

Maksymilian MĄDZIEL

OPÓŹNIENIE CZASU PODRÓŻY WZGLĘDEM WYBRANYCH ROZWIĄZAŃ PRZEJŚCIA DLA PIESZYCH W AGLOMERACJACH MIEJSKICH

Analiza zagadnienia przejść dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej jest istotna, ponieważ rozwiązania te odgrywają ważną rolę w planowaniu inwestycji transportu miejskiego. Dane dotyczące wypadków pieszych pokazują, że z biegiem lat liczba ich maleje, jednakże jest ona wciąż zbyt wysoka. W pracy tej przeanalizowano opóźnienia podróży pieszych oraz pojazdów względem dwóch rozwiązań przejścia dla pieszych, mianowicie z wyspą azylu i z jej wyłączeniem. Podsumowanie przedstawia rekomendację względem stosowalności tych rozwiązań w zależności od zmieniających się wartości natężenia ruchu pojazdów oraz pieszych.

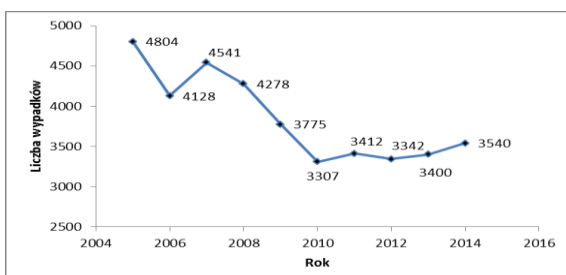
WSTĘP

Infrastruktura transportu drogowego 20 lat temu charakteryzowała się bardzo dobrą jakością obsługi użytkowników. Niestety aktualnie z powodu braku odpowiednich inwestycji transport miejski działa wolno, natomiast same ulice są zatłoczone [3]. Szczególną uwagę powinno poświęcić się nie tylko pojazdom transportu drogowego, ale samym pieszym. Niestety władze miast często zaniedbują ten aspekt, dlatego konsekwencją tego jest ciągle wysoka liczba wypadków na przejściach dla pieszych.

Analiza statystyczna wypadków prowadzona przez Komendę Główną Policji wskazuje utrzymujący się i bardzo niekorzystny bilans śmiertelnych wypadków drogowych. Na polskich drogach rocznie ginie ok. 5 tys. osób. Badania pokazują, że najwięcej wypadków ma miejsce w obszarze zabudowanym (ok. 90%), natomiast najczęściej do nich dochodzi na przejściu dla pieszych [9]. Na tę grupę uczestników ruchu drogowego należy zwrócić szczególną uwagę, ponieważ w przeciwieństwie do poruszających się samochodami, osoby te nie są zabezpieczone systemami bezpieczeństwa biernego.

1. CHARAKTERYSTYKA PROBLEMU

Według danych z raportów drogowych piesi stanowią drugą co do wielkości grupę ofiar wypadków drogowych (ok. 35%). Dane z ostatnich 10 lat pokazują spadającą tendencję wypadków z udziałem pieszych, aczkolwiek liczba ta jest wciąż zbyt wysoka [4]. Kierujący pojazdami często nie ustępują pierwszeństwa na przejściach dla pieszych. Na rys. 1 przedstawiono sumaryczną liczbę wypadków drogowych na przejściach dla pieszych w latach 2005-2014.



Rys. 1. Wypadki drogowe na przejściach dla pieszych w latach 2005-2014 w Polsce. Źródło: oprac. własne na podst. [9]

W 2014 r. odnotowano 3540 wypadków na przejściu dla pieszych, w których zginęło 279 osób, a 3487 odniosło obrażenia. W większości poszkodowanymi byli sami piesi.

1.1. Opóźnienie czasu podróży pieszych, a poziom jakości usług

Poziom jakości usług (ang. Level of Service, skr. LoS) jest miarą używaną przez inżynierów drogowych do określenia efektywności funkcjonowania elementów infrastruktury transportu drogowego. Dokument „Highway Capacity Manual” (skr. HCM) (poprzez litery od „A” do „F”, gdzie „A” oznacza najlepszy, a „F” najgorszy) określa poziom realizacji usług. Natomiast definicja opóźnienia czasu podróży względem tego dokumentu jest następująca: „jest to dodatkowy czas, który doświadcza kierowca, pasażer, rowerzysta, bądź pieszy poza tym, który potrzebny jest do podróżowania z pożądaną prędkością”.

Opóźnienie czasu podróży pieszych zależy jest od wielkości natężenia ruchu drogowego oraz pieszych. Zgodnie z polskim kodeksem ruchu drogowego na przejściu dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej piesi mają pierwszeństwo od momentu wejścia na jezdnię, jeżeli nie wtargnęli oni wprost przed nadjeżdżający pojazd. Jednakże problemem jest to, że kierujący pojazdami nie ustępują pieszym pierwszeństwa na tego typu przejściach. W Unijnym projekcie „Ocalić życie” z 2012 r. badano zagadnienie ustępowania pierwszeństwa na przejściu dla pieszych. Rezultaty wskazują, że tylko 55-60% kierowców ustępowało pierwszeństwa pieszym na przejściach [7].

Tab. 1. Rodzaje jakości usług dla przejścia dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej względem opóźnienia czasu podróży pieszych
Źródło: oprac. własne na podst. [6]

LOS	Opis	Opóźnienie czasu podróży pieszych (s/pieszego)	Opóźnienie czasu podróży dla pojazdów (s/pojazd)
A	Niskie	<5	0-10
B		5-10	10-15
C	Umiarkowane	10-20	15-25
D		20-30	25-35
E	Wysokie	30-45	35-50
F	Bardzowysokie	>45	>50

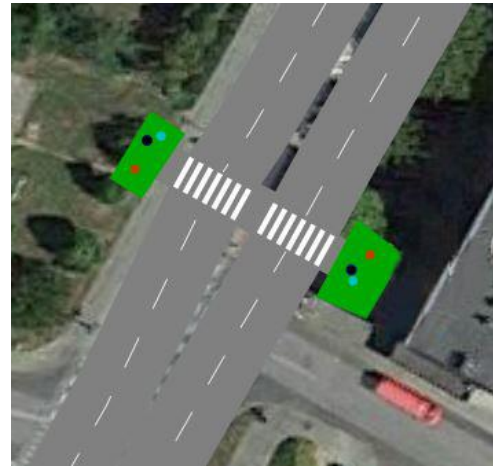
2. DANE SYMULACYJNE PROGRAMU VISSIM

Badanie opóźnienia czasu podróży pieszych oraz pojazdów względem przejścia dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej przeprowadzone zostało w programie do mikrosymulacji ruchu drogowego VISSIM. W programie tym symulacja ruchu pieszego odbywa się na podstawie modelu „Social Force Model” [1].

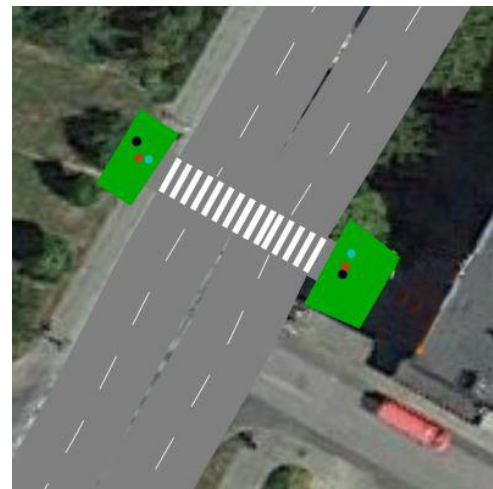
W pracy przebadano 2 wybrane rozwiązania przejścia dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej, mianowicie przejście konwencjonalne oraz przejście z wyspą azylu, które aktualnie funkcjonuje w mieście Rzeszów.

Scenariusze rozważają przejście dla pieszych na 4 pasmowej drodze (2 pasy ruchu w jednym kierunku) w obszarze miejskim, gdzie obowiązuje ograniczenie prędkości do 50km/h. W symulacji biorą udział tylko samochody osobowe. Szerokość pasa ruchu wynosi 3,5m, natomiast przejścia dla pieszych 3m. W modelu nie występują żadne inne skrzyżowania dróg. W symulacji zastosowano rozkład prędkości dla pieszych zgodnie z danymi wg Weidmanna oraz Schopfa, gdzie średnia prędkość ruchu pieszego wynosi 1,45m/s [5].

W programie VISSIM istnieją dwa rodzaje nadawania pierwszeństwa. Jednym z nich jest użycie narzędzia „conflict area”, natomiast drugim narzędziem jest „priority rule”, które to użyto do symulacji badanych scenariuszy. Narzędzie „priority rule” zawiera linie stopu (koloru czerwonego) oraz jeden, albo więcej znaczników konfliktu (koloru zielonego). W zależności od aktualnych warunków dla znaczników konfliktu linia stopu pozwala pojazdom, bądź pieszym na przejazd/przejście przez przecinający odcinek drogi [8]. Tak jak dla zasady prawej ręki dla wolnego ruchu na drodze istotne jest określenie minimalnego odstępu czasu potrzebnego na włączenie do ruchu. W badanej pracy zgodnie z pokazanymi wcześniej wynikami badań ustawiono, że 50% pieszych wkraczających do modelu ma prawo pierwszeństwa wejścia na przejście przed pojazdami. Możliwe to było dzięki zastosowaniu dwóch typów pojazdów w modelu, w którym jeden dawał pierwszeństwo pieszym, natomiast drugi nie. Jeżeli pieszy bez pierwszeństwa chciał przekroczyć jezdnię, to musiał czekać aż dostępna luka względem nadjeżdżającego pojazdu była większa od tzw. „luki krytycznej”. W przypadku kiedy pieszy nie miał pierwszeństwa oraz owa luka była mniejsza to wtedy narastało opóźnienie podróży dla pieszych. Podczas tych symulacji mierzony będzie parametr średniego opóźnienia podróży dla samochodów osobowych oraz pieszych. Parametr krytycznej luki czasowej dla drogi 4 pasmowej dla pojazdów ustawiony został na wartość 7s, natomiast dla pieszych na 10s. Modele przejść wykonane zostały na podstawie aktualnie funkcjonującego przejścia dla pieszych z wyspą azylu na ul. Dąbrowskiego w Rzeszowie. Reprezentują one rzeczywiste przejście dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej z wyspą azylu oraz alternatywne funkcjonujące również w polskich miastach standardowe przejście dla pieszych. Zamodelowane warianty przejść dla pieszych przedstawiono na rys. 2 i 3. Dane geometrii skrzyżowania pobrane zostały na podstawie zdjęcia satelitarnego dostępnego w serwisie Google Maps. Zdjęcie zostało odpowiednio wyskalowane do pracy w programie. Długość samego przejścia dla pieszych wynosi 14m, natomiast wersja z wyspą azylu ma 16m. Symulacje uruchomiono z różnymi wartościami natężenia pieszych, które wynosiły 250 i 500 pieszych/h. Wartości natężenia pojazdów samochodowych ustawiono w zakresie 100-2000 pojazdów/h. W celu uniknięcia losowości symulacji, każdy scenariusz powtórzono 10 razy, z czego wyliczono średnią wartość opóźnień [2].



Rys. 2. Zamodelowany wariant aktualnie funkcjonującego przejścia dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej na ul. Dąbrowskiego w Rzeszowie



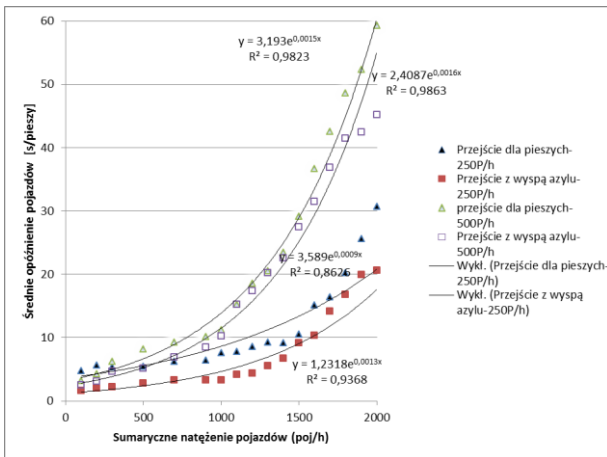
Rys. 3. Zamodelowany wariant przejścia dla pieszych bez wydzielonej wyspy azylu

3. REZULTATY BADAŃ SYMULACYJNYCH

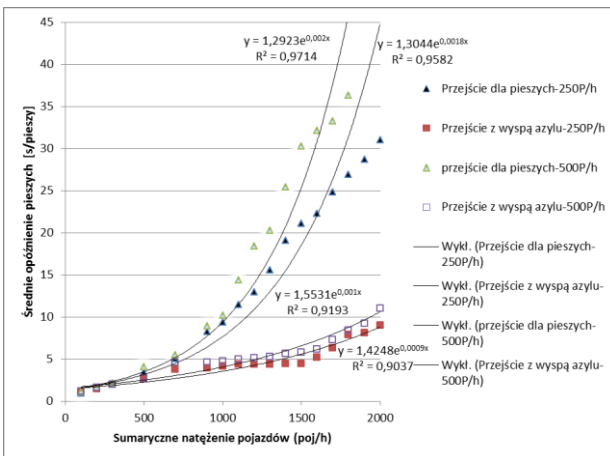
Na rys. 4 przedstawiono wyniki opóźnienia podróży dla pojazdów samochodowych względem zmieniających się wartości natężeń pojazdów/pieszych dla opcji przejścia standardowego oraz z wyspą azylu. Opóźnienie narasta wykładniczo wraz ze wzrostem natężenia ruchu drogowego, współczynnik determinacji R^2 jest wysoki i wynosi ponad 0,8. Wraz ze wzrostem natężenia pieszych, rośnie również opóźnienie dla samochodów osobowych. Przejście bez wyspy azylu dla natężenia 500 pieszych/h od wartości 1100 pojazdów/h cechuje się współczynnikiem LoS C dla pojazdów. Dla mniejszych ilości natężenia pieszych (250 pieszych/h) współczynnik LoS dla pojazdów jest korzystny dla prawie wszystkich wartości natężenia pojazdów. Wskaźniki D,E,F dla LoS względem natężenia pojazdów zostały osiągnięte powyżej wartości natężenia ruchu 1500 pojazdów/h. Do wartości ok. 1000 pojazdów/h zarówno dla scenariusza z natężeniem 250, jak i 500 pieszych/h rozbieżności pomiędzy zastosowaniem przejścia dla pieszych bez wyspy azylu i z nią oscylują w granicy 5-15%. Na podstawie rys. 4 można zauważyć, że zastosowanie przejścia dla pieszych z wyspą azylu jest uzasadnione i korzystniejsze dla uczestników ruchu drogowego.

Podczas trwania symulacji mierzone było również opóźnienie podróży dla pieszych. Wyniki przedstawia rys. 5. Średnie opóźnienie pieszych, tak jak opóźnienie pojazdów rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem natężenia ruchu drogowego. Współczynnik determina-

cji jest również wysoki i wynosi ponad 0,9. Dla opcji przejścia z wyspą azylu i natężeniu 250 pieszych/h średnie opóźnienie pieszych mieści się w granicach współczynnika LoS B. Względem „zwykłego” przejścia dla pieszych współczynnik ten wynosi F. Jest to kolejna przewaga przejścia z wyspą azylu. W kwestii różnic pomiędzy tymi dwoma rozwiązaniami przejścia dla pieszych względem scenariusza z 500 pieszymi/h, nie są one tak znaczące do wartości natężenia ruchu drogowego 500 pojazdów/h. Powyżej tych wartości natężenia różnice są istotne na korzyść przejścia z wyspą azylu. Dla najwyższych badanych wartości natężenia, opóźnienie dla przejścia bez wyspy azylu jest o ponad 30s większe.



Rys. 4. Średnie opóźnienie czasu podróży pojazdów samochodowych na wybranych rozwiązaniach przejścia dla pieszych



Rys. 5. Średnie opóźnienie czasu podróży pieszych na wybranych rozwiązaniach przejścia dla pieszych

PODSUMOWANIE

Jak wykazują prowadzone analizy na podstawie danych statystycznych, obszar przejścia dla pieszych, który z założenia powinien być miejscem bezpiecznym dla niechronionych uczestników ruchu drogowego (pieszych, rowerzystów), jest miejscem niebezpiecznym, w którym dochodzi do wielu wypadków drogowych.

Program symulacyjny PTV VISSIM jest użytecznym narzędziem do planowania inwestycji infrastrukturalnych ruchu drogowego. Wyniki badań pokazują, że zastosowanie przejścia dla pieszych z wyspą azylu ma korzystne efekty dla wszystkich uczestników ruchu drogowego, zarówno dla pieszych jak i pojazdów samochodowych. Opóźnienie czasu podróży dla opcji przejścia z wyspą azylu jest mniejsze, co daje jej lepszy wynik współczynnika LoS. Do wartości ok. 500 pojazdów/h przejście dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej bez wyspy azylu spełnia swoje zadanie, natomiast powyżej

tej wartości powinno stosować przejście z wyspą albo z sygnalizacją świetlną.

Oprócz wartości opóźnienia podróży dla pojazdów i pieszych, program zapisywał również liczbę zatrzymań pojazdów przed przejściem dla pieszych. Dla przejścia dla pieszych bez wydzielonej wyspy azylu liczba ta jest ponad 2 razy mniejsza niż w przypadku przejścia z wyspą. Dla wysokich wartości natężenia ruchu drogowego właściwie powinno się zastosować sygnalizację świetlną, jednakże należy mieć na uwadze fakt, że jej użycie generowałoby dodatkowe zatrzymania pojazdów samochodowych, co w konsekwencji mogłoby powodować wzrost emisji zanieczyszczeń oraz hałasu z pojazdów. Stwierdzenie takie stanowi podstawę do prowadzenia przyszłościowych badań w tym zakresie.

BIBLIOGRAFIA

1. Fi I., Kovacs Igazvolgyi Z., *Travel time delay at pedestrian crossing based on microsimulations*, Civil Engineering 58/1, Budapest 2014.
2. Jaworski A., Lejda K., Mądziel M., *Analiza opóźnienia ruchu drogowego dla wybranych rozwiązań odnośnie pierwszeństwa przejazdu na skrzyżowaniu typu X*, Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy, Rzeszów 2016.
3. Lejda K., Mądziel M., *Zrównoważony rozwój transportu i jego wpływ na funkcjonowanie systemów komunikacji miejskiej*, Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Nr6, Radom 2016.
4. Tomczuk P., *Bezpieczeństwo pieszych-pomiary luminacji na przejściu dla pieszych*, Praca Naukowe Politechniki Warszawskiej z.80, Warszawa 2011.
5. Wiedmann U., *Transporttechnik der Fussgänger*, IVT, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau, Zürich 1993.
6. National Research Council, *Highway Capacity Manual*, Transport research board (TRB); United States of America, 2010.
7. *Save our life*, 2012, <http://www.sol-project.eu>. European Programme of Territorial Cooperation.
8. *VISSIM 5.20 User Manual*, PTV Group; Karlsruhe, Germany, 2009.
9. *Wypadki z udziałem pieszych w Polsce w 2015 r.*, Raport statystyczny, Komenda Główna Policji.

Travel time delay in regards to selected pedestrian crossings solutions in urban agglomerations

Analysis of the problem of pedestrian crossings without traffic lights is important, because these solutions play an important role in planning urban transport. Accident data of pedestrians show that over the years, their number decreases, but is still too high. In this work analyzes the delay of a journey of pedestrians and vehicles in regards to the two solutions of pedestrian crossings, namely with the refuge island and its exclusion. Summary presents a recommendation with respect to the applicability of these solutions depending on the changing value of the traffic volume of vehicles and pedestrians.

Autorzy:

mgr inż. **Maksymilian Mądziel** – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Katedra Silników Spalinowych i Transportu