

# Metoda wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych w Polsce<sup>1</sup>

**KAZIMIERZ JAMROZ**

dr hab. inż., Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Inżynierii Drogowej; Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, e-mail: kjamroz@pg.gda.pl

**JAN KEMPA**

dr hab. inż., prof. UTP, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Drogowej i Transportu, e-mail: janke@p.pl

**JUDYTA RYCHLEWSKA**

mgr inż., Biuro Konsultacyjno-Projektowe Inżynierii Drogowej TRAFIK, e-mail: judyta.rychlewska@gmail.com

**TOMASZ MACKUN**

mgr inż., Biuro Konsultacyjno-Projektowe Inżynierii Drogowej TRAFIK, e-mail: mackun@gmail.com

**Streszczenie.** Jednym z istotnych czynników wpływających na wypadki z pieszymi przekraczającymi jezdnię są ograniczenia obszarów dobrej widoczności pieszych i pojazdów na przejściach dla pieszych. W Polsce ten problem jest niedoceniany. W niniejszym artykule przedstawiono propozycję metody wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych w Polsce. Metodę tę opracowano, korzystając z doświadczeń zagranicznych i badań własnych. Metoda zawiera: sposób szacowania odległości widoczności pojazdu zbliżającego się do przejścia dla pieszych z punktu widzenia pieszego chcącego przekroczyć jezdnię, sposób szacowania odległości widoczności pieszego przechodzącego przez jezdnię lub wykazującego zamiar wejścia na przejście dla pieszych z punktu widzenia kierowcy pojazdu zbliżającego się do przejścia oraz zasady sprawdzania obszaru dobrej widoczności i postępowania w celu ewentualnego jej polepszenia.

**Słowa kluczowe:** drogi, przejścia dla pieszych, widoczność, zasady wyznaczania

## Wprowadzenie

Dobre spostrzeganie i bycie widzianym na drodze to podstawowe czynniki bezpieczeństwa ruchu drogowego wszystkich uczestników ruchu. Jedną z wyróżnionych grup czynników wpływających w istotny sposób na bezpieczeństwo pieszych jest ograniczona widoczność pieszych i pojazdów w obszarze przejść dla pieszych.

W Polsce problem ten jest niedoceniany, natomiast w wielu krajach dobra widoczność pieszego przez kierowcę oraz nadjeżdżającego pojazdu przez pieszego stanowią podstawowe wymagania dotyczące lokalizacji przejścia dla pieszych. W poprzednich opracowaniach [1], [2] przedstawiono przegląd czynników wpływających na widoczność na przejściach dla pieszych w Polsce oraz zasady wyznaczania obszaru dobrej widoczności w obszarze przejść dla pieszych w wybranych krajach. Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom decydentów, projektantów, audytorów brd i organizatorów ruchu pieszego, w niniejszym artykule przedstawiono zasady wyznaczania obszaru dobrej widoczności w obszarze przejść dla pieszych.

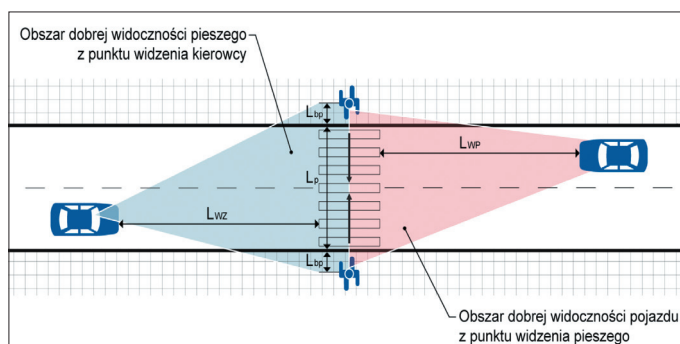
W artykule pod pojęciem przejścia dla pieszych rozumie się: wyznaczone i niewyznaczone przejścia dla pieszych (sugerowane przejścia dla pieszych oraz inne miejsca przechodzenia pieszych przez jezdnię drogi lub ulicy) [1].

## Podstawy teoretyczne wyznaczania obszaru dobrej widoczność na przejściach dla pieszych

Przejścia dla pieszych powinny być tak lokalizowane, aby można było zapewnić odpowiednią widoczność dla pieszych i dla kierowców pojazdów. Utworzony obszar dobrej widoczności obejmuje:

- obszar przejścia dla pieszych i obszar chodnika lub placu stanowiącego bezpośrednie dojście pieszych do tego przejścia,
- wloty na skrzyżowanie (w przypadku przejść dla pieszych tam zlokalizowanych) lub odcinki dróg dojazdowych do przejścia,
- odcinki dojazdowe wlotów ulic lokalnych lub wjazdów publicznych do chodnika poprzecznego (traktowanego jako przejście dla pieszych).

Podstawowymi miarami do wyznaczania obszaru dobrej widoczności są: odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu i odległość widoczności niezbędna do przejścia przez jezdnię (przejście dla pieszych) (rys. 1).



Rys. 1. Obszar dobrej widoczności pieszego przez kierowcę i pojazdu przez pieszego na przejściu dla pieszych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1], [3], [4]

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2015. Wkład autorów w publikację: K. Jamroz 40%, J. Kempa 20%, J. Rychlewska 25%, T. Mackun 15%

Odległość dobrej widoczności na zatrzymanie pojazdu  $L_{WZ}$  jest to odcinek drogi od pojazdu do krawędzi przejścia dla pieszych, która jest potrzebna do zapewnienia odpowiedniego czasu dla kierowcy niezbędnego do: rozpoznania (percepcji) czy na przejściu dla pieszych (lub obszarze dojścia do przejścia) nie znajduje się pieszy, podjęcia decyzji i wykonania manewru hamowania.  $L_{WZ}$  zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są: prędkość pojazdu, czas reakcji (percepcji) kierowcy, wysokość położenia oczu kierowcy, wysokość przeszkody, współczynnik przyczepności, opóźnienie pojazdu, pochylenie podłużne drogi [5]. Odległość widoczności na zatrzymanie wyznacza się w planie sytuacyjnym i w profilu podłużnym drogi.

Odległość widoczności na zatrzymanie się pojazdu oblicza się ze wzoru (1):

$$L_{WZ} = L_{TR} + L_H \quad (1)$$

przy czym:

$$L_{TR} = \frac{V_0}{3,6} \cdot T_{RK} \quad (2)$$

$$L_H = \frac{V_0^2}{26 \cdot b} \quad (3)$$

gdzie:

$L_{WZ}$  – odległość widoczności na zatrzymanie (m)

$L_{TR}$  – odległość, droga przebyta przez pojazd w czasie reakcji kierowcy  $T_{RK}$  (m)

$L_H$  – odległość, droga hamowania pojazdu (m)

$T_{RK}$  – czas reakcji kierowcy (s)

$V_0$  – prędkość początkowa pojazdu (km/h)

$b$  – opóźnienie pojazdu ( $m/s^2$ ).

Czas reakcji  $T_{RK}$  jest to czas jaki upływa od momentu pojawienia się bodźca w obszarze widzenia drogi przez kierowcę do momentu podjęcia akcji, będącej właściwą reakcją na ten bodziec. Okres ten można podzielić na cztery fazy: spostrzeżenie bodźca (percepcja bodźca), wybór właściwego bodźca, identyfikacja bodźca i właściwa decyzja oraz właściwa reakcja. Czas reakcji kierowcy na rozpoznanie przeszkody przed pojazdem i podjęcie działania przyjmowany jest na podstawie badań jako kwantyl 85% z rozkładu czasów reakcji. Według badań prowadzonych przez Wortmana [6] wynosi  $T_{RK,85} = 0,9$  sekundy – w przypadku uważnej jazdy (lub ostrzeżenia) i  $T_{RK,85} = 1,3$  sekundy – w przypadku zaskoczenia kierowcy. W oficjalnych dokumentach przyjmowany jest dla celów projektowych (w Wielkiej Brytanii – 2 sekundy [7],[8] w USA ASHTO) – 2,5 sekundy [9]), dla celów operacyjnych 1,0 sekunda. W Polsce przyjmuje się wartość 2,0 sekundy i odpowiada ona kwantylowi 98% z rozkładu czasów reakcji.

Prędkość pojazdu  $V$  jest to prędkość rozwijana przez jazd na dojeździe do przejścia dla pieszych. Prędkość początkowa  $V_0$  we wzorze (3) przyjmowana jest jako prędkość jazdy w chwili, gdy kierowca pojazdu rozpoczyna hamowanie, a prędkość końcowa w momencie zatrzymania pojazdu, najczęściej przyjmuje się  $V_k = 0$ .

Opóźnienie pojazdu. Opóźnienie pojazdu jest manewrem związanym z kontrolowanym zmniejszeniem prędkości w przypadku jej dostosowania do sytuacji na drodze albo z awaryjnym hamowaniem, w sytuacjach pojawienia się na jezdni nieoczekiwanych przeszkód lub zdarzeń niebezpiecznych. W zależności od siły nacisku na pedał hamulca, warunków przyczepności koła do nawierzchni i czasu niezbędnego do zatrzymania pojazdu uzyskuje się różne wartości opóźnienia pojazdu  $b$ . Reakcja na opóźnienie jest różnie odbierana przez kierowców i pasażerów, przy różnych rodzajach hamowania [10], np.:

- hamowanie normalne –  $b < 3,5 m/s^2$  odczuwalne, lecz znoszone przez jadących w pojeździe;
- hamowanie gwałtowne –  $b > 6,0 m/s^2$  bardzo nieprzyjemne, może spowodować wyrzucenie z siedzeń przy niezapiętych pasach.

