

BADANIE ZAKRESU WIDOCZNOŚCI PIESZEGO WYPOSAŻONEGO W ELEMENT ODBLASKOWY W PORZE NOCNEJ

W artykule omówiony został problem dostrzegania pieszego oświetlonego światłami mijania w porze nocnej. Przedstawione zostały wyniki badań dotyczące odległości postrzegania w światłach mijania pieszego nie posiadającego elementu odblaskowego a następnie wyposażonego w pryzmatyczną opaskę odblaskową umieszczoną na przedramieniu. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań odniesiono się również do długości drogi zatrzymania pojazdu przy prędkości maksymalnie dozwolonej administracyjnie w danych warunkach drogowych oraz możliwości uniknięcia wypadku poprzez wykonanie manewru omijania lub zatrzymania pojazdu przed pieszym w oparciu o zmierzone odległości. Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej, która pozwoliła ocenić poprawność wnioskowania na ich podstawie.

WSTĘP

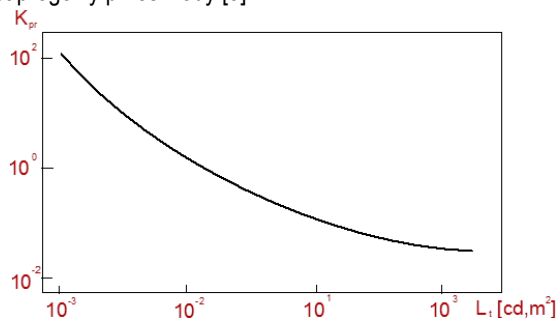
Ze względu na niezbyt dobre przystosowanie wzroku ludzkiego do widzenia w nocy, niezbędnym staje się wykorzystywanie coraz to nowszych rozwiązań technicznych i prawnych w zakresie stosowania oświetlenia sztucznego skutkującego poprawą widoczności na drodze w porze nocnej. Związane jest to przede wszystkim z zapewnieniem kontrastu, stosowaniem zróżnicowanych elementów w zakresie wartości luminancji, pozwalających na odróżnienie przeszkód lub innych uczestników ruchu drogowego od tła. Możemy wyróżnić trzy podstawowe problemy dotyczące bezpieczeństwa w ruchu drogowym w porze nocnej [1]:

1. występowanie zjawiska olśnienia,
2. szacowanie odległości,
3. dostrzeganie przeszkód lub innych uczestników ruchu (pieszych).

Jednak ze względu na różną wartość luminancji, barwy oraz natężenia oświetlenia infrastruktury drogowej oraz uczestników ruchu, kierujący pojazdami nie są w pełni świadomi znaczącego zróżnicowania możliwości dostrzegania obiektów o różnym kontraście, a co za tym idzie, dostosowania sposobu jazdy do tych ograniczeń. Szczególny problem dotyczy zagrożenia tzw. niechronionych użytkowników ruchu drogowego jakimi są piesi, którzy nie mogą liczyć na ochronę w postaci karoserii pojazdu i stają się najbardziej zagrożonymi użytkownikami drogi [2]. W celu poprawy ich widoczności, z dniem 1 września 2014 r., został znowelizowany kodeks Prawo o ruchu drogowym [3], gdzie zgodnie z art. 11 "Pieszy poruszający się po drodze, po zmierzchu, poza obszarem zabudowanym jest obowiązany używać elementów odblaskowych w sposób widoczny dla innych uczestników ruchu, chyba że porusza się po drodze przeznaczonej wyłącznie dla pieszych lub po chodniku". Nowelizacja kodeksu drogowego w zakresie obowiązkowego stosowania elementów odblaskowych po zmierzchu poza obszarem zabudowanym jest konsekwencją ogromnej liczby wypadków z udziałem pieszych. Należało więc sprawdzić jak przedstawia się możliwość uniknięcia wypadku drogowego z udziałem pieszego nie wyposażonego a następnie wyposażonego w elementy odblaskowe w warunkach rzeczywistych.

