

Elżbieta Macioszek

Politechnika Śląska, Wydział Transportu, Katedra Inżynierii Ruchu

STAN BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO NA RONDACH TURBINOWYCH W POLSCE

Rękopis dostarczono, marzec 2013

Streszczenie: W chwili obecnej w Polsce funkcjonują dwie grupy rond turbinowych. Pierwszą z nich stanowią ronda turbinowe zaprojektowane pod względem geometrii i organizacji ruchu na wzór holenderskich rond turbinowych, czyli z wyniesionymi ponad powierzchnię jezdni separatorami pasów ruchu. Druga grupa to ronda turbinowe z organizacją ruchu odpowiadającą całkowicie lub częściowo organizacji ruchu jak na typowych rondach turbinowych, ale na których nie zainstalowano wyniesionych separatorów oddzielających poszczególne pasy ruchu, a ich funkcję pełni tylko pojedyncza linia ciągła typu P-2. Na świecie ronda turbinowe postrzegane są jako rozwiązania cechujące się bardzo wysokim poziomem bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz pozwalające na sprawny przepływ znacznych natężeń ruchu drogowego. Na podstawie zidentyfikowanych przez autorkę rond turbinowych funkcjonujących w Polsce, można stwierdzić iż w chwili obecnej w Polsce występuje zdecydowanie więcej rond turbinowych bez wyniesionych ponad powierzchnię jezdni separatorów pasów ruchu. W artykule podjęto próbę odpowiedzi na pytanie czy ronda turbinowe, na których funkcję separatorów pełni jedynie pojedyncza linia ciągła są rozwiązaniami zapewniającymi odpowiedni poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Słowa kluczowe: ronda turbinowe, bezpieczeństwo ruchu drogowego

1. WPROWADZENIE

Jak podają liczne prace (m.in. [12], [14], [22], [23], [25]) skrzyżowania typu rondo jednopasowe zapewniają wyższy niż na innych typach skrzyżowań poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Fakt ten spowodował, że od niespełna dwudziestu lat są one chętnie stosowane przez projektantów w Polsce zarówno na terenach zabudowanych jak i na terenach niezabudowanych. Wysoki poziom bezpieczeństwa na rondach jednopasowych osiągany jest głównie przez:

- niskie prędkości przejazdu przez skrzyżowanie rzędu $20 \div 30$ km/h, co potwierdzono badaniami naukowymi opisanymi m.in. w pracach: [15], [16],

- mniejszą liczbę punktów kolizji w porównaniu z innymi typami skrzyżowań,
- separację strumieni ruchu na wlotach od strumieni ruchu na wylotach (dzięki wyspom dzielącym na wlotach) co powoduje, że piosi mają możliwość przechodzenia wlotu i wylotu oddzielnie,
- mniejsze straty czasu w porównaniu z innymi typami skrzyżowań, co pociąga za sobą mniejsze zużycie paliwa, mniejsze zanieczyszczenie środowiska oraz mniejsze koszty przejazdu przez skrzyżowanie [18], [27], [28].

Jednym z głównych ograniczeń stosowania małych rond jednopasowych (pomimo iż są najbezpieczniejszym typem rond) jest ich przepustowość, którą szacuje się na $2000 \div 2500$ P/h [2], [21]. Z tego względu na skrzyżowaniach na których krzyżują się duże wartości natężeń ruchu zaczęto budować ronda dwupasowe. Z kolei na dużych rondach dwupasowych duże odległości pomiędzy wlotami powodują, iż kierowcy poruszają się po nich z większymi niż po rondach jednopasowych prędkościami, występuje manewr przeplatania się potoków ruchu opuszczających rondo z potokiem poruszającym się po zewnętrznym pasie ruchu, co generuje dodatkowe punkty kolizji oraz prowadzi do pogorszenia warunków ruchu a w efekcie do ogólnego spadku poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Jak pokazała praktyka, ronda dwupasowe o średnicy zewnętrznej zmniejszonej nawet do 50 m powodują spadek przepustowości (kierowcy rzadko korzystają z wewnętrznego pasa ruchu ponieważ mała średnica zewnętrzna nie pozwala na kontrolowanie przestrzeni za pojazdem przy użyciu lusterek oraz obawiają się, że nie opuszczą obwiedni pożądanym wylotem z powodu dużego natężenia ruchu pojazdów poruszających się po zewnętrznym pasie ruchu), zwiększenie prędkości pojazdów na obwiedni oraz wzrost liczby punktów kolizji.

W 1996 r. w Holandii L.G.H. Fortuijn zaprojektował nowy typ ronda wielopasowego – rondo turbinowe, które posiada wiele zalet w stosunku do klasycznego ronda wielopasowego. Ronda turbinowe cechują się większą przepustowością niż klasyczne ronda dwupasowe przy jednoczesnym zachowaniu poziomu bezpieczeństwa podobnego jak na rondach jednopasowych. Z czasem, korzystając z pozytywnych wyników doświadczeń holenderskich z rondami turbinowymi także w innych krajach – w tym także i w Polsce – rozpoczęto budować te korzystne ze względu zarówno na warunki bezpieczeństwa ruchu drogowego jak i wysoką przepustowość skrzyżowania drogowe.