W projektowaniu dróg przyjmuje się różne wartości liczbowe opóźnienia:

- w Wielkiej Brytanii  $b = 0,45 g$  ( $4,41 m/s^2$ ) w przypadku dobrych warunków pogodowych oraz  $b = 0,25 g$  ( $2,45 m/s^2$ ) w przypadku pokrycia nawierzchni śniegiem [7],
- w USA (AASHTO):  $b = 3,42 m/s^2$  [9],
- w Niemczech (FGSV):  $b = 3,7 m/s^2$  [4],
- w Austrii:  $b = 3,0 m/s^2$  [13],
- w Australii (RDG):  $b = 2,35-2,65 m/s^2$  [12].

W przypadku założonej wartości opóźnienia  $b$  oraz prędkości miarodajnej  $V_m$  długość drogi hamowania wyniesie:

$$L_H = \frac{V_m^2}{26 \cdot b} \quad (4)$$

Przedstawione podejście jest jednak dużym uproszczeniem. Istnieje możliwość bardziej dokładnego oszacowania długości drogi hamowania przy uwzględnieniu innych czynników (przyczepności koła do nawierzchni i pochylenia podłużnego drogi) wpływających na długość drogi hamowania. Wówczas długość drogi hamowania można obliczyć za pomocą wzoru (5) [10]:

$$L_H = \frac{V_m^2}{26 \cdot (b \pm \frac{i}{100 \cdot g})} \quad (5)$$

lub:

$$L_H = \frac{V_m^2}{26 \cdot g \cdot (\mu \cdot \eta \pm 0,01 \cdot i)} \quad (6)$$

gdzie:

$V_m$  – prędkość miarodajna pojazdu (km/h)

$g$  – przyspieszenie ziemskie [ $m/s^2$ ]

$\mu$  – współczynnik przyczepności

$\eta$  – współczynnik uwzględniający rodzaj hamowania: 0,7 – przy hamowaniu spokojnym (normalnym), 1,0 – przy hamowaniu gwałtownym (panicznym)

$i$  – pochylenie podłużne drogi na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych (%).

Prędkość miarodajna  $V_m$ , przyjmowana do obliczeń we wzorach (4–6) jest to prędkość rozwijana przez pojazd na dojeździe do przejścia dla pieszych. Jako miarę tej prędkości przyjmuje się prędkość  $V_{85}$ , tj. kwantyl 85% z rozkładu prędkości pojazdów na odcinku dojazdowym drogi do przejścia dla pieszych. Prędkość ta jest zwykle większa od prędkości średniej do 20%, a od prędkości dopuszczalnej nawet o 50%, ale zależy od wielu czynników i dlatego powinna być pomierzona.

Współczynnik przyczepności nawierzchni  $\mu$ , może być pomierzony na podstawie badań terenowych lub obliczany jako stosunek opóźnienia rzeczywistego (możliwego do uzyskania podczas hamowania) do przyspieszenia ziemskiego – wzór (6). Do projektowania przyjmuje się:

- w USA (AASHTO) – w zależności od prędkości:  $\mu = 0,28 - 0,40$  dla samochodów osobowych przy mokrej nawierzchni,  $\mu = 0,16 - 0,25$  dla samochodów ciężarowych i  $\mu = 0,46$  dla pojazdów hamujących w warunkach ekstremalnych (nieoczekiwanych) [5], [9];
- w Niemczech (FGSV) –  $\mu = 0,377$  [4];
- w Australii (RDG) –  $\mu = 0,24 - 0,27$  [12].

Wartości współczynnika zależą od prędkości, co obrazuje zestawienie wymaganych w Polsce wartości tego współczynnika, które podane są w „Warunkach technicznych...”<sup>2</sup> w załączniku 6 pkt. 4.3.

Odległość widoczności niezbędna do przejścia pieszego przez jezdnię  $L_{WP}$  jest to odcinek drogi od krawędzi przejścia dla pieszych do zbliżającego się pojazdu. Widoczność ta jest potrzebna pieszem do sprawdzenia, czy występuje odpowiednia luka czasowa między zbliżającymi się pojazdami umożliwiającą bezpieczne przejście pieszem przez jezdnię.  $L_{WP}$  zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są: prędkość miarodajna pojazdu, długość przejścia, odległość pieszego od krawędzi jezdni, prędkość pieszego, czas reakcji (decyzji) pieszego [12],[13]. Odległość tę oblicza się ze wzoru (7):

$$L_{WP} = \frac{V_m}{3,6} \cdot \left( \frac{L_p}{V_p} + T_{RP} \right) \quad [m] \quad (7)$$

gdzie:

- $L_{WP}$  – odległość dobrej widoczności pojazdu dojeżdżającego do krawędzi przejścia dla pieszych (lub innego potencjalnego miejsca przejścia pieszego przez jezdnię) (m)
- $V_m$  – prędkość miarodajna pojazdu (km/h)
- $L_p$  – długość przejścia dla pieszych (m)
- $T_{RP}$  – czas reakcji (dojścia pieszego do krawężnika) i opuszczenia jezdni (s)
- $V_p$  – prędkość miarodajna pieszego (m/s).

Długość przejścia  $L_p$  jest to odległość między krawężnikami jezdni, przez którą zamierza przejść pieszy, albo po-

między krawężnikiem jezdni i wyspy azylu, dzielącej jezdnię (jeżeli wyspa ta ma odpowiednią szerokość).

Prędkość pieszego przechodzącego przez jezdnię  $V_p$  jest to prędkość, z jaką pieszy przechodzi przez jezdnię lub przejście dla pieszych. Wartość średnia prędkości pieszego według badań prowadzonych w wielu krajach zawiera się w przedziale od 1,0–2,4 m/s. Jako miarodajną prędkość pieszego przyjmuje się kwantyl 15% z rozkładu prędkości pieszych, co w warunkach australijskich (AUSTROADS) [12] i amerykańskich (TRB) [9] daje prędkość pieszego  $V_{p15} = 1,2$  m/s. Prędkość ta jest zwykle mniejsza od prędkości średniej o 15%, ale zależy od warunków występujących na przejściu oraz uczestników ruchu, a także wielu innych czynników i dlatego powinna być pomierzona. W uzasadnionych przypadkach (trudne warunki przejścia, wolniej poruszający się uczestnicy: dzieci, osoby niepełnosprawne) przyjmuje się  $V_p = 1,0$  m/s, a niekiedy i mniejsze (np. 0,7 m/s) [1].

Czas reakcji i opuszczenia jezdni  $T_{RP}$  jest to czas, na który składa się czas podjęcia decyzji o przejściu przez jezdnię, czas dojścia z miejsca oczekiwania pieszego do krawężnika jezdni ( $L_{BP} = 1,0$  m od krawężnika) oraz czas potrzebny na opuszczenie jezdni (po przejściu na jej drugą stronę) do miejsca bezpiecznego (tj.  $L_{BP} = 1,0$  m). Odległość  $L_{BP}$  przyjmuje się najczęściej równą 1,0 m, chociaż np. w Szwecji w zależności od standardu przejścia dla pieszych 1,0–6,0 m. Czas reakcji opuszczenia jezdni przez pieszego do celów projektowych przyjmowany jest następująco: Australia (RDG) zaleca się  $T_{RP} = 2,5$  sekundy (min. 2,0 sekundy) [12]). Wielka Brytania (DfT) –  $T_{RP} = 2$  sekundy [7], USA (HCM) –  $T_{RP} = 1,5$  sekundy [9]), Austria –  $T_{RP} = 0,8$  sekundy [13]).

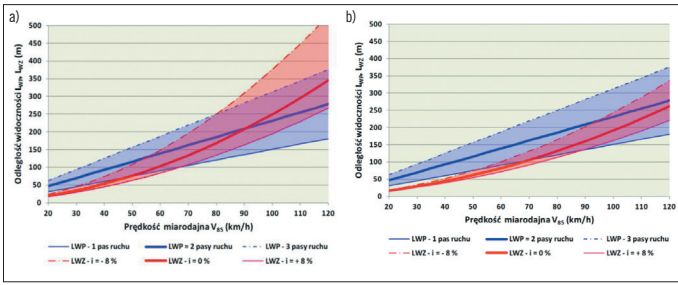
### Analiza wpływu wybranych czynników na odległość widoczności na przejściach dla pieszych

Korzystając ze wzorów (1), (2) (3) oraz (6) i (7), przeprowadzono porównanie odległości dobrej widoczności na przejście pieszego  $L_{WP}$  i na zatrzymanie pojazdu  $L_{WZ}$  dla wybranych przypadków (długości przejścia i warunków geometrycznych drogi). Do obliczeń teoretycznych przyjęto następujące wielkości niezbędnych parametrów:

- prędkość miarodajna ( $V_{85} = 20 - 120$  km/h);
- czas reakcji kierowcy:  $T_{RK} = 2,0$  sekundy dla hamowania normalnego i 1,0 sekunda dla hamowania nagłego;
- czas reakcji i percepcji pieszego:  $T_{RP} = 2,5$  sekundy;
- prędkość pieszego:  $V_p = 1,2$  m/s dla przejść zwykłych, 1,0 m/s dla przejść dla dzieci i 0,7 m/s dla przejść dla osób niepełnosprawnych;
- długość przejścia: 1, 2 i 3 pasy ruchu o szerokości 3,5 metra;
- współczynnik przyczepności: – 0,2; 0,3; 0,4 i 0,6;
- współczynnik uwzględniający rodzaj hamowania: – 0,7 – przy hamowaniu spokojnym (normalnym), 1,0 – przy hamowaniu gwałtownym (panicznym).