1. WPLYW PARAMETRÓW ŚWIETLNYCH OBIEKTU I TŁA NA ZASIĘG WIDOCZNOŚCI. UPROSZCZONY MODEL ZAUWAŻANIA PIESZEGO W WARUNKACH NOCNYCH

Proces dostrzegania obiektów na drodze ściśle związany jest ze zmianą widzialności, co w konsekwencji prowadzi do zmiany bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Zarówno widoczność drogi jak i obiektów na niej występujących zależy od wielu czynników. Do najważniejszych można zaliczyć poziom natężenia oświetlenia jezdni, kontrast obiektu i tła, poziom luminancji tła oraz obiektów, adaptacji wzroku kierowcy oraz kątowych rozmiarów obiektów, czyli odległość obserwacji [4,5,6]. Na rys. 1 przedstawiono zależność z której wynika, że im większa jest luminancja tła, tym większy kontrast progowy przeszkody [5].



Rys. 1. Zależność luminancji tła od kontrastu progowego

Kontrast luminancji można również przedstawić za pomocą zależności matematycznej:

$$K = \left| \frac{L_0 - L_T}{L_T} \right|$$

gdzie:

- L_0 – luminancja obiektu,
- L_T – luminancja tła.

W zakresie dostrzegania obiektów w trudnych warunkach oświetleniowych, tj. w porze nocnej można wyróżnić stany widzenia określane jako ujemny kontrast, z którym mamy do czynienia w przypadku, gdy wartość luminancji tła jest większa od luminancji

obiekty lub kontrastu dodatniego, gdy wartości luminancji przedstawiają się odwrotnie [8]. W zakresie możliwości dostrzegania pieszego w światłach mijania (bez dodatkowych elementów świetlnych) należy posłużyć się spostrzeżeniami przeprowadzonych badań [9] z których wynika, że przy jednolitym kolorze ubrania, w pierwszej kolejności dochodzi do dostrzeżenia nóg pieszego a później tułowia, co zależne jest od kierunku formowania wiązki świetlnej światła mijania. W celu poprawy widoczności pieszego na jezdni poza obszarem zabudowanym z dniem 1 września 2014r., został wprowadzony przepis nakazujący stosowanie elementów odblaskowych na wszystkich pieszych jako uczestników ruchu drogowego.

Problem wypadkowości z udziałem pieszych jest jednym z trudniejszych problemów prawnych, z którym zmagają się zarówno organ procesowy jak i biegły dokonujący rekonstrukcji wypadku w zakresie ustalenia zakresu widoczności pieszego, co jest podstawą do wnioskowania przyczyn wypadku i ustalenia sprawcy [5,10,11]. Należy zaznaczyć, że każde zdarzenie drogowe analizowane jest indywidualnie i nie ma schematu, który mógłby być stosowany do każdego zdarzenia z udziałem pojazdu i pieszego w warunkach nocnych. W literaturze [5] dostępny jest uproszczony matematyczny model zauważania pieszych oświetlonych światłami mijania, który zależy od właściwości oraz parametrów reflektorów samochodowych. Trudno jednak model ten stosować podczas różnych warunków drogowych, atmosferycznych i środowiskowych.

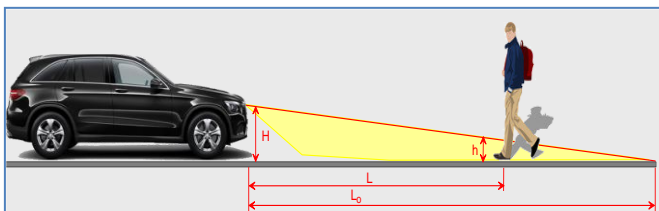
Na podstawie w/w modelu matematycznego przyjmuje się, że pieszy, gdy znajdzie się w zasięgu wiązki światła, która oświetli go na minimalną wysokość 25 – 30 cm mierząc od nawierzchni jezdni, przy prawidłowej obserwacji zmieniających się warunków ruchowo drogowych przez kierującego, może być dostrzeżony z odległości wynikającej z zależności:

$$L = L_0 \cdot \frac{H - h}{h}$$

L_0 – zasięg rozkładu plamy świetlnej na nawierzchni jezdni,

H – odległość od osi reflektorów do nawierzchni jezdni,

h – wysokość na jaką powinien być oświetlony pieszy (30cm od nawierzchni jezdni) aby mógł być dostrzeżony przez kierującego.



Rys. 2. Matematyczny model przedstawiający możliwość dostrzeżenia pieszego w światłach mijania w porze nocnej

Wyznaczona algebraicznie odległość jest wartością teoretyczną, ponieważ przy określaniu rzeczywistej odległości dostrzegania należy uwzględnić możliwą zmianę zakresu widoczności związaną z warunkami atmosferycznymi oraz oświetlenia naturalnego. Należało więc sprawdzić zakres widoczności pieszego niewyposażonego w elementy odblaskowe w stosunku do konkretnego pojazdu w warunkach nocnych, a następnie zbadać różnicę odległości w postrzeganiu pieszego wyposażonego w elementy odblaskowe i uzyskane wyniki odnieść do możliwości uniknięcia wypadku drogowego poprzez ominięcie pieszego lub drogi zatrzymania pojazdu względem pieszego.

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem eksperymentu było zbadanie zakresu widoczności pieszych niewyposażonych a następnie wyposażonych w element odblaskowy w warunkach rzeczywistych w porze nocnej przy włączonych światłach mijania. Badania przeprowadzono w następujących warunkach drogowych i atmosferycznych:

- warunki oświetleniowe - pora nocna w godzinach 22³⁰- 00⁴⁵,
 - data badań: 03.04. 2017r.,
 - odcinek pomiarowy jezdni: prosty (360m),
 - jezdnia – dwukierunkowa, po jednym pasie ruchu w każdym kierunku (kierunki ruchu nie są wyznaczone poziomymi znakami drogowymi),
 - teren – poza obszarem zabudowanym,
 - nawierzchnia jezdni: asfaltowa,
 - warunki atmosferyczne: wiatr słaby, zachmurzenie całkowite, kierunek badań (obserwacji) wschodni, normalna przejrzystość powietrza, bez opadów atmosferycznych.
- Do badań wykorzystano (rys. 3):
- samochód Audi A4 B8, rok produkcji: 2009, reflektor zespolony światła mijania i drogowych, źródło światła mijania - żarówka halogenowa H1,
 - respondenci – 32 osoby (kobiety, mężczyźni – przedział wiekowy 19-20 lat),
 - miernik odległości: koło pomiarowe NIVEL SYSTEM M100,
 - opaska odblaskowa koloru żółtego.

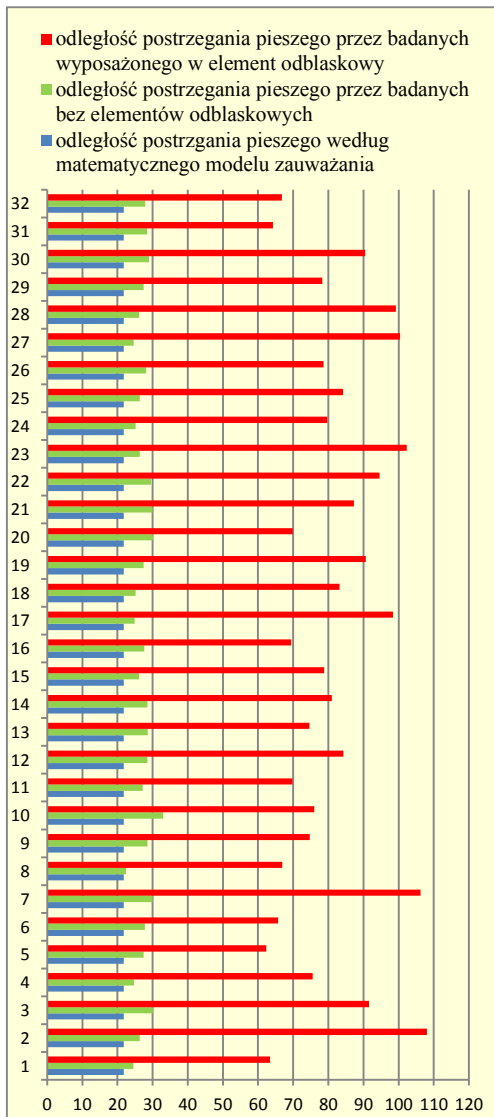


Rys. 3. Elementy techniczne wykorzystane w badaniach

Eksperyment polegał na zbadaniu zakresu widoczności pieszego przez respondentów biorących udział w badaniu, przy włączonych światłach mijania. Pieszy w pierwszej próbie nie był wyposażony w żaden element odblaskowy, natomiast w drugiej próbie posiadał opaskę odblaskową (pryzmatyczną) samozaciskową koloru żółtego umieszczoną na przedramieniu. Odległość samochodu od pieszego w chwili rozpoczynania manewru jazdy to odcinek około 500m. Na tej podstawie obliczono różnicę odległości zakresu widoczności pieszego niewyposażonego i wyposażonego w element odblaskowy przez biorących udział w badaniu.

