

GONDEK Stanisław<sup>1</sup>

## Analiza zachowania pieszych na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną

*Bezpieczeństwo ruchu, skrzyżowanie, sygnalizacja świetlna, sygnał zielony i czerwony, przejście dla pieszych, przechodzenie na sygnale czerwonym, prędkość pieszych*

### Streszczenie

Zamiejskie skrzyżowania z sygnalizacją świetlną charakteryzują się znacznie mniejszymi potokami pieszych oraz dużymi potokami pojazdów na drodze głównej w porównaniu do skrzyżowań miejskich. W przypadku nie przestrzegania przepisów ruchu drogowego piesi narażeni są na poważne konsekwencje najechania przez pojazd poruszający się z dużą prędkością. W referacie zaprezentowano wyniki pilotażowych badań empirycznych zachowania pieszych na przejściach na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną, tzn. badania przestrzegania sygnałów świetlnych oraz przechodzenia poza wyznaczonymi przejściami dla pieszych. Przedstawiono również wyniki pomiarów prędkości przechodzenia pieszych.

### PEDESTRINS' BEHAVIOR ON RURAL SIGNALIZED INTERSECTIONS

#### Abstract

Rural signalized intersections are characterised by much lower pedestrian flows and much higher vehicle flows on the main road, compared to urban intersections. Pedestrians who don't comply with traffic regulations expose themselves to serious consequences of being hit by a vehicle moving at a high speed. The paper presents results of a pilot empirical research which examined pedestrians' behavior on rural signalized intersections, i.e. traffic signal obedience and crossing the road beyond designated pedestrian intersections. Results of a measurement of the speed of pedestrians crossing the road is demonstrated as well.

#### 1. WPROWADZENIE

Sygnalizacja świetlna zwiększa bezpieczeństwo ruchu drogowego przez segregację w czasie kolidujących ze sobą potoków pojazdów oraz pieszych, co wynika z redukcji liczby punktów kolizji przy włączaniu, wyłączaniu i przecinaniu się strumieni ruchu, w których najczęściej dochodzi do kolizji lub wypadku. Poprzez podawanie użytkownikom drogi odpowiednich sygnałów informujących o prawie lub zakazie przejazdu/przejścia sygnalizacja świetlna steruje przepływem potoków ruchu. Według rozporządzenia [1] (§ 98, ust. 1) sygnały świetlne dla pieszych nadawane przez sygnalizator S-5 oznaczają:

- *sygnał zielony* – zezwolenie na wejście na przejście dla pieszych, przy czym sygnał zielony migający oznacza, że za chwilę zapali się sygnał czerwony i pieszy jest obowiązany jak najszybciej opuścić przejście,
- *sygnał czerwony* – zakaz wejścia na przejście.

Przepisy [2] zobowiązują pieszego do zachowania szczególnej ostrożności przy przechodzeniu przez jezdnię lub torowisko oraz do korzystania z przejścia dla pieszych (§ 13, ust. 1). Pieszy znajdujący się na przejściu ma pierwszeństwo przed pojazdem. Pieszemu zabrania się m.in. (§ 14 w [2]):

- 1) wchodzenia na jezdnię:
  - a) bezpośrednio przed jadącym pojazdem, w tym również na przejściu dla pieszych,
  - b) spoza pojazdu lub innej przeszkody ograniczającej widoczność drogi;
- 2) przechodzenia przez jezdnię w miejscu o ograniczonej widoczności drogi;
- 3) zwalniania kroku lub zatrzymywania się bez uzasadnionej potrzeby podczas przechodzenia przez jezdnię lub torowisko;
- 4) przebiegania przez jezdnię.

Przepisy (§ 26 w [2]) zobowiązują kierowcę do odpowiednich zachowań w rejonie przejść dla pieszych, a w szczególności do następujących zachowań:

1. Kierujący pojazdem, zbliżając się do przejścia dla pieszych, jest obowiązany zachować szczególną ostrożność i ustąpić pierwszeństwa pieszememu znajdującemu się na przejściu.
2. Kierujący pojazdem, który skręca w drogę poprzeczną, jest obowiązany ustąpić pierwszeństwa pieszememu przechodzącemu na skrzyżowaniu przez jezdnię drogi, na którą wjeżdża.
3. Kierującemu pojazdem zabrania się:
  - 1) wyprzedzania pojazdu na przejściu dla pieszych i bezpośrednio przed nim, z wyjątkiem przejścia, na którym ruch jest kierowany;

<sup>1</sup> Politechnika Krakowska, Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Tel.: + 48 12 628-25-39, Fax: + 48 12 628-23-28, E-mail: sgondek@pk.edu.pl

- 2) omijania pojazdu, który jechał w tym samym kierunku, lecz zatrzymał się w celu ustąpienia pierwszeństwa pieszemu;
- 3) jazdy wzdłuż po chodniku lub przejściu dla pieszych.

Gdyby przepisy były stosowane zarówno przez kierowców jak i pieszych nie dochodziłoby do wypadków, kończących się zwykle obrażeniami pieszego a nawet jego śmiercią. Problem bezpieczeństwa pieszych został przedstawiony w p. 2.