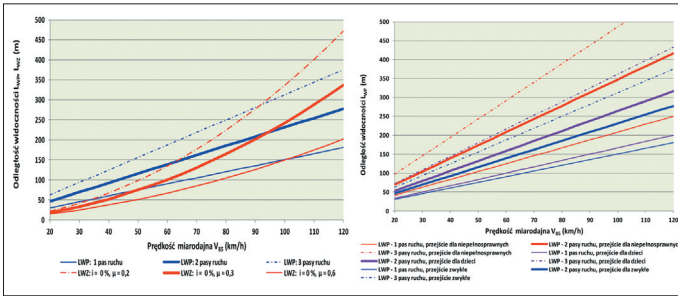
Wyniki analiz przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

<sup>2</sup> Rozporządzenie ministra transportu i gospodarki morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, Dziennik Ustaw nr 99.43.430.



Rys. 2. Wykres zależności odległości widoczności na przejściu pieszym przez jezdnię  $L_{WP}$  i odległości widoczności na zatrzymaniu pojazdu przed przejściem  $L_{WZ}$  w zależności od prędkości miarodajnej  $V_{85}$  oraz wielkości pochylenia podłużnego jezdni na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych w przypadku: a) normalnego hamowania, b) gwałtownego hamowania.

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3. Wykres zależności odległości widoczności na przejściu  $L_{WP}$  i odległości widoczności na zatrzymaniu w zależności od prędkości miarodajnej  $V_{85}$ , w przypadku hamowania: a) zmiany współczynnika przyczepności, b) różnych rodzajów przejść dla pieszych.

Źródło: opracowanie własne

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że najważniejszym czynnikiem wpływającym na odległość widoczności na przejściach dla pieszych jest prędkość, z jaką pojazdy dojeżdżają do przejścia dla pieszych. Poza tym istotnymi czynnikami są: długość i rodzaj przejścia dla pieszych, czasy reakcji i percepcji kierowców i pieszych, struktura pieszych (typowy pieszy, dziecko, osoba niepełnosprawna), pochylenie podłużne drogi i stan nawierzchni na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych. Dla zobrazowania wpływu poszczególnych czynników na odległość widoczności na przejściu dla pieszych, w dalszej części artykułu przedstawiono porównania przeprowadzone dla prędkości miarodajnej  $V_{85} = 60$  km/h.

Długość przejścia ma istotny wpływ na czas przejścia pieszego przez jezdnię i niezbędną lukę czasową między pojazdami zapewniającą bezpieczne przejście pieszego. Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że w przypadku przejścia wielopasowego znacznie powiększa się niezbędny obszar dobrej widoczności. Zwiększa się zatem odległość widoczności przejścia jezdni przez pieszego, w stosunku do przejścia jednopasowego:

- w przypadku jezdni o dwóch pasach ruchu o około 55%,
- w przypadku jezdni o trzech pasach ruchu o około 110%.

Zastosowanie wyspy azylu dla pieszych powoduje skrócenie odcinka niezbędnej widoczności na przejście przez dzień z prawej strony o 55%.

Przejścia dla pieszych, z których korzystają dzieci i osoby pełnosprawne powinny mieć powiększony obszar dobrej widoczności, w stosunku do zwykłych przejść dla pieszych:

- w przypadku dzieci o około 15%,
- w przypadku osób niepełnosprawnych o 50%.

Wpływ pochylenia podłużnego odcinka drogi przed przejściem dla pieszych, gdy odcinek położony jest na:

- spadku (8%) powoduje wzrost długości odległości widoczności na zatrzymanie o 30%,
- wzniesieniu (8%) powoduje spadek długości odległości widoczności na zatrzymanie o 15%.

Wpływ stanu nawierzchni odcinka drogi dojazdowej do przejścia dla pieszych, gdy współczynnik przyczepności jest:

- mniejszy od bazowego (jako bazowy przyjęto  $\mu = 0,3$ , mokra nawierzchnia) i wynosi np.  $\mu = 0,2$  (warunki zimowe) powoduje wzrost odległości widoczności na zatrzymanie o 33%,
- większy od bazowego i wynosi np.  $\mu = 0,4$  lub  $0,6$  (sucha nawierzchnia) powoduje zmniejszenie odległości widoczności na zatrzymanie odpowiednio o 17% i 34%.

Kolejnym czynnikiem jest także czas percepcji i czas reakcji kierowcy na pojawienie się pieszego na przejściu dla pieszych lub dochodzącego do przejścia. Dobra informacja o przejściu dla pieszych z reguły powoduje skrócenie czasu reakcji i percepcji, co może wpłynąć na skrócenie odległości widoczności na zatrzymanie.

Przeprowadzone analizy wskazują, że w większości przypadków decydującą o odległości dobrej widoczności na przejściu dla pieszych jest odległość widoczności ze względu na pieszego  $L_{WP}$ , tj. odległość widoczności pojazdu zbliżającego się do przejścia dla pieszych umożliwiającą bezpieczne przejście pieszego przez jezdnię. Tylko w niektórych przypadkach (warunki zimowe, odcinki dróg zamiejskich o dużych prędkościach) odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu przed przejściem  $L_{WZ}$  decyduje o wyznaczeniu obszaru dobrej widoczności. W przypadku poziomego odcinka drogi i hamowania normalnego odległość  $L_{WZ}$  będzie większa od odległości  $L_{WP}$  dla prędkości miarodajnych powyżej 90 km/h. Natomiast w przypadku analizowanej prędkości miarodajnej  $V_{85} = 60$  km/h odległości drogi ze względu na pieszego  $L_{WP}$  będzie większa od odległości  $L_{WZ}$  o 8 metrów (o 10%) w przypadku przejścia jednopasowego do 106 metrów (o 130%) dla przejścia trzypasowego.

### Propozycja metody wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych w Polsce

#### Koncepcja metody

W praktyce krajowej nie ma dobrej procedury wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych. Korzystając z przedstawionych doświadczeń zagranicznych i własnych [1], zaproponowano metodę określania obszaru dobrej widoczności w obszarze przejść dla pieszych w Polsce. Metoda ta jest rozwinięciem uproszczonej metody zaproponowanej w podręczniku *Ochrony pieszych* [1]. Metoda zawiera:

- sposób szacowania odległości widoczności pojazdu zbliżającego się do przejścia dla pieszych z punktu widzenia pieszego chcącego przekroczyć jezdnię,

- sposób szacowania odległości widoczności pieszego przechodzącego przez jezdnię lub wykazującego zamiar wejścia na przejście dla pieszych z punktu widzenia kierowcy pojazdu zbliżającego się do przejścia,
- zasady sprawdzania obszaru dobrej widoczności i postępowania w celu jej zagwarantowania.

Metoda dotyczy wyznaczania obszarów dobrej widoczności na: wyznaczonych przejściach dla pieszych, sugerowanych przejściach dla pieszych, chodnikach równoległych [1] oraz innych miejscach przechodzenia pieszych przez jezdnię drogi.

**Zasady wyznaczania odległości dobrej widoczności pojazdów z punktu widzenia pieszego**

Odległość dobrej widoczności  $L_{WP}$  pojazdu nadjeżdżającego z prawej lub z lewej strony przejścia dla pieszych, wyznaczana z punktu widzenia pieszego oczekującego na chodniku lub poboczu na akceptowaną lukę czasową między pojazdami, zależy w znacznej mierze od długości przejścia dla pieszych (albo liczby pasów ruchu do pokonania przez pieszego). Rozróżnia się dwa przypadki odległości widoczności pojazdu dojeżdżającego do przejścia dla pieszych z lewej strony –  $L_{WP}^L$  i z prawej strony –  $L_{WP}^P$

W przypadku dwupasowego przejścia dla pieszych (o długości 7,0 metrów) bez wyspy azylu (rys. 4a), odległości widoczności pojazdów dojeżdżających do przejścia wynosi :

- z lewej strony pieszego –  $L_{WP}^L = L_{WP}$
- z prawej strony –  $L_{WP}^P = 2L_{WP}^L$  (tj. prawie dwukrotnie więcej niż z lewej strony, gdyż w tym przypadku pieszy musi przejść przez dwa pasy ruchu).

W przypadku dwupasowego przejścia dla pieszych z wyspą azylu (rys. 4b) odległość widoczności jest taka sama zarówno dla pojazdów nadjeżdżających z lewej, jak i z prawej strony pieszego i wynosi  $L_{WP}^P = L_{WP}^L = L_{WP}$

Natomiast w przypadku przejść dla pieszych przez wiele pasów ruchu odległość dobrej widoczności pojazdu z punktu widzenia pieszego będzie dłuższa i proporcjonalna do liczby pasów ruchu na przejściu.