3. WYNIKI I ANALIZA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

Graficzne zestawienie wyników badań przedstawia rysunek 4, natomiast na rysunku 5 przedstawiono ekstremalne wyniki dostrzeżenia pieszego niewyposażonego a następnie wyposażonego w element odblaskowy przez respondentów biorących udział w badaniu.



Rys. 4. Wyniki badań odległości dostrzegania pieszego w światłach mijania /oś pionowa – badani, oś pozioma – odległość w metrach/, 1- wyposażonego w element odblaskowy, 2- bez elementu odblaskowego, 3- na podstawie modelu matematycznego

Gdyby wyniki badań przełożyć na możliwość uniknięcia wypadku drogowego poprzez omińnięcie pieszego, bądź zatrzymanie się przed jego torem ruchu, to możliwości te wynikają z zależności I i II.

$$I: S_z = \frac{V^2}{2 \cdot a} + V \cdot \left(t_r + \frac{t_n}{2} \right) \quad [m]$$

$$II: L = V \cdot \left(t_r + \sqrt{\frac{y}{1,56 \cdot \mu_y}} \right) \quad [m]$$

I - możliwość uniknięcia poprzez zatrzymanie pojazdu,

II - możliwość uniknięcia poprzez omińnięcie pieszego (zmiana toru ruchu), gdzie: $t_r = 1s$ – czas reakcji kierującego, $t_n = 0,3s$ – czas narastania siły hamującej i opóźnienia zadziałania układu hamulcowego, $a = 7m/s^2$ – opóźnienie hamowania na suchej nawierzchni asfaltowej, $V = 25m/s = 90km/h$ – prędkość pojazdu, $L = 35,8m$ – minimalny odcinek potrzebny do przemieszczenia bocznego pojazdu wynoszący 0,5m po torze ukośnej sinusoidy przy prędkości 25m/s, $y = 0,5m$ – przemieszczenie boczne pojazdu, $\mu_y = 0,6$ – współczynnik przyczepności poprzecznej podczas zmiany toru

ruchu, $S_z = 73,4 m$ – długość drogi zatrzymania pojazdu przemieszczającego się z prędkością 25 m/s.

Do analizy przyjęto maksymalną prędkość dozwoloną administracyjnie poza obszarem zabudowanym, tj. 90 km/h. Wyniki możliwości uniknięcia wypadku drogowego przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Możliwość uniknięcia wypadku drogowego poprzez omińnięcie i zatrzymanie pojazdu przed pieszym nie posiadającym elementu odblaskowego (*) lub wyposażonego w element odblaskowy (**)

L.p	Zakres widoczności kolejnej osoby na podstawie eksperymentu bez elementu odblaskowego [m]	Zakres widoczności kolejnej osoby na podstawie eksperymentu z wykorzystaniem elementu odblaskowego koloru żółtego [m]	Możliwość uniknięcia wypadku poprzez omińnięcie		Możliwość uniknięcia wypadku poprzez zatrzymanie	
			-NIE TAK	-NIE TAK	-NIE TAK	-NIE TAK
	(*)	(**)	(*)	(**)	(*)	(**)
1	24,5	63,4	TAK	TAK	TAK	TAK
2	26,3	108,1	TAK	TAK	TAK	TAK
3	30,1	91,6	TAK	TAK	TAK	TAK
4	24,7	75,5	TAK	TAK	TAK	TAK
5	27,4	62,3	TAK	TAK	TAK	TAK
6	27,8	65,7	TAK	TAK	TAK	TAK
7	30	106,2	TAK	TAK	TAK	TAK
8	22,4	66,9	TAK	TAK	TAK	TAK
9	28,5	74,7	TAK	TAK	TAK	TAK
10	33	76	TAK	TAK	TAK	TAK
11	27,2	69,8	TAK	TAK	TAK	TAK
12	28,5	84,3	TAK	TAK	TAK	TAK
13	28,6	74,6	TAK	TAK	TAK	TAK
14	28,5	81	TAK	TAK	TAK	TAK
15	26,2	78,8	TAK	TAK	TAK	TAK
16	27,6	69,4	TAK	TAK	TAK	TAK
17	24,9	98,4	TAK	TAK	TAK	TAK
18	25,2	83,2	TAK	TAK	TAK	TAK
19	27,4	90,7	TAK	TAK	TAK	TAK
20	30,1	69,9	TAK	TAK	TAK	TAK
21	30	87,3	TAK	TAK	TAK	TAK
22	29,5	94,6	TAK	TAK	TAK	TAK
23	26,3	102,3	TAK	TAK	TAK	TAK
24	25,2	79,7	TAK	TAK	TAK	TAK
25	26,3	84,2	TAK	TAK	TAK	TAK
26	28,2	78,6	TAK	TAK	TAK	TAK
27	24,6	100,4	TAK	TAK	TAK	TAK
28	26,2	99,2	TAK	TAK	TAK	TAK
29	27,4	78,3	TAK	TAK	TAK	TAK
30	29	90,5	TAK	TAK	TAK	TAK
31	28,4	64,2	TAK	TAK	TAK	TAK
32	27,9	66,8	TAK	TAK	TAK	TAK

Z przeprowadzonej analizy wynika, że przy prędkości 90 km/h żadna osoba biorąca udział w eksperymencie, przy zakresie widoczności pieszego niewyposażonego w element odblaskowy, nie miałaby możliwości uniknięcia wypadku drogowego zarówno przez zatrzymanie pojazdu przed pieszym jak i jego omińnięcie. W przypadku natomiast, kiedy pieszy wyposażony był w element odblaskowy koloru żółtego, w wyniku obliczeń, okazało się, że możliwość uniknięcia wypadku poprzez omińnięcie wyniosła 100%, natomiast poprzez zatrzymanie 72%.

Na podstawie przeprowadzonych badań odniesiono się również do średniej drogi zatrzymania i możliwości uniknięcia wypadku

poprzez zatrzymanie pojazdu przed pieszym wyposażonym w element odblaskowy jak i nieposiadającym odblasku. Wyniki przedstawiono graficznie na rysunku 6. Należało również sprawdzić, z jaką maksymalną prędkością, odnosząc się do wyników badań, mógłby poruszać się samochód w obu przypadkach przemieszczania się pieszego, tj. zarówno z, jak i bez elementu odblaskowego. Z analizy przeprowadzonych badań wynika, że pieszy bez elementu odblaskowego widziany był z najbliższej odległości wynoszącej **22,4m**, natomiast najkrótsza odległość zakresu widoczności pieszego wyposażonego w element odblaskowy wyniosła **62,3m**. Z poniższej zależności:

$$V_{\max} = -a \cdot \left(t_r + \frac{t_n}{2}\right) + \sqrt{a^2 \cdot \left(t_r + \frac{t_n}{2}\right)^2 + 2 \cdot a \cdot S} \quad [m/s]$$

wynika, że maksymalna prędkość umożliwiająca zatrzymanie pojazdu przed pieszym bez elementu odblaskowego wyniosła **41,05 km/h**, natomiast przed pieszym wyposażonym w element odblaskowy **81,2 km/h**.

W celu weryfikacji istotności statystycznej, uzyskane wyniki badań (tab. 1) poddano analizie statystycznej (tab. 2,3,4, rys.7), która pozwoliła ocenić wiarygodność uzyskanych wyników i poprawność wnioskowania na ich podstawie. Do tych celów posłużono się odpowiednimi narzędziami statystycznymi [12,13], które w zależności od rodzaju uzyskanych wyników, opierały się na oznaczonych w statystyce testach.

Tab. 2. Wyniki analizy normalności testem Shapiro-Wilka [12]

	Shapiro-Wilk		
	Statystyka	df	p
Zakres widoczności osoby bez elementów odblaskowych	0,98	32	0,744
Zakres widoczności osoby wyposażonej w element odblaskowy koloru żółtego	0,95	32	0,166

W celu sprawdzenia zgodności rozkładu pomiarów z rozkładem normalnym wykonano analizę testami Shapiro-Wilka. Test ten weryfikuje hipotezę o występowaniu takiej zgodności. Wyniki istotne statystycznie świadczą o występowaniu różnic między rozkładem zmiennej a rozkładem normalnym. Pomiarów podczas przeprowadzonych badań miały rozkłady zgodne z rozkładem normalnym. Z tego względu w dalszej analizie wykonano odpowiednie testy parametryczne.