Z wielu różnorodnych przyczyn, zarówno technicznych (m.in. problem sprawnego odprowadzania wód opadowych z tarczy ronda, problem odśnieżania tarczy ronda, udział w ruchu długich pojazdów ciężkich i inne), jak i społecznych (m.in. problem akceptacji przez społeczeństwo nowych rozwiązań drogowych) na części funkcjonujących w Polsce rond turbinowych nie zainstalowano trwałych, wyniesionych ponad powierzchnię jezdni separatorów pasów ruchu. Fakt ten spowodował iż obecnie w Polsce funkcjonują ronda turbinowe zaprojektowane pod względem geometrii i organizacji ruchu na wzór holenderskich rond turbinowych, czyli z trwałymi, wyniesionymi ponad powierzchnię jezdni separatorami pasów ruchu oraz ronda turbinowe z organizacją ruchu odpowiadającą całkowicie lub częściowo organizacji ruchu na typowych rondach turbinowych, ale na których nie zainstalowano trwałych separatorów oddzielających poszczególne pasy ruchu, a ich funkcję pełni tylko pojedyncza linia ciągła typu P-2. Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji obszaru Polski oraz zidentyfikowanych przez autorkę rond turbinowych można stwierdzić, iż w chwili obecnej funkcjonuje więcej rond turbinowych bez trwałych separatorów pasów ruchu.

Zgodnie z [3], [9], [10] ronda turbinowe na świecie postrzegane są jako pozwalające na sprawny przepływ znacznych natężeń ruchu drogowego. Dysponując danymi dotyczącymi zdarzeń drogowych uzyskanymi z bazy SEWiK, w artykule podjęto próbę odpowiedzi na pytanie czy ronda turbinowe funkcjonujące w naszym kraju, na których funkcję separatorów pełni jedynie pojedyncza linia ciągła typu P-2 są rozwiązaniami zapewniającymi właściwy poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego.

2. CHARAKTERYSTYKA ROND TURBINOWYCH

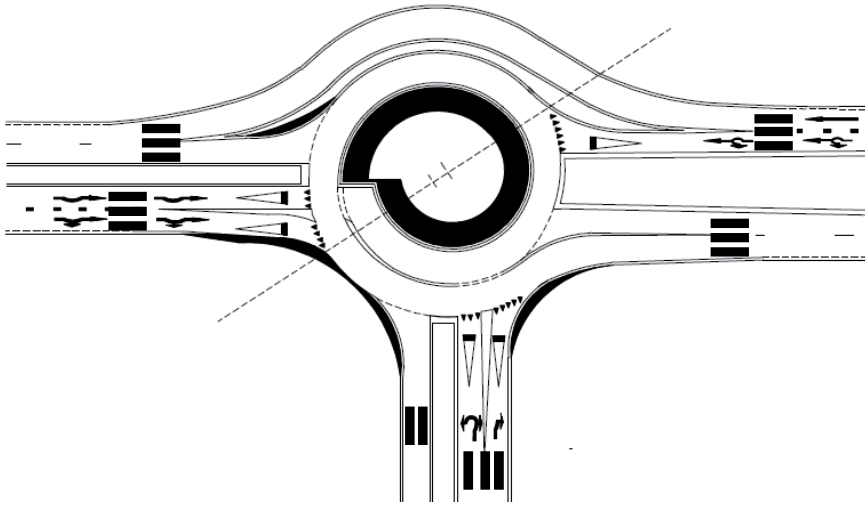
Rondo turbinowe to wielopasowe rondo ze spiralnym oznakowaniem tarczy ronda oraz z wydzielonymi dla niektórych relacji pasami ruchu. Ronda turbinowe (tak jak i spiralne) cechują się uprzywilejowaniem wybranego kierunku ruchu (tylko ronda typowe traktują w ten sam sposób użytkowników na wszystkich wlotach). Na wlotach rond turbinowych użytkownicy zmuszeni są do wyboru pożądanego kierunku jazdy. Wybór lub zmiana kierunku jazdy na tarczy ronda są niemożliwe, gdyż potoki ruchu z pasa wewnętrznego i zewnętrznego nie przecinają się. W zależności od liczby pasów ruchu na wlotach i wylotach możliwa jest taka konfiguracja ronda, która uniemożliwia zawracanie na jednym z kierunków. Na rys. 1 oraz na rys 2 przedstawiono przykładowe schematy rond turbinowych.

Do głównych cech charakterystycznych ronda turbinowego zalicza się [8]:

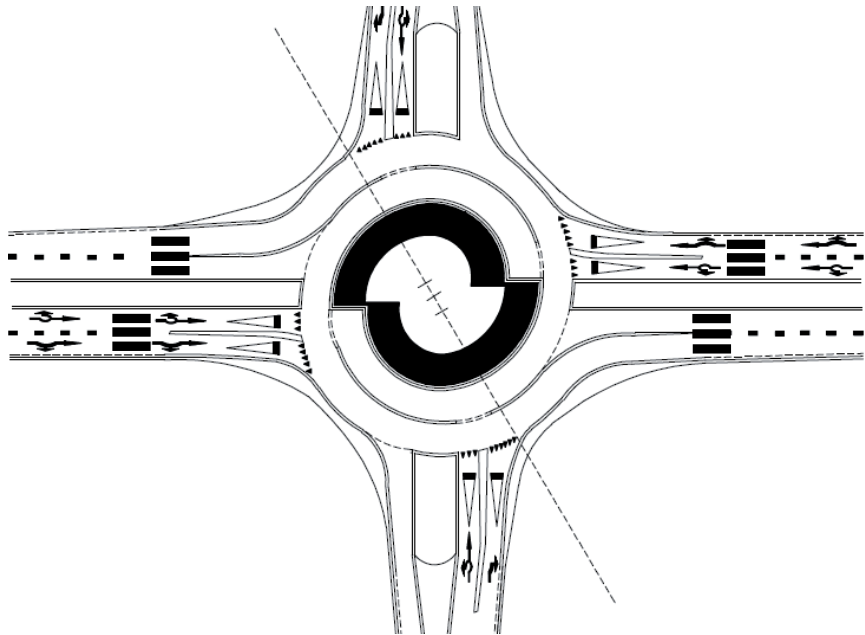
- występowanie na tarczy ronda więcej niż jednego pasa ruchu,
- możliwość wyboru kierunku jazdy przez kierujących pojazdami tylko na wlocie (brak możliwości zmiany pasa ruchu na obwodni ronda spowodowany zainstalowaniem separatorów ruchu, które oddzielają poszczególne pasy ruchu na obwodni ronda oraz na wlotach),
- występowanie nie więcej niż dwóch pasów ruchu na obwodni ronda w obszarze przy wlotach, w którym pojazdy z wlotów podporządkowanych zobligowane są do ustąpienia pierwszeństwa przejazdu,
- brak możliwości występowania manewrów przeplatania się oraz przecinania się strumieni pojazdów w obszarze tarczy ronda dzięki zastosowaniu spiralnego oznakowania poziomego połączonego ze spiralnym ukształtowaniem tarczy ronda (rys 1, rys. 2),
- brak możliwości zawracania na jednym z kierunków ruchu (w przypadku braku odpowiedniego poszerzenia pierścienia).

Ronda turbinowe mają następujące zalety [4], [5], [10], [30]:

- ustępowanie pierwszeństwa przejazdu (przez kierowców pojazdów z wlotów podporządkowanych) maksymalnie dwóm strumieniom ruchu poruszającym się po rozgraniczonych pasach ruchu,
- redukcja liczby punktów kolizji,
- występowanie relatywnie niskiej prędkości przejazdu pojazdów po rondzie (zbliżona do prędkości pojazdów na rondzie jednopasowym) spowodowana zarówno specyficzną geometrią skrzyżowania jak i wyniesionymi separatorami ruchu,
- możliwość osiągnięcia wyższej przepustowości niż przepustowość ronda dwupasowego.



Rys. 1. Schemat trójwłotowego ronda turbinowego
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [8], [9], [19], [29].



Rys. 2. Schemat czterowłotowego ronda turbinowego
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [8], [9], [19], [29].

3. STAN BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO NA RONDACH TURBINOWYCH FUNKCJONUJĄCYCH NA ŚWIECIE – STUDIA LITERATURY PRZEDMIOTU

Skrzyżowania z ruchem okrężnym cechują się mniejszą liczbą punktów kolizji niż skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej o podobnej konfiguracji wlotów i pasów ruchu, na których ruch regulowany jest za pomocą oznakowania A-7 i/lub B-20. Na czterowlotowym rondzie turbinowym występuje 10 potencjalnych punktów kolizji przy włączaniu się do ruchu, natomiast nie występują punkty kolizji przy wyłączeniach z obwiedni ronda. Dla porównania: na czterowlotowym rondzie jednopasowym o jednopasowych wlotach i wylotach występuje 8 punktów kolizji. Natomiast na czterowlotowym rondzie dwupasowym o dwupasowych wlotach i wylotach występują aż 22 punkty kolizji. A zatem w porównaniu z rondami dwupasowymi ronda turbinowe cechują się aż 60 % zmniejszeniem potencjalnej liczby punktów kolizji.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu literatury światowej można w ogólności stwierdzić, iż stosunkowo niewielka liczba punktów kolizji na rondach turbinowych przekłada się na wysoki poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Przedstawione w literaturze przedmiotu informacje świadczą o tym, iż ronda turbinowe należą do bezpiecznych rozwiązań skrzyżowań drogowych, bezpieczniejszych niż ronda wielopasowe. Reasumując wyniki badań zagranicznych w tym zakresie można stwierdzić, że:

- według badań holenderskich [6], [7], [9] ryzyko odniesienia obrażeń w wyniku zdarzenia drogowego powstałego na rondzie turbinowym jest o 80 % mniejsze niż na innych typach rond wielopasowych. W dłuższym okresie funkcjonowania oczekiwana jest nieco niższa redukcja do 70 % (porównywalna do warunków na rondach jednopasowych),
- według badań prowadzonych we Włoszech [19] stopień poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego w obszarze ronda turbinowego zależy od schematu organizacji ruchu oraz od natężeń i struktury kierunkowej ruchu i wynosi w przypadku wypadków drogowych od 40 % ÷ 50 %, a w przypadku kolizji drogowych 25 % ÷ 30 %,
- według innych badań przeprowadzonych we Włoszech [11] po przebudowie trzech skrzyżowań na ronda turbinowe stwierdzono poprawę warunków bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz znaczne obniżenie prędkości jazdy na tego typu skrzyżowaniach,
- według danych niemieckich [1] uzyskanych z analizy stanu bezpieczeństwa na jednym obiekcie nie stwierdzono żadnych zdarzeń drogowych o poważnych skutkach,
- według danych podanych przez W. Wijk'a [29] ronda turbinowe są o 70 % bezpieczniejsze niż skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej, o 50 % bezpieczniejsze niż skrzyżowania z sygnalizacją świetlną oraz od 20 % ÷ 40 % mniej bezpieczne niż ronda jednopasowe,
- według danych przedstawionych w pracy [26] na Słowenii co prawda nie prowadzono jak dotąd żadnych wiążących badań dotyczących poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego w obszarze rond turbinowych, niemniej jednak na podstawie obserwacji ruchu drogowego na tego typu skrzyżowaniach stwierdzono, iż ronda turbinowe w Słowenii to rozwiązania cechujące się bardzo wysokim poziomem bezpieczeństwa ruchu drogowego,