Odległość  $L_{WP}$  oblicza się na podstawie wzoru (7) w zależności od prędkości pojazdu dojeżdżającego do przejścia  $V_m$ , długości przejścia dla pieszych  $L_p$ , prędkości pieszego przechodzącego przez jezdnię  $V_p$  i czasu reakcji pieszego  $T_{RP}$

Prędkość  $V_m$  pojazdów na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych ustala się na podstawie pomiarów terenowych (na istniejących przejściach dla pieszych lub przed miejscem planowanego przejścia dla pieszych). W przypadku planowanych lub projektowanych dróg, prędkość  $V_{85}$  można przyjąć na podstawie wzoru (8):

$$V_{85} = w_v \cdot V_{dop} \tag{8}$$

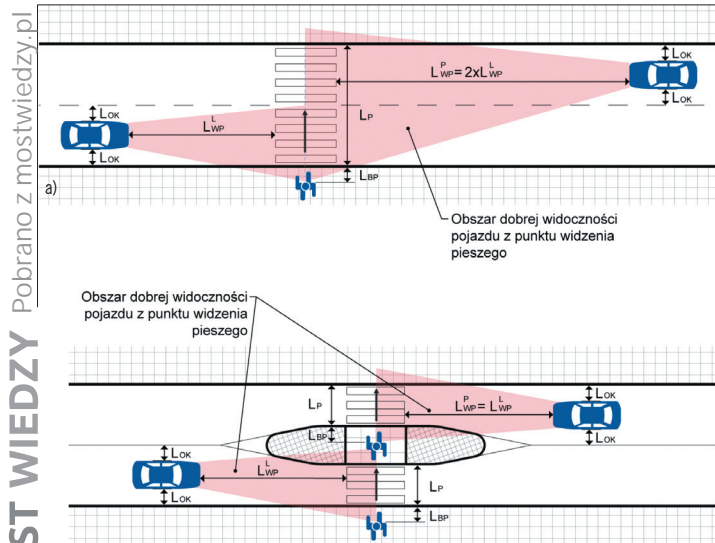
gdzie:

- $V_{85}$  – kwantyl 85% z rozkładu prędkość pojazdów (km/h)
- $w_v$  – współczynnik przeliczeniowy, umożliwiający oszacowanie prędkości  $V_{85}$  w zależności od prędkości dopuszczalnej, rodzaju obszaru i rodzaju lub kategorii drogi
- $V_{dop}$  – prędkość dopuszczalna na analizowanym odcinku drogi (km/h).

Podstawiając do wzoru (7) prędkość miarodajną oszacowaną za pomocą wzoru (8), otrzymamy wzór na odległość widoczności pojazdu przez pieszego opisaną wzorem (9):

$$L_{WP} = \frac{w_v \cdot V_{dop}}{3,6} \cdot \left( \frac{L_p}{V_p} + T_{RP} \right) \tag{9}$$

Współczynnik przeliczeniowy  $w_v$  umożliwia oszacowanie prędkości  $V_{85}$  w zależności od prędkości dopuszczalnej  $V_{dop}$  oraz rodzaju obszaru i typu (rodzaju lub kategorii) drogi. Na podstawie badań prowadzonych w ciągu ostatnich kilkunastu lat w Polsce [14], [15], [16], [17], [18], [19] stwierdzono, że kierowcy przekraczają w znacznym stopniu dopuszczalne limity prędkości. Stopień przekraczania limitów dopuszczalnej prędkości zależy przede wszystkim od: rodzaju obszaru, typu drogi (rodzaju lub kategorii), szerokości jezdni, warunków widoczności, systemu nadzoru nad prędkością i warunków atmosferycznych. Ponad 60% kierowców przekracza limity dopuszczalnej prędkości, najbardziej na odcinkach dróg tranzytowych przechodzących przez małe miejscowości, na ulicach głównych w miastach i na odcinkach zamiejskich dróg krajowych. To zjawisko uwzględniono (w uproszczony sposób), przedstawiając w tabeli 1 szacunkowe wartości liczbowe współczynnika  $w_v$  w zależności od rodzaju obszaru, wybranych typów drogi i warunków atmosferycznych, ustalone na podstawie wcześniej wymienionych badań przeprowadzonych w Polsce.



4. Zasady wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych w Polsce: a) przejście przez jezdnię dwupasową, b) przejście przez jezdnię dwupasową z wyspą azylu.

o: opracowanie własne J. Rychlewska

Tabela 1

Liczbowe wartości współczynnika $w_p$ dla wybranych typów drogi, zalecane do szacowania prędkości $V_{85}$			
Obszar	Typ drogi	Współczynnik $w_p$	
		Opady deszczu	Bez opadów
Zabudowany	Droga tranzytowa (krajowa)	1,40	1,50
	Ulice główne w miastach	1,30	1,35
	Pozostałe ulice	1,12	1,15
Nie zabudowany	Drogi krajowe	1,20	1,25
	Drogi wojewódzkie	1,12	1,15
	Drogi powiatowe	1,04	1,05
Zabudowany / niezabudowany	Automatyczny nadzór nad prędkością – wszystkie drogi	1,00	1,00

**Prędkość dopuszczalna  $V_{dop}$ .** Zgodnie z zasadami przedstawionymi w podręczniku *Ochrony pieszych* [1], przejście dla pieszych może być wyznaczone tylko na odcinku drogi, na którym prędkość  $V_{dop} \leq 50$  km/h (a  $V_{85} \leq 60$  km/h). Ta propozycja odnosi się do przypadków wyznaczania znakiem dopuszczalnego limitu prędkości oraz do limitów prędkości dopuszczalnej w porze dziennej na obszarach zabudowy, dla której w warunkach polskich obowiązuje dopuszczalna prędkość 50 km/h. Natomiast w porze nocnej (po 23:00 godzinie) obowiązuje dopuszczalna prędkość 60 km/h. W związku z tym, kiedy na analizowanych przejściach w warunkach nocnych występuje ruch pieszy na analizowanym przejściu, należy przeprowadzić dodatkową ocenę prędkości na tym przejściu w warunkach nocnych i podjąć decyzję o ewentualnej zmianie prędkości dopuszczalnej. W przypadku zaakceptowania zaproponowanego podejścia będziemy mieli do czynienia z dwoma przypadkami:

- wyznaczone przejścia dla pieszych z prędkościami dopuszczalnymi pojazdów w zakresie 30–50 km/h;
- sugerowanymi przejściami dla pieszych i innymi miejscami częstego przechodzenia pieszych, na których może występować prędkość dopuszczalna w szerokim zakresie od 20 km/h (strefa zamieszkania) do 100 km/h (droga zamiejska dwujezdniowa) czy nawet 120 km (nieogrodzona droga ekspresowa).

**Długość przejścia  $L_p$**  przyjmuje się jako odległość mierzona między krawężnikami jezdni, przez którą zamierza przejść pieszy, albo pomiędzy krawężnikiem jezdni i wyspą azylu, dzielącą jezdnię (jeżeli wyspa ta ma szerokość co najmniej 2,0 metry).

**Prędkość pieszego przechodzącego przez jezdnię  $V_p$ .** Korzystając z wyników badań zagranicznych opisanych w podręczniku *Ochrony pieszych* [1] oraz badań własnych [2], zaleca się przyjmować prędkość pieszych  $V_p$ :

na istniejących przejściach dla pieszych, na podstawie badań terenowych, jako kwantyl 15% z rozkładu pomierzonych prędkości pieszych na analizowanym przejściu  $V_{p15}$ ;

na planowanych i projektowanych przejściach, zaleca się przyjmować do obliczeń następująco:

- w przypadku typowego przejścia dla pieszych –  $V_p = 1,2$  m/s,

- w przypadku specjalnego przejścia dla pieszych, przez które przechodzą dzieci np. w drodze do szkoły –  $V_p = 1,0$  m/s,
- w przypadku specjalnego przejścia dla pieszych, przez które przechodzą osoby niepełnosprawne np. osoby niedowidzące, osoby starsze –  $V_p = 0,7$  m/s.

**Czas reakcji i opuszczenia jezdni  $T_{RP}$**  Na podstawie wyników studiów literatury i analiz własnych proponuje się przyjmować następująco:

- a) w przypadku braku dodatkowych urządzeń ochronnych i słabej informacji o przejściu dla pieszych –  $T_{RP} = 2,5$  s,
- b) w przypadku występowania dodatkowych urządzeń ochronnych (np. wyniesione przejście dla pieszych) i dobrej informacji o miejscu przejścia –  $T_{RP} = 1,5$  sekundy.

Dla sześciu wybranych przypadków obliczono odległość dobrej widoczności  $L_{WP}$  pojazdu nadjeżdżającego z prawej lub z lewej strony przejścia dla pieszych, z punktu widzenia pieszego oczekującego na chodniku lub poboczu na akceptowaną lukę czasową między pojazdami dla wybranych przykładów. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 2. Obliczenia odległości widoczności  $L_{WP}$  przedstawiono dla trzech typów dróg położonych na obszarze zabudowanym: odcinka drogi tranzytowej przechodzącej przez wieś lub małe miasto (z nadzorem automatycznym i bez), odcinka głównej ulicy w mieście z rozdzielonymi jezdniami oraz pozostałych ulic w mieście (bez i z wyspą azylu dla pieszych).

Do obliczeń przyjęto: współczynniki  $w_p$  do oszacowania prędkości  $V_{85}$ , dla poszczególnych przypadków z tablicy 1 (dla nawierzchni mokrej i po opadach deszczu), prędkość pieszego  $V_p = 1,2$  m/s, czas reakcji i opuszczenia jezdni przez pieszego  $T_{RP} = 2,5$  (dla przyp. 1, 3–6) i  $T_{RP} = 1,5$  s (dla przyp. 2), szerokość pasa ruchu  $B = 3,5$  metra. Obliczenia wykonano dla odległości widoczności pojazdu z punktu widzenia pieszego z lewej  $L_{WP}^L$  i z prawej strony  $L_{WP}^P$ .