Tab. 3. Wyniki analizy korelacji r Pearsona [13]

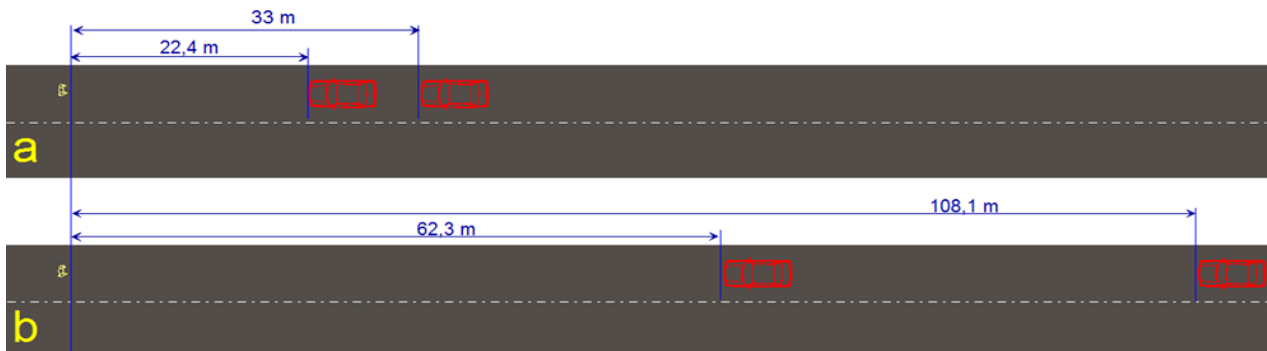
	bez elementów odblaskowych	z elementem odblaskowym
Zakres widoczności osoby na podstawie eksperymentu	1	0,01
		1

Analizę korelacji r Pearsona wykonano w celu zbadania związków między pomiarami. Wyniki istotne statystycznie świadczą o występowaniu takich relacji.

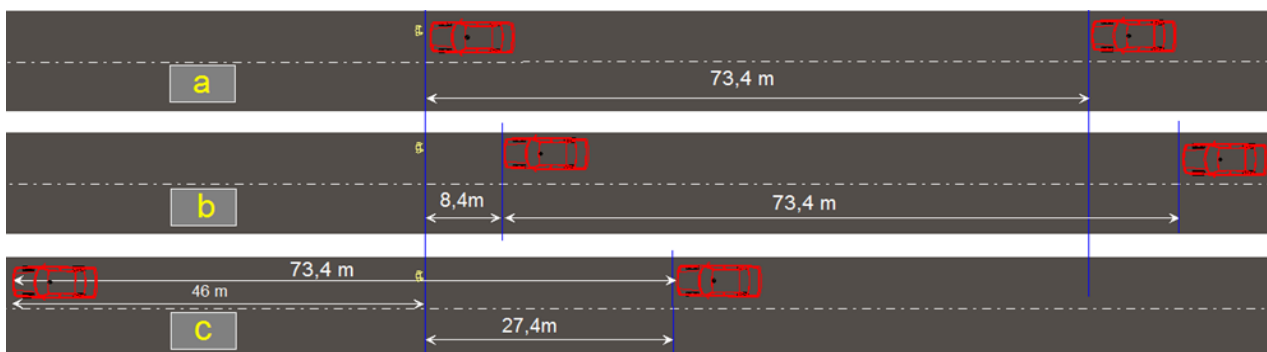
Tab. 4. Statystyki opisowe dla pomiarów

	Średnia	Odchylenie standardowe
Zakres widoczności osoby na podstawie eksperymentu bez elementów odblaskowych	27,43	2,16
Zakres widoczności osoby na podstawie eksperymentu	81,77	13,29

Dodatni znak przy współczynniku r oznacza, że wzrost pomiaru jednej zmiennej jest powiązany ze wzrostem pomiaru drugiej z nich. Siła związku mierzona jest przedziałowo: 0-0,1 brak, 0,1-0,3 słaby, 0,3-0,5 umiarkowany, 0,5-0,7 silny, 0,7-0,9 bardzo silny, 0,9-1 niemal pełny. Analiza wykazała, że była istotna statystycznie korelacja pomiędzy oceną widoczności osoby na podstawie eksperymentu



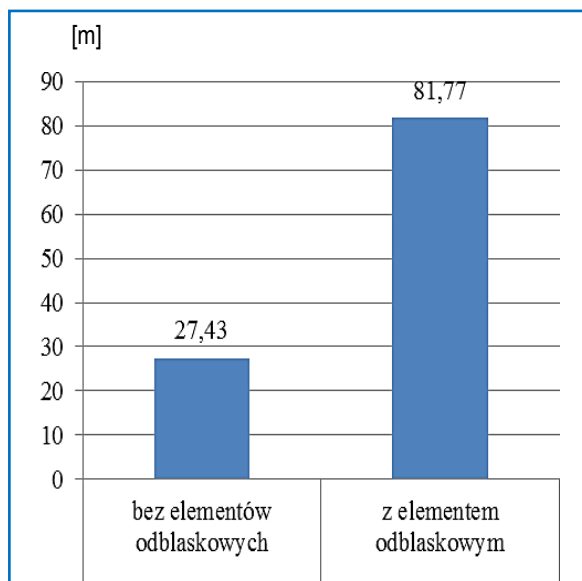
Rys. 5. Graficzne przedstawienie rozpiętości wyników badań odległości dostrzegania przez respondentów pieszego niewyposażonego (a) oraz wyposażonego (b) w element odblaskowy



Rys. 6. Graficzne przedstawienie możliwości uniknięcia wypadku na podstawie średnich odcinków drogi możliwych do zauważenia pieszego wyposażonego w element odblaskowy (b), niewyposażonego w odblask (c). Drogę zatrzymania samochodu przy prędkości 90 km/h przedstawia rys. a

z elementem odblaskowym a oceną widoczności osoby niewyposażonej w taki element.

W celu zbadania istotnych statystycznie różnic wykonano analizę testem t-Studenta [14] dla prób zależnych. Analiza wykazała, że wyniki badań różniły się istotnie statystycznie ($p < 0,001$).



Rys.7. Zakres widoczności osoby na podstawie eksperymentu z podziałem z elementem odblaskowym oraz bez elementów odblaskowych

WNIOSKI

Niestety, ale większa część osób poruszających się po drodze w porze nocnej, nie zdaje sobie sprawy jak bardzo ograniczoną widocznością charakteryzuje się kierujący pojazdem po zapadnięciu zmroku. Jeśli warunki drogowe wymuszają przemieszczanie się kierującego pojazdem przy włączonych światłach mijania, to reflektory zdolne są oświetlić drogę przed pojazdem na odległość zaledwie 40m. Pieszy natomiast widoczny jest z jeszcze mniejszej odległości, ponieważ wiązka świetlna musi go oświetlić na około 25 – 30cm mierząc od nawierzchni jezdni aby stał się widoczny przez kierującego, co oznacza, że w rzeczywistości odległość dostrzeżenia pieszego jest dużo mniejsza (rzędu 20-25m) i zależna jest od wysokości osi symetrii reflektorów pojazdu. Przeprowadzona analiza możliwości uniknięcia wypadku wykazała, że odległość ta nie jest możliwa do zatrzymania pojazdu przed pieszym, a co więcej, nie daje możliwości ominięcia pieszego, ponieważ w czasie reakcji kierujący nie ma możliwości zmiany toru ruchu pojazdu. Podstawowym warunkiem natomiast pozwalającym uniknąć tragicznej w skutkach konfrontacji z pojazdem jest odpowiednia widoczność pieszego. Przeprowadzone badania wykazały, że jeśli ten sam pieszy, który widoczny był z odległości 22,4 – 33m bez elementów odblaskowych, po wyposażeniu go w opaskę odblaskowa koloru żółtego umieszczoną na przedramieniu zauważony zostaje na około 62,3 – 108,1m przed samochodem przez kierującego. Odległość ta pozwala na podejmowanie przez kierującego odpowiednich decyzji skutkujących uniknięciem wypadku poprzez zatrzymanie pojazdu lub ominięcie pieszego. Niemalże 100% odruchów bezwarunkowych skutkuje zmianą toru ruchu przez kierującego podczas powstania zagrożenia w ruchu z jednoczesnym wykonaniem manewru hamowania. Przeprowadzona analiza wykazała, że w przypadku nieoświetlonego pieszego, droga potrzebna do zmiany toru ruchu w czasie reakcji nie skutkuje uniknięciem wypadku drogowego, natomiast badania wykazały, że doposażenie pieszego w element

odblaskowy w 100% zagwarantował pieszemu uniknięcie jego potrącenia poprzez zmianę toru ruchu pojazdu w postaci ominięcia. Trzeba pamiętać, że przedstawione w niniejszym artykule badania mają charakter badań rzeczywistych, tzn. w rzeczywistych warunkach drogowych, w stosunku do badanych, którzy są rzeczywistymi uczestnikami ruchu drogowego. Przepis kodeksu drogowego obligujący do stosowania elementów odblaskowych nie dookreśla sposobu oraz miejsca noszenia, wielkości oraz parametrów technicznych odbłasków. Tak więc elementami odblaskowymi mogą być przedmioty doczepiane do ubrania, opaski, kamizelki, smycze, itp. Zaleca się umieszczać je na wysokości kolan, dłoni, w okolicy środka klatki piersiowej i pleców – co zapewnia najlepszą ich widoczność.

Użyte do badań elementy odblaskowe nie podlegały badaniom cech odblaskowości. Wykorzystano takie, jakie dostępne są w rzeczywistości handlowej.

Przeprowadzone wyniki badań stanowią cząstkowy przyczynek do rozważań na temat celowości używania elementów odblaskowych. Należy również dokonać stosownych badań zakresu ich widoczności ze względu na barwę, cech refleksyjnych, ponieważ duża część utraconego przy odbiciu strumienia świetlnego (zmniejszonej luminancji odbłasku) wynika z selektywnego odbicia, które podobnie jak przy przepuszczaniu ujawnia się zmniejszonym współczynnikiem odbicia (odblasku), wielkość, usytuowanie, warunki pogodowe oraz drogowe z uwzględnieniem ruchu pojazdów w różnych kierunkach. W konsekwencji takich analiz można dążyć do wypracowania modelu skutkującego możliwością przedstawienia najlepszych parametrów świetlnych, a z punktu widzenia ruchu drogowego – zapewnieniem najlepszego bezpieczeństwa pieszym użytkownikom ruchu na drodze.

BIBLIOGRAFIA

1. Fors C., Lundkvist S.-O., Night-time traffic in urban areas.: raport VTI nr 650A, 2009.
2. Symon E., Wypadki drogowe w Polsce w 2016 roku, Zespół Profilaktyki i Analiz Biura Ruchu Drogowego Komendy Głównej Policji, Warszawa 2017.
3. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, Dz.U. z 2017 r., poz. 128.
4. Żagan W., Mazur J. W., Samochodowa technika świetlna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997r.
5. Wypadki drogowe, Vademecum biegłego sądowego, Wydanie 2, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
6. Wolska A., „Bezpieczeństwo pracy - nauka i praktyka” Centralny Instytut Ochrony Pracy 1/1999.
7. Unarski J., Zębala J., Zbiór podstawowych wzorów i równań stosowanych w analizie wypadków drogowych, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2006.
8. Żagan W., Podstawy techniki świetlnej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, wydanie 2 zm., Warszawa 2014.
9. Reza A., Wójcicki B., Badania widoczności światła odblaskowych, Zbiór referatów sympozjum Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych, Kraków 1991,1994.
10. Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J., Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
11. Zbiór referatów Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych, Instytut Ekspertyz Sądowych, Szczyrk 2006.
12. Shapiro S. S., Wilk M. B., An Analysis of Variance Test for Normality, Biometrika, Vol. 52, No. 3/4. (Dec., 1965), pp. 591-611.

13. Buda A., Jarynowski A., Life-time of correlations and its applications vol.1, Wydawnictwo Niezależne: 5–21, December 2010, ISBN 978-83-915272-9-0.
14. Zieliński R., Tablice statystyczne, PWN, Warszawa, 1972.

The study of the scope of visibility of a pedestrian equipped with a reflective element during the night time

The article discusses the issue of the detection of a pedestrian illuminated with the DRL lights during the night time. There were presented the results of the study concerning the distance of perception of the pedestrian without a reflective element, and then, equipped with a prismatic reflective band on the forearm. The study was conducted with the presence of DRL lights. The results of the study were also

the basis of the analysis of the stopping distance in the condition of maximum speed allowed administratively and the possibility of avoiding an accident by evading or stopping the vehicle before the pedestrian, based on the measured distances. The obtained results of the study were subjected to statistical analysis, which allowed to assess their correctness of reasoning based on them.

Autorzy:

mgr inż. **Paweł Kępa**, Politechnika Rzeszowska, e-mail: pkepa@prz.edu.pl
prof. dr hab. inż. **Wojciech Żagan**, Politechnika Warszawska, e-mail: wojciech.zagan@ien.pw.edu.pl
dr hab. inż. **Krzysztof Tereszkievicz**, prof. PRz, Politechnika Rzeszowska, e-mail: kteresz@prz.edu.pl