

Przegląd metod poprawy bezpieczeństwa ruchu na przejściach dla pieszych w obszarze zabudowanym

Streszczenie. W artykule omówione zostały wybrane metody poprawy bezpieczeństwa na przejściach dla pieszych w terenie zabudowanym. Przedstawiono rozwiązania poprzez organizację ruchu, doświetlanie miejsc niebezpiecznych, poprawę stanu technicznego przejść. Omówiono ideę dynamicznego doświetlenia przejść. Zaproponowano rozwiązania dla wybranego przejścia z uwzględnieniem efektywnego uspokojenia ruchu.

Abstract. The article discusses selected methods of improving safety at the pedestrian crossings in the built-up areas. Solutions were presented by organizing traffic, illuminating dangerous places, improving the technical condition of the crosswalks. The idea of dynamic lighting of pedestrian crossings was discussed. Solutions for the selected crosswalk were proposed taking into account the effective traffic calming. (Review of methods for improving traffic safety at the pedestrian crossings in the built-up areas).

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, przejście dla pieszych, oświetlenie, monitorowanie.

Keywords: safety, crosswalk, lighting, monitoring.

Wstęp

Wśród uczestników ruchu drogowego piesi należą do grupy szczególnie wysokiego ryzyka jako niechronieni uczestnicy ruchu. Wszelkie działania podejmowane dla poprawy bezpieczeństwa powinny zatem być ukierunkowane na zapewnienie odpowiedniej ochrony zdrowia i życia użytkowników dróg w tym pieszych.

Jak podaje [1] tendencja występowania wypadków drogowych w Polsce w latach 2008-2017 jest spadkowa, jednak liczby nadal pozostają niepokojące, w roku 2008 – 49 054, w 2017 roku – 32 760. Zdecydowana większość wypadków w 2017 roku, bo aż 71% ogółu miała miejsce w obszarze zabudowanym, a 29% poza obszarem zabudowanym. Analiza występowania miejsc wypadków pokazuje, że w czołówce obok jezdni, występują przejścia dla pieszych (w przypadku jezdni 24 198 zdarzeń, przejść dla pieszych 4 322 zdarzenia). W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wypadków, które wydarzyły się w miejscach udostępnionych dla ruchu pieszego.

Tabela 1. Wypadki w miejscach udostępnionych dla ruchu pieszego[1]

Miejsce ruchu pieszych	Wypadki	Zabici	Ranni
Przejście dla pieszych	4 091	259	4 029
Skrzyżowanie	2 296	125	2 261
Chodnik, droga dla pieszych	353	17	351
Pobocze	64	8	59
Przystanek komunikacji publicznej	79	4	83

Brak odpowiedniego oświetlenia dróg powoduje, że najtragiczniejsze skutki widoczne są właśnie nie w ciągu dnia a w porze nocnej (w roku 2017 w ciągu dnia w co piętnastym wypadku zginął człowiek, w porze nocnej – w co czwartym). Należy zatem rozważyć miejsca szczególnie niebezpieczne w tym strefy konfliktowe do jakich należą przejścia dla pieszych. Biorąc pod uwagę miesięce występowania wypadków z winy pieszych najczęściej zdarzeń miało miejsce w listopadzie i grudniu, podobna sytuacja miała miejsce także w poprzednich latach. Przyczyną takiego stanu jest szybko zapadający zmrok i pogarszające się warunki widoczności.

Czynniki wpływające na bezpieczeństwo pieszych są złożone i zostały szerzej omówione w [2]. Jako najważniejsze w procedurze do kontroli bezpieczeństwa na przejściu dla pieszych podano:

- Lokalizację
- Widoczność
- Dostępność przejścia
- Oznakowanie poziome i pionowe
- Oświetlenie
- Ruch uliczny

Doświetlanie miejsc niebezpiecznych i określenie sytuacji oświetleniowej

W prawidłowo zaprojektowanej instalacji oświetlenia ulicznego powinny zostać zapewnione parametry gwarantujące bezpieczeństwo i dobrą widoczność dla pieszych i kierowców. Regulują to Polskie Normy, jednak dla projektantów są to nadal jedynie zalecenia. Wymagania oświetleniowe w zakresie oświetlenia dróg określa norma PN-EN 13201-2:2007 obecnie wycofana i zastąpiona przez PN-EN 13201-2:2016-03 – wersję angielską. W zależności od klasy oświetleniowej drogi czy ulicy przyjmuje się odpowiednie parametry stanu oświetlenia. Wymagania te dotyczą [3], [4]:

- luminancji średniej jezdni, L_{sr} [cd/m^2],
- równomierności luminancji całkowitej, U_0 ,
- równomierności luminancji wzdłużnej, U_L ,
- współczynnika oświetlenia poboczy, SR ,
- wskaźnika przyrostu wartości progowej kontrastu, TI [%],
- natężenie oświetlenia E [lx] poziome, pionowe, półsferyczne, półcylindryczne w zależności od klasy oświetlenia.