Przedstawione w tablicy 2 wyniki obliczeń wskazują, jak istotnym problemem jest zapewnienie obszaru dobrej widoczności pojazdów dojeżdżających do przejścia z punktu widzenia pieszego. W szczególności problem ten dotyczy przejść dla pieszych wyznaczanych przez jezdnie wielopasowe bez dodatkowych urządzeń ochrony pieszych (przyp. 3 i 4) oraz przejścia dla pieszych na drogach tranzytowych przechodzących przez małe miasta i wsie (przyp. 1) oraz na wyznaczonych przejściach dla pieszych na odcinkach dróg zamiejskich poza obszarem zabudowy. Wyniki obliczeń potwierdzają, że zastosowanie dodatkowych urządzeń ochrony pieszych (automatyczny nadzór nad prędkością pojazdów – przyp. 2 i zastosowanie wysp azylu – przyp. 6) znacznie skraca niezbędną odległość widoczności pojazdu z punktu widzenia pieszego  $L_{WP}$ .

Za dyskusyjne można uznać prezentowanie wyników obliczeń odległości dobrej widoczności dla przejść dla pieszych przy prędkości dopuszczalnej 90 lub 70 km/h (w tablicach 2–5). Warunki przyjęte do obliczeń dla tych przypadków przedstawiono w wyjaśnieniach pod tablicami 2 i 3. Wyniki obliczeń zestawione w tych tablicach umożliwiają

Odległość dobrej widoczności $L_{WP}$ pojazdu nadjeżdżającego do przejścia dla pieszych, wyznaczana z punktu widzenia pieszego $L_{WP}$ (m)												
Prędkość dopuszczalna	Droga tranzytowa, 1x2 pasy ruchu				Ulice główne, rozdzielone jezdnie				Pozostałe ulice, 1x2 pasy ruchu			
	nadzór automatyczny				liczba pasów ruchu				wyspa azylu			
	brak		jest		2x2		2x3		brak		jest	
$V_{dop}$ (km/h)	1.		2.		3.		4.		5.		6.	
	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$	$L_{WP}^L$	$L_{WP}^P$
20									34	52	34	34
30									51	78	51	51
40	84	130	49	93	120	120	163	163	67	104	67	67
50	105	162	61	116	150	150	203	203	84	130	84	84
60	126	194	74	139	181	181	244	244	101	156	101	101
70*	137	211	86	162	211	211	284	284				
90**	163	250	110	208								

— zalecany obszar prędkości dopuszczalnych na wyznaczonych przejściach dla pieszych

\* – prędkość dopuszczalna 70 km/h określona znakami przez obszary zabudowane (podniesiony limit prędkości, przyjęto  $w_v = 1.3$ )

\*\* – prędkość dopuszczalna 90 km/h określona ustawowo, występuje w wielu przypadkach na przejściach dróg tranzytowych przez obszary zurbanizowane (ale nie wyznaczone znakiem D-42, przyjęto  $w_v = 1.2$ )

projektantom oraz zarządzającym ruchem drogowym przedstawienie i uzmysłowienie, jak wielki obszar dobrej widoczności należy zapewnić pieszem i kierowcy na wyznaczonym przejściu dla pieszych zlokalizowanym na odcinku drogi tranzytowej przechodzącej przez obszar zabudowany (znak D 42), ale z podniesionym do 70 km/h limitem prędkości dopuszczalnej lub przez obszar zurbanizowany (wioskę), ale bez wyznaczonego obszaru zabudowanego (brak znaku D 42).

### Zasady wyznaczania odległości dobrej widoczności pieszego z punktu widzenia kierowcy

Odległość dobrej widoczności na zatrzymanie pojazdu  $L_{WZ}$  to niezbędny odcinek drogi od miejsca przebywania pojazdu do krawędzi przejścia dla pieszych, która jest potrzebna do zapewnienia odpowiedniego czasu dla kierowcy niezbędnego do: rozpoznania (percepcji) czy na przejściu dla pieszych (lub obszarze dojścia do przejścia) nie znajduje się pieszy, podjęcia decyzji i wykonania ewentualnego manewru hamowania.

Korzystając ze wzorów (1), (2), (6) i ich przekształceń, proponuje się obliczanie odległości widoczności na zatrzymanie pojazdu przed przejściem dla pieszych według wzoru (10)

$$L_{WZ} = \frac{V_m}{3,6} \cdot T_{RK} + \frac{V_m^2}{26 \cdot g \cdot (\mu \cdot \eta \pm 0,01 \cdot i)} \quad (10)$$

A biorąc pod uwagę zależność (8), otrzymamy wzór (11):

$$L_{WZ} = \frac{w_v \cdot V_{dop}}{3,6} \cdot T_{RK} + \frac{w_v^2 \cdot V_{dop}^2}{26 \cdot g \cdot (\mu \cdot \eta \pm 0,01 \cdot i)} \quad (11)$$

Prędkość miarodajną  $V_m$  pojazdów na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych ustala się zgodnie z zadanymi podanymi na str. 12.

Czas reakcji  $T_{RK}$  kierowcy na rozpoznanie przeszkody przed pojazdem i podjęcie działania przyjmowany jest na podstawie badań jako kwantyl 85% z rozkładu czasów re-

akcji. Ze względu na brak dostępnych wyników badań w Polsce proponuje się przyjąć na podstawie doświadczeń zagranicznych:  $T_{RK} = 2,0$  sekundy w przypadku braku odpowiedniej informacji o przejściu, tj. w sytuacji zaskoczenia kierowcy lub  $T_{RK} = 1,0$  sekunda w przypadku dobrze oznakowanego przejścia lub uważnej jazdy kierowców.

Współczynnik przyczepności  $\mu$  powinien być wyznaczony na podstawie pomiarów terenowych jako miarodajny współczynnik przyczepności  $\mu_m$  [20]. Natomiast w przypadku planowanego lub projektowanego przejścia dla pieszych proponuje się przyjmować  $\mu = 0,29$ .

Współczynnik uwzględniający rodzaj hamowania  $\eta$  przyjmuje następujące wartości liczbowe: 0,7 – przy hamowaniu spokojnym (normalnym), 1,0 – przy hamowaniu gwałtownym (panicznym) [10].

Dla wybranych przypadków (tych samych co w tabeli 2) obliczono odległość dobrej widoczności  $L_{WZ}$  pojazdu na zatrzymanie przed przejściem dla pieszych, z punktu widzenia kierowcy. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3. Do obliczeń przyjęto: współczynniki  $w_p$  do oszacowania prędkości  $V_{85}$ , dla poszczególnych przypadków z tabeli 1, czas reakcji (percepcji) kierowców  $T_{RK} = 2,0$  m/s (przyp. 1, 3-5) i  $T_{RK} = 1,0$  m/s (przyp. 2 i 6), współczynnik przyczepności  $\mu = 0,29$ , a współczynnik  $\eta = 1,0$ .

Przedstawione w tabeli 3 wyniki obliczeń wskazują, że w przypadku odległości widoczności na zatrzymanie pojazdu przed przejściem dla pieszych  $L_{WZ}$  najbardziej istotnym czynnikiem jest typ drogi, na której występuje analizowane przejście dla pieszych i występująca tam prędkość pojazdów. Najdłuższe odległości widoczności na zatrzymanie wymagane są na drogach zamiejskich, na tranzytowych przechodzących przez małe miasta i wsie oraz na głównych ulicach w miastach. Natomiast najkrótsze odległości na zatrzymanie wymagane są na pozostałych ulicach w miastach oraz na odcinkach dróg i ulic wyposażonych w systemy automatycznego nadzoru nad prędkością pojazdów.

Wartości liczbowe odległości na zatrzymanie z punktu widzenia kierowcy  $L_{WZ}$  i z punktu widzenia pieszego  $L_{WP}$  róż-

Odległość dobrej widoczności $L_{WZ}$ pojazdu na zatrzymanie przed przejściem dla pieszych, wyznaczana z punktu widzenia kierowcy							
Lp.	Typ drogi	Prędkość $V_{dop}$ (km/h)	Odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu przed przejściem dla pieszych $L_{WZ}$ (m)				
			Pochylenie podłużne drogi $i$ (%)				
			-8	-4	0	4	8
1.	Droga tranzytowa przechodząca przez wieś lub miasto, bez automatycznego nadzoru nad prędkością	40	90	80	74	68	64
		50	130	116	105	97	91
		60	178	157	142	130	121
		70*	205	180	163	149	138
		90**	278	243	218	199	184
2.	Droga tranzytowa przechodząca przez wieś lub miasto, z automatycznym nadzorem nad prędkością	40	41	36	33	30	28
		50	61	53	48	44	40
		60	84	73	65	59	55
		70	111	96	86	78	71
		90	176	152	135	121	111
3./4.	Miasto, ulica główna	40	79	71	65	61	58
		50	115	102	93	86	81
		60	157	139	126	116	108
		70	205	180	163	149	138
5.	Miasto, ulice pozostałe, bez wyspy azylu dla pieszych	20	22	20	19	18	18
		30	40	36	34	32	31
		40	62	56	52	49	46
		50	90	80	74	68	64
6.	Miasto, ulice pozostałe, z wyspą azylu dla pieszych	20	16	14	13	12	12
		30	30	27	25	23	21
		40	50	44	40	36	34
		50	74	65	58	53	49

■ – zakres prędkości dopuszczalnej przy, której mogą być wyznaczone przejścia dla pieszych

\* – prędkość dopuszczalna 70 km/h określona znakami przez obszary zabudowane (podniesiony limit prędkości, przyjęto  $w = 1.3$ )

\*\* – prędkość dopuszczalna 90 km/h określona ustawowo, występuje w wielu przypadkach na przejściach dróg tranzytowych przez obszary zurbanizowane (ale nie wyznaczone znakiem D-42, przyjęto  $w = 1.2$ )

nią się. Odległość widoczności  $L_{WP}^P$  z prawej strony pieszego dla przyjętych parametrów, w wielu analizowanych przypadkach (z wyjątkiem przejścia drogi tranzytowej przez obszar zabudowany) jest większa niż odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu  $L_{WZ}$ . Także odległość widoczności  $L_{WP}^L$  z lewej strony pieszego chcącego przejść przez jezdnię, dla przyjętych parametrów, w większości przypadków jest większa niż odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu  $L_{WZ}$ .

