

Analiza kontrastu ujemnego na przejściach dla pieszych

Streszczenie. Znaczna liczba wypadków z udziałem pieszych ma miejsce na przejściach dla pieszych. Jednym z głównych elementów mających udział w poprawie bezpieczeństwa komunikacyjnego pieszych jest ich właściwa widoczność, szczególnie w porze wieczorowo-nocnej. Stosowane współcześnie, dedykowane do przejść dla pieszych, oświetleniowe rozwiązania techniczne poprawiające stan oświetlenia przejścia dla pieszych wykorzystują zasadniczo kontrast dodatni, czyli tworzenie wyższych wartości luminancji w obrębie konturu postaci w odniesieniu do niższego poziomu luminancji tła. Zatem cechy jakościowo-ilościowe powierzchni odzieży pieszych, odbijających promienie świetlne mają kluczowe znaczenie w poprawie widoczności pieszych. Należy oczekiwać, iż szczególnie w porze jesienno-zimowo-wiosennej stosowana przez pieszych odzież będzie posiadać ze względów praktycznych ciemniejszą kolorystykę. W artykule przedstawiono sondażowe badania kolorystyki oraz cech jakościowych powierzchni odzieży stosowanej w zimniejszej porze roku pod kątem skuteczności działania kontrastu dodatniego. Bazując na wynikach analizy statystycznej dokonano oceny użyteczności kontrastu ujemnego w postrzeganiu pieszych przez kierowców.

Abstract. A significant number of accidents involving pedestrians occur at pedestrian crossings. One of the main elements contributing to the improvement of pedestrian safety is their proper visibility, especially in the evening and night. Used today, dedicated to pedestrian crossings, lighting technical solutions improving the lighting condition of the pedestrian crossing use basically positive contrast, i.e., the creation of higher luminance values within the contour of the figure in relation to the lower level of background luminance. Thus, the qualitative and quantitative characteristics of pedestrian clothing surfaces reflecting light rays are crucial in improving pedestrian visibility. It should be expected that especially in the autumn-winter-spring season, the clothing used by pedestrians will have a darker color scheme for practical reasons. The article conducts a survey of the colors and quality characteristics of the surface of clothing used in the colder season in terms of the effectiveness of positive contrast. Based on the results of the statistical analysis, the usefulness of negative contrast in the perception of pedestrians by drivers was assessed. (**Negative contrast on pedestrian crossings**)

Słowa kluczowe: luminancja, oświetlenie przejść, bezpieczeństwo przejść, kontrast ujemny

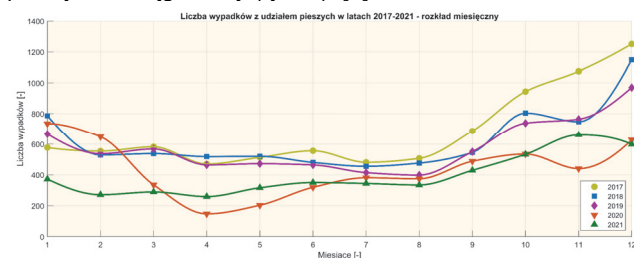
Keywords: luminance, crossings lightning, crossings safety, negative contrast

Wstęp

Duża liczba wypadków z udziałem pieszych ma miejsce na przejściach dla pieszych. Przedstawione w artykule dane statystyczne wskazują na duży problem związany z bezpieczeństwem pieszych na przejściach. Według danych statystycznych Eurostat [2] w 2020 roku zginęło w Polsce 2491 osób w kategorii osób zaangażowanych. Jednym z głównych elementów mających udział w poprawie bezpieczeństwa komunikacyjnego pieszych jest ich właściwa widoczność, szczególnie w porze wieczorowo-nocnej. Opracowane i stosowane obecnie wytyczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych [7,8] zakładają stosowanie kontrastu dodatniego, czyli tworzenie wyższych wartości luminancji w obrębie konturu postaci w odniesieniu do niższego poziomu luminancji tła. Kluczowe znaczenie w poprawie widoczności pieszych mają zatem cechy jakościowo-ilościowe powierzchni odzieży pieszych, odbijających promienie świetlne mają. W artykule zostały przedstawione autorskie badania statystyczne mierzące kolorystykę ubioru przechodniów na przejściach dla pieszych.