Biorąc pod uwagę oświetlenie przejść dla pieszych [3],[5] należy dążyć do wystarczająco wysokiego poziomu luminancji jezdni, z pomocą opraw normalnego oświetlenia drogowego, uzyskując dobry ujemny kontrast pieszych, tzn. piesi widoczni jako ciemna sylwetka na jasnym tle. W innych przypadkach należy zastosować dodatkowe oprawy oświetleniowe, rozmieszczone i ukierunkowane względem powierzchni przejścia w taki sposób, aby osiągnąć dodatni kontrast i nie powodować nadmiernego olśnienia kierowców. Dodatkowo oświetlając strefy przy końcach przejścia i wokół powierzchni przejścia uzyskuje się silny

efekt towarzyszący wzrostowi uwagi kierujących pojazdami [3],[6].

Do obecnie stosowanych rozwiązań oświetleniowych należą rozwiązania standardowe lub dedykowane z uwzględnieniem stref przejściowych lub bez nich. Kryterium rozgraniczającym jest rozsył strumienia świetlnego opraw. W dedykowanych rozwiązaniach stosuje się oprawy oświetleniowe o asymetrycznym rozsyśle strumienia świetlnego, najlepiej lokalizując oprawę przed przejściem dla pieszych zgodnie z kierunkiem ruchu pojazdów. Istnieją dwie optyki – prawa i lewa umożliwiające odpowiednie dopasowanie do projektowanego układu drogowego. Oprawa z niesymetryczną bryłą światłości pozwala na emisję wiązki świetlnej w ściśle określonym kierunku, zapewniając wymagane wartości natężenia oświetlenia na płaszczyźnie pionowej. Dedykowane oprawy oświetleniowe montuje się poniżej linii opraw oświetlenia drogowego, zaburzając w ten sposób odbiór wizualny i prowadzenie wzrokowe kierowcy [7]. Korzystnym zabiegiem jest tworzenie tzw. strefy przejściowej w sąsiedztwie przejścia dla pieszych, zapewniając w obszarze oświetlonym wyższy poziom natężenia oświetlenia, a w obszarze nieoświetlonym zmniejszenie oślnienia zmotoryzowanych uczestników ruchu.

Dla wyróżnienia miejsc przejść dla pieszych dobre efekty uzyskuje się stosując odmienne barwy źródła światła niż zastosowane w danych warunkach oświetlenie przestrzeni drogowej, co przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Kompleksowa poprawa sytuacji na przejściu dla pieszych, doświetlenie przejścia z azylem pomiędzy pasami ruchu [8]



Rys.2. Przykład doświetlonego przejścia dla pieszych zlokalizowanego w pobliżu przystanku autobusowego [8]

Rozwiązania dla istniejących przejść

W trudniejszej sytuacji znajdują się instalacje eksploatowane przez wiele lat, których jest zdecydowanie więcej. Rozmieszczenie istniejących słupów często wymusza montaż dodatkowych masztów dedykowanych wyłącznie oprawom doświetlającym przejście. Powyższe konflikty, w połączeniu z koniecznością pozyskania zasilania z często odległych szaf oraz związane z tym roboty ziemne powodują, że koszty instalacji systemu w istniejącym terenie są wyższe, niż doświetleń zaprojektowanych i budowanych w ramach zadań inwestycyjnych związanych z przebudową odcinków dróg. Niezależnie od tego, jak pokazują przeprowadzone dotychczas badania [6], każde doświetlenie przejść dla pieszych przynosi korzystne efekty zarówno kierowcom jak i pieszym, zapewniając odpowiednie warunki oświetleniowe. Na rysunku 1 i 2 przedstawiono przykłady doświetlonych przejść dla pieszych dodatkowymi oprawami.