### Zasady sprawdzania obszaru dobrej widoczności

Obliczone odległości widoczności pieszych i pojazdów w obszarze przejść dla pieszych:  $L_{WP}^P$ ,  $L_{WP}^L$  i  $L_{WZ}$  wykorzystywane są w pracach projektowych. Analizy obszarów widoczności na przejściu dla pieszych należy przeprowadzić dla trzech aspektów: oceniając widoczność w planie sytuacyjnym, widoczność w profilu podłużnym oraz widoczność na skrzyżowaniach i wjazdach.

**Plan sytuacyjny.** W planie sytuacyjnym należy wykreślić obszar (trójkąt lub trapez) dobrej widoczności w zależności od odległości od krawędzi jezdni oczekiwania pieszego na przejście i odległości przecięcia się linii wzroku pieszego lub kierowcy z krawędzią jezdni, mierzoną wymaganą długością krawędzi jezdni wolną od przeszkód  $L_{KP}$ . Długość  $L_{KP}$  oblicza się za pomocą wzorów (12–14) w zależności od odległości widoczności.

W przypadku wyznaczania obszaru dobrej widoczności pojazdu przez pieszego długość  $L_{KP}$  oblicza się oddzielnie dla obszaru z lewej i z prawej strony przejścia dla pieszych:

a) dla obszaru z lewej strony przejścia długość  $L_{KPL}$  wynosi:

$$L_{KPL} = \frac{L_{WP}^L \cdot L_{BP}}{(L_{BP} + L_{OK})} \quad (12)$$

b) dla obszaru z prawej strony przejścia długość  $L_{KP2}$  wynosi:

$$L_{KPP} = \frac{L_{WP}^P \cdot L_{BP}}{(L_{BP} + L_P - (B - L_{OK}))} \quad (13)$$

W przypadku wyznaczania obszaru dobrej widoczności pieszego przez kierowcę pojazdu  $L_{KK}$  wynosi:

$$L_{KK} = \frac{L_{WZ} \cdot L_{BP}}{(L_{BP} + L_{OK})} \quad (14)$$

gdzie:

$L_{KP}$  – wymagana długość krawędzi jezdni wolna od przeszkód ograniczających pieszemu widoczność pojazdów dojeżdżających do przejścia dla pieszych (m)



- $L_{KK}$  – wymagana długość krawędzi jezdni wolna od przeszkód ograniczających kierowcy widoczność pieszego oczekującego na przejście przez jezdnię (m)
- $L_{BP}$  – odległość (bezpieczna) pieszego od krawędzi jezdni, oczekującego na przejście przez jezdnię (m)
- $L_p$  – długość przejścia dla pieszych (m)
- $B$  – szerokość pasa ruchu, na którym znajduje się analizowany pojazd (m)
- $L_{OK}$  – odległość położenia głowy (oczu) kierowcy od krawędzi jezdni (m).

Dla sześciu wybranych przypadków zestawionych w tabeli 2, wykonano obliczenia wymaganej długości krawędzi jezdni wolnej od przeszkód ograniczających pieszemu widoczność na nadjeżdżające pojazdy  $L_{KP}$ . Wyniki obliczeń dla obszarów z lewej i z prawej strony przejścia dla pieszych zestawiono w tabeli 4. Do obliczeń przyjęto: bezpieczną odległość pieszego od krawędzi jezdni, oczekującego na przejście przez jezdnię  $L_{BP} = 1,0$  metr, długość przejścia dla pieszych  $L_p = 3,5-10,5$  metra w zależności od rodzaju przekroju poprzecznego jezdni, szerokość pasa ruchu  $B = 3,5$  metra, odległość położenia głowy (oczu) kierowcy od krawędzi jezdni  $L_{OK} = 1,0$  metr (uwzględniając także kierujących motocyklami), droga w poziomie.

Dla wybranych przypadków zestawionych w tabeli 3 wykonano obliczenia wymaganej długości krawędzi jezdni wolnej od przeszkód ograniczających widoczność kierowcom pieszych oczekujących na przejście przez jezdnię  $L_{KK}$ . Wyniki obliczeń zestawiono w tabelach 4 i 5.

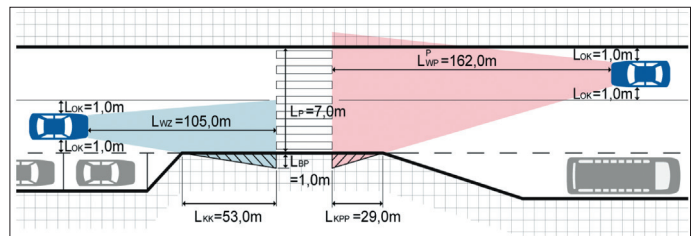
Analizując otrzymane wyniki, stwierdzono, że w przypadku prędkości dopuszczalnej większej niż 30 km/h na wszystkich analizowanych drogach wymagana długość krawędzi jezdni wolna od przeszkód ograniczających widoczność pieszemu i kierowcy jest większa od przyjmowanej w polskiej praktyce projektowej długości 10 metrów. W analizowanych przypadkach odległość ta wynosi od 9 do 142 metrów. To może wskazywać, że jedną z przyczyn tak dużego zagrożenia pieszych przy przechodzeniu przez jezdnię może być brak wymaganego obszaru dobrej widoczności.

Po obliczeniu wymaganej długości krawędzi jezdni wolnej od przeszkód ograniczających widoczność pieszym i kierowcom pojazdów dojeżdżających do przejścia dla pieszych należy przystąpić do wykreślenia obszaru dobrej widoczności.

Na rysunku 5 przedstawiono przykład obszarów dobrej widoczności wyznaczonych z punktu widzenia pieszego i kierowcy pojazdu. Przykład dotyczy drogi tranzytowej przechodzącej przez wieś, prędkość dopuszczalna  $V_{dop} = 50$  km/h, droga dwupasowa bez azylu dla pieszych. Przyjęto także najbardziej niekorzystny przypadek, kiedy pieszy znajduje się na skraju przejścia (od strony nadjeżdżającego pojazdu).

W tak wyznaczonym obszarze dobrej widoczności nie powinny znajdować się żadne obiekty, parkujące pojazdy, bariery, wygrodenia, drzewa, roślinność itp. W przeciwnym przypadku należy:

- „oczyścić” obszar dobrej widoczności z obiektów pogarszających percepcję kierowców i pieszych (usunięcie drzew, płotów, wygrodzień, parkujących pojazdów itp.),
- zastosować sterowanie ruchem za pomocą sygnalizacji świetlnej lub wymusić zmniejszanie prędkości na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych (zmniejszenie prędkości dopuszczalnej, zastosowanie automatycznego nadzoru nad prędkością, zastosowanie elementów uspokojenia ruchu itp.), a równocześnie zastosować specjalną organizację ruchu (stosując dodatkową informację o zbliżaniu się pojazdu do przejścia dla pieszych np. z wykorzystaniem sygnalizacji migającej).



Rys. 5. Przykład wyznaczania obszaru dobrej widoczności na przejściu dla pieszych w planie sytuacyjnym (w tym przypadku:  $L_{WP} = L_{WZ}$  a  $L_{KPL} = L_{KK}$ ).

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4

**Zestawienie wymaganej długości krawędzi jezdni wolnej od przeszkód ograniczających widoczność pieszemu na nadjeżdżające pojazdy  $L_{Ki}$  (m) dla wybranych przypadków**

Prędkość dopuszczalna	Droga tranzytowa, 1x2 pasy ruchu				Ulice główne, rozdzielone jezdnie				Pozostałe ulice, 1x2 pasy ruchu			
	nadzór automatyczny				liczba pasów ruchu				wyspa azylu			
	brak		jest		2x2		2x3		brak		jest	
$V_{dop}$ (km/h)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$	$L_{KPL}$	$L_{KPP}$
20									17	9	17	17
30									25	14	25	25
40	42	24	25	17	60	60	81	81	34	19	34	34
50	53	29	31	21	75	75	102	102	42	24	42	42
60	63	35	37	25	90	90	122	122	51	28	51	51
70	68	38	43	29	105	105	142	142				
90	81	45	55	38								

- zakres prędkości dopuszczalnej przy, której mogą być wyznaczone przejścia dla pieszych.  
 - obliczone wartości użyto jako dane do przykładu na rys. 5.

Tabela 5

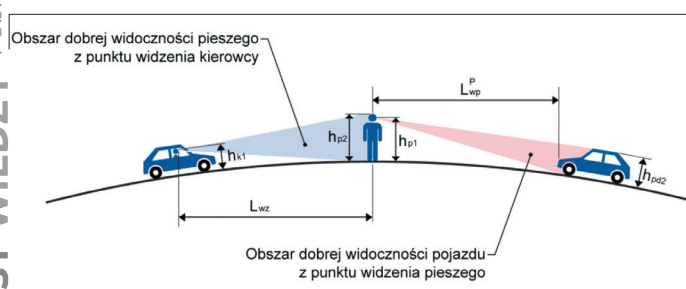
Zestawienie wymaganej długości krawędzi jezdni wolnej od przeszkód ograniczających kierowcy widoczność pieszych oczekujących na przejście przez jezdnię $L_{KK}$ (m) dla wybranych przypadków							
Lp.	Typ drogi	Prędkość $V_{dep}$ (km/h)	Wymagana długość krawędzi wolna od przeszkód ograniczających kierowcy widoczność pieszego oczekującego na przejście przez jezdnię LKK (m)				
			Pochylenie podłużne drogi $i$ (%)				
			-8	-4	0	4	8
1.	Droga tranzytowa przechodząca przez wieś lub miasto, bez automatycznego nadzoru nad prędkością	40	45	40	37	34	32
		50	65	58	53	49	45
		60	89	79	71	65	61
		70	103	90	81	74	69
		90	139	121	109	99	92
2.	Droga tranzytowa przechodząca przez wieś lub miasto, z automatycznym nadzorem nad prędkością	40	20	18	16	15	14
		50	30	27	24	22	20
		60	42	37	33	30	27
		70	55	48	43	39	36
		90	88	76	67	61	55
3./4.	Miasto, ulica główna	40	40	36	33	31	29
		50	57	51	47	43	40
		60	78	69	63	58	54
		70	103	90	81	74	69
5.	Miasto, ulice pozostałe, bez wyspy azylu dla pieszych	20	11	10	10	9	9
		30	20	18	17	16	15
		40	31	28	26	24	23
		50	45	40	37	34	32
6.	Miasto, ulice pozostałe, z wyspą azylu dla pieszych	20	8	7	7	6	6
		30	15	14	12	11	11
		40	25	22	20	18	17
		50	37	32	29	26	24

■ – zakres prędkości dopuszczalnej przy, której mogą być wyznaczone przejścia dla pieszych  
 ■ – zaznaczone liczby użyto jako dane do przykładu na rys. 5

W przypadku braku możliwości zastosowania wymienionych rozwiązań należy zmienić lokalizację przejścia dla pieszych.

**Profil podłużny.** Lokalizacja przejścia dla pieszych na wierzchołku wzniesienia drogi lub tuż za wierzchołkiem to podstawowy problem organizacji ruchu pieszego w terenach falistym i górskim. Dlatego konieczne jest sprawdzenie, czy obliczone odległości widoczności z punktu widzenia pieszego i z punktu widzenia kierowcy są zachowane. Zasadę sprawdzania warunków widoczności przedstawiono na rysunku 6.

Dostępna odległość widoczności pieszego  $L_{WD}$  na przejściu dla pieszych na łuku pionowym wypukłym o promieniu  $R$  oblicza się dla dwóch przypadków [10]:



6. Schemat sprawdzania warunków dobrej widoczności na przejściu dla pieszych profilu podłużnym drogi.

o: opracowanie własne na podstawie [1], [22].

- a) gdy odległość  $L_w$  jest mniejsza niż długość krzywizny wyokrąglenia załomu niwelety, według wzoru (13):

$$L_{WD} = \sqrt{2R} \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (13)$$

- b) gdy odległość  $L_w$  jest większa niż długość krzywizny wyokrąglenia załomu niwelety, według wzoru (14):

$$L_{WD} = 0,005 \cdot R \cdot (i_1 \pm i_2) + \frac{100 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{i_1 \pm i_2} \quad (14)$$

gdzie:

- $L_{WD}$  – dostępna odległość widoczności (m)
- $R$  – promień łuku wypukłego (m)
- $h_1$  – wysokość położenia oka uczestnika ruchu: pieszego, kierowcy (m)
- $h_2$  – wysokość uczestnika ruchu: pojazdu, pieszego na przejściu dla pieszych (m)
- $i_1$  – pochylenie niwelety drogi przed załomem (%)
- $i_2$  – pochylenie niwelety drogi za załomem (%).

Wysokość położenia oka uczestnika ruchu drogowego  $h_1$  przyjmuje się następująco:

- pieszy przekraczający jezdnię: najczęściej przyjmuje się  $h_1 = 1,07$  metra jako wysokość oka uczestnika ruchu na wózku inwalidzkim, na przejściach uczęszczanych przez dzieci należy brać pod uwagę wysokość położenia oka dziecka,  $h_{p1} = 0,6$  metra;
- kierowca pojazdu:  $h_{k1} = 1,0-1,1$  metra dla samochodu osobowego,  $h_{k1} = 2,4$  metra dla samochodu ciężarowego.

Wysokość uczestnika ruchu drogowego  $h_2$  przyjmuje się następująco:

- pieszy przekraczający jezdnię:  $h_{p2} = 0,6 - 2,0$  metry,
- pojazd:  $h_{pd2} = 1,0 - 4,0$  metry.

Następnie należy sprawdzić czy dostępna odległość widoczności  $L_{WD}$  jest większa od lub równa wymaganej odległości widoczności dla pieszego  $L_{WP}$  i dla kierowcy  $L_{WZ}$ :

$$L_{WD} \geq \{L_{WP}, L_{WZ}\} \quad (15)$$

Jeżeli warunek opisany wzorem (13) jest spełniony, to przejście dla pieszych będzie dobrze widoczne z punktu widzenia kierowcy, a także pojazdy dojeżdżające do przejścia będą dobrze widoczne z punktu widzenia pieszego.

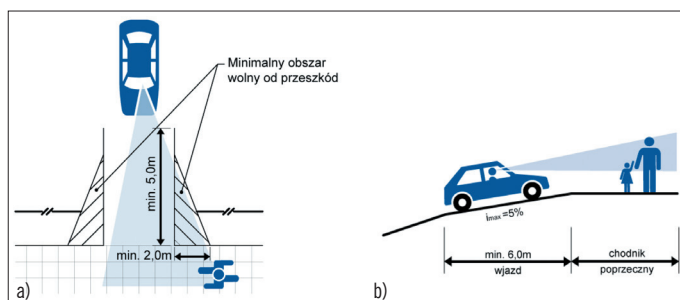
W przeciwnym przypadku, gdy dostępna odległość widoczności jest mniejsza niż wymagana należy:

- zwiększyć dostępną odległość dobrej widoczności poprzez przebudowę drogi (zwiększenie promienia wyokrąglenia załomu niwelety lub zmniejszenie pochyleń podłużnego jezdni);
- wymusić zmniejszanie prędkości na odcinku dojazdowym do przejścia dla pieszych (zmniejszenie prędkości dopuszczalnej, zastosowanie automatycznego nadzoru nad prędkością, zastosowanie elementów uspokojenia ruchu itp.), a równocześnie zastosować specjalną organizację ruchu (stosując dodatkową informację o zbliżaniu się pojazdu do przejścia dla pieszych np. z wykorzystaniem sygnalizacji migającej).

Natomiast w przypadku braku możliwości zastosowania wymienionych rozwiązań należy zmienić lokalizację przejścia dla pieszych.

**Skrzyżowania i wjazdy.** Na przejściach dla pieszych zlokalizowanych na skrzyżowaniach oprócz widoczności w planie i w profilu podłużnym należy sprawdzić także widoczność pieszego dla kierowców pojazdów skręcających w prawo i w lewo. W celu obliczenia wymaganej odległości widoczności należy przyjąć prędkość miarodajną stosownie wielkości promieni skrętu na tych relacjach skrętnych.

Innym problemem jest widoczność pieszych, poruszających się po chodniku, przez kierowców pojazdów wjeżdżających na ulice z wjazdów. Na rysunku 7 przedstawiono zasady zapewniania widoczności pieszego na chodniku wzniesionym (poprzecznym) do jezdni głównej w planie sytuacyjnym i profilu podłużnym. W planie sytuacyjnym przy dojeździe do chodnika powinien być zachowany obszar dobrej widoczności (wolny od przeszkód) co najmniej



Rys. 7. Zasady wyznaczania odległości widoczności pieszych na chodnikach poprzecznych z punktu widzenia kierowcy pojazdu wjeżdżającego z wjazdu bocznego: a) w planie sytuacyjnym, b) w profilu podłużnym.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [21]

o wymiarach 2,0 x 5,0 metrów po każdej stronie wjazdu. Natomiast w profilu podłużnym, dla zachowania możliwości dostrzeżenia pieszego w świetle reflektorów pojazdu, pochylenie wjazdu nie powinno być większe niż 5% na długości minimum 6,0 metrów od krawędzi chodnika

## Wnioski

Dobre spostrzeganie i bycie widzianym na drodze to jeden z podstawowych czynników bezpieczeństwa ruchu drogowego, który dotyczy w szczególności pieszych. Jednym z istotnych czynników wpływających na bezpieczeństwo pieszych jest ograniczona widoczność pieszych i pojazdów w obszarze przejść dla pieszych. W Polsce problem ten jest niedoceniany, natomiast w wielu krajach zapewnienie obszaru dobrej widoczności pieszego przez kierowcę oraz nadjeżdżającego pojazdu przez pieszego stanowią podstawowe wymaganie dotyczące lokalizacji przejścia dla pieszych.