- według badań przeprowadzonych w Kolumbii [3] stwierdzono poprawę poziomu bezpieczeństwa w ruchu drogowym na rondach turbinowych o 22 %,
- według informacji [24] po przebudowie w 2005 roku ronda Kocmyrzowskiego w Krakowie na pierwsze w Polsce rondo turbinowe (z separatorami pasów ruchu w postaci pojedynczej linii ciągłej) liczba kolizji spadła o około 80 %.

4. STAN BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO NA RONDACH TURBINOWYCH FUNKCJONUJĄCYCH W POLSCE NA KTÓRYCH FUNKCJĘ SEPARATORÓW PASÓW RUCHU PEŁNI POJEDYNCZA LINIA CIĄGŁA

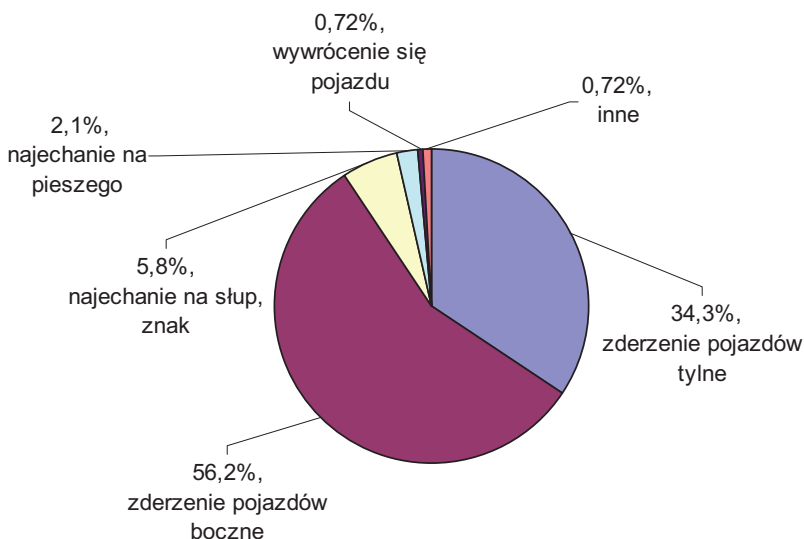
W trakcie przeprowadzonej inwentaryzacji obszaru Polski wielokrotnie stwierdzano, iż mianem ronda turbinowego powszechnie określa się rozwiązania, które tak naprawdę mają niewiele cech wspólnych z rondami turbinowymi. Po wstępnej selekcji skrzyżowań, ostatecznie analizą objęto 10 rond turbinowych z separatorami pasów ruchu w postaci pojedynczej linii ciągłej typu P-2. Wszystkie wybrane do analizy obiekty to skrzyżowania stanowiące newralgiczne punkty na sieci drogowo - ulicznej, na których odnotowuje się znaczne wartości natężeń ruchu drogowego. Były to między innymi rondo w Zabrze (dwa rondo), w Sosnowcu, w Prądach k/Opola, w Szczecinie, w Bielsku-Białej (dwa rondo), w Sieradzu i w Radomiu (dwa rondo).

Okres analizy obejmował lata 2010 ÷ 2012. Dane do analizy pozyskano z Systemu Ewidencji Wypadków i Kolizji (SEWiK) z kilku Komend Policji. W początkowym etapie analizy wykonano dla każdego obiektu oddzielnie. W artykule przedstawiono dalszy etap analiz obejmujący zestawienia dla wszystkich analizowanych obiektów łącznie. Taka forma prezentacji danych miała na celu uzyskanie informacji o najczęściej występujących typach zdarzeń drogowych oraz ich przyczynach na rondach turbinowych z separatorami pasów ruchu w postaci pojedynczej linii ciągłej.

W ogólności można stwierdzić, iż uzyskane wyniki co do rozkładu, lokalizacji, częstości oraz typu zdarzeń drogowych są zgodne z wynikami badań zagranicznych jak i krajowych co do zdarzeń na rondach wielopasowych [13], [17].

Z przeprowadzonej analizy wynika, że na rondach turbinowych z separatorami pasów ruchu w postaci pojedynczej linii ciągłej kierowcy często zmieniają pasy ruchu w miejscach niedozwolonych, przekraczając tym samym pojedynczą linię ciągłą. W efekcie dochodzi do bocznych zderzeń pojazdów w wyniku zabronionej zmiany pasa ruchu. Jak wykazała analiza danych aż ~ 56 % wszystkich kolizji drogowych¹ na tego typu rondach to zderzenia boczne (rys. 3).

¹ Kolizja drogowa występuje wtedy gdy nastąpi gwałtowne zakłócenie ruchu drogowego. Występuje wtedy ciąg zdarzeń prowadzących do stanu, w którym ruch uczestników kolizji nie może być kontynuowany według uprzednich założeń. Nie każde zakłócenie ruchu drogowego jest kolizją (np. zatory uliczne).

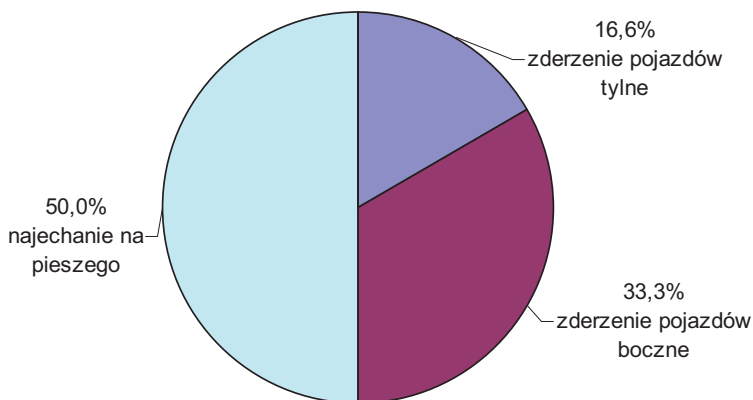


Rys. 3. Struktura kolizji drogowych na rondach turbinowych, na których funkcję separatora pasów ruchu pełni pojedyncza linia ciągła typu P-2

Taka sytuacja miała także miejsce m.in. na dwóch rondach turbinowych Koninie (skrzyżowanie ul. Popiełuszki z ul. Jana Pawła II oraz skrzyżowanie ul. Wyszyńskiego z ul. Wyzwolenia), które nie zostały uwzględnione w analizie, gdyż obydwa zostały oddane do użytku w lipcu 2012 roku i jak dotąd doszło na nich do kolizji drogowych podczas zmiany pasa ruchu w miejscu niedozwolonym oraz podobnie na rondzie w Rypinie (województwo kujawsko-pomorskie), które zostało oddane do użytku w 2011 roku. Kolejne pod względem częstości rodzaje kolizji drogowych to: zderzenia tylne pojazdów (~ 34 %), najechanie na słup, znak (~ 6 %), najechanie na pieszego (~ 2 %), wywrócenie się pojazdu (~ 1 %) oraz inne (~ 1 %).

Z kolei analiza struktury wypadków drogowych² (rys. 4) potwierdza informacje przedstawiane w literaturze przedmiotu iż ronda wielopasowe nie są rozwiązaniami bezpiecznymi dla niechronionych uczestników ruchu drogowego. W przypadku analizowanych rond turbinowych aż 50 % wypadków jakie wystąpiły to najechania na pieszych. Pozostałe rodzaje wypadków jakie występowały na rondach turbinowych to zderzenia boczne pojazdów (~ 33 %) oraz zderzenia tylne pojazdów (~ 17 %). Należy jednak pamiętać iż w grupie badanych obiektów udział kolizji drogowych wynosił ~ 93 %, a wypadków drogowych zaledwie ~ 7 %.

² Za wypadek drogowy uznaje się kolizję drogową, w wyniku której są ofiary wśród użytkowników drogi.



Rys. 4. Struktura wypadków drogowych na rondach turbinowych, na których funkcję separatora pasów ruchu pełni pojedyncza linia ciągła typu P-2

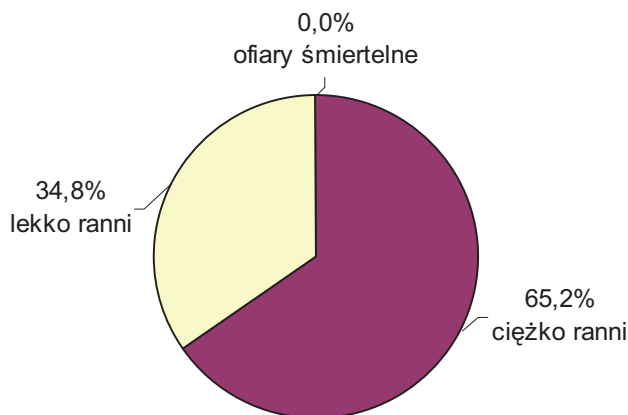
W przypadku zdarzeń drogowych, w których uczestniczą pojazdy oraz niechronieni uczestnicy ruchu drogowego to właśnie piesi i rowerzyści ponoszą najcięższe obrażenia. Efektem tego, iż najechania na pieszych stanowiły najliczniejszą grupę wypadków drogowych jest fakt, iż udział osób ciężko rannych³ w wyniku powstałych zdarzeń drogowych wynosi aż ~ 65 %. Udział osób lekko rannych⁴ wynosi ~ 35 %, natomiast w analizowanym okresie czasu na badanych obiektach nie odnotowano żadnej śmiertelnej ofiary wypadku drogowego⁵. Udziały osób poszkodowanych według stopnia ciężkości przedstawiono na rys. 5.

Kolejna analiza dotyczyła struktury osób poszkodowanych według charakteru uczestnictwa. Jako poszkodowanego rozumie się uczestnika zdarzenia drogowego, którego dobra zostały naruszone nie z jego winy. Ze względu na fakt, iż na poddanych badaniu rondach turbinowych najczęściej występowały zderzenia boczne i tylne samochodów osobowych stąd najczęściej poszkodowanymi byli kierowcy tych pojazdów (~ 90 %). Udział poszkodowanych rowerzystów wyniósł ~ 7 %, a pieszych ~ 3 % (rys. 6).

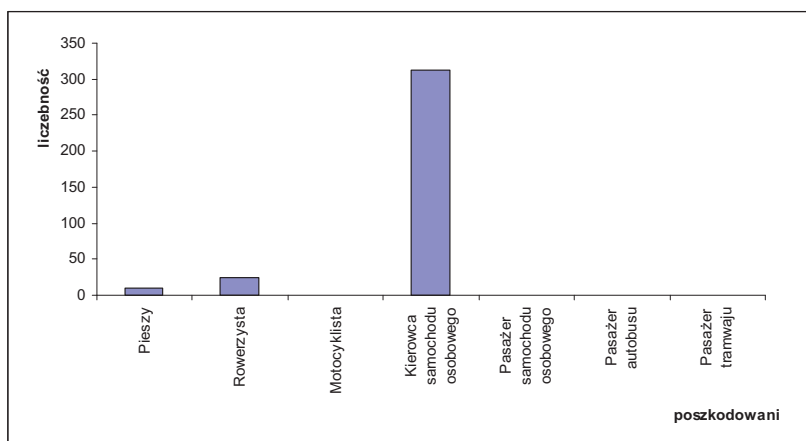
³ Za osobę ciężko ranną uznaje się osobę, która doznała następujących obrażeń ciała: złamania, urazy wstrząsowe, uszkodzenia organów wewnętrznych, poważne rany cięte lub szarpane, ogólny ciężki szok wymagający pomocy lekarskiej, wszystkie inne obrażenia wymagające hospitalizacji.

⁴ Za osobę lekko ranną uznaje się osobę, która doznała następujących obrażeń ciała: zwichnięcia, potłuczenia, zadrapania itp., ale jednocześnie otrzymała pomoc lekarską.

⁵ Za śmiertelną ofiarę wypadku drogowego uznaje się osobę zmarłą na miejscu w wypadku lub w ciągu 30 dni (licząc od czasu powstania wypadku) na skutek doznanych obrażeń ciała.

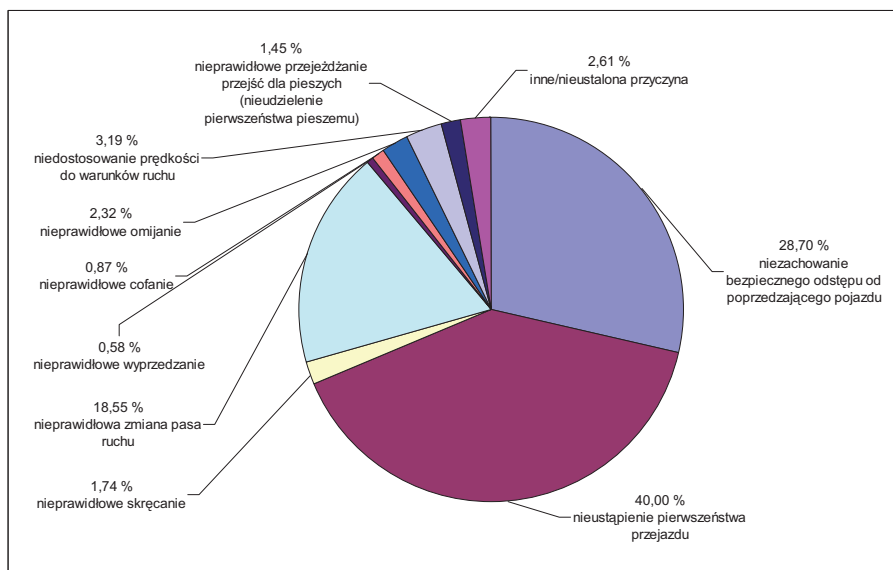


Rys. 5. Udziały procentowe osób poszkodowanych w wypadkach drogowych (według stopnia ciężkości) na rondach turbinowych na których funkcję separatora pasów ruchu pełni pojedyncza linia ciągła typu P-2



Rys. 6. Liczba osób poszkodowanych (według charakteru uczestnictwa) na rondach turbinowych, na których funkcję separatora pasów ruchu pełni pojedyncza linia ciągła typu P-2

Analizując strukturę przyczyn zdarzeń drogowych stwierdzono, że ~1% przyczyn leżało po stronie pieszych (dotyczyło przekraczania przez pieszych jezdni w miejscach niedozwolonych). Pozostałe ~99% to przyczyny z winy kierujących pojazdami. Analizując strukturę przyczyn z winy kierujących pojazdami należy stwierdzić, iż najczęstsze przyczyny to: nieustąpienie pierwszeństwa przejazdu (40%), niezachowanie bezpiecznego odstępu od pojazdu poprzedzającego (~29%), nieprawidłowa zmiana pasa ruchu (~19%). Kompletną strukturę przyczyn zdarzeń drogowych przedstawiono na rys. 7.



Rys. 7. Struktura przyczyn zdarzeń drogowych na rondach turbinowych na których funkcje separatora pasów ruchu pełni pojedyncza linia ciągła typu P-2

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Według badań prowadzonych za granicą m.in. w Holandii, w Belgii i we Francji, skrzyżowania typu rondo -w porównaniu ze zwykłymi skrzyżowaniami-powodują znaczną redukcję liczby niebezpiecznych zdarzeń drogowych, tj. kolizji od 30 % ÷ 60 %, wypadków z rannymi od 40 % ÷ 90 %, a z ofiarami śmiertelnymi od 70 % ÷ 95 %. Bardzo istotny jest fakt, iż dzięki temu typowi skrzyżowań poprawia się bezpieczeństwo nie tylko kierujących pojazdami i ich pasażerów a na rondach jednopasowych także bezpieczeństwo pieszych. Ronda eliminują bądź zmniejszają liczbę takich zdarzeń jak zderzenia czołowe, zderzenia przy skrętach w lewo, zderzenia boczne z prawej strony, czy też najechania na pieszych. Stosunkowo nowy w Polsce typ ronda, a mianowicie ronda turbinowe na świecie postrzegane są jako rozwiązania bardziej bezpieczne niż ronda wielopasowe, co osiąga się głównie dzięki wyniesionym separatorom pasów ruchu. W aspekcie bezpieczeństwa ruchu drogowego wyniesione ponad powierzchnię jezdni separatory pasów ruchu na rondach turbinowych są szczególnie ważne.

Przedstawiona w artykule analiza zdarzeń drogowych na rondach turbinowych, które funkcjonują w Polsce z separatorami pasów ruchu w postaci pojedynczej linii ciągłej pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- w badanym okresie nie odnotowano żadnej ofiary śmiertelnej, a wśród zaistniałych zdarzeń drogowych zdecydowanie dominowały kolizje drogowe (~ 93 %) aniżeli wypadki drogowe (~ 7 %),
- tego typu ronda nie są rozwiązaniami bezpiecznymi dla niechronionych uczestników ruchu drogowego, gdyż aż 50 % wypadków drogowych stanowiły najechania na pieszych,
- wypadki drogowe w postaci zderzeń bocznych pojazdów stanowiły ~ 33 %, a zderzenia tylne pojazdów to ~ 17 %,
- najczęściej dochodziło do takich kolizji drogowych jak zderzenia boczne pojazdów (~ 56 %) i zderzenia tylne pojazdów (~ 34 %),
- najczęstszymi przyczynami zdarzeń drogowych były: nieustąpienie pierwszeństwa przejazdu (40%), niezachowanie bezpiecznego odstępu od pojazdu poprzedzającego (~ 29%) oraz nieprawidłowa zmiana pasa ruchu (~ 19%).

Reasumując można stwierdzić, iż na rondach turbinowych z separatorami pasów ruchu w postaci linii ciągłej osiągany poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego nie odbiega znacznie od opisywanego w literaturze (m.in. w pracach [13], [17]) poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego występującego na rondach dwupasowych. Ronda turbinowe funkcjonują w Polsce od niedawna, stąd trudno jest jednoznacznie ocenić czy porównywalny z rondami dwupasowymi poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego jest efektem tego, iż kierowcy nie zaznajomili się jeszcze z tym nowym typem ronda czy też świadomie łamią oni przepisy ruchu drogowego np. przekraczając linię ciągłą. Ponadto na podstawie studiów literatury przedmiotu oraz wyników analiz przedstawionych w artykule można stwierdzić, iż zastępowanie wyniesionych separatorów pasów ruchu linią pojedynczą typu P-2 nie powoduje znaczącej poprawy warunków bezpieczeństwa ruchu drogowego w obszarze skrzyżowania do poziomu uzyskiwanego na rondach jednopasowych.

Bibliografia

1. Brilon W.: Turbo – Roundabout – an experience from Germany. Źródło: http://www.techamerica.com/rab08/RAB08_Papers?RAB08S6BBrilon.pdf.
2. Brilon W., Stuwe B., Bondzio R.: Kleine Kreisverkehre – Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung. Ministerium Stadtentwicklung und Verkehr des Landes NRW, Duisburg 1993.
3. Bulla L., Castro W.: Analysis and comparison between two-lane roundabouts and turbo roundabouts based on a road safety audit methodology and microsimulation: A case study in urban area. Źródło: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/conferences/2011/RSS/2/Bulla,L.pdf>.
4. Corriere F., Guerrieri M.: Performance analysis of basic turbo – roundabouts in urban context. Procedia – Social and Behavioral Sciences, volume 53, October 2012, pp. 622-632.
5. Engelsman J. C., Uken M.: Turbo roundabouts as an alternative to two lane roundabouts. 26th Annual Southern African Transport Conference 2007, p. 9.
6. Fortuijn L. G. H.: Traffic safety: roundabouts, trucks, older drivers and traffic law enforcement 2009. TRR: Journal of the Transportation Research Board, Washington 2009, p. 16-24.
7. Fortuijn L. G. H.: Turbo roundabouts - design principles and safety performance. Transportation Research Record No. 2096, p. 16-24, Washington 2009.
8. Fortuijn L.G.H.: Pedestrian and bicycle - friendly roundabouts, dilemma of comfort and safety. Province of South - Holland and Delft University of Technology The Netherlands. Annual meeting of the ITE in Seattle, USA 2003. Źródło: <http://www.mnt.ce/atp/failid/SlowTrRoundb.pdf>.