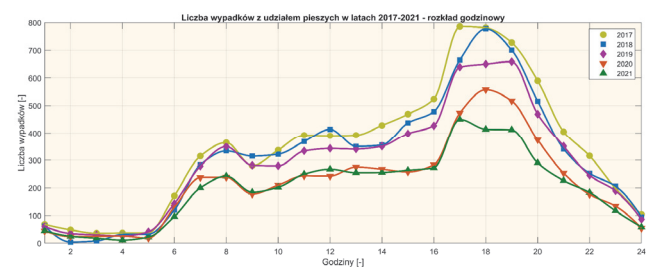
Analiza statystyczna wypadków

Na podstawie raportów wypadków drogowych w Polsce z lat 2017-2021 [1] zostały wykreślone charakterystyki ilości wypadków z udziałem pieszych w poszczególnych miesiącach (rys. 1) oraz ilości wypadków z udziałem pieszych w ciągu doby (rys. 2). [1]



Rys.1. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – rozkład miesięczny.

W okresie pięciu lat od 2017 do 2021 roku można zauważyć, że liczba wypadków z udziałem pieszych statystycznie spada. Mimo to podczas jesieni i zimą dochodzi do największej liczby wypadków. W okresie od września do grudnia widoczny jest znaczny wzrost liczby wypadków z udziałem pieszych. Spowodowane jest to między innymi: szybszym zapadaniem zmroku oraz pogarszającymi się warunkami atmosferycznymi, co wpływa na zmniejszoną widoczność zarówno drogi, jak i pieszych. W 2020 roku w okresie kwietnia i maja zauważalny jest znaczny spadek zarejestrowanych zdarzeń związany z lockdownem spowodowanym wystąpieniem wirusa COVID-19, analogicznie w tym samym roku widać spadek w listopadzie. Zastanawiający jest jednak znaczny wzrost liczby zdarzeń, w porównaniu do pozostałych lat, w pierwszym kwartale 2020 r. [1] Paradoksalnie może być to spowodowane stosunkowo dobrymi warunkami atmosferycznymi panującymi na początku 2020 r.

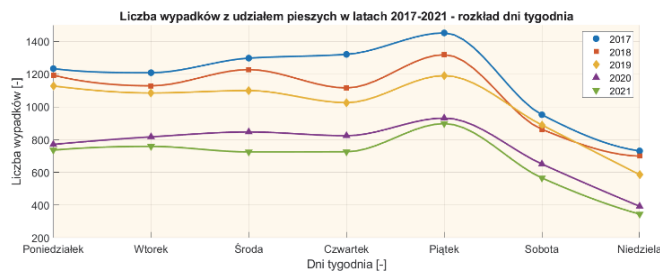


Rys.2. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – rozkład godzinowy.

Analizując statystykę liczby wypadków w rozkładzie dobowym, pierwszy zauważalny wzrost następuje około godziny 5 rano. Ilość wypadków utrzymuje się na podobnym poziomie do godziny 15-16 z nieznaczną tendencją wzrostową. Powyższa sytuacja spowodowana jest trybem pracy dziennej. Znaczące zwiększenie ilości wypadków zauważalne jest od godziny 16, kiedy to zwiększa się ruch uliczny oraz ruch pieszych. Okres

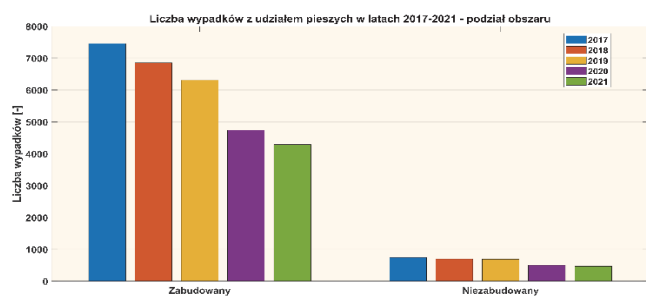
jesiennie-zimowy, w którym zmrok zapada stosunkowo wcześnie, nawet już w okolicach godziny 16, oraz zwiększony ruch pieszych związany z końcem dnia pracy, predysponuje do zwiększonej liczby wypadków z udziałem pieszych. Analiza tych danych powinna zwrócić uwagę na konieczność poprawy widoczności i bezpieczeństwa pieszych w miejscach, na które można mieć szczególny wpływ, czyli przejścia dla pieszych.

Liczba wypadków z udziałem pieszych od poniedziałku do czwartku utrzymuje się na podobnym poziomie. Wzrost tej liczby można zauważyć w piątek, spowodowane jest to zwiększonym przemieszczaniem się ludzi na weekend. Natomiast znaczny spadek na samym weekendzie, kiedy ludzie odpoczywają. W dniach od poniedziałku do piątku liczba zdarzeń z udziałem pieszych pozostaje na podobnej wartości względem danego roku. Ilość wypadków w poszczególnych dniach tygodnia została przedstawiona na rysunku 3. [1]



Rys.3. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – rozkład dni tygodnia.

