

Piotr Tomczuk

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

BEZPIECZEŃSTWO PIESZYCH - POMIARY LUMINANCJI NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH

Rękopis dostarczono, lipiec 2011

Streszczenie: Od szeregu lat dochodzi w Polsce do dużej liczby wypadków z udziałem pieszych. Jedną z przyczyn tego stanu jest niewłaściwe oświetlenie stref konfliktowych przeznaczonych dla ruchu pieszego. Artykuł opisuje problematykę oświetlenia przejść dla pieszych. W niniejszym referacie zostaną zaprezentowane wymogi formalne dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych w ujęciu dotychczas stosowanych w Polsce norm. Przeprowadzona zostanie analiza kryteriów przyjętych do oceny oświetlenia. Przedstawiony zostanie model luminancyjny oceny kontrastu pieszego oraz przykładowe wyniki wykonanych pomiarów. Inwestycja w badania infrastruktury drogowej może przyczynić się do poprawy stanu bezpieczeństwa niechronionych użytkowników ruchu drogowego.

Słowa kluczowe: oświetlenie, przejście dla pieszych, luminancja, kontrast, bezpieczeństwo pieszych

1. WPROWADZENIE

Analiza statystyczna wypadków prowadzona przez Komendę Główną Policji [1] wykazuje utrzymujący się i bardzo niekorzystny bilans śmiertelnych ofiar wypadków drogowych. Na polskich drogach rocznie ginie średnio ok. 5,5 tys. osób. Badania wskazują, że najwięcej wypadków ma miejsce w obszarze zabudowanym (ok. 70%), a najczęstszym rodzajem wypadków jest najechanie na pieszego (ok. 30%). Według danych z raportów rocznych piesi stanowią drugą co do wielkości grupę ofiar wypadków drogowych (tj. 1852 zabitych w 2008r.). Około 37% wszystkich ofiar wypadków drogowych w Polsce stanowią „niechronieni” uczestnicy ruchu drogowego. Na tę grupę należy zwrócić szczególną uwagę, ponieważ w przeciwieństwie do poruszających się samochodami, osoby te nie są osłonięte karoserią samochodu, nie mogą liczyć na działanie poduszek powietrznych ani pasów bezpieczeństwa. W 2009 roku odnotowano 12834 wypadki z udziałem osób pieszych (29% ogółu), w których zginęło 1477 osób (32,3% ogółu), a 12328 odniosło obrażenia ciała (22% ogółu). W większości poszkodowanymi byli sami piesi, którzy swoim zachowaniem często powodują duże zagrożenie. W 2009 roku spowodowali oni 11,3% zdarzeń. W miejscach udostępnionych dla ruchu pieszego (tablica 1) zanotowano 8211 wypadków, co stanowi 64% wszystkich wypadków

z udziałem pieszych. Śmierć poniosło 530 osób (36,1% ogółu zabitych pieszych), rannych zostało 8320 osób (69,2% ogółu rannych pieszych).

Jak wykazują prowadzone analizy, 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 ok. 10% wypadków drogowych. Szczegółowa analiza przyczyn wypadków drogowych z udziałem pieszych wskazuje, że bardzo często do wypadków dochodzi na skutek nieostrożnego wejścia pieszego na jezdnię przed nadjeżdżający pojazd, zza pojazdu lub przeszkody (ograniczenie widzialności geometrycznej). Najliczniejszą grupą pieszych – sprawców wypadków są dzieci w wieku od 7-14 lat, zaś najliczniejszą grupę ofiar śmiertelnych stanowią osoby w wieku 50-59 lat. Warto zwrócić uwagę na fakt, że do największej liczby wypadków z udziałem pieszych dochodzi w miesiącach jesiennych i zimowych. Jak wynika z danych statystycznych [1], w 2009 roku, podobnie jak w latach poprzednich, najwięcej wypadków z udziałem pieszych i najtragiczniejsze ich skutki zanotowano także w miesiącach (październik-grudzień). Zestawienie wypadków przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 1

Wypadki drogowe i ich skutki w miejscach przeznaczonych dla ruchu pieszych w 2009 roku [1]

Wybrane miejsca ruchu pieszych	Wypadki	Zabici	Ranni
Przejście dla pieszych	3775	230	3809
Skrzyżowanie	3711	246	3741
Chodnik, droga dla pieszych	420	21	450
Pobocze	159	22	165
Przystanek komunikacji publicznej	146	11	155
O g ó ł e m	8211	530	8320

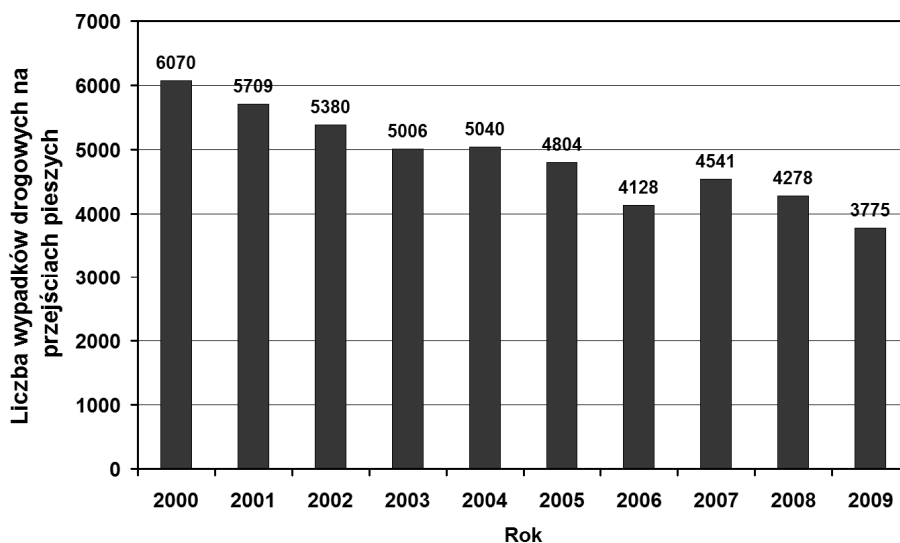
Tablica 2

Zestawienie wypadków śmiertelnych z udziałem pieszych w układzie miesięcznym w Polsce w 2009r [1]

Miesiące	Wypadki		Zabici		Ranni	
	Ogółem	%	Ogółem	%	Ogółem	%
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Styczeń	1092	8,5	131	8,9	1064	8,6
Luty	892	7,0	89	6,0	859	7,0
Marzec	1035	8,1	126	8,5	971	7,9
Kwiecień	899	7,0	98	6,6	893	7,2
Maj	855	6,7	68	4,6	851	6,9
Czerwiec	889	6,9	78	5,3	884	7,2
Lipiec	792	6,2	89	6,0	797	6,5
Sierpień	872	6,8	106	7,2	851	6,9
Wrzesień	1050	8,2	119	8,1	1008	8,2
Październik	1475	11,5	190	12,9	1368	11,1
Listopad	1556	12,1	210	14,2	1450	11,8
Grudzień	1427	11,1	173	11,7	1332	10,8
O g ó ł e m	12834	100,0	1477	100,0	12328	100,0

Pierwotnego źródła tego zjawiska należy upatrywać w złych warunkach atmosferycznych, szybko zapadającym zmierzchu, słabej widoczności pieszych i wydłużonej drogi hamowania. W miesiącach tych w godz. od 16-19 miało miejsce 40% wszystkich wypadków powodowanych przez pieszych.