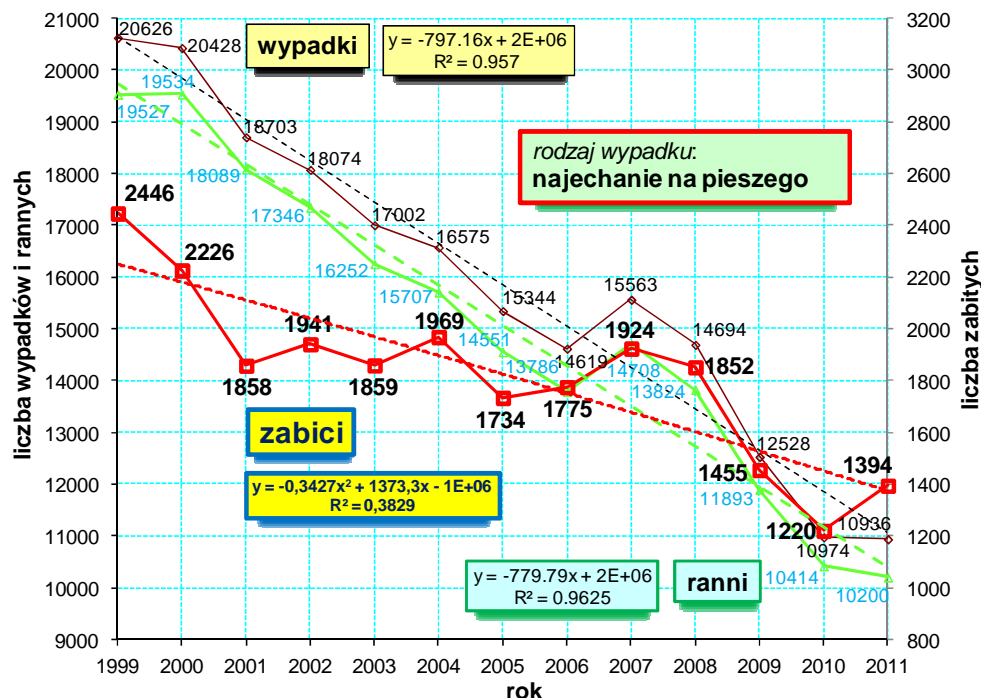
Kilka lat temu skrzyżowania z sygnalizacją świetlną stanowiły przede wszystkim charakterystyczny element miejskiej sieci ulicznej. Potrzeba zapewnienia przepustowości przy stałym wzroście ruchu drogowego oraz braku możliwości rozbudowy i przekształceń sieci drogowo-ulicznej stosunkowo wcześnie wymusiły instalowanie sygnalizacji świetlnej. Rozwiązanie to nie było natomiast długo stosowane na drogach poza obszarami zabudowanymi. Nadanie priorytetu bezpieczeństwu ruchu, nawet kosztem przepustowości, sprawiło, że zaczęła się ona pojawiać również na zamiejskich odcinkach dróg krajowych, a czasem i wojewódzkich, wraz z przebudową odcinków dróg i powstawaniem nowych elementów sieci (głównie obejmując miejscowości).

Występowanie skrzyżowań w różnych lokalizacjach powinno cechować się swoją specyfiką, która nie jest jeszcze do końca rozpoznana. Ze względu na różne uwarunkowania, np. w zakresie dostępności terenowej, natężeń ruchu, celu wprowadzenia sterowania ruchem na skrzyżowaniu czy innych czynników specyfikujących, mogą występować istotne różnice w zakresie geometrii i organizacji ruchu na skrzyżowaniach miejskich i zamiejskich. Pochodną tego może być specyficzne funkcjonowanie skrzyżowania, także w zakresie zachowań kierujących i pieszych na skrzyżowaniu, w zależności od jego lokalizacji.

W ramach grantu badawczego [3] prowadzone są prace związane z identyfikacją specyficznych cech funkcjonowania skrzyżowań z sygnalizacją świetlną poza terenem zabudowy z ruchem o dużych prędkościach, określeniem wzajemnych zależności cech geometrii skrzyżowania, organizacji ruchu oraz sterowania ruchem dla potrzeb optymalizacji rozwiązania. Prowadzone jest również poszukiwanie specyficznych cech sterowania ruchem związanych z bezpieczeństwem i sprawnością ruchu dla wypracowania zasad tworzenia algorytmu sterowania ruchem. Jednym z elementów jest badanie zachowania się pieszych na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz ich wpływ na strategię sterowania sygnalizacją co zostanie zaprezentowane w dalszej części referatu.

## 2. STAN BEZPIECZEŃSTWA PIESZYCH W POLSCE

Roczne statystyki wypadków prezentowane na [4] wskazują na znaczny udział pieszych zarówno w wypadkach jak i ich skutkach: liczbie rannych i zabitych. W roku 2011 oprócz zderzeń pojazdów w ruchu, które stanowiły prawie połowę wypadków (49.2%) najwięcej zdarzeń stanowiło najechanie na pieszego – 10926 wypadków (27.3%), w wyniku których zginęły 1394 osoby (33.3%) a 10200 było rannych (20.6%). Na rys. 1 przedstawiono zmienność liczby wypadków, zabitych i rannych dla rodzaju wypadku: najechanie na pieszego od roku 1999 do roku 2011.

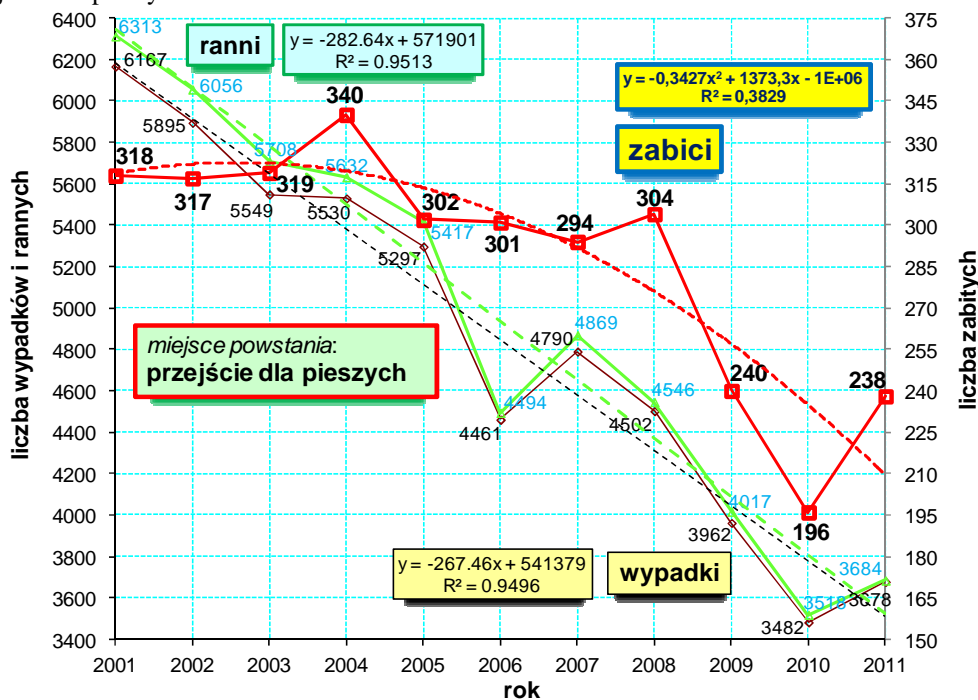


Rys. 1. Liczby wypadków, zabitych i rannych dla rodzaju wypadku: najechanie na pieszego dla lat 1999 ÷ 2011

Jak wynika z wykresu obserwuje się znaczną redukcję tego rodzaju wypadków ale liczba ofiar śmiertelnych musi dalej niepokoić. Biorąc pod uwagę fakt, że bezpieczeństwo na drogach systematycznie się poprawia tendencja spadkowa liczby ofiar śmiertelnych wynikająca z najechania na pieszego nie jest już tak wyraźna – redukcja liczby zabitych o blisko połowę pomiędzy latami 1999 i 2010 odpowiada zmniejszeniu jedynie o 5.4% ich udziału we wszystkich ofiarach wypadków (z 36.6% do 31.2%).

Przejścia dla pieszych są miejscami przeznaczonymi dla przekraczania dróg i ulic przez pieszych, na których, przy

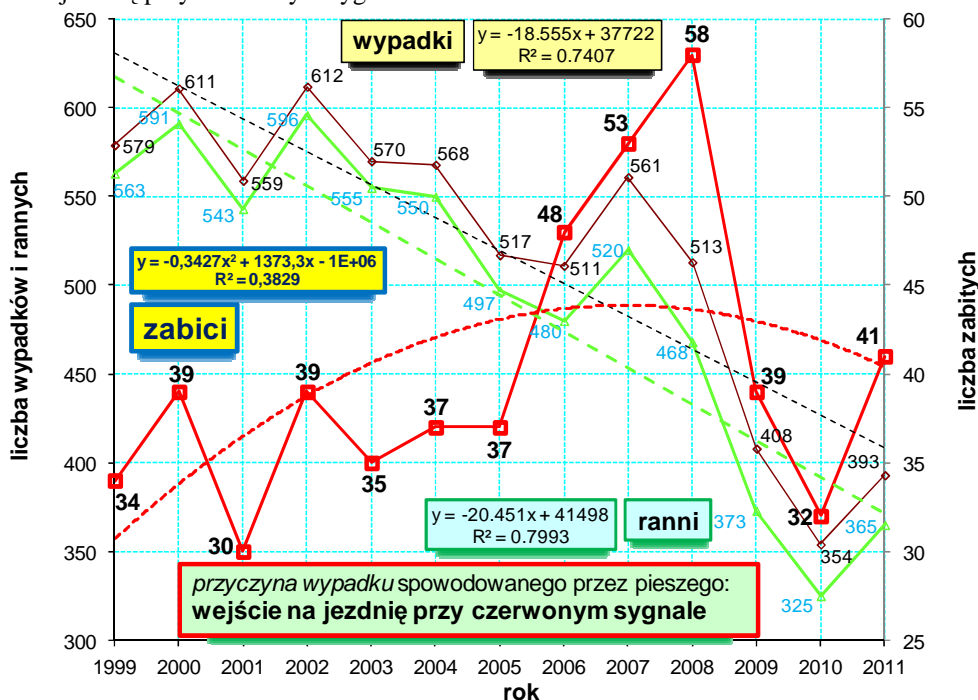
zachowaniu odpowiedniej ostrożności przez kierowców i pieszych, nie powinno dochodzić do wypadków. Analizując miejsce powstawania wypadków w roku 2011 na przejściu dla pieszych wydarzyło się 3678 wypadków (9.2%), w wyniku których zginęło 238 osób (5.7%) a 3684 zostało rannych (7.4%). W tej klasyfikacji jezdnia zdecydowanie dominuje nad innymi lokalizacjami zdarzeń – 31960 wypadków (79.8%), w wyniku których zginęło 3439 osób (82.1%) a 40334 zostało rannych (81.5%). Na rys. 2 przedstawiono zmienność liczby wypadków, zabitych i rannych dla miejsca powstania zdarzenia: przejście dla pieszych od roku 2001 do roku 2011.



Rys. 2. Liczby wypadków, zabitych i rannych dla miejsca powstania zdarzenia: przejście dla pieszych dla lat 2001 ÷ 2011

Zaprezentowane wyniki świadczą, że przejście dla pieszych nie jest bezpieczne dla pieszych i co roku notuje się na nich około 5.5% wszystkich ofiar śmiertelnych. Można też zaobserwować dużą zgodność liczby wypadków i rannych.

Na przejściach dla pieszych z sygnalizacją świetlną zdarzają się wejścia w czasie nadawania sygnału czerwonego dla pieszych co może skończyć się wypadkiem – w roku 2011 zarejestrowano 393 wypadki (9.0% wypadków spowodowanych przez pieszych), w wyniku których zginęło 41 osób (5.4%) a 365 osób zostało rannych (9.6%). Na rys. 3 przedstawiono zmienność liczby wypadków, zabitych i rannych z uwagi na przyczynę wypadku spowodowanych przez pieszych: wejście na jezdnię przy czerwonym sygnale od roku 1999 do roku 2011.



Rys. 3. Liczby wypadków, zabitych i rannych z uwagi na przyczynę wypadku spowodowanych przez pieszych: wejście na jezdnię przy czerwonym sygnale dla lat 1999 ÷ 2011

Liczba ofiar śmiertelnych wśród pieszych wchodzących na przejście na sygnale czerwonym miała tendencję wzrostową do roku 2008 lecz w ciągu ostatnich 2 lat wróciła do poziomu sprzed 10 lat. Nie jest to sytuacja satysfakcjonująca inżynierów drogownictwa. Powinno się dążyć do całkowitego wyeliminowania ofiar śmiertelnych na przejściach dla pieszych, a w szczególności wyposażonych w sygnalizację świetlną.

### 3. BADANIA EMPIRYCZNE ZACHOWANIA PIESZYCH NA ZAMIEJSKICH SKRZYŻOWANIACH Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA

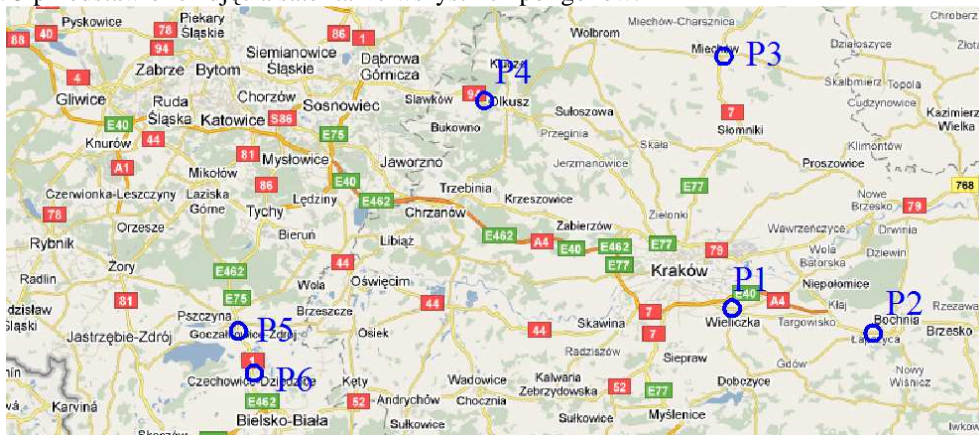
Celem badań empirycznych była identyfikacja zachowań pieszych korzystających z przejść dla pieszych zlokalizowanych na wlotach drogi głównej zamiejskich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną o podwyższonej prędkości dopuszczalnej a w szczególności korzystania z tych przejść oraz respektowania nadawanych sygnałów. Dodatkowo badaniem objęto prędkość przechodzenia pieszych w celu sprawdzenia, czy prędkości zalecane przez przepisy i przyjmowane przy projektowaniu skrzyżowań są poprawne [5].

#### 3.1. Charakterystyka poligonów badawczych

Z uwagi na cel badań poszukując poligonów badawczych brano pod uwagę następujące kryteria:

- skrzyżowania wyposażone w sygnalizację świetlną i zlokalizowane poza obszarem miejskim (poza zasięgiem „białych tablic”),
- dopuszczalna prędkość na wlotach  $\geq 70$  km/h,
- zróżnicowanie skrzyżowań pod względem przekroju poprzecznego: drogi jednojezdniowe (1x2) i dwujezdniowe (2x2),
- możliwość ustawienia sprzętu pomiarowego (kamer wideo na wysięgnikach) obejmującego odpowiedni odcinek wlotu z przejściem dla pieszych i sygnały dla pieszych nadawane na sygnalizatorze.

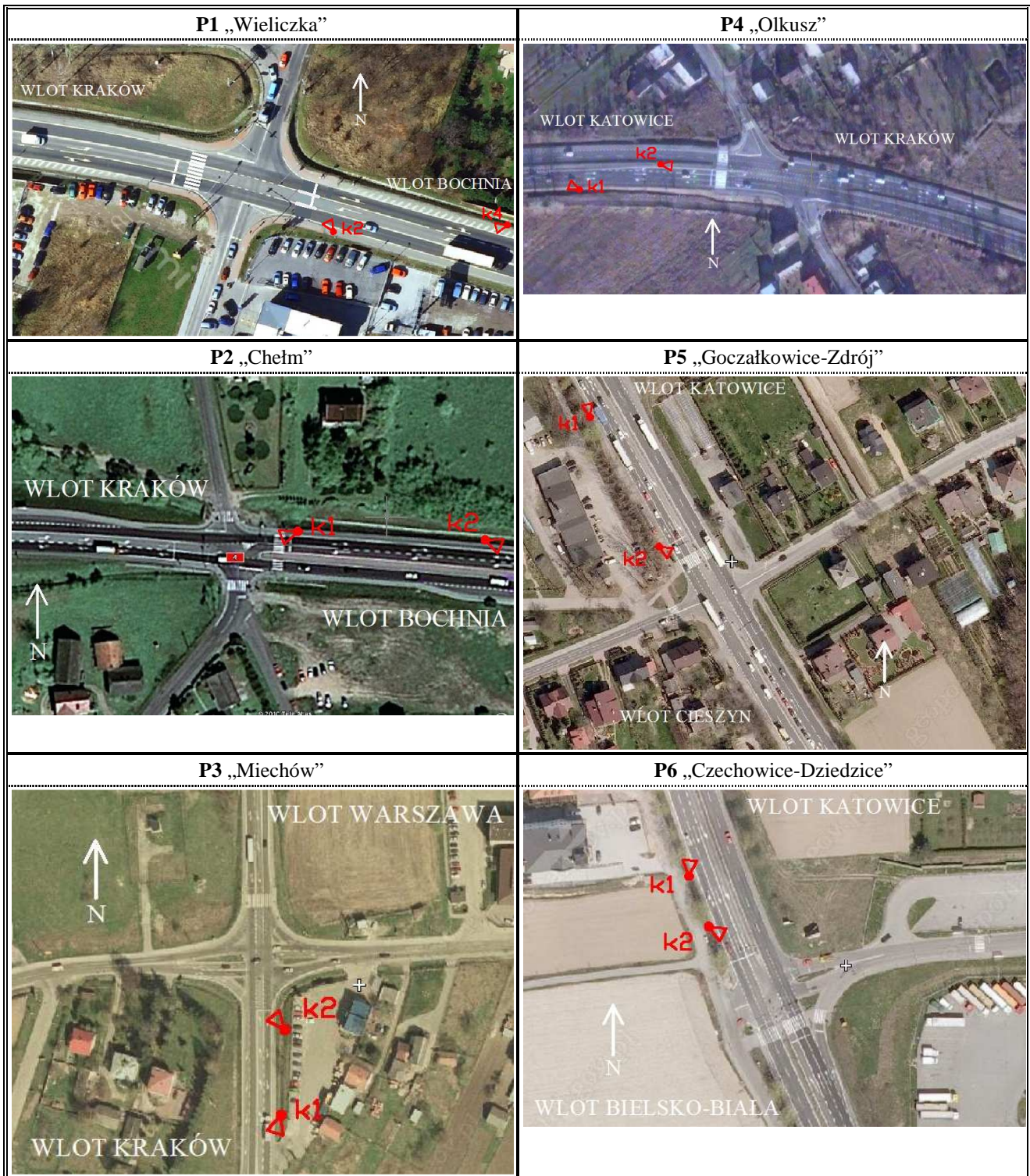
Kierując się powyższymi kryteriami wytypowano 6 skrzyżowań z sygnalizacją świetlną zlokalizowanych w województwach: małopolskim i śląskim (rys. 4) a ich charakterystykę przedstawiono w tabl. 1 – podano typ przekroju (1x2 lub 2x2) i prędkość dopuszczalną na wlocie  $V_{dop}$  [km/h] oraz parametry dla przejścia dla pieszych przez drogę główną. Na rys. 5 przedstawiono zdjęcia satelitarne wszystkich poligonów.



Rys. 4. Lokalizacja poligonów badawczych na mapie (P1 – poligon „Wieliczka”, P2 – poligon „Chełm”, P3 – poligon „Miechów”, P4 – poligon „Olkusz”, P5 – poligon „Goczałkowice-Zdrój”, P6 – poligon „Czechowice-Dziedzice”)

Tab. 1. Zestawienie poligonów badawczych i ich charakterystyka

Poligon	Lokalizacja	Przekrój	$V_{dop}$ [km/h]	Długość przejścia dla pieszych [m]	Obecność wyspy azylu	Długość sygnału zielonego [s]
P1 „Wieliczka”	Skrzyżowanie DK4 z drogą na Czarnochowice (woj. małopolskie)	1 x 2	70	10,5	nie	9
P2 „Chełm”	Skrzyżowanie DK4 z drogą na Chełm (woj. małopolskie)	1 x 2	70	14,0	tak	10
P3 „Miechów”	Skrzyżowanie DK7 z ulicą Raclawicką (woj. małopolskie)	1 x 2	70	10,5	nie	9
P4 „Olkusz”	Skrzyżowanie DK94 z drogą na Kolonie (woj. małopolskie)	2 x 2	70	21,0	tak	15
P5 „Goczałkowice-Zdrój”	Skrzyżowanie DK1 z drogą na Rudołtowice (woj. śląskie)	2 x 2	70	21,0	tak	15
P6 „Czechowice-Dziedzice”	Skrzyżowanie DK1 z ulicami: Starowiejską i Mazańcowicką (woj. śląskie)	2 x 2	80	21,0	tak	15



Rys. 5. Zdjęcia satelitarne poligonów badawczych

### 3.2. Technika pomiarów i metoda analizy

Pomiary zostały wykonane przy użyciu techniki wideo. Z uwagi na wykonywanie pomiarów dla potrzeb grantu badawczego [3] i prac dyplomowych (m.in. [5]) przejazd pojazdów i zachowanie pieszych było rejestrowanych przez 6 kamer obejmujących oba wloty drogi głównej oraz tarczę skrzyżowania. Do pomiarów wykorzystano kamery firmy Fortec mocowane na statywach (o wysokości do 4 m), dzięki czemu możliwa była regulacja zakresem widoczności. Każda z kamer była zasilana osobnym akumulatorem, co dawało możliwość wykonywania wielogodzinnych pomiarów.

Po przeprowadzeniu testowania aparatury pomiarowej oraz wstępnej rejestracji filmów w zdecydowano się na nagrywanie sekwencji piętnastominutowych ponieważ ten interwał gwarantował najmniejsze ryzyko ewentualnych strat nagrań wywołanych czynnikami zewnętrznymi, takimi jak przerwanie łączności pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem, rozładowaniem akumulatora czy przerwaniem kabla. Filmy były zapisywane na rejestratorze podłączonym do monitora. Na ekranie monitora możliwy był podgląd bieżących nagrań co zapewniało kontrolowanie poprawności działania kamer.

Filmy zapisane na rejestratorze były kopiowane na zewnętrzny nośnik pamięci a następnie przegrywane na komputer. Po ich przekonwertowaniu na pliki o rozszerzeniu avi można było je odtwarzać w programie GRAMPlayer i rejestrować czas wyróżnionych zdarzeń z dokładnością do 0.04 s. W celu wykonania zaplanowanych analiz należało rejestrować: miejsce przekraczania jezdni drogi głównej (po przejściu dla pieszych lub poza nim), stosowanie się do sygnałów świetlnych (wejście na przejście w czasie sygnału zielonego lub czerwonego) oraz czas wejścia i zejścia z jezdni poszczególnych pieszych w celu obliczenia prędkości pieszych.

#### 4. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW EMPIRYCZNYCH

##### 4.1. Podział pieszych ze względu na zachowania

Piesi powinni przechodzić tylko po przejściu dla pieszych z sygnalizacją świetlną w trakcie nadawania sygnału zielonego chociaż w praktyce spotyka się przypadki przechodzenia w trakcie nadawania sygnału czerwonego lub poza przejściem dla pieszych. Dla pieszych wyróżniono następujące grupy ze względu na naruszenie przepisów ruchu drogowego:

**grupa A** – pieszy przekraczał jezdnię w wyznaczonym do tego miejscu (przejście dla pieszych) oraz w trakcie nadawania sygnału zielonego – pieszy **nie naruszył** przepisów ruchu drogowego,

**grupa B** – pieszy przekraczał jezdnię w wyznaczonym do tego miejscu (przejście dla pieszych) ale uczynił to podczas nadawania sygnału czerwonego – pieszy **naruszył** przepisy drogowego bo nie dostosował się do sygnalizacji świetlnej,

**grupa C** – pieszy przekraczał jezdnię poza obszarem do tego przeznaczonym (nie korzystał z przejścia dla pieszych) – pieszy **naruszył** przepisy ruchu drogowego.

Obserwując zachowanie pieszych na analizowanych poligonach, każdy pieszy został zakwalifikowany do jednej z wyżej wyróżnionych grup. Piesi przekraczający jezdnię poza przejściem dla pieszych byli zidentyfikowani jedynie w przypadku gdy zrobili to w zakresie objętym filmowaniem (do 50 ÷ 100 m od linii zatrzymań w zależności od poligonu).

##### 4.2. Wyniki pomiarów zachowania pieszych

Pomiary były wykonywane w okresie maj ÷ lipiec 2010 r. rejestrując łącznie 214 pieszych przy łącznym czasie nagrań wynoszącym 43 godziny 35 minut. Jak było do przewidzenia na skrzyżowaniach, na których przeprowadzono badania, ruch pieszy był znikomy. Jedynie na skrzyżowaniu w Wieliczce (**P1**) i Goczałkowicach-Zdroju (**P5**) natężenie ruchu pieszego było większe i wyniosło około 15 os/h, a na poligonie w Miechowie (**P3**) nie zarejestrowano żadnego pieszego. Daty wykonywania pomiarów, czasy nagrań i liczby zarejestrowanych pieszych dla poszczególnych poligonów oraz wartości zsumowane przedstawiono w tab. 2. Każdego pieszego przyporządkowano do jednej ze zdefiniowanych grup a uzyskane wyniki dla poszczególnych poligonów, poligonów jedno- i dwujezdniowych oraz dla wszystkich poligonów łącznie przedstawiono w tab. 3.

Tab. 2. Zestawienie głównych informacji dotyczących z przeprowadzonych pomiarów

Poligon	Data wykonania pomiarów	Czas nagrań	Liczba zarejestrowanych pieszych
P1	28.05.2010	5h 30min	90
P2	11.06.2010	5h 35min	22
P3	08.07.2010	5h 50min	—
P4	16.06.2010	4h 15min	14
P5	22.07.2010	5h 00min	77
P6	19.07.2010	4h 05min	11
<b>Razem</b>		<b>43h 35min</b>	<b>214</b>

Tab. 3. Udziały pieszych przyporządkowanych do wyróżnionych grup

Poligon	grupa A [%]	grupa B [%]	grupa C [%]
P1	68.9	17.8	13.3
P2	90.9	0.0	9.1
P4	71.4	14.3	14.3
P5	97.4	2.6	0.0
P6	100.0	0.0	0.0
<b>P1÷P2</b>	<b>73.2</b>	<b>14.3</b>	<b>12.5</b>
<b>P4÷P6</b>	<b>94.1</b>	<b>3.9</b>	<b>2.0</b>
<b>Razem</b>	<b>83.2</b>	<b>9.3</b>	<b>7.5</b>

Ogólnie **16,8 % pieszych** złamało przepisy ruchu drogowego, **9,3 %** przechodząc przez jezdnię podczas nadawania sygnału czerwonego a **7,5 %** przekraczając jezdnię w miejscu innym niż przejście dla pieszych. Zauważono, że częściej piesi przekraczają jezdnię w niedozwolonym miejscu na skrzyżowaniach mniej rozbudowanych oraz takich, na których występuje mniejsze natężenie ruchu.

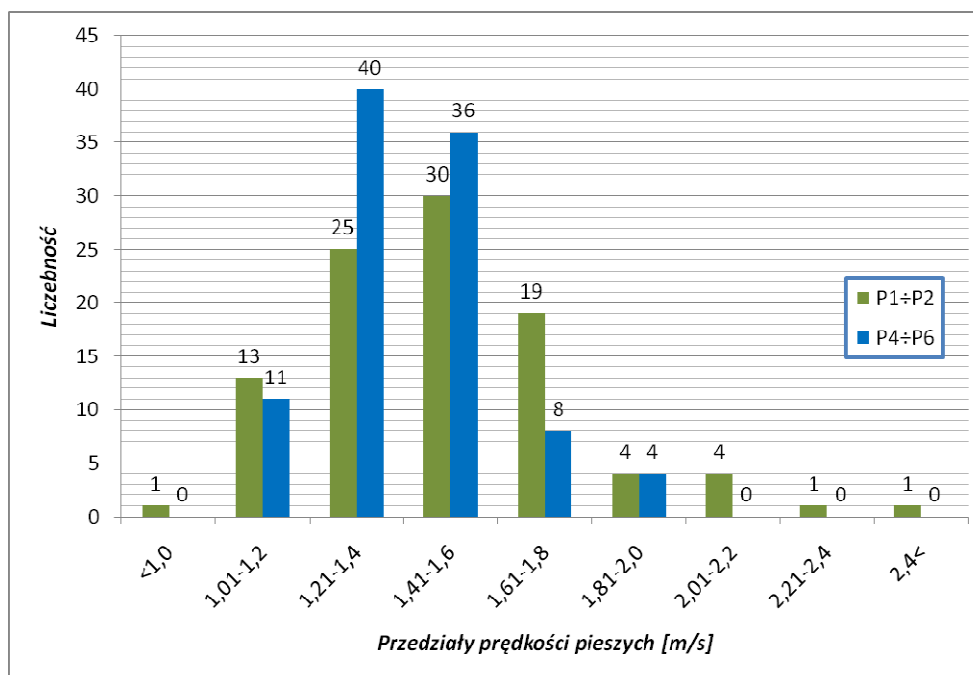
### 4.3. Wyniki pomiarów prędkości pieszych

W celu uzyskania prędkości przechodzenia mierzono czas przechodzenia każdego pieszego korzystającego z przejścia dla pieszych. W tab. 4 przedstawiono parametry pomierzonych czasów przejścia dla poszczególnych poligonów (wartości minimalne, maksymalne i średnie) oraz długość nadawania sygnału zielonego według programu sygnalizacji. Wynika z nich, że średnie czasy przejścia pieszych przez jezdnię były mniejsze od długości sygnałów zielonych ciągłych. Należy dodać, że na skrzyżowaniu w Goczałkowicach-Zdrój (P5) ponad 70% pieszych przekraczało jezdnię z rowerem (w Goczałkowicach duża liczba mieszkańców używa tego środka transportu) i był to czynnik spowalniający pieszego podczas przekraczania jezdni. Na wszystkich skrzyżowaniach nawet najwolniejsi piesi zdążyli przejść przez jezdnię przed zakończeniem sygnału zielonego migającego.

Tab. 4. Zestawienie czasów przejścia pieszych przez jezdnię

Skrzyżowanie	Długość sygnału zielonego (ciągły + migający)	Największy czas przejścia	Najmniejszy czas przejścia	Średni czas przejścia
P1 „Wieliczka”	13.0 s	11.3 s	4.3 s	7.2 s
P2 „Chełm”	14.0 s	12.1 s	6.2 s	8.4 s
P4 „Olkusz”	19.0 s	18.2 s	13.1 s	14.4 s
P5 „Goczałkowice-Zdrój”	19.0 s	17.9 s	9.8 s	14.8 s
P6 „Czechowice-Dziedzice”	19.0 s	16.2 s	11.8 s	13.9 s

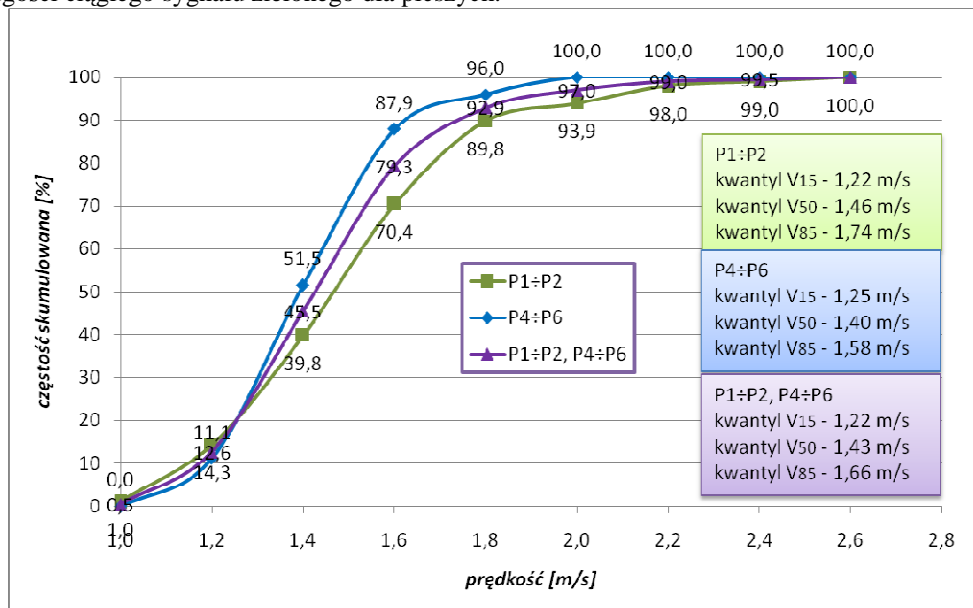
Znając długość przejścia obliczono prędkość przechodzenia pieszego. Wyniki w formie graficznej, z rozbiem na poligony jedno- i dwujezdniowe, przedstawiono na rys. 6 (histogramy rozkładu prędkości pieszych) i rys. 7 (dystrybuanty prędkości pieszych).



Rys. 6. Histogramy rozkładu prędkości pieszych dla poligonów jedno- i dwujezdniowych

Średnia prędkość jaką uzyskali piesi wyniosła 1.45 m/s, przy czym najszybszy pieszy osiągnął prędkość 2.43 m/s, a najwolniejszy 0.93 m/s. Warty podkreślenia jest fakt, że aż 45% pieszych osiągnęło prędkość mniejszą od prędkości projektowej wynoszącej 1.4 m/s. Można założyć, że buforem bezpieczeństwa dla pieszych jest migający sygnał zielony, którego długość wynosi 4 s. Należy jednak wziąć pod uwagę czas opóźnienia pomiędzy początkiem sygnału zielonego stałego a czasem ruszenia pieszych, który jest rzędu 2 ÷ 3 s a więc z 4 s zostaje niecałe 2 s dodatkowego czasu na przejście przejścia. Oznacza to, że wolniej idący piesi mogą być narażeni na najechanie przez pojazdy wjeżdżające na skrzyżowanie na początku następnej fazy ruchu. Dla zminimalizowania tego zagrożenia powinno się stosować niższą wartość prędkości projektowej zbliżoną do 15% kwantyla prędkości, który dla przeprowadzonych badań jest równy 1.22 m/s. Uzyskana

wartość pokrywa się z wynikami innych autorów, którzy najczęściej proponują wartość 1.2 m/s przy obliczaniu minimalnej długości ciągłego sygnału zielonego dla pieszych.



Rys. 7. Dystrybuanty prędkości pieszych dla poligonów jedno- i dwujezdniowych oraz dla wszystkich poligonów łącznie

## 5. WNIOSKI KOŃCOWE

Przeprowadzone analizy zachowania pieszych na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną oraz przegląd dostępnej literatury pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- na przejściach dla pieszych, które powinny zagwarantować bezpieczne przekraczanie dróg notuje się ponad 9 % ogółu wypadków i ponad 5 % wszystkich ofiar śmiertelnych – około 250 osób rocznie traci życie przez nieodpowiednie zachowanie zarówno kierowców jak i pieszych,
- piesi wchodząc na przejście dla pieszych z sygnalizacją świetlną w trakcie nadawania sygnału czerwonego powodują około 9 % wypadków zawinionych przez pieszych co dla około 40 osób kończy się tragicznie – procentowy udział tych zdarzeń ma tendencję wzrostową co wynika z coraz większej liczby takich przejść,
- na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną przejście dla pieszych zlokalizowane jest jedynie na jednym z wlotów drogi głównej a cechą charakterystyczną jest niewielka liczba pieszych korzystających z przejścia oraz duże potoki pojazdów na drodze głównej poruszające się z dużą prędkością – w przypadku wjazdu pojazdu w czasie nadawania sygnału czerwonego (np. wynikającego ze „strefy dylematu”) oraz nieostrożnego wejścia pieszego na początku sygnału zielonego (bez sprawdzenia czy nie ma pojazdu opuszczającego skrzyżowanie) może dojść do tragicznego w skutkach dla pieszego wypadku,
- przeprowadzone pilotażowe pomiary zachowania pieszych pokazują, że **16,8 % pieszych nie przestrzegało przepisów ruchu drogowego**, w tym **9,3 %** przechodząc przez jezdnię podczas nadawania sygnału czerwonego a **7,5 %** przekraczając jezdnię poza przejściem dla pieszych – uzyskana liczebność 214 osób przy ponad 45.5 h nagrań nie pozwala na uogólnianie wniosków,
- w czasie pomiarów zaobserwowano, że częściej piesi przekraczają jezdnię w niedozwolonym miejscu na skrzyżowaniach mniej rozbudowanych oraz takich, na których występuje mniejsze natężenie ruchu pojazdów,
- wykonane badania prędkości przechodzenia pokazały, że **45 % pieszych** osiągnęło prędkość mniejszą od prędkości projektowej wynoszącej 1,4 m/s co potwierdza wyniki innych badań krajowych i zagranicznych wskazujących, że prędkość pieszego uwzględniana przy projektowaniu sygnalizacji powinna być na poziomie **1.2 m/s**,
- powinno się dążyć do wyeliminowania przypadków wjeżdżania/wchodzenia użytkowników na sygnale czerwonym poprzez edukację, odpowiednią strategię sterowania i nadzór co poprawi bezpieczeństwo na przejściach.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych. Dz. U. Nr 170, poz. 1393, Warszawa, 12.10.2002 r.
- [2] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym. Dz. U. Nr 108 z 2005 r., poz. 908, Warszawa, 02.06.2005 r.
- [3] Chodur J., Gondek S., Ostrowski K., Bąk R.: *Problemy eksploatacyjne skrzyżowań z sygnalizacją świetlną na zamiejskich drogach z dużymi prędkościami*. Grant Badawczy 2540/B/T02/2009/37, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska, okres realizacji: 10.2009 ÷ 04.2012
- [4] www.policja.pl
- [5] Romanowicz U.: *Badanie zachowań kierowców i pieszych na zamiejskich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną*. Politechnika Krakowska, Kraków 2010 (praca dyplomowa)