Powszechnie jest jednak wciąż jednostronne usytuowanie opraw ulicznych, co przy analizie konkretnego przypadku pozwoliło odkryć alarmujące wnioski. Jak wynika z przedstawionych w [6] danych pomiarowych wartość średniego natężenia oświetlenia jest wystarczająca na płaszczyźnie przejścia do obserwacji przez pieszego, w przeciwieństwie do wartości natężenia oświetlenia w płaszczyźnie pionowej, czyli na sylwetce pieszego. Tym samym zapewnione są dobre warunki oświetleniowe dla pieszego, a dla kierujących pojazdami niestety nie. Przez co pieszy nie jest dobrze widoczny dla zmotoryzowanych uczestników ruchu.

W obszarach zabudowanych, gdzie występuje największa koncentracja ruchu pieszego i kołowego poprawna ocena sytuacji drogowej jest możliwa jedynie przy zapewnieniu dobrej widoczności. Ograniczyć ją mogą roślinność, reklamy, słupy oświetleniowe oraz pojazdy parkujące w pobliżu przejść [2],[9].

Dynamiczne doświetlenie przejść dla pieszych

Pewnego rodzaju nowością na rynku są pojawiające się systemy dynamicznego doświetlania przejść dla pieszych. System taki, oprócz zestawu typowych dla swojej funkcji elementów, takich jak maszty czy oprawy asymetryczne, posiada również czujniki ruchu wykrywające pieszego kierującego się w stronę jezdni oraz odpowiednie urządzenia sterujące. Sterownik w przypadku braku wykrycia pieszego obniża natężenie oświetlenia do ok. 30% mocy, natomiast w momencie wykrycia ruchu zwiększa je do 100% i podtrzymuje tą wartość przez zaprogramowany okres czasu. Dzięki temu zarówno piesi, jak i kierowcy otrzymują czytelny sygnał informujący, że w danym obszarze należy zwrócić szczególną uwagę na sytuację na drodze. Układ sterujący może zmniejszyć maksymalną moc oświetlenia po ustalonym czasie, bądź podtrzymać moc maksymalną na kolejny okres czasu po wykryciu kolejnych osób. Instalacja taka pozwala również znacznie zaoszczędzić energię elektryczną, szczególnie na przejściach gdzie ruch pieszy pojawia się sporadycznie, a przez zdecydowaną większość czasu nie ma potrzeby utrzymywania maksymalnego poziomu natężenia światła.

Rozwiązania poprzez organizację ruchu

Bez względu na lokalizację przejścia dla pieszych, w obszarze zabudowanym, czy poza nim należy zagwarantować wszystkim uczestnikom ruchu czytelność i odpowiednie oznakowanie miejsc kolizyjnych.

Niemniej ważne od samego doświetlenia przejścia dla pieszych jest odpowiednie zorganizowanie otoczenia i zagospodarowania pasa drogowego na dojeździe do niego. Samo bowiem doświetlenie bez zastosowania jakichkolwiek

dodatkowych elementów uspokojenia ruchu może nie dać pożądanego efektu. Nawet najlepiej widoczny pieszy, przed, czy na samym przejściu jest bezradny wobec samochodu, którego kierowca przyzwyczał się do zastosowanego doświetlenia, pulsatorów i przejeżdża przez przejście z prędkością nie dającą najmniejszych szans na zahamowanie. Ograniczenie prędkości poprzez faktyczne wymuszenie jej zmniejszenia jest elementem o kluczowym znaczeniu dla całego rozwiązania. Wachlarz rozwiązań jest szeroki, od wydzielenia azylu dla pieszych pomiędzy kierunkami ruchu (co często jest możliwe bez żadnych zmian geometrii jezdni), poprzez zastosowanie progów zwalniających lub wyniesienie samego przejścia, aż do fizycznego zawężenia pasów ruchu lub zaburzenia toru jazdy, co dla przykładu pokazuje rysunek 1.

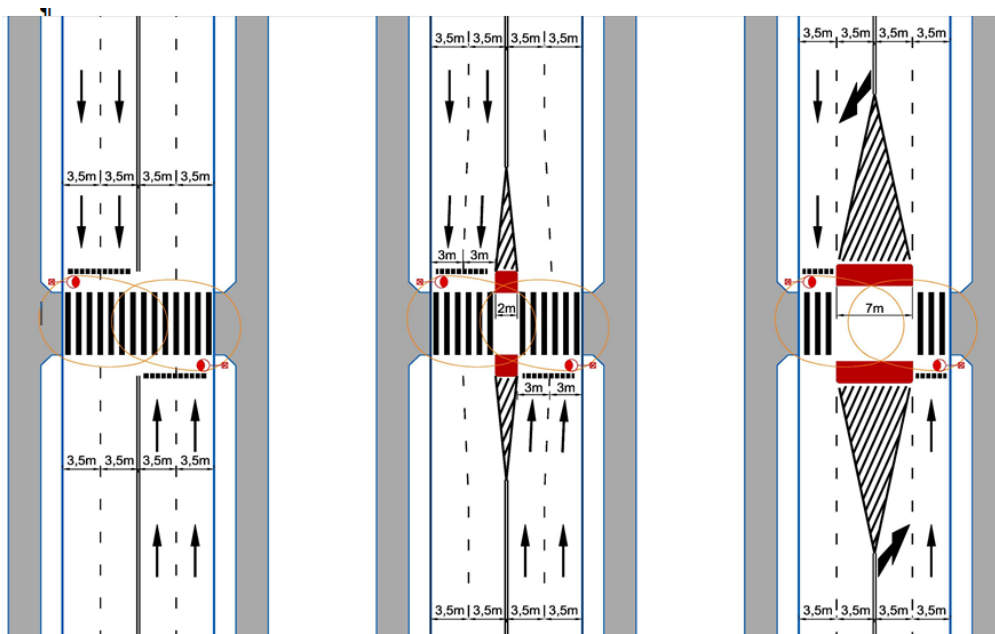
Oczywiście jest fakt, że takie rozwiązania muszą być zastosowane odpowiednio wcześniej, nie zaś bezpośrednio przed samym przejściem. Zawężenie pasów ruchu, wykonanie szynki lub progów musi zostać wprowadzone na tyle wcześniej, aby kierujący na kilkadziesiąt metrów przed samym przejściem poruszał się już w pewien ustalony sposób, nieodwracający jego uwagi od samego przejścia. Patrząc na aspekt ekonomiczny, ale również skuteczność takiego rozwiązania najbardziej sprawdzonym sposobem na ograniczenie prędkości jest łagodne zawężenie pasów ruchu do wymaganego przepisami minimum (np. 3,0m , 2,85m). Powyższe powoduje, że każdy pas ruchu jest całkowicie przejezdny, natomiast optycznie likwiduje się komfort prowokujący do rozwijania nadmiernych prędkości, co przy niewielkich kosztach (zwykle zmiana organizacji ruchu jest nieznacznym ułamkiem wartości systemu doświetlenia przejścia) jest rozwiązaniem godnym zwrócenia szczególnej uwagi.

Na rysunku 3 przedstawiono trzy warianty zmiany organizacji ruchu na takim samym układzie przejścia dla pieszych. Na dwukierunkowej drodze jednojezdniowej,

czteropasowej, przedstawiono sposoby zmiany organizacji ruchu jako uzupełnienie doświetlenia przejścia. W wielu przypadkach istniejącego zagospodarowania drogi, minimalnym nakładem kosztów możliwe jest wykonanie zawężeń pasów ruchu pozwalające wygospodarować miejsce na azyl dla pieszych – wyspę rozdzielającą toru jazdy, która pozwala pieszemu pokonać każdy kierunek ruchu osobno, zatrzymując się pośrodku. Rozwiązaniem zdecydowanie bardziej podnoszącym bezpieczeństwo ruchu jest ograniczenie liczby pasów, które musi przekroczyć pieszy. Oczywiście jest fakt, że ograniczenie liczby pasów powinno być poprzedzone badaniami zasadności zastosowania takiego rozwiązania. Pamiętać należy jednak, że przy idealnej przepustowości jednego pasa ruchu wynoszącej ok. 1700 pojazdów na godzinę [10], jest to propozycja warta rozważenia.

Poprawa infrastruktury i stanu technicznego przejść dla pieszych

Wśród rozwiązań służących poprawie bezpieczeństwa na przejściach dla pieszych znajdują się azyle, wyspy dzielące i pasy zieleni. Są to elementy rozwiązań umożliwiające pieszemu pokonanie jezdni, która składa się z dwóch lub większej ilości pasów ruchu. Im większa szerokość jezdni tym niebezpieczeństwo pokonania przejścia jest większe. Środkami służącymi poprawie stanu technicznego jest zorganizowanie strefy oczekiwania przed przejściem, uporządkowanie ruchu poprzez stosowanie barier i łańcuchów. Dla skanalizowania ruchu pieszych stosuje się dodatkowo na pasach zieleni bariery dzielące. Na rysunku 3 pokazano przejście dla pieszych, gdzie zastosowano łącznie kilka metod poprawy bezpieczeństwa. Obok zaburzenia toru jazdy, z bezpiecznej odległości uwagę kierowcy powinno przykuwać wyraźnie doświetlone przejście.



Rys.3. Warianty zmian organizacji ruchu na dwukierunkowej drodze jednojezdniowej czteropasowej

W zakresie poprawy infrastruktury wyniesienie przejścia dla pieszych może być skutecznym środkiem ograniczenia prędkości pojazdów [11], przykuwającym uwagę zmotoryzowanych użytkowników ruchu. Uspokojenie ruchu kołowego w obszarze przejścia dla pieszych może zostać wykonane poprzez zastąpienie powierzchni malowanej

wyniesieniem całego obszaru przejścia w postaci progów zwalniających.

W ramach nowych inwestycji, jako dobrą praktykę coraz częściej bierze się pod uwagę nie tylko potrzeby zmotoryzowanych uczestników ruchu, lecz także użytkowników pieszych i rowerzystów. Zamiast wąskich

chodników tworzy się szerokie ciągi piesze, lub pieszo rowerowe, mające na celu bezpieczne prowadzenie ruchu pieszego w bezpiecznej odległości od jezdni [12]. Geometria chodnika i zachowanie płynności ruchu, (brak wysokich krawężników) zachęca do przekraczania ulicy w miejscach do tego wyznaczonych. Zaproponowane rozwiązania powinny być projektowane i wdrażane z zapewnieniem ciągłości trasy pieszej przed i za przejściem.

Podsumowanie

Każde skrzyżowanie potoku ruchu pieszego i kołowego sprzyja powstawaniu stref konfliktowych, które dzięki dobru zarządzaniu można bezpiecznie zorganizować.

Program bezpieczeństwa ruchu drogowego [13] pokazuje, że wyznaczone cele nie zostały nadal osiągnięte, w tym cel nie więcej niż 2800 zabitych w wypadkach drogowych w 2013 roku, zginęło 3357 osób [1], podobnie nie osiągnięto celu etapowego – nie więcej niż 2400 w 2017 roku, w wypadkach zginęło 2831 osób. Obserwuje się jednak zwiększoną aktywność ekspertów i działań służących poprawie bezpieczeństwa ruchu. Przy wdrażaniu nowych inwestycji pojawiają się rozwiązania zupełnego odseparowania ruchu kołowego od pieszego [12], poprzez budowę podziemnych przejść. Jednak z ekonomicznego punktu widzenia są to rozwiązania wymagające niebagatelnych nakładów finansowych. Zdecydowanie mniejsze koszty ponosi się, przy racjonalnej i przemyślanej organizacji ruchu wraz z zastosowaniem dodatkowych opaw oświetleniowych drogowych lub dedykowanych przejściom dla pieszych. Problemu nie stanowi obecnie doprowadzenie linii zasilającej, ponieważ coraz częściej wykorzystywane są hybrydowe lub niezależne źródła zasilania z generatorami wiatrowymi lub ogniwami fotowoltaicznymi. Na popularności zyskują obecnie rozwiązania niekonwencjonalne takie jak znaki aktywne, autonomiczne oświetlenie przejść czy aktywne punktowe elementy odbłaskowe [14],[15].

Zapewnienie odpowiedniego oświetlenia jest czynnikiem poprawiającym komfort korzystania z przejść dla pieszych. Decyzja o przekroczeniu drogi jest związana z poprawną oceną prędkości zbliżającego się pojazdu, jego odległości i intencji kierowcy. Jak podaje [16] wyznaczenie przejścia dla pieszych na skrzyżowaniu, daje przekonanie pieszym, niestety często fałszywe, że zostaną zauważeni przez zmotoryzowanych uczestników ruchu, zwiększając zaufanie i pewność pieszych co do korzystania z oznakowanego przejścia.

Faktyczną poprawę bezpieczeństwa ruchu można zatem osiągnąć dopiero poprzez zastosowanie doświetlenia i uspokojenia ruchu łącznie, jako nierozdzielnej pary działań dających z jednej strony możliwość dostrzeżenia pieszych przechodzących przez przejście, a z drugiej – możliwość zatrzymania pojazdu przed nimi.

Według [9] po przeprowadzonym audycie bezpieczeństwa ruchu drogowego na 930 przejściach dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej, najczęściej występującym problemem okazało się w 307 przypadkach ograniczenie widoczności z uwagi na parkujące pojazdy, a w 265 sytuacjach zbyt długie przejście dla pieszych. W zakresie oświetlenia przejść 540 przypadków wymagało

przeprowadzenia kompleksowej konserwacji ulicznej instalacji oświetleniowej, a w 429 – czyszczenia opaw oświetleniowych w otoczeniu przejścia dla pieszych. Niemniej ważnym zatem okazuje się monitorowanie i poprawa stanu już eksploatowanej instalacji oświetleniowej, w tym stanu opaw, źródeł światła i pojawiania się przeszkód dla światła.

Nieuniknionym staje się zastosowanie kombinacji rozwiązań środków technicznych i organizacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem dodatkowego oznakowania i oświetlenia, które pozwolą uniknąć lub znacząco zmniejszyć obecne nieodwracalne koszty mobilności jakimi są śmierć czy obrażenia ciała.

Autorzy: mgr inż. Agnieszka Pawlak, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki Automatyki i Informatyki, Katedra Elektrotechniki Przemysłowej i Automatyki, Al. 1000 lecia Państwa Polskiego 7; 25-314 Kielce, E-mail: a.pawlak85@gmail.com.

LITERATURA

- [1] Komenda Główna Policji, Biuro Ruchu Drogowego, Wypadki drogowe w Polsce w 2017 roku, (2018) Warszawa
- [2] Tomczuk P., Wytrykowska A., Analiza czynników wpływających na bezpieczeństwo pieszego na przejściu dla pieszych typu "zebra" niesterowanym sygnalizacją świetlną, *Logistyka*, (2015), nr 4, 1082-1083
- [3] PN-EN 13201-2:2007. Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania oświetleniowe
- [4] Chrzanowicz M., Tomczuk P., Analiza rozkładu luminancji wybranego odcinka drogi dwujezdniowej oświetlonej przez system latarni ulicznych, *Logistyka* (2014), nr 4, 1753-1760
- [5] PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg -- Część 2: Wymagania eksploatacyjne, Załącznik B (informacyjny)
- [6] Tomczuk P. Ocena stanu oświetlenia wybranych przejść dla pieszych na podstawie parametrów natężenia oświetlenia, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 90 (2014), nr 1, 303-306
- [7] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M., Wytyczne organizacji bezpiecznego ruchu pieszych, Wytyczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych, Ministerstwo Infrastruktury (2017)
- [8] Pawlak K. Dokumentacja fotograficzna – zasoby własne, Kielce (2018)
- [9] Jakiel J. Audyt BRD przejść dla pieszych Wydział Strategii i Rozwoju Zarząd Dróg Miejskich, Warszawa (2016)
- [10] Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., Inżynieria ruchu drogowego Teoria i praktyka, Warszawa (2009), 174
- [11] Gad S., Pawlak A., Pawlak K., Śródmiejska strefa ruchu uspokojonego jako metoda na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego. *Logistyka* (2011), nr 6, 1007-1014
- [12] Gad S., Pawlak A., Nowe inwestycje drogowe służące poprawie bezpieczeństwa i warunków ruchu w Kielcach., *Technika transportu szynowego* (2013), nr 10, 3241-3247
- [13] Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013 -2020, (2013) Warszawa
- [14] Gluchy D., Kasprzyk L. Modelowanie pracy superkondensatora zasilającego układ poprawiający bezpieczeństwo drogowe, *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 93 (2017), nr 12, 99-102
- [15] Baran K., Leśko M., Wachta H., Hybrydowe systemy oświetlenia drogowego, *Czasopismo inżynierii ładowej, środowiska i architektury*, lipiec-wrzesień (2014), 33-42
- [16] Uttley J., Fotios S., The effect of ambient light condition on road traffic collisions involving pedestrians on pedestrian crossings. *Accident Analysis and Prevention* 108 (2017) 189–200