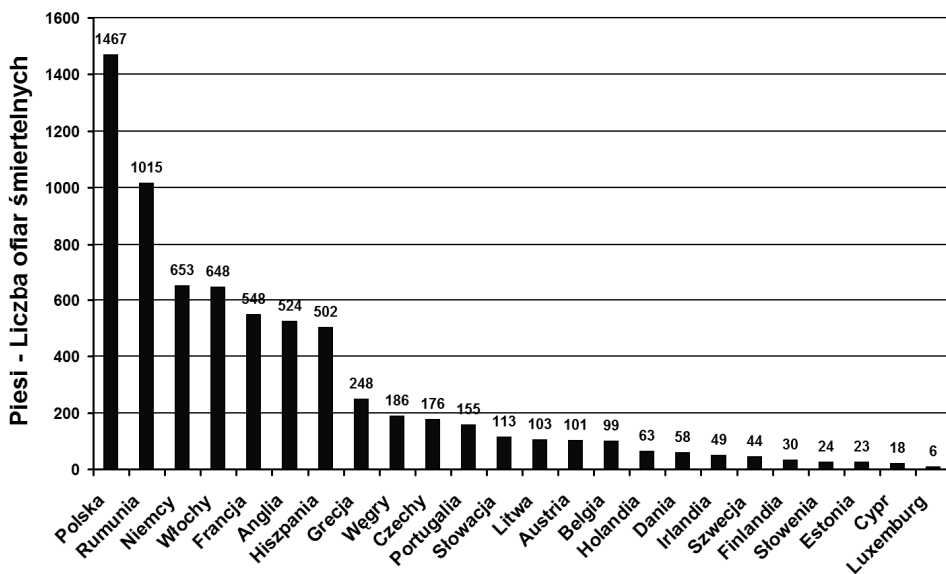
Jak wynika z danych statystycznych Komendy Głównej Policji [1] liczba wypadków na przejściach dla pieszych maleje od 2001 roku (rys.1). Tym niemniej utrzymująca się, wysoka liczba potrażeń na przejściu dla pieszych powinny budzić niepokój. Przejście dla pieszych powinno gwarantować niechronionym uczestnikom ruchu drogowego bezpieczne przekroczenie jezdni. Udział procentowy wypadków w tych miejscach w stosunku do liczby wypadków z pieszymi systematycznie rósł z 28,9% w 2000 roku, do 30,4% w roku 2005. W roku 2006 zmniejszył się do 27,4%, w 2007 i 2008 wyniósł 28,5%, a w 2009 roku zanotowano wzrost do wartości 29,4%.



Rys. 1. Liczba wypadków drogowych na przejściach dla pieszych w latach 2000-2009 [1]

Główne ogólne grupy przyczyn wypadków z udziałem pieszych to: nieostrożność kierowców, nieostrożność pieszych oraz brak właściwej widoczności pieszych użytkowników dróg. Na ostrożne i racjonalne podejście zarówno kierowców, jak i pieszych, nie ma możliwości oddziaływania w sposób bezpośredni. Można prowadzić akcje prewencyjne w szkołach i szkolić kierowców na kursach prawa jazdy. Jednakże czynnik nieostrożnego zachowania jest niezależny od czasu poświęconego na działania prewencyjne.

Badania statystyczne prowadzone przez Europejską Komisję ds. Transportu [2] świadczą o niekorzystnej sytuacji pieszych w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej. Zestawienie wypadków śmiertelnych z udziałem pieszych na przestrzeni lat 2008-2009 (rys.2) zaprezentowane w 2010 roku jednoznacznie wskazują na ten problem.



Rys. 2. Zestawienie graficzne wypadków z udziałem pieszych w Unii Europejskiej [2]

Przeście dla pieszych jest obszarem o podwyższonym ryzyku doznania obrażeń lub utraty życia na skutek kolizji pieszego z szybko poruszającymi się pojazdami. Jak wykazują badania prowadzone w roku 2003 w Wielkiej Brytanii [3], 22% wszystkich wypadków ze skutkiem śmiertelnym miało miejsce na przejściach dla pieszych. Jest to między innymi przyczyną specjalnego traktowania tych fragmentów drogi. Pieszy ma priorytet nad innymi pojazdami, a przekraczanie przez niego drogi w dozwolonym miejscu zmniejsza ryzyko wystąpienia sytuacji wypadkowej. Jak ustalono, ok. 30% pieszych nie stosuje się do wytyczonych stref ruchu i przekracza drogę w niedozwolonym miejscu [3]. Pomimo zwiększonych wysiłków w infrastrukturę drogową [4] nadal blisko jedna-czwarta wszystkich wypadków ma miejsce na lub w okolicy przejścia dla pieszych. Z zaprezentowanych wyników badań wynika, że czynnikiem decydującym o możliwości dostrzeżenia pieszego są kierunkowe współczynniki odbicia materiałów stosowanych na ubrania noszone przez pieszych.

2. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA BEZPECZEŃSTWO PIESZYCH

Można zdefiniować szereg kryteriów (tablica 3) wpływających bezpośrednio lub pośrednio na występowanie wypadków z udziałem pieszych w otoczeniu przejścia dla pieszych [5].

Tablica 3

Czynniki wpływające na występowanie wypadków z udziałem pieszych [5]

Obiekt	Cecha	Parametr
Droga	Klasyfikacja drogi	Rodzaj i klasa drogi. Stan i rodzaj nawierzchni. Szerokość pasów ruchu. Geometria drogi. Główny uczestnik ruchu drogowego. Natężenie ruchu: - w porze dziennej, - w porze nocnej. Funkcja drogi zależnie od pory roku, np. szlak tranzytowy, wakacyjny. Liczba punktów dostępowych (np. wyjazdy z posesji)
Przejście dla pieszych	Widzialność geometryczna pieszego z miejsca obserwacji kierowcy	Ograniczenie widzialności na przejściu dla pieszych od strony kierującego pojazdem: - stałe: występowanie drzew, roślinności, słupów, reklam i innych przeszkód, - czasowe: zaparkowane pojazdy bezpośrednio przed przejściem dla pieszych, przystanek autobusowy. Brak strefy zakazu parkowania przed przejściem.
	Czytelność przejścia dla pieszych	Brak lub zły stan oznakowania pionowego i poziomego. Istnienie elementów zasłaniających znaki informujące o przejściu dla pieszych Brak lub zły stan infrastruktury informacyjnej na przejściu dla pieszych, w tym sygnalizacji świetlnej, elementów dźwiękowych dla niepełnosprawnych.
	Dostępność przejścia dla pieszych	Brak wydzielonego chodnika, Brak lub nieprawidłowe usytuowanie i wypoziomowanie chodnika względem jezdni, Brak utwardzonego pobocza, Brak strefy oczekiwania na przejście, Brak ograniczeń porządkujących ruch pieszych – bariery, łańcuchy.
	Usytuowanie przejścia dla pieszych	Nieprawidłowe usytuowanie przejścia dla pieszych np. na łuku lub wzniesieniu.
	Cechy drogi bezpośrednio przed i za przejściem dla pieszych	Nieprawidłowa organizacja ruchu. Nieprawidłowa szerokość pasów ruchu. Brak wyspy lub pasa dzielącego. Brak wydzielonej drogi dla rowerzystów. Pobocze o nieprawidłowej szerokości. Zły stan techniczny pobocza. Zbyt wąskie pobocze. Przeszkody na poboczu np. blisko stojące zabudowania. Występowanie nawierzchni o małym współczynniku tarcia. Brak odwodnienia w pobliżu przejścia dla pieszych.

cd. tablicy 3

	Oświetlenie na lub w pobliżu przejścia dla pieszych	Brak lub zły stan oświetlenia na przejściu dla pieszych. Niewłaściwe poziomy natężenia oświetlenia i luminancji. Istnienie reklam i urządzeń powodujących olśnienie lub niewłaściwe prowadzenie wzrokowe kierowcy.
Pieszy	Widzialność geometryczna pojazdu z miejsca obserwacji pieszego	Ograniczenie widzialności na przejściu dla pieszych od strony pieszego: - stałe: występowanie drzew, roślinności, słupów, reklam i innych przeszkód, geometria drogi - czasowe: zaparkowane pojazdy bezpośrednio przed przejściem dla pieszych, przystanek autobusowy,
	Główny uczestnik ruchu pieszego	Stosowanie ciemnych ubrań. Niewłaściwe postrzeganie sytuacji drogowej np. dzieci lub osoby starsze. Nie przestrzeganie przepisów ruchu drogowego. Stan psychofizyczny pieszego.
Pogoda	Warunki atmosferyczne	Okresowe występowanie opadów deszczu, śniegu, mgła.

Wszystkie powyżej wymienione czynniki mogą wpłynąć na końcową ocenę przejścia dla pieszych w ujęciu kryteriów bezpieczeństwa ruchu drogowego (BRD) [5].

Należy jednak podkreślić, że decydującym czynnikiem wpływającym na bezpieczeństwo pieszych jest poziom widzialności sylwetki pieszego, jaki postrzega kierowca pojazdu samochodowego zbliżając się do strefy konfliktowej – przejścia dla pieszych.

Czynnik ten jest bezpośrednio uzależniony od właściwie dobranego i zaprojektowanego oświetlenia przejścia dla pieszych. Zapewnienie właściwych warunków obserwacji otoczenia przejścia dla pieszych przez kierowców pozwala na dostrzeżenie pieszego w odległości, która umożliwi podjęcie właściwej reakcji w sytuacji niebezpiecznej.

3. KRYTERIA OCENY OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH

Można podjąć działania mające na celu obiektywną poprawę widoczności, w szczególności w miejscach, na których piesi powinni czuć się bezpiecznie, czyli na przejściach dla pieszych. Badania fotometryczne infrastruktury drogowej mogą przyczynić się do poprawy stanu bezpieczeństwa. Ustalenie jednolitych kryteriów wartościowania stanu przejść dla pieszych i ustalenie kluczowych parametrów technicznych może przyczynić się do podjęcia kroków zapobiegawczych. Istnieją zalecenia [6,7], które mogą być podstawą do stworzenia kryteriów oceny oświetlenia przejścia dla pieszych. Tematyka ta była omawiana między innymi w badaniach prowadzonych w USA [8,9] oraz Europie [10,11].

Do parametrów fotometrycznych, które powinny być uwzględniane przy ocenie jakości oświetlenia przejść dla pieszych, można zaliczyć:

- Pionowe natężenie oświetlenia w osi przejścia, mierzone z kierunku ruchu pojazdu.
- Równomierność pionowego natężenia oświetlenia wzdłuż osi przejścia dla pieszych
- Poziome natężenie oświetlenia na przejściu dla pieszych i w strefie oczekiwania.
- Luminancja sylwetki pieszego i tła, mierzona z kierunku ruchu pojazdu.
- Kontrast sylwetki pieszego i tła.
- Widzialność pieszego na przejściu.
- Parametry oślnienia kierowcy na odcinku drogi przed przejściem.
- Prowadzenie wzrokowe kierowcy na odcinku drogi przed i za przejściem.

Ze względu na możliwą zmianę warunków oświetleniowych, jakie odbiera kierowca pojazdu zbliżając się do przejścia dla pieszych, w ocenie należy uwzględnić także właściwości oświetlonej drogi, na której znajduje się przejście. W szczególności badania należy przeprowadzić na fragmentach drogi bezpośrednio przylegającej do ocenianej strefy konfliktowej (np. 100 m przed i za przejściem dla pieszych)

4. WYMAGANIA FORMALNE OŚWIETLENIA PRZEJŚĆ DLA PIESZYCH W POLSCE

W celu dokonania przeglądu aktualnych wymogów dotyczących oświetlenia przejść dla pieszych należy na wstępie przytoczyć uprzednio obowiązujące przepisy, które zostały wycofane z chwilą przyjęcia regulacji europejskich.

Zalecenia uprzednio obowiązującej normy PN-76/E-02032 "Oświetlenie dróg publicznych" [6] wprowadzonej w 1976r. dotyczyły oceny parametrów oświetleniowych na przejściu dla pieszych, wyrażonych wartością średniego natężenia oświetlenia w płaszczyźnie prostopadłej do ruchu pojazdów.

Poniżej zacytowano tekst pochodzący z normy PN-76/ E-02032 "Oświetlenie dróg publicznych" Pkt. 3.3. Oświetlenie wyznaczonych przejść dla pieszych [6].

„Na szczególnie niebezpiecznych przejściach dla pieszych, pozbawionych sygnalizacji świetlnej, przechodnie powinni być widoczni w postaci jasnych sylwetek na ciemnym tle jezdni. W tym celu średnie natężenie oświetlenia na płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez oś przejścia od strony nadjeżdżających pojazdów na wysokości 1m nad przejściem, wyrażone w luksach, powinno być liczbowo co najmniej 50 razy większe od średniej luminancji jezdni na przestrzeni 50m przed i za przejściem, wyrażonej w cd/m^2 . Natężenie to nie powinno być jednakże w żadnym przypadku mniejsze od 40lx, a jego wartość minimalna w dowolnym miejscu przejścia łącznie ze strefą oczekiwania pieszych nie powinna być mniejsza od 10lx (za strefę oczekiwania pieszych należy przyjąć strefę chodnika stanowiącą przedłużenie przejścia o 1m). Wymaganie to nie dotyczy przejść na jezdniach, których luminancja na przestrzeni 50m przed i za przejściem wynosi co najmniej $2\text{cd}/\text{m}^2$, a jej równomierność jest zgodna z wymaganiami wg 3.1.1.