Znaczna część wypadków z udziałem pieszych ma miejsce w terenie zabudowanym (rys.4). Pomimo, większych ograniczeń prędkości, natężenie ruchu samochodowego jak i pieszych jest wyraźnie większe, względem natężenia ruchu w terenie niezabudowanym. Statystycznie zdecydowanie groźniejsze są skutkach są zdarzenia w terenie niezabudowanym. Dopuszczalne prędkości oraz słabe oświetlenie i niestosowanie elementów odblaskowych skutkuje około 40% śmiertelnością wypadków, gdzie w terenie zabudowanym to około 8% wszystkich wypadków z udziałem pieszych. Jednakże, te 8% to nadal 425 osób w 2020 r. i 350 osób w roku 2021.

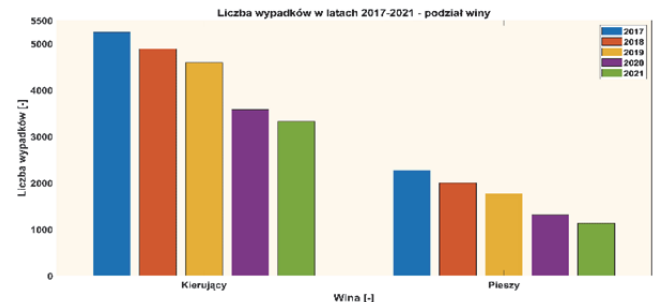


Rys.4. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – podział obszaru.

Zdecydowana większość wypadków z udziałem pieszych następuje z winy kierującego (rys. 5). Czynniki wpływającymi na niezauważenie pieszego jest przede wszystkim nadmierna prędkość oraz niedostosowanie jej do warunków panujących na drodze. W dodatku dochodzi zmęczenie oraz większy ruch w godzinach po zakończeniu dnia pracy (rys.2).

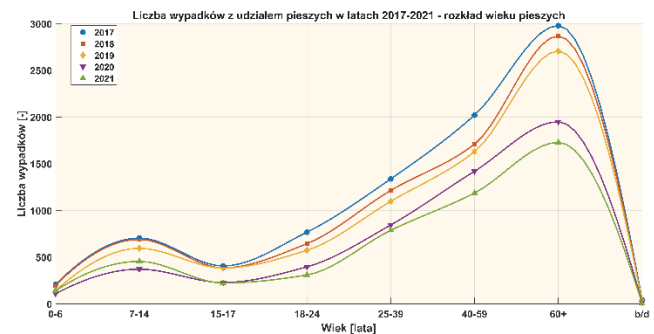
Należy zauważyć, że według danych CEPIK rok do roku następuje wzrost zarejestrowanych pojazdów w Polsce. W 2021 r. wzrost samochodów osobowych względem

poprzedniego roku wyniósł 4,3%, samochodów dostawczych 23,9% oraz ciężarowych o 58,1%. Powoduje to zwiększenie natężenia ruchu oraz potencjalnie większe prawdopodobieństwo powstania zagrożenia w ruchu.



Rys.5. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – podział winy.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym bezpośrednio na bezpieczeństwo pieszych w wieczornej porze dnia jest oświetlenie przejść dla pieszych oraz kolorystyka ich ubioru, często zawierająca ubrania barwy ciemnej. Powoduje to brak widoczności pieszych w otoczeniu jak i na przejściach, a stosowanie elementów odblaskowych w terenach zurbanizowanych to niezwykle rzadkość. Przeprowadzone badania statystyczne wskazały posiadanie elementów odblaskowych u mniej niż procenta badanych.



Rys.6. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2021 – rozkład wieku.

Na rysunku 6 została przedstawiona liczba wypadków z udziałem pieszych względem wieku pieszych. Z danych statystycznych wynika, że większość osób, które biorą udział w wypadkach to przedział wiekowy 60+. W przedziałach wiekowych 25-39 oraz 40-59 również występuje znaczna ilość wypadków. Można zauważyć, że wiek ma znaczenie na sposób ubierania się. Z reguły w wieku dorosłym kolorystyka ubioru jest bardziej stonowana i rzadko zawiera elementy lub kolory krzykliwe.



Rys. 7. Liczba ofiar śmiertelnych w Europie w 2020 r. [2]

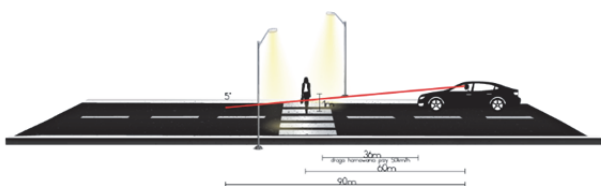
Według danych statystycznych Eurostat [2], Polska niezmiennie utrzymuje się w czołówce ofiar śmiertelnych w wypadkach kategorii osób zaangażowanych. [2] A w roku 2020 niechlubnie awansowaliśmy na podium (rys.7).

Wszystkie obserwacje wskazują, że pomimo coraz większej świadomości, ograniczania prędkości w terenach zabudowanych oraz udoