma skrzyżowania zamykała optycznie ciąg ulicy i wymuszała zmianę kierunku poruszania się, była więc korzystna dla podkreślenia zbiegu równorzędnych ulic. Po wprowadzeniu znaków drogowych optyczna forma skrzyżowania spadła do roli pomocniczej (choć nadal ważnej). W rezultacie pojawiły się ronda, których głównym celem było kanalizowanie ruchu, a nie względy urbanistyczne. Ronda te projektowano w różnych rozmiarach: od minirond z malowaną i przejezdną wyspą po ronda o średnicy kilku kilometrów [10]. Głównym powodem przebudowy większości skrzyżowań na małe ronda, oprócz uspokojenia ruchu, jest

znaczna liczba notowanych zdarzeń drogowych, w tym także z ofiarami w ludziach. Trend przebudowy skrzyżowań na małe rondo daje pozytywne rezultaty, dlatego warto znać historię rozwoju tego typu skrzyżowań.

### **Bibliografia**

1. An Information Guide: Federal Highway Administration Roundabouts. Report No. FHWA-RD-00-067 by Kittelson and Associates 2000.
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.
3. Bared J. G., Courage K. G. et al.: Modern Roundabout Practice in the United States. Synthesis of Highway Practice 264. Transportation Research Board. National Research Council. National Academy Press, Washington 1998.
4. Brown M., Mike: The Design of Roundabouts. Transport Research Laboratory, 1995.
5. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKŁ, Warszawa 1999.
6. Instrukcja projektowania małych rond. Załącznik do zarządzenia, nr 4/96 GDDP 29.02.1996 r., Ekodroga, Kraków 1996.
7. Macioszek E.: Przegląd metod obliczania przepustowości małych rond stosowanych w różnych krajach (w druku).
8. Metoda obliczania przepustowości rond. Instrukcja obliczania. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2004.
9. Rozporządzenie MTiGM z dnia 02.03.1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. DzU Nr 43, pozycja 430 z 1999.
10. Rychlewski J.: Organizacja ruchu na rondach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z. 58 (Materiały z III Konferencji Naukowo Technicznej: Systemy Transportowe Teoria i Praktyka, Katowice 8.09.2005 r.), s. 351-358.
11. Taekratok T.: Modern Roundabouts for Oregon. Oregon Department of Transportation. Research Unit, 200 Hawthorne SE, Suite B-240 Salem, OR 97310, June 1998.
12. Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych, część II dotycząca rond. GDDP Warszawa 12. VI. 2001.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Romuald Szopa