9. Fortuijn L. G. H.: Turbo-Roundabouts; development and experiences. Seminar "Aktuelle Themen der Strassenplanung", Bergisch Gladbach 2007. Źródło: http://www.bast.de/nm_789794/DE/Publikationen/Veranstaltungen/Downloads/turbo-kreisverkehre,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/turbo-kreisverkehre.pdf.
10. Giuffre O., Guerrieri M., Grana A.: Evaluating capacity and efficiency of turbo roundabouts. Transportation Research Board 88th Annual Meeting, Washington 2009, pp. 12.
11. Giuffre O., Guerrieri M., Grana A.: Turbo-roundabout general design criteria and functional principles: case studies from real world. 4th International Symposium on Highway Geometric, Design, Spain 2011.
12. Institute for Road Safety Research. SWOV Fact sheet: Roundabouts. SWOV, Leidschendam, the Netherlands, August 2007.
13. Kimber R. M.: The Traffic Capacity of Roundabouts. TRRL Laboratory Report LR 942. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, England, 1980.
14. Krystek R., Jamroz K., Michalski L. z zespołem: Zasady uspokajania ruchu na drogach województwa pomorskiego. Część I. Układy ulic w miastach. Pomorska Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego. Gambit Pomorski. Źródło: http://prbrd.gda.pl/wp-content/themes/prbrd/pliki/Katalog_1.pdf.
15. Macioszek E.: Stan wiedzy na temat prędkości przejazdu pojazdów przez skrzyżowanie typu rondo. Logistyka 4/2011, str. 600 – 609.
16. Macioszek E.: Analiza prędkości przejazdu pojazdów przez skrzyżowania z ruchem okrężnym. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport z. 82. Systemy, Podsystemy i Środki w Transporcie Drogowym, Morskim i Śródlądowym. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012, ISSN 1230-9265, str. 69-84.
17. Macioszek E.: Safe Road Traffic on Roundabouts as an Element Assisting Efficient Road Transportation System Development in the Upper Silesia Region. [w:] R. Janecki, S. Krawiec, G. Sierpiński (red.): Contemporary Transportation Systems. Selected Theoretical and Practical Problems. The Transportation as the Factor of the Socio-Economic Development of the Regions. Monograph 386. Publishing House: Silesian University of Technology, Gliwice 2012, s. 85-95.
18. Madani H.: Dynamic vehicular comparison between a police-controlled roundabout and a traffic signal. Transportation Research Part A37 2003, p. 681-688.
19. Mauro R., Cattani M.: Potential accident rate of turbo – roundabouts. Transportation Research Board 4th International Symposium 2010, pp. 16. Źródło: http://4ishgd.upv.es/index_archivos/25.pdf.
20. Mauro R., Branco F.: Comparative analysis of compact multilane roundabouts and turbo – roundabouts. Journal of Transportation Engineering 136(4), pp. 316-322.
21. Mauro R.: Calculation of roundabouts. Capacity, waiting phenomena and reliability. ISBN 978-3-642-04550-9, e-ISBN 978-3-642-04551-6. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
22. 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 2002.
23. Streszczenie polskich seminariów bezpieczeństwa ruchu drogowego (1997-1999) część II: Struktura i projektowanie dróg w Polsce. Sugestie wynikające z praktyki holenderskiej.
24. Strona internetowa: http://www.torun.pl/index.php?strona=te_kons_101.
25. Szczuraszek T.: Bezpieczeństwo ruchu miejskiego. WKiŁ, Warszawa 2005.
26. Tollazzi T., Rencelj M., Turnsek S.: Slovenian experiences with alternative types of roundabouts – "turbo" and "flower" roundabouts. Proceedings of 8th International Conference on Environmental Engineering, Vilnius Gediminas Technical University Press, Vilnius, Lithuania 2011.
27. Varhelyi A., Hyden C.: The effects on safety, time consumption and environment of large scale use of roundabouts in an urban area: a case study. Accident Analysis and Prevention 32 (2000). Sweden 2000, p. 11-23.
28. Varhelyi A.: The effects of small roundabouts on emissions and fuel consumption: a case study. Transportation Research Part D7 (2002). Sweden 2002, p. 65-71.
29. Wijk W.: Turbo roundabouts a safe solution for Hungary? Royal Haskoning. Źródło: http://www.maut.hu/magyar/akademia/17/4_1.pdf.
30. Yperman I., Immers B.: Capacity of a turbo-roundabout determined by microsimulation study. 10th World Congress on ITS 2003. Źródło: <http://www.kuleuven.be/traffic/dwn/P2003D/pdf>.

THE ROAD SAFETY AT TURBO ROUNDABOUTS OPERATING IN POLAND

Summary: At present there are two types of turbo roundabouts in Poland. The first group, there are turbo roundabouts designed in terms of geometry and road traffic organization like Dutch turbo roundabouts, which means that they have elevated lane dividers in area of roundabouts. The second group, there are turbo roundabouts with road traffic organization corresponding fully or partially to the typical turbo roundabouts but without elevated lane dividers. On this kind of turbo roundabouts lane dividers function is only performed by single continuous line P-2 type. In the world, turbo roundabouts are seen as solutions characterized by a very high level of road traffic safety and also allowing on efficient flow of high road traffic volumes. On the basis on Polish area inventory, it can be said that at present there are many more turbo roundabouts without elevated lane dividers than turbo roundabouts with elevated lane dividers. The attempt to answer the question whether the turbo roundabouts without elevated lane dividers are solutions providing appropriate level of road traffic safety in area of intersection have been presented in this article.

Keywords: turbo roundabouts, road traffic safety