Na podstawie przeprowadzonych studiów i analiz sformułowano następujące wnioski:

1. Każde przejście dla pieszych powinno mieć zapewniony obszar dobrej widoczności ocenianej z punktu widzenia obu konfliktowych uczestników ruchu: kierowcy i pieszego. Podstawowymi miarami do wyznaczania obszaru dobrej widoczności są: odległość widoczności na zatrzymanie pojazdu i odległość widoczności niezbędna do przejścia przez jezdnię (przejście dla pieszych). W Polsce brakuje metody obliczania tych miar.
2. Korzystając z doświadczeń własnych i innych krajów, zaproponowano metodę wyznaczenia obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych zawierającą:
  - sposób szacowania odległości widoczności pojazdu, zbliżającego się do miejsca przejścia z punktu widzenia pieszego chcącego przejść przez jezdnię;
  - sposób szacowania odległości widoczności pieszego, przechodzącego przez jezdnię lub wykazującego zamiar wejścia na przejście dla pieszych z punktu widzenia kierowcy pojazdu zbliżającego się do miejsca przejścia;
  - zasady sprawdzania obszaru dobrej widoczności i postępowania w celu jej usprawnienia.
3. Odległość widoczności niezbędnej do przejścia pieszego przez jezdnię (przejście dla pieszych) jest potrzebna pieszemu do sprawdzenia, czy występuje odpowiednia luka czasowa między zbliżającymi się pojazdami umożliwia-

jąca pieszemu bezpieczne przejście przez jezdnię i zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są: prędkość pojazdu, długość przejścia (lub szerokość jezdni w przypadku braku wyznaczonego przejścia), odległość pieszego od krawędzi jezdni, prędkość pieszego i czas reakcji (decyzji) pieszego. Ta odległość w większości przypadków decyduje o wyznaczeniu obszaru dobrej widoczności na przejściu dla pieszych.

4. Odległość dobrej widoczności na zatrzymanie pojazdu zapewnia kierowcy odpowiedni czas niezbędny do: rozpoznania (percepcji), czy na przejściu dla pieszych (lub obszarze dojścia do przejścia) nie znajduje się pieszy, podjęcia decyzji i wykonania manewru hamowania i zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są: prędkość pojazdu, czas reakcji (percepcji) kierowcy, wysokość położenia oczu kierowcy, wysokość przeszkody, współczynnik przyczepności, opóźnienie pojazdu, pochylenie podłużne drogi.
5. Opisane powyżej odległości widoczności pieszego i pojazdu decydują o wyznaczeniu obszaru dobrej widoczności na przejściu dla pieszych. Przedstawione w artykule wyniki analiz wskazują, że przyjmowana do projektowania odległość wolna od przeszkód przed przejściem dla pieszych o długości 10 metrów jest w większości przypadków niewystarczająca dla uniknięcia konfliktu pomiędzy pojazdem a pieszym, co może być jedną z głównych przyczyn tak dużego zagrożenia pieszych przechodzących przez jezdnię w naszym kraju.
6. Przedstawioną propozycję metody szacowania obszaru dobrej widoczności na przejściach dla pieszych należy sprawdzić dla innych przypadków i po jej zweryfikowaniu opracować w formie przystępnej dla projektantów i zarządzających ruchem drogowym.
7. Przedstawione wyniki analiz wskazują także na konieczność przeprowadzenia oceny warunków widoczności na większości istniejących przejść dla pieszych w Polsce i podjęcie koniecznych działań naprawczych, a także wprowadzenie zagadnienia widoczności na przejściach dla pieszych w odpowiednich dokumentach legislacyjnych.

Większość parametrów niezbędnych do wyznaczenia odległości widoczności pojazdu i pieszego na przejściu dla pieszych ustalana jest na podstawie pomiarów terenowych, ale jest jeszcze wiele parametrów, które wymagają ustaleń na podstawie badań ogólnokrajowych. Ustaleń wymagają takie parametry jak: czas reakcji (percepcji) kierowcy zbliżającego się do przejścia dla pieszych, czas reakcji pieszego chcącego przejść przez jezdnię, prędkość pieszego na przejściach dla pieszych różnych łazajów, prędkość miarodajna pojazdów dojeżdżających do przejścia dla pieszych, odległość oka kierowcy od krawędzi drogi, bezpieczna odległość pieszego od krawędzi jezdni.

#### Wnioski

Jamroz K., Gaca S., Michalski L., Mackun T. Rychlewska J. i inni, *Ochrona pieszych. Podręcznik dla organizatora ruchu pieszego*, MIR, Sekretariat KRBRD, Warszawa 2014.  
Jamroz K., Gumińska L., Mackun T., Rychlewska J., *Widoczność na przejściach dla pieszych*, „Drogownictwo”, 2015 (w przygotowaniu do druku).

3. Das Land Kärnten, *Abteilung 7. Kompetenzzentrum Wirtschaftsrecht und Infrastruktur Richtlinie. Grundlagen für die Anordnung eines Schutzweges*, 2013.
4. Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (2002), *Empfehlungen für Fußgängerkehrsanlagen (EFA)*, FGSV-Verlag, Köln.
5. Layton R., Karen D., *Stopping Sight Distance*. Oregon Department of Transportation, USA, 2004.
6. Wortman R.H., Matthaas J.S., *Evaluation of Driver Behavior at Signalized Intersections*, "Transportation Research Record", 1983, no 904.
7. *The design of Pedestrian Crossings*, "Local Transport Note", 1995, no 2.
8. *Manual Streets*. Department of Transport HMSO, London 2007.
9. Nemeth B., Ross T. et al, *Uncontrolled Pedestrian Crossing Evaluation Incorporating Highway Capacity Manual Unsignalized Pedestrian Crossing Analysis Methodology*. FHWA MN/RC 2014-21 Report, USA, 2014.
10. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*. WKŁ Warszawa 2008.
11. *Planning and designing for pedestrians: guidelines*. Department for Transportation, Government of Western Australia, Version 5–2012.
12. Akcelik R., *An Investigation of Pedestrians Movement Characteristics at Mid-Block Signalised Crossings*. Akcelik & Associates Pty Ltd, Australia, 2001.
13. Kuhn R., *Zebra Streifen. Richtlinien für Schutzwege*, Land Salzburg, 2008.
14. Gaca S., *Badania prędkości pojazdów i jej wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego*, „Zeszyty Naukowe PK”, 2002, nr 75.
15. Gaca S., Jamroz K., Ząbczyk K. i inni, *Analiza wybranych aspektów zachowania użytkowników dróg*. Raport końcowy. Konsorcjum: SIGNALCO Kraków – TRAFIK Gdańsk – HB Verkehrsconsult Aachen. Kraków – Gdańsk 2003. Praca zrealizowana na zlecenie Sekretariatu Krajowej Rady BRD, w ramach środków Banku Światowego.
16. Gaca S., Jamroz K., Ząbczyk K. i inni, *Ogólnokrajowe studium pomiarów prędkości pojazdów i wykorzystania pasów bezpieczeństwa*. W ramach SPOT. Raport Okresowy nr 2. Konsorcjum: SIGNALCO Kraków – TRAFIK Gdańsk – BIT Poznań. Kraków – Gdańsk – Poznań 2006.
17. Gaca S., Jamroz K., Kustra W. i inni, *System lokalizacji fotoradarów na sieci dróg krajowych w celu uzyskania maksymalnej redukcji liczby ofiar śmiertelnych w wypadkach drogowych*. Raporty etapu I–IV. Politechnika Krakowska, Politechnika Gdańska, Kraków 2007–2009 – praca na zlecenie GDDKiA w Warszawie
18. Szczuraszek T., *Prędkość pojazdów w warunkach drogowego ruchu swobodnego*, „Studia z zakresu inżynierii”, 2008, nr 62.
19. Jamroz K., Gaca S., Michalski L. i inni, *Opracowanie metodologii badań i koncepcji systemu monitorowania wybranych zachowań uczestników ruchu drogowego na sieci dróg w Polsce wraz z przedstawieniem rekomendacji wdrożeniowych*. Część B – Badania i analiza zagrożeń pieszych uczestników ruchu drogowego na obszarach miejskich i zamiejskich w Polsce. Praca na zlecenie SKRBRD, wykonana przez Konsorcjum FRIL, PG, PK, Gdańsk – Kraków 2013.
20. *System oceny stanu nawierzchni SOSN. Wytyczne stosowania – Załącznik D. Zasady pomiaru i oceny stanu właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni bitumicznych w systemie oceny stanu nawierzchni SOSN*. Biuro Sieci Drogowej, GDDKiA Warszawa 2002.
21. *Pedestrian Planning Guide*. The design of the pedestrian network, NZT. <http://www.nzta.govt.nz/resources/pedestrian-planning-guide/docs/chapter-3.pdf>
22. *Pedestrian Crossing Facility Guidelines and Prioritisation System User Guide*, Queensland Government, TMR, issue: 22/3/2010.