Na wszystkich innych przejściach przechodnie powinni być widoczni w postaci ciemnych sylwetek na jasnym tle jezdni. W tym celu należy dążyć do możliwie

najlepszego oświetlenia tła (jezdni za przejściem) i możliwie najmniejszego oświetlenia powierzchni pionowej przechodnia od strony nadjeżdżających pojazdów.”

W latach 1997 - 2004 opracowano i wdrożono w Europie normę EN 13201 „Oświetlenie dróg” [12]. Pełne członkostwo Polski w Unii Europejskiej skutkowało tym, że Polski Komitet Normalizacyjny, będący członkiem CEN/CENELEC zobowiązany był wprowadzić przepisy europejskie do zbioru Polskich Norm.

Wprowadzenie nowej normy Europejskiej PN-EN 13201 na mocy ustawy z dnia 12 września 2002r. „o normalizacji” skutkuje zmianą podejścia do sposobu do projektowania oświetlenia drogowego w tym obszarów przejść dla pieszych. Stosowanie normy jest dobrowolne, a sama norma pozostaje dokumentem normalizacyjnym, który nie jest aktem prawnym. Jednocześnie ta sama ustawa określa, że norma (między innymi PN-EN 13201), może być powoływana w przepisach prawnych po ich opublikowaniu w języku polskim, przy jednoczesnej zmianie statusu na postanowienie prawne. Dotychczas nie opublikowano pełnego tekstu normy PN-EN 13201 w języku polskim.

Projektant oświetlenia drogowego ma zatem dowolność w stosowaniu istniejących ale nie obowiązkowych przepisów normy. Należy podkreślić fakt, że norma (pomimo, że nie jest aktem obowiązkowym) pojawia się w wytycznych projektowych dla nowopowstających inwestycji drogowych. Fakt ten może świadczyć o istnieniu zapotrzebowania na precyzyjne wytyczne projektowe dla oświetlenia ulicznego, w tym stref konfliktowych oraz przejść dla pieszych.

Od roku 2007 w Polsce obowiązuje norma oświetlenia drogowego PN-EN 13201:2007 [12], składająca się z następujących części:

- Raport techniczny PKN-CEN/TR 13201-1:2007 Wybór klas oświetlenia.
- PN-EN 13201-2:2007 Wymagania oświetleniowe.
- PN-EN 13201-3:2007 Obliczenia oświetleniowe.
- PN-EN 13201-4:2007 Metody pomiarów parametrów oświetlenia.

Zakłada ona odmienne warunki oświetlenia stref konfliktowych, w tym przejść dla pieszych. Zalecenia dotyczące poziomu luminancji lub natężenia oświetlenia nie są jednolite dla każdego przejścia, co wynika z przyjętej klasy oświetlenia na danym odcinku drogi określonej z uwzględnieniem szeregu parametrów drogi, w tym stref konfliktowych.

Stan obecny zaleceń formalnych dotyczących oświetlenia przejść dla pieszych opisano poniżej w zacytowanym fragmencie normy PN-EN 13201:2007. Załącznik B (informacyjny) Oświetlenie przejść dla pieszych [12].

„Przejścia dla pieszych mogą wymagać szczególnej uwagi. W niektórych krajach istnieją normy dające dodatkowe wskazania uwzględniające praktyki narodowe. Jeżeli może być wytworzony wystarczająco wysoki poziom luminancji jezdni, to możliwe jest rozmieszczenie opraw oświetleniowych normalnego oświetlenia drogowego tak, aby piesi byli widoczni w dobrym ujemnym kontraście, to znaczy jako ciemna sylwetka na jasnym tle. W innych przypadkach oświetlenie jest rozwiązane za pomocą dodatkowych opraw oświetleniowych. Ich celem jest oświetlenie pieszych znajdujących się na przejściu lub obok niego i zwrócenie uwagi kierowców pojazdów silnikowych na obecność przejścia dla pieszych.

Typ dodatkowych opraw oświetleniowych, ich rozmieszczenie i ukierunkowanie względem powierzchni przejścia dla pieszych, powinny być takie, aby osiągnąć dodatni kontrast i nie powodować nadmiernego oślnienia kierowców. Jednym z rozwiązań jest montaż opraw w małej odległości przed przejściem, zwróconych w kierunku zgodnym z

kierunkiem ruchu motorowego i kierujących światło w stronę pieszych znajdujących się przed kierującymi pojazdami.

W przypadku dróg bez rozdzielonych kierunków ruchu, oprawa jest montowana przed przejściem w każdym kierunku strumienia ruchu po stronie drogi, na której odbywa się ruch. Do tego celu przeznaczone są oprawy oświetleniowe o asymetrycznym wyprowadzeniu światła powodujące mniejsze ośnienie kierowców. Oświetlenie lokalne może być tak rozmieszczone, aby wystarczająco oświetlało pieszych po stronie zwróconej w kierunku ruchu przy wszystkich usytuowaniach powierzchni przejścia drogi. Zaleca się, aby natężenie oświetlenia mierzone w płaszczyźnie pionowej było znacznie wyższe niż poziome natężenie oświetlenia drogowego na jezdni. Zaleca się, aby strefy przy końcach przejść przez drogę, gdzie piesi oczekują na przejście, były odpowiednio oświetlone. Oświetlenie ograniczone do wąskiego pasa wokół powierzchni przejścia powoduje bardzo silny efekt towarzyszący wzrostowi uwagi.”

5. METODOLOGIA POMIARU LUMINANCJI SYLWETKI CZŁOWIEKA NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH

Autor niniejszej publikacji proponuje zastosowanie kryterium luminancyjnego do oceny właściwości wybranego rozwiązania oświetlenia przejścia dla pieszych.

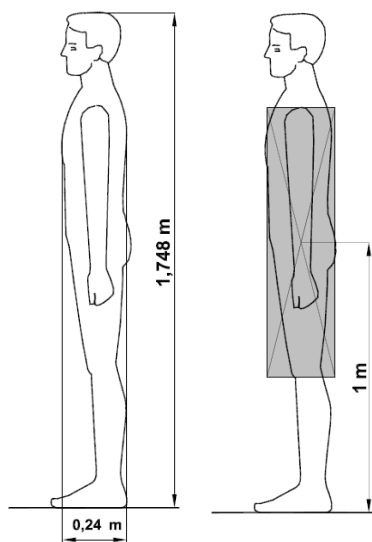
Wykonanie pomiarów według wskazówek zawartych w normie [12], szczególnie w warunkach ciągłej eksploatacji jest trudne do zrealizowania, a w warunkach nasilonego ruchu miejskiego praktycznie niemożliwe do przeprowadzenia bez zamknięcia danej arterii komunikacyjnej. Do badań i rejestracji rozkładu luminancji na sylwetce pieszego oraz w jego otoczeniu można wykorzystać klasyczne mierniki luminancji lub zaawansowane technologicznie mierniki matrycowe np. LMK Mobile Advanced (rys. 3) firmy TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH [13]. Kamera do pomiaru luminancji zbudowana jest na bazie aparatu fotograficznego Canon EOS 350D oraz obiektywu Sigma Gold 18-50 F2,8 EX DC.



Rys. 3. Kamera LMK Mobile Advanced [13]

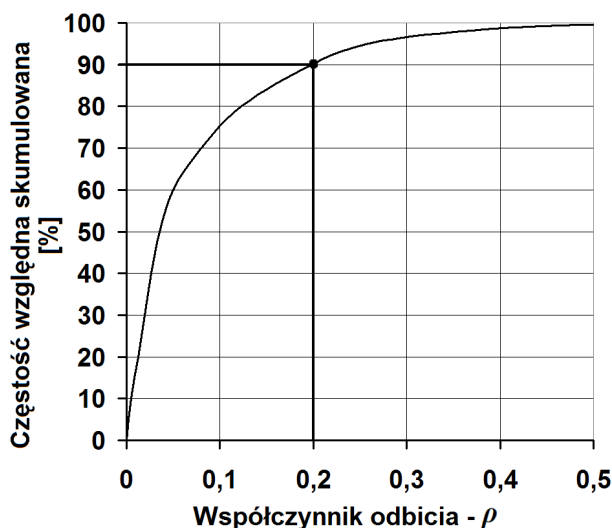
Zastosowana aparatura pomiarowa umożliwi wykonanie zdjęć, a w konsekwencji obrazów luminancji dowolnego obiektu bez potrzeby transportu i montażu dodatkowego wyposażenia np: komputera, dodatkowych obiektywów lub zasilacza. Dzięki rozwojowi narzędzi pomiarowych, umożliwiających wykonanie zdjęć przejść dla pieszych wyskalowanych w poziomach luminancji [13], możliwe jest obliczenie kontrastu sylwetki człowieka znajdującego się na przejściu dla pieszych z otoczeniem - tłem. Takie podejście pozwala na uwzględnienie rzeczywistych warunków oświetleniowych występujących w otoczeniu przejścia dla pieszych.

W celu stworzenia jednolitych warunków porównawczych związanych z wymiarami, współczynnikiem i charakterem odbicia zdecydowano się na zastosowanie obiektu pomiarowego, odzwierciedlającego właściwości geometryczne i odbiciowe sylwetki człowieka. Na podstawie danych antropometrycznych [14] dla 50 percentylowej sylwetki dorosłego mężczyzny w pozycji bocznej opracowano wymiary obiektu testowego w postaci prostokąta o wymiarach 0,25x1m, który odzwierciedla powierzchnię boczną człowieka znajdującego się na przejściu dla pieszych. Widok i pozycje usytuowania obiektu przedstawiono na rysunku 4. Środek obiektu znajduje się 1m nad powierzchnią jezdni. Przyjęcie takiego usytuowania wynika z faktu istnienia wytycznych [12, 15, 16] dla tej wysokości pomiaru, a zarazem uwzględnia wymiary pozostałych sylwetek np. kobiet, dzieci i osób niepełnosprawnych na wózkach inwalidzkich.



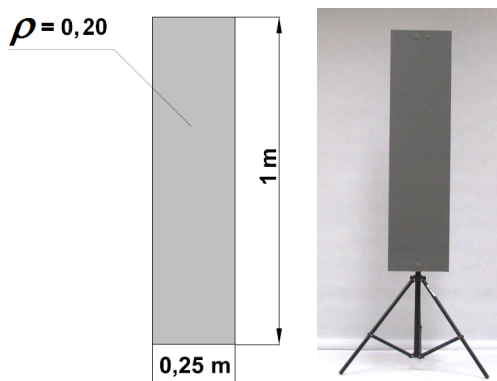
Rys. 4. Wymiary antropometryczne człowieka oraz obiekt do pomiaru luminancji na przejściu dla pieszych

Z prowadzonych badań [8] wynika, że ponad 90% ubrań noszonych przez pieszych posiada współczynnik odbicia p mniejszy niż 20%. Na rysunku 5 przedstawiono graficznie częstość względną skumulowaną zmienności występowania współczynnika odbicia ubrań noszonych przez pieszych.



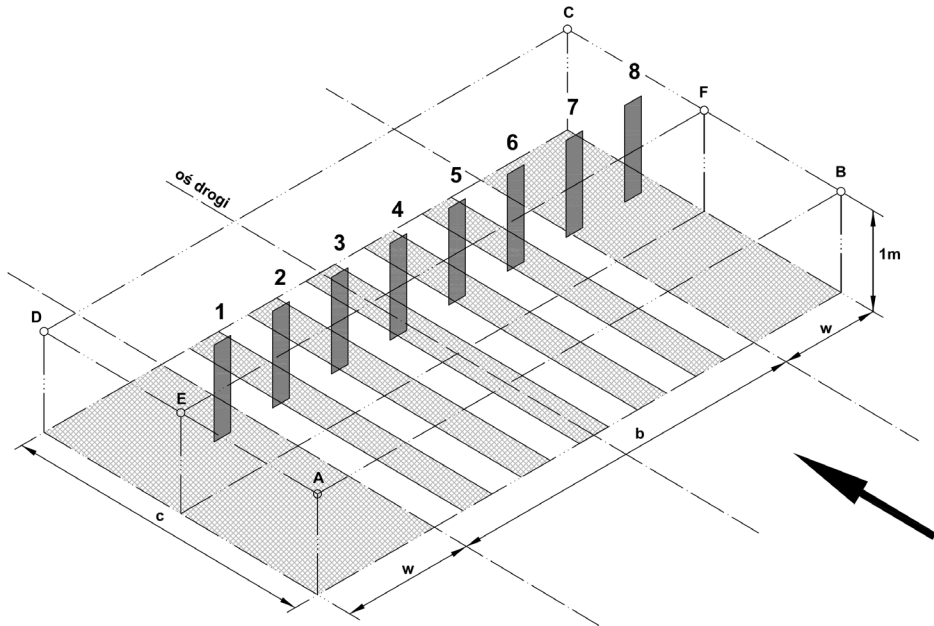
Rys. 5. Krzywa częstości względnej skumulowanej zmienności występowania współczynników odbicia ubrań noszonych przez pieszych [8]

W celu wykonania badań porównawczych luminancji sylwetki człowieka na przejściu dla pieszych proponuje się zastosowanie obiektu testowego pokrytego materiałem o współczynniku odbicia $\rho = 0,2$ i charakterystyce odbicia możliwie zbliżonej do równomiernie rozproszonej. Tym samym zakłada się niekorzystną sytuację obserwacji przez kierowcę obiektu - sylwetki pieszego ubranego w ciemne ubranie. Na rysunku 6 przedstawiono podstawowe parametry geometryczne oraz widok rzeczywistego obiektu przygotowanego do wykonania w przyszłości badań terenowych.



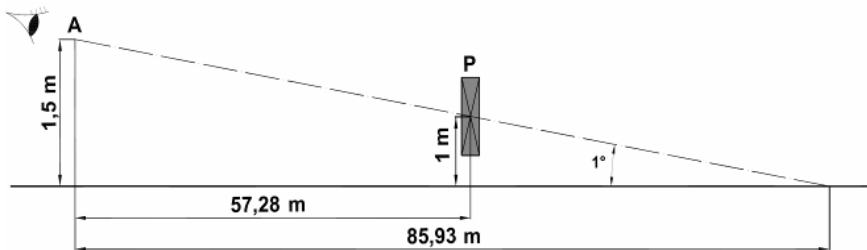
Rys. 6. Obiekt do badań kontrastu na przejściu dla pieszych

Ustawienie obiektu testowego na przejściu dla pieszych oraz kierunki obserwacji prezentuje rysunek 7.



Rys. 7. Ustawienie obiektu testowego na przejściu dla pieszych (przykładowo 8 obiektów)

Geometrię usytuowania obserwatora i obiektu przedstawiono na rysunku 8. Obserwator A umieszczony jest w odległości 57,28 m od osi poprzecznej przejścia dla pieszych (rysunek 7, odcinek E-F), zgodnie z wytycznymi [12, 15, 16] i zachowuje kąt obserwacji nawierzchni jezdni wynoszący 1° . Oczy obserwatora są usytuowane na wysokości 1,5 m nad poziomem drogi. Oś obserwacji przechodzi przez środek obiektu pomiarowego P.

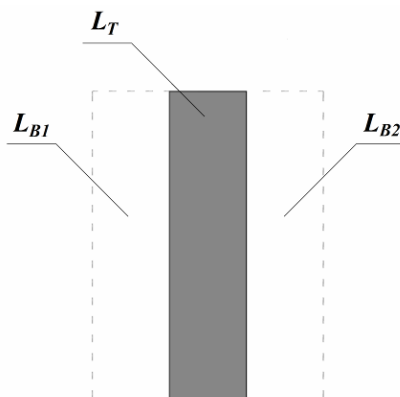


Rys. 8. Geometria pomiaru luminancji obiektu testowego

Pomiaru należy dokonać dla każdego kierunku ruchu pojazdów mierząc luminancję obiektów usytuowanych na całej szerokości przejścia dla pieszych, na odcinku E - F (rys. 7) z odstępem pomiędzy kolejnymi odczytami $\Delta L \leq 1,5$ m. Wykonanie pomiarów luminancji na przeciwległym pasie ruchu stosunku do założonego kierunku jazdy jest konieczne. Informacja o uzyskiwanym kontraście sylwetki pieszego z tłem jest istotna dla całej szerokości jezdni i jest odzwierciedleniem rzeczywistej sytuacji drogowej. Pieszy

może znajdować się w dowolnym miejscu na jezdni w obszarze przejścia dla pieszych. Zbliżający się do przejścia dla pieszych kierowca pojazdu musi mieć zapewnione właściwe warunki obserwacji w całym obszarze przejścia, łącznie z uwzględnieniem strefy oczekiwania bądź azylu.

Obliczeń luminancji dla poszczególnych lokalizacji obiektów należy dokonać na podstawie przeprowadzonej serii, minimum 10 pomiarów, a następnie należy obliczyć luminancję średnią dla powierzchni obiektu (L_T) oraz tła po lewej i prawej stronie sylwetki pieszego (L_{B1} oraz L_{B2}). Powierzchnie pomiarowe luminancji przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Powierzchnie pomiarowe
 L_T – luminancja obiektu (ang. Target);
 L_{B1}, L_{B2} – luminancja tła (ang. Background)

Kontrast dla każdego obiektu na przejściu dla pieszych należy obliczyć z następującego wzoru:

$$C = \frac{L_T - L_B}{L_B} \quad (1)$$

gdzie:

C – kontrast,

L_T – luminancja obiektu [cd/m^2]

L_B – luminancja tła [cd/m^2], pamiętając, że: $L_B = (L_{B1} + L_{B2})/2$

5. BADANIA LUMINANCJI SYLWETKI PIESZEGO W WARUNKACH RZECZYWISTYCH

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów luminancji sylwetki człowieka dla jednej sytuacji oświetleniowej. Wytypowane do badań przejście dla pieszych znajduje się

w Warszawie na skrzyżowaniu ulic Walerego Sławka z Karola Adamickiego w dzielnicy Ursus. Zaprezentowany przypadek przedstawia oświetlenie przejścia dla pieszych za pomocą opraw oświetlenia ulicznego, zainstalowanych jednostronnie z rozstawem 26m, wzdłuż ulicy jednojezdniowej, dwukierunkowej, o jednym pasie ruchu dla każdego kierunku. Słupy oświetlenia ulicznego usytuowane są asymetrycznie względem przejścia dla pieszych, co przedstawiono na rysunku 10 (oznaczone kropką). Od strony ulicy Konińskiej odległość pomiędzy osią przejścia dla pieszych a oprawą uliczną wynosi 6,75m, natomiast w kierunku ulicy Bohaterów Warszawy 19,25m.



Rys. 10. Usytuowanie oświetlenia ulicznego względem przejścia dla pieszych

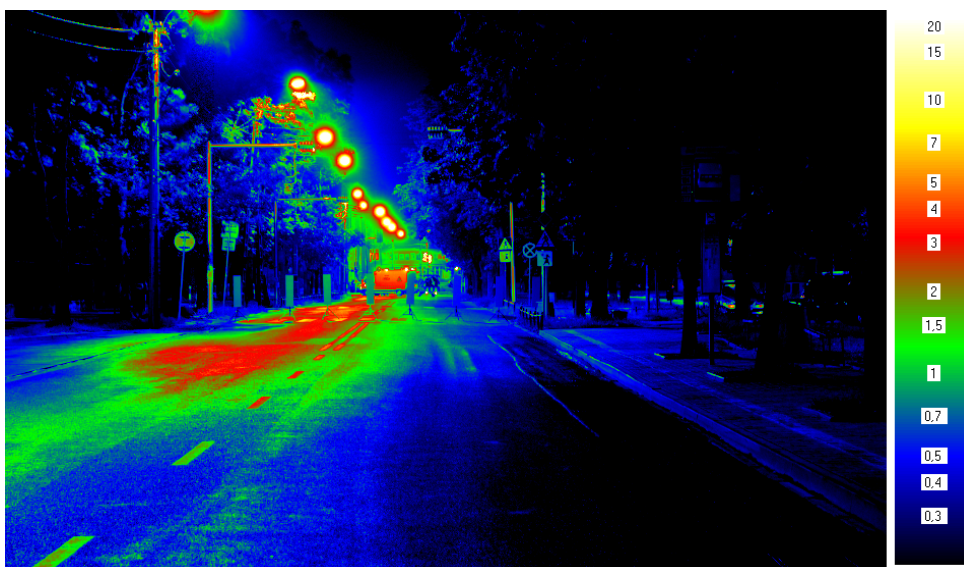
Ulica oświetlona jest oprawami OUS z sodowym źródłem światła o mocy 150W. Oprawy oświetlenia ulicznego zamontowane są na wysokości 10m na słupach ŻN-10. Na rysunku 11 przedstawiono widok ulicy z włączonym oświetleniem ulicznym.



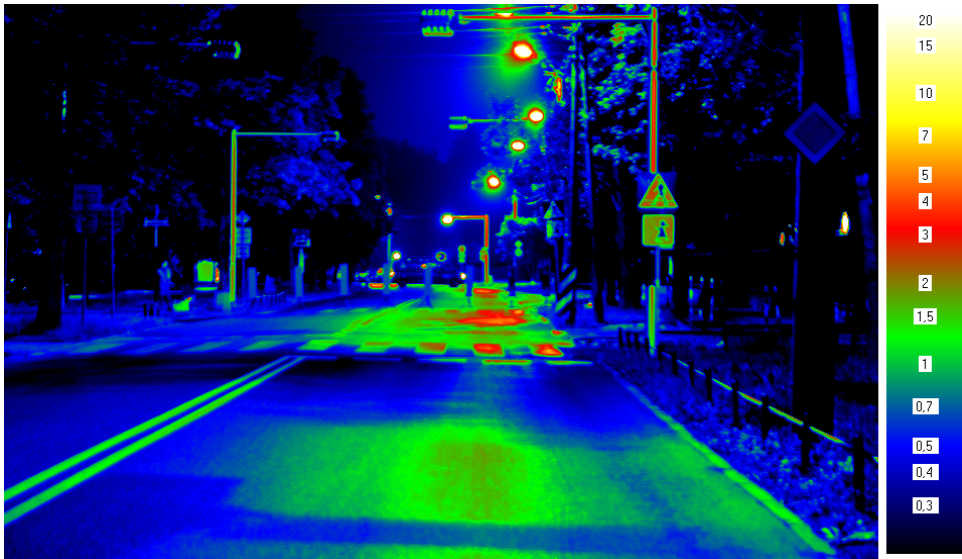
Rys.11. Zdjęcie ulicy oświetlonej oprawami ulicznymi

Obiekty dla danego kierunku wykonania pomiarów (obserwacji) oznaczano numerami kolejno od 1 do 8, licząc od lewej strony przejścia (rysunek 7). Dla dwóch kolejnych kierunków obserwacji wykonano pomiar luminancji za pomocą miernika matrycowego luminancji. Pomiaru dokonano z odległości 60m dla każdego kierunku ruchu pojazdów. Miernik ustawiony był na środku pasa ruchu, na wysokości 1,5 m nad nawierzchnią jezdni (rysunek 8). Luminancję mierzono dla każdego obiektu (rys. 12 i rys. 13) na całej jego powierzchni (luminancja obiektu L_T) oraz w jego otoczeniu (luminancja tła L_B). Na podstawie zmierzonych wartości obliczono kontrast luminancji obiektu z tłem.

Poniżej na rysunkach 12 i 13 zaprezentowano wyniki w postaci zdjęć luminancji uzyskane dla oświetlenia przejścia dla pieszych za pomocą opraw oświetlenia ulicznego.



Rys. 12. Pomiar luminancji obiektów z pierwszego kierunku obserwacji (skala logarytmiczna \log_2 , jednostka cd/m^2)



Rys. 13. Pomiar luminancji obiektów z drugiego kierunku obserwacji (skala logarytmiczna \log_2 , jednostka cd/m^2)

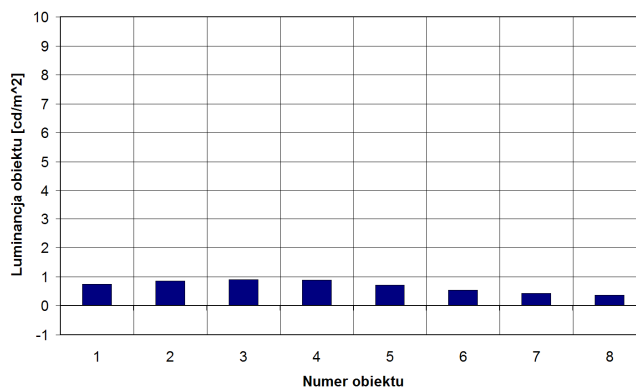
W tabelicy 4 zaprezentowano wyniki pomiaru luminancji obiektów oraz obliczoną (na podstawie wzoru 1) wartość kontrastu luminancji obiektów z tłem.

Tablica 4

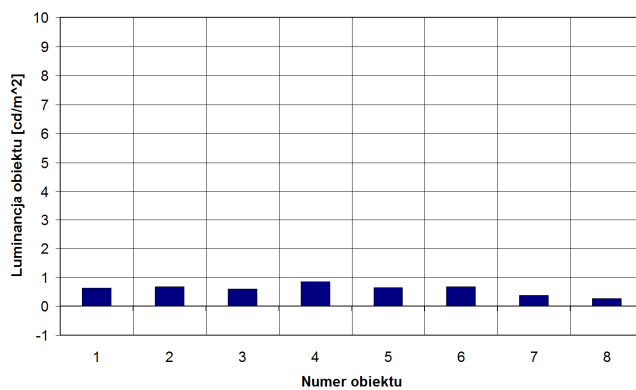
Zbiornicze wyniki pomiaru luminancji na obiektach testowych i w ich otoczeniu oraz obliczona wartość kontrastu dla oświetlenia przejścia dla pieszych za pomocą opraw oświetlenia ulicznego

Obiekt [nr]	Kierunek 1			Kierunek 2		
	Luminancja obiektu [cd/m^2]	Luminancja tła [cd/m^2]	Kontrast	Luminancja obiektu [cd/m^2]	Luminancja tła [cd/m^2]	Kontrast
1	0,75	0,24	2,13	0,63	0,32	0,97
2	0,86	0,37	1,32	0,68	0,31	1,19
3	0,91	0,50	0,82	0,61	0,42	0,45
4	0,89	2,49	-0,64	0,85	1,60	-0,47
5	0,71	1,61	-0,56	0,65	0,63	0,03
6	0,54	0,67	-0,19	0,68	2,21	-0,69
7	0,43	0,38	0,13	0,38	0,65	-0,42
8	0,37	0,42	-0,12	0,28	0,40	-0,30
Srednia	0,68	0,84	0,36	0,60	0,82	0,10

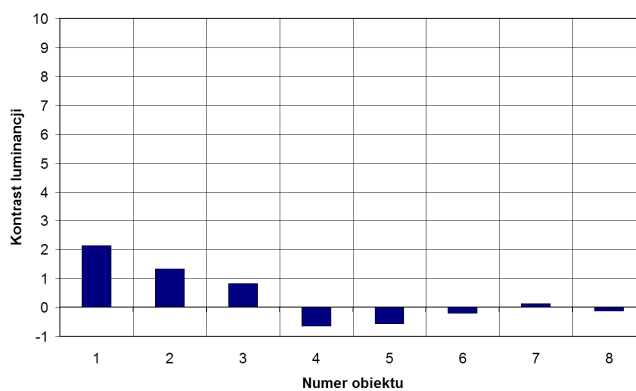
Na rysunkach 14 i 15 przedstawiono w sposób graficzny wartości uzyskanej luminancji obiektów. Natomiast rysunki 16 i 17 wartość kontrastu luminancji obiektów z tłem.



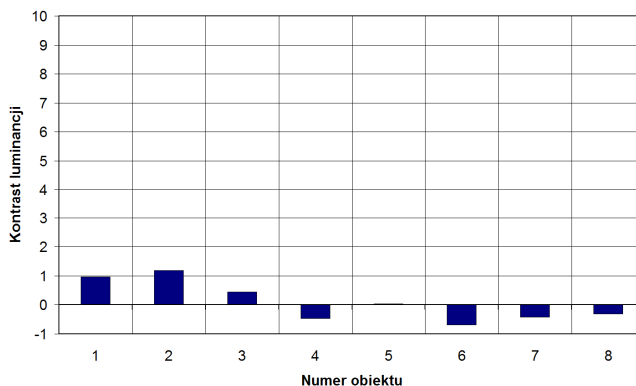
Rys. 14. Wyniki pomiaru luminancji obiektów dla pierwszego kierunku obserwacji



Rys. 15. Wyniki pomiaru luminancji obiektów dla drugiego kierunku obserwacji



Rys. 16. Obliczony kontrast luminancji obiektów dla pierwszego kierunku obserwacji



Rys. 17. Obliczony kontrast luminancji obiektów dla drugiego kierunku obserwacji

Jak wynika z przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników pomiarów fotometrycznych zainstalowane oprawy oświetlenia ulicznego nie są w stanie zapewnić właściwych warunków obserwacji pieszego znajdującego się na przejściu dla pieszych, z perspektywy kierowcy pojazdu. Uzyskiwane wartości luminancji (rys. 14 i rys. 15) świadczą o niekorzystnym oświetleniu obiektów (sylwetek pieszych), znajdujących się w obszarze przejścia dla pieszych. Szczególnie niekorzystne jest uzyskanie niskich wartości kontrastu luminancji obiektów z tłem, znajdujących się na kierunku ruchu pojazdu (obiekty nr. 6 i 7 na rys. 16). Wykazano, że w obszarze przejścia dla pieszych dochodzi do niekorzystnej sytuacji zmiany polaryzacji kontrastu z dodatniego na ujemny. Ta sytuacja może prowadzić w skrajnym przypadku do wytworzenia kontrastu o wartości bliskiej zero (obiekt nr. 5 na rys.17), a to z kolei może spowodować brak możliwości dostrzeżenia pieszego na przejściu dla pieszych przez kierowcę pojazdu samochodowego.

6. PODSUMOWANIE

Realizacja zaleceń aktualnej normy w zakresie doboru standardu oświetlenia dróg wiąże się z powykonawczym przeprowadzeniem badań terenowych oświetlenia. Oznaczać to powinno w praktyce wykorzystanie metody luminancyjnej do oceny właściwości fotometrycznych wybranego odcinka drogi, w tym przejścia dla pieszych. Na podstawie pomiarów luminancji można określić kontrast sylwetki człowieka z tłem, a stosując metody obliczeniowe określić widzialność z perspektywy kierującego pojazdem. Obecnie dostępne są narzędzia pomiarowe umożliwiające precyzyjny pomiar zarówno natężenia oświetlenia, jak i luminancji. Nie ma więc przeszkód, aby prowadzić badania oświetlenia infrastruktury drogowej. Brak ujednoliconych wymagań co do sposobu wykonania pomiarów i przeprowadzenia oceny parametrycznej oświetlenia na przejściu dla pieszych prowadzi do sytuacji, w których pomiarów oświetlenia nie prowadzi się w ogóle lub wykonuje się je tylko w sposób wybiórczy.

Autor niniejszego referatu prowadzi prace badawcze nad oświetleniem przejść dla pieszych. Zaprezentowane powyżej zagadnienie nie wyczerpuje całego spektrum zagadnień związanych z bezpieczeństwem pieszych i oświetleniem na przejściu dla pieszych. Jest zaledwie wstępem do prowadzenia dalszych prac badawczych.

Bibliografia

1. Wypadki drogowe w Polsce w 2009 roku, Raport statystyczny, Komenda Główna Policji.
2. Dane statystyczne Europejskiej Komisji ds. Transportu,
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/care_reports_graphics/
3. Martin, A. Factors Influencing Pedestrian Safety: A Literature Review, TRL Report PPR241, Crowthorne, UK: Transport Research Laboratory, 2006.
4. Hunter, W., J. Stutts, W. Pein, and C. Cox Pedestrians and Bicycle Crash Types of the Early 1990s, Report No. FHWA-RD-95-163, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1996.
5. Krystek R. Zintegrowany System Bezpieczeństwa Transportu, WKŁ, 2009.
6. Polska Norma PN-76/E-02032 "Oświetlenie dróg publicznych".
7. Norma DIN 67523-1/2:2010 Lighting of pedestrian crossings (sign 293 StVO) with additional lighting
8. E.R Hansen, J.S. Larsen, Reflection Factors for Pedestrian's Clothing, Lighting Research and Technology, 11,3, 154-157,1979.
9. Clanton & Associates, Inc. CDOT Lighting Design Guide, USA, 2006 [3] Edwards, C.S., and Gibbons, R.B. The Relationship of Vertical Illuminance to Pedestrian Visibility in Crosswalks, TRB Visibility Symposium, College Station, TX: Transportation Research Board, 2007.
10. Pedestrian Guardrailing, Department for Transport (DfT) Note 2/09 London, 2009.
11. The Design of Pedestrian Crossings, Department for Transport (DfT) (2005b) Note 2/95, London, 2009.
12. Polska Norma PN-EN 130201:2007, „Oświetlenie dróg”.
13. Dane katalogowe LMK Mobile Advanced www.technoteam.de
14. Gedliczka A., Pochopień P., Szklarska A., Welon Z., Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej, CIOP, Warszawa 2001.
15. CIE 115:2010 Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic International Commission on Illumination, 2010.
16. CIE 140:2000, Road lighting calculations, International Commission on Illumination.

PEDESTRIAN SAFETY - THE MEASUREMENTS OF LUMINANCE ON PEDESTRIAN CROSSINGS

Abstrakt: In Poland, throughout many years invariably numerous accidents occur with the participation of pedestrians. One of the reasons of such a state of affairs is incorrect lighting of conflict areas dedicated to pedestrian traffic. The article deals with the problem of lighting of pedestrian crossings. The present paper enumerates formal requirements concerning pedestrian crossing lighting from the point of view of the norms applicable in Poland to date. Analysis of the criteria assumed for the assessment of lighting shall be conducted. Preliminary proposal shall be presented of the way of conducting lighting assessment on pedestrian crossings taking into consideration luminance parameters. Investment into road infrastructure research can contribute to the safety improvement of unprotected participants of road traffic.

Keywords: lighting, pedestrian crossing, luminance, contrast, assessment, pedestrian safety

Recenzent: Włodzimierz Choromański