

Analiza bezpieczeństwa ruchu drogowego na wybranych skrzyżowaniach w Białymstoku

Robert Ziółkowski

Układ komunikacyjny Białegostoku od kilku lat ulega intensywnym przeobrażeniom. Główne ulice jednojezdniowe mocno obciążone ruchem drogowym są sukcesywnie przebudowywane do przekrojów dwujezdniowych. Konieczność zapewnienia w newralgicznych punktach sieci drogowej odpowiednich warunków ruchu wymusza stosowanie skrzyżowań bezpiecznych, a więc z sygnalizacją świetlną, jak również charakteryzujących się wysoką przepustowością, co zapewniają skrzyżowania z wyspą centralną. Zmiany układu komunikacyjnego nie pozostają bez wpływu na bezpieczeństwo użytkowników. W artykule przeanalizowano stan brd na skrzyżowaniach Białegostoku w latach 2007-2010. Do szczegółowych analiz, w których skoncentrowano się na powiązaniach charakterystyki skrzyżowania z bezpieczeństwem ruchu wytypowano 38 skrzyżowań, na których zarejestrowano największą liczbę zdarzeń drogowych.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 25.03.2013

data akceptacji do druku: 13.06.2013



dr inż. Robert Ziółkowski
adiunkt w Zakładzie
Inżynierii Drogowej
Wydział Budownictwa
i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
robert.ziolkowski@pb.edu.pl

Statystyki wypadków drogowych w Polsce w ostatnich latach wykazują tendencję spadkową. W ciągu ostatnich 10 lat, na skutek podejmowanych i wdrażanych długofalowych działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa ruchu na drogach, liczba zabitych w następstwie wypadków drogowych w Polsce zmalała z 5827 w roku 2002 do 3515 w roku 2012 [1, 2]. Z drugiej strony do zdecydowanej większości wypadków drogowych (ponad 70%) dochodzi w obszarach zabudowanych, w których nie podejmuje się równie zorganizowanych i kompleksowych rozwiązań podobnych do tych mających na celu np. likwidację odcinków o podwyższonej wypadkowości na zamiejskich drogach krajowych. Zamiast długofalowych rozwiązań systemowych prowadzi się różnorodne akcje mające na celu poprawę poziomu bezpieczeństwa na drogach („Bezpieczne miasto”, „Akcja znicz”, „Trzeźwy poranek”, itp.). Dorywczość i krótkookresowość takich działań przekłada się na ich małą skuteczność. W obszarach zabudowanych wśród podstawowych przyczyn wypadków drogowych niezmiennie wymienia się nadmierną prędkość oraz niewłaściwe zachowania pieszych (wtargnięcia na jezdnię) i kierowców (nieustąpienie pierwszeństwa, brak poszanowania niechronionych użytkowników).

Do niedawna w analizach brd dominującą była opinia, że zasadniczy wpływ na stan bezpieczeństwa na drogach w układzie czło-

wiek-pojazd-droga ma człowiek. Niemniej prowadzone w ostatnich latach badania krajowe [3,4,5] i zagraniczne [6,7,8] dowodzą, że rola drogi i rozwiązań geometrycznych była zdecydowanie niedowartościowana. Szczegółowe analizy stanu bezpieczeństwa w powiązaniu z geometrią na drogach zamiejskich dowodzą istotności wpływu czynników środowiskowo-drogowych. Podkreśla się wagę stosowanych rozwiązań projektowych jako czynników mogących przyczynić się do poprawy stanu brd na odcinkach międzywęzłowych oraz na skrzyżowaniach drogowych. Mimo, że bezpieczeństwo użytkowników ruchu jest jednym z podstawowych kryteriów, które należy rozważać na etapie projektowania skrzyżowań, to niewiele jest analiz dotyczących powiązań typu skrzyżowania z bezpieczeństwem ruchu [9,10,11,12].

Układ komunikacyjny miasta

Białystok, podobnie jak większość innych miast boryka się z kłopotami komunikacyjnymi. Wzrastająca liczba użytkowników dróg (tab. 1) powoduje, że istniejąca sieć drogowo-uliczna miasta tworzona przez układ dróg krajowych (24,4 km), wojewódzkich (19,3 km), powiatowych (82,4 km) i gminnych (235,4 km) staje się niewydolna. Realizowane od kilkunastu lat założenia polityki zrównoważonego rozwoju transportu, szczególnie intensywnego od roku 2005 skutkują intensywną przebudową podstawowego układu komunikacyjnego. Główne ciągi komunikacyjne będące

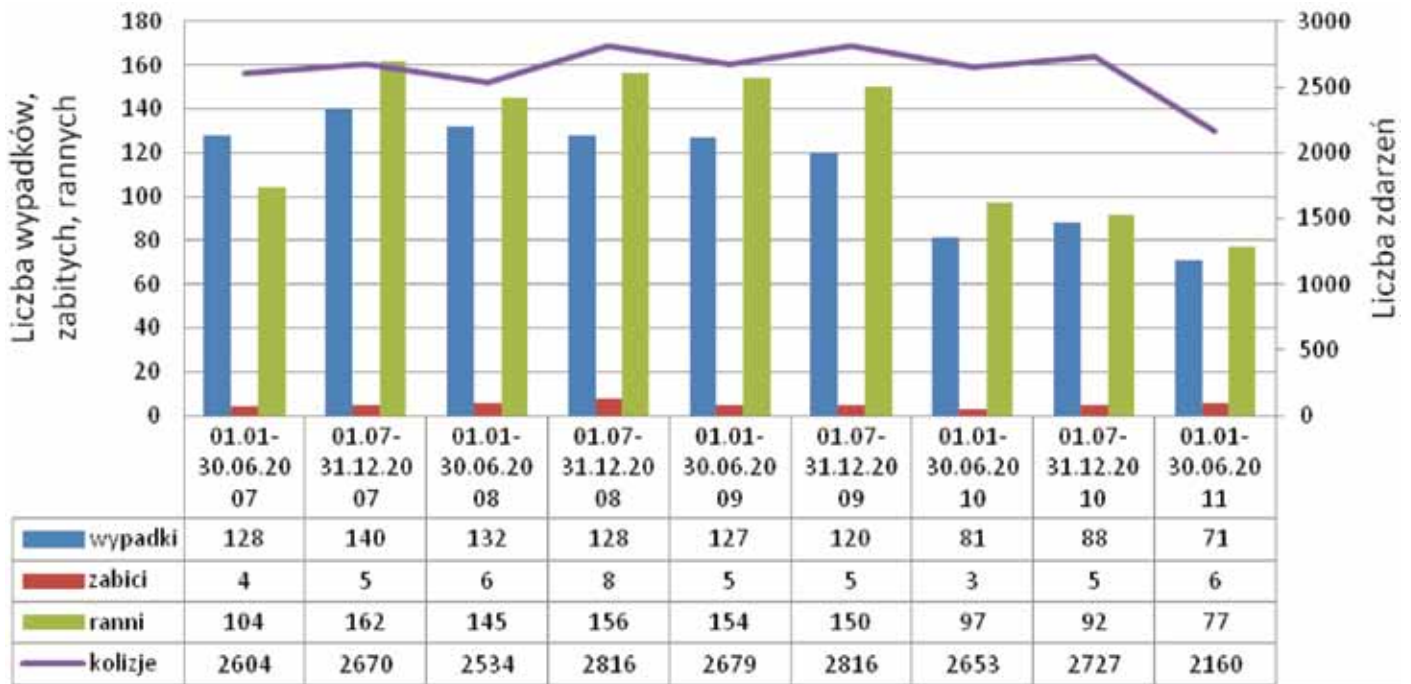
ulicami o przekroju poprzecznym 1/2 są zastępowane ulicami dwujezdniowymi o przekroju 2/2 lub 2/3 z wydzielonymi pasami dla autobusów. Te zmiany oraz konieczności zapewnienia odpowiedniej przepustowości i bezpieczeństwa na skrzyżowaniach tych ulic determinują budowę skrzyżowań z wyspą centralną oraz skrzyżowań sterowanych sygnalizacją świetlną. Liczba tych ostatnich na przestrzeni ostatnich lat zwiększyła się z 57 w roku 2001 do 107 w roku 2012.

Analiza stanu bezpieczeństwa w Białymstoku

Statystyki wypadków wskazują, że spośród wszystkich wypadków drogowych do zdecydowanej ich większości (ponad 70%) dochodzi w terenie zabudowanym. W Białymstoku w latach 2007-2010 miało miejsce ponad 20 tys. zdarzeń drogowych (rys. 1). Wiążąc zmienność liczb o zdarzeniach drogowych w kolejnych latach z postępującymi zmianami układu drogowo-ulicznego można dostrzec, że zachodzące przekształcenia sieci ulicznej nie pozostawały bez wpływu na zachowania kierowców i liczbę zdarzeń drogowych do których dochodziło. Dane statystyczne uzyskane z KMP w Białymstoku wskazują na znaczny spadek całkowitej liczby zdarzeń, wypadków i rannych od początku 2010 r. i tą tendencję zdają się potwierdzać dane za pierwsze półrocze roku 2011. Niepokoić tylko może ponowny wzrost liczby zabitych w tym ostatnim okresie.

Tab.1: Wskaźnik motoryzacji w Białymstoku w latach 2001-2010 [13]

Rok	Liczba zarejestrowanych samochodów osobowych, (stan na 31.12)	Wskaźnik motoryzacji (liczba s.osobowych./1000 mieszkańców)	Wskaźnik motoryzacji (liczba pojazdów/1000 mieszkańców)
2010	96169 - 124200	325	420
2005	70186 - 92725	240	385
2001	57477 - 63230	200	221



1. Liczba zdarzeń drogowych, wypadków i poszkodowanych w okresie 01.01.2007-30.06.2011

Z uwagi na dużą liczbę skrzyżowań, na których zarejestrowano zdarzenia drogowe do szczegółowych analiz związanych z oceną brd w zależności od charakterystyki skrzyżowania wytypowano te ze skrzyżowań, na których doszło do największej liczby zdarzeń w latach 2007-2010. Jako wartość minimalną przyjęto 20 zdarzeń dla skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej oraz 30 zdarzeń dla pozostałych skrzyżowań. Wstępna selekcja umożliwiła wytypowanie 38 skrzyżowań: pięć skrzyżowań z wyspą centralną sterowanych sygnalizacją świetlną, dwa skrzyżowania typu rondo (małe semidwupasowe i średnie dwupasowe), siedem skrzyżowań bez sygnalizacji świetlnej oraz dwadzieścia cztery skrzyżowania z sygnalizacją świetlną. Z analiz wyłączono te skrzyżowania, które pomimo wystarczającej liczby zdarzeń, zostały w omawianym okresie przebudowane. Charakterystyka skrzyżowań została zdefiniowana typem skrzyżowania, liczbą wlotów, przekrojem poprzecznym krzyżujących się dróg oraz sposobem sterowania ruchem (skrzyżowania bez sygnalizacji, z sygnalizacją, rodzaj sygnalizacji). Szczegółową charak-

terystrykę zdarzeń drogowych w zależności od rozpatrywanych parametrów przedstawiono w tabelach 2-4 i na rys. 2.

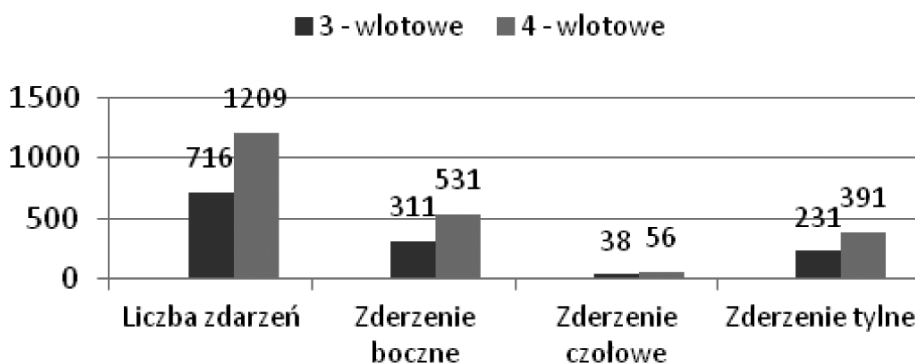
Analizując dane przedstawione w tabeli 2, obrazujące zdarzenia pojazd-pojazd, zwraca uwagę relatywnie duża liczba zdarzeń drogowych do których dochodzi na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym, przy niedużej liczbie tych skrzyżowań.

W analizowanym okresie na skrzyżowaniach z wyspą centralną zarejestrowano 378 zdarzeń drogowych, co stanowi ponad 19% wszystkich zdarzeń drogowych mających miejsce na rozpatrywanych skrzyżowaniach. Odnotowano 15 wypadków, w tym jeden śmiertelny. W ich wyniku poszkodowanych zostało 21 osób. Na skrzyżowaniach typu rondo zarejestrowano 177 zdarzeń drogowych (9% w stosunku do wszystkich zarejestrowanych na analizowanych skrzyżowaniach), ale tylko 2 wypadki, w wyniku których ranne zostały 2 osoby. W okresie rozpatrywanych 48 miesięcy na skrzyżowaniach bez sygnalizacji świetlnej zarejestrowano 250 zdarzeń drogowych, co stanowi prawie 13% wszystkich zdarzeń oraz odnotowano 21 wypadków drogo-

wych, w wyniku których rannych zostało 25 osób. Największą liczbę zdarzeń drogowych (ponad 59%) zanotowano na skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. Na 1177 zdarzeń zanotowano 48 wypadków drogowych, wyniku których życie straciły 2 osoby, a kolejnych 56 zostało rannych. Niezależnie od typu skrzyżowania dominującym rodzajem zdarzeń były zderzenia boczne i tylne pojazdów stanowiące łącznie od 80% na skrzyżowaniach bez i z sygnalizacją świetlną do 92% na skrzyżowaniach z wyspą centralną wszystkich zdarzeń. Analiza rodzaju zdarzeń na skrzyżowaniach z uwagi na liczbę wlotów (rys. 2) również wskazuje, że dominującymi są zderzenia boczne i tylne, które łącznie stanowiły ponad 75%.

Z uwagi na częstotliwość zdarzeń drogowych, do których dochodziło na analizowanych skrzyżowaniach w ciągu roku najmniej bezpiecznymi skrzyżowaniami okazują się być ronda i skrzyżowania z wyspą centralną, na których średnio dochodziło do odpowiednio 23 i 19 zdarzeń w ciągu roku. Najmniejszą częstotliwość zdarzeń zarejestrowano na skrzyżowaniach bez sygnalizacji – średnio było to 9 zdarzeń w ciągu roku na jednym skrzyżowaniu. Z uwagi na skutki i ciężkość wypadków, ronda, mimo dużej całkowitej liczby zdarzeń, były zarazem rozwiązaniami najbezpieczniejszymi, ponieważ wypadki stanowiły tylko 1,1% wszystkich zdarzeń. W przypadku skrzyżowań sterowanych sygnalizacją świetlną liczba wypadków stanowiła 8,4% wszystkich zdarzeń.

Ulice o przekroju dwujezdniowym stanowią główne ciągi komunikacyjne Białegostoku. Oprócz tego, że są znacznie bardziej obciążone ruchem drogowym, to ich parametry geometryczne umożliwiają kierowcom poruszanie się z wyższymi prędkościami,



2. Liczba i rodzaj zdarzeń drogowych w zależności od liczby wlotów na skrzyżowaniu

Tab.2: Charakterystyka zdarzeń drogowych i poszkodowanych w zależności od typu skrzyżowania

Typ skrzyżowania	Rodzaj zdarzenia				Łączna liczba zdarzeń	Średnia liczba zdarzeń na rok na skrzyżowanie	Poszkodowani		Średnia liczba poszkodowanych na rok na skrzyżowanie
	zderzenia boczne	zderzenia czołowe	zderzenia tylne	inne			zabici	ranni	
z wyspą centralną	192	15	150	21	378	18,9	1	20	1,05
rondo	126	1	38	12	177	22,1	0	2	0,25
bez sygnalizacji świetlnej	112	9	90	39	250	8,9	0	25	0,89
z sygnalizacją świetlną	545	91	406	135	1177	12,3	2	56	0,60

Tab.3: Liczba zdarzeń drogowych w zależności od przekroju poprzecznego krzyżujących się dróg

Rodzaj krzyżujących się dróg	Liczba zdarzeń	Rodzaj zdarzenia			Liczba wypadków	% wypadków w całkowitej liczbie zdarzeń
		zderzenia boczne	zderzenia czołowe	zderzenia tylne		
Drogi 2-jezdniowe	481	189	17	133	19	3,9
Drogi 1-jezdniowe	418	219	27	136	12	2,9
Droga 1-jezdniowa z drogą 2-jezdniową	1073	579	53	410	55	5,1

Tab.4: Liczba zdarzeń drogowych w zależności od sposobu zarządzania ruchem na skrzyżowaniu [14]

Sposób sterowania ruchem	Rodzaj skrzyżowania	Liczba zdarzeń drogowych			Liczba poszkodowanych	
		kolizje	wypadki	razem	ranni	zabici
sygnalizacja stałoczasowa	3-włotowe	93	3	96	6	0
	4-włotowe	267	7	274	9	1
sygnalizacja akomodacyjna	3-włotowe	305	14	319	13	1
	4-włotowe	528	25	553	33	1
sygnalizacja akomodacyjna+wzbudzana	3-włotowe	-	-	-	-	-
	4-włotowe	117	2	119	3	0
sygnalizacja częściowo akomodacyjna	3-włotowe	81	1	82	1	0
	4-włotowe	-	-	-	-	-
sygnalizacja wzbudzana	3-włotowe	-	-	-	-	-
	4-włotowe	41	10	51	11	0
brak sygnalizacji świetlnej	3-włotowe	198	13	211	16	0
	4-włotowe	210	10	220	11	0

mi w stosunku do ulic o przekroju jednojezdniowym (badania własne autora, niepublikowane). Z uwagi na fakt, że wpływ wzrostu natężenia ruchu na liczbę wypadków został wykazany i opisany w [5], tutaj został pominięty. Koncentrując się na skutkach zdarzeń w zależności od przekroju krzyżujących się ulic można stwierdzić, że ciężkość wypadków na skrzyżowaniach ulic jednojezdniowych jest wyraźnie niższa w porównaniu do pozostałych skrzyżowań (tab. 3). Taką sytuację można wytłumaczyć tym, że na przecięciu ulic jednojezdniowych często występują skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej, do których dojeżdżając wlotami podporządkowanymi kierowcy zachowują większą uwagę. Dodatkowo wstępne badania autora, które wymagają rozszerzenia, wskazują również że prędkości pojazdów na wlotach tych skrzyżowań są niższe niż na skrzyżowaniach

dróg dwujezdniowych, co przekłada się na skutki zdarzenia.

Jednym z podstawowych celów projektowania sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach jest poprawa bezpieczeństwa ruchu użytkowników. W Białymstoku od kilku lat liczba skrzyżowań, na których sterowanie ruchem odbywa się za pomocą sygnalizacji systematycznie wzrasta, jednak liczba zdarzeń drogowych notowanych na takich skrzyżowaniach jest również wysoka (tab. 4). W związku z tym przeanalizowano czy istnieją statystyczne zależności pomiędzy sposobem sterowania a podstawowymi miernikami bezpieczeństwa (liczba wypadków, kolizji i zdarzeń drogowych, liczba poszkodowanych).

Do oceny statystycznej istotności wpływu sposobu sterowania ruchem na jego bezpieczeństwo zastosowano analizę wariancji

[15]. Z uwagi na małą liczebność wypadków i ofiar śmiertelnych zostały one wyłączone z analizy jako osobne zmienne. W pierwszym etapie analizy dokonano podziału skrzyżowań na skrzyżowania sterowane sygnalizacją świetlną oraz skrzyżowania bez sygnalizacji. Przeprowadzona analiza dowiodła istotnego wpływu obecności sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu na liczbę zdarzeń drogowych i liczbę kolizji na poziomie istotności odpowiednio $p = 0,0055$ i $p = 0,0443$, natomiast nie stwierdzono takiego wpływu na liczbę poszkodowanych ($p = 0,386$). W drugim etapie uszczegółowiono analizę uwzględniając oprócz typu sygnalizacji również typ skrzyżowania. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono istotny wpływ sposobu sterowania ruchem na:

- liczbę kolizji na skrzyżowaniach 4-włotowych na poziomie $p = 0,037$;
- liczbę kolizji na skrzyżowaniach 3-włotowych na poziomie $p = 0,034$;
- liczbę zdarzeń na skrzyżowaniach 4-włotowych na poziomie $p = 0,0376$.

Nie stwierdzono występowania istotnych powiązań pomiędzy sposobem sterowania a liczbą poszkodowanych.

Podsumowanie

Pomimo wzrastającego obciążenia dróg ruchem drogowym w Białymstoku liczba zdarzeń drogowych uległa w ostatnich latach zmniejszeniu, jednak za tą tendencją nie podąża liczba ofiar śmiertelnych.

Dominującym typem zdarzeń drogowych do jakich dochodzi na skrzyżowaniach, niezależnie od typu skrzyżowania, są zderzenia boczne oraz najechania na tył pojazdu.

Typ skrzyżowania wpływa na częstotliwość zdarzeń oraz ich następstwa. Zgodnie z wytycznymi [16] rozwiązaniami korzystnymi i zalecanymi do stosowania z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu są ronda. Przeprowadzone analizy potwierdzają słuszność tych zaleceń. Mimo dużej liczby zdarzeń drogowych, do których dochodzi na rondach tylko 1% stanowią wypadki. Najniebezpieczniejszymi pod tym względem są skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, na których ponad 8% zdarzeń stanowią wypadki drogowy.

Skrzyżowania sytuowane na przecięciu dróg dwujezdniowych i dwujezdniowych z jednojezdniowymi są miejscami o podwyższonym ryzyku zaistnienia wypadku drogowego w porównaniu do skrzyżowań ulic jednojezdniowych.

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała statystycznie istotną zależność pomiędzy sposobem sterowania ruchem drogowym a liczbą kolizji i zdarzeń drogowych. W związku z tym konieczne jest przeprowadzenie dalszych badań i analizy, które pozwolą ustalić zależności pomiędzy geometrią skrzyżowania, warunkami ruchowymi i sposobem sterowania a prędkością będącą podstawowym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo ruchu drogowego. ◀

Materiały źródłowe

- [1] www.krbrd.gov.pl; odsłona 15.01.2013 r.
- [2] www.policja.pl; odsłona 20.02.2013 r.
- [3] Gaca S., Kieć M.: „Wpływ rozwiązań drogowych na bezpieczeństwo ruchu, nowe elementy w projektowaniu – przejścia drogowe przez miejscowości”, Seminarium nt. „Kształtowanie infrastruktury drogowej spełniającej standardy bezpieczeństwa ruchu”, Kraków 2012
- [4] Gumińska L.: „Modele predykcji wypadków na skrzyżowaniach i węzłach”, Seminarium nt. „Kształtowanie infrastruktury drogowej spełniającej standardy bezpieczeństwa ruchu”, Kraków 2012
- [5] Ziółkowski R.: „Analiza wpływu ukształtowania geometrycznego dróg i ich dostępności na bezpieczeństwo ruchu drogowego w województwie podlaskim”, Przegląd komunikacyjny, 2011, Nr 7-8, str. 58-63
- [6] Ekman L.: „Safety improvements on existing roads”, Bezpieczna infrastruktura drogowa: od pomysłu do eksploatacji – Międzynarodowy Kongres Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w ramach programu „Drogi Zaufania”, Wrocław 2012
- [7] La Torre F.: „The influence of road solutions on road safety: New tools to design safer roads”, Bezpieczna infrastruktura drogowa: od pomysłu do eksploatacji – Międzynarodowy Kongres Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w ramach programu „Drogi Zaufania”, Wrocław 2012
- [8] Milton J.: „The safety of road traffic in the USA. Solutions applied, effects obtained and expected”, Bezpieczna infrastruktura drogowa: od pomysłu do eksploatacji – Międzynarodowy Kongres Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w ramach programu „Drogi Zaufania”, Wrocław 2012
- [9] GDDKiA: „Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych cz. I”, Warszawa 2001.
- [10] Tracz M.: „Uwarunkowania bezpieczeństwa ruchu w projektowaniu rond”, Drogownictwo 12/2005.
- [11] Tracz M., Splawińska M., Saktak W.: „Bezpieczeństwo ruchu na rondach dwupasmowych”, Transport Miejski i Regionalny, 2005, Nr 2, str. 18-22.
- [12] Jamroz K., Gumińska L.: „Analiza bezpieczeństwa ruchu na rondach”, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne rok: 2010, Nr 92, z. 151, s. 133-147.
- [13] www.stat.gov.pl
- [14] Kucharuk E.: „Wpływ zarządzania ruchem drogowym na jego bezpieczeństwo”, Praca dyplomowa, Politechnika Białostocka, WBiŚ 2012.
- [15] Luszniwicz A., Słaby T.: „Statystyka. Teoria i zastosowania”, C.H. Beck 2003.
- [16] Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych cz. I i II, GDDKiA, Warszawa 2001.

Call for Papers

Zaproszenie do publikacji: Plany Transportowe

Redakcja „Przeglądu Komunikacyjnego” planuje wydać w roku 2013 numer tematyczny dotyczący zagadnień związanych z opracowywaniem „Planów zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego” zgodnie z zakresem definiowanym w „Ustawie o publicznym transporcie zbiorowym”.

Prosimy o nadsyłanie materiałów dotyczących prowadzonych prac oraz opisów wdrożonych lub planowanych rozwiązań.

UWAGA: nowy termin nadsyłania artykułów: 30.09.2013 r.
O zakwalifikowaniu do druku decyduje także kolejność zgłoszeń.

Artykuły przygotowane zgodnie z wytycznymi Przeglądu Komunikacyjnego należy nadsyłać na adres:
artykuly@przeglad.komunikacyjny.pwr.wroc.pl

Informacje dotyczące sugerowanych obszarów tematycznych publikacji dostępne są na stronie **www.przegladkomunikacyjny.sitk.org** w zakładce „Call for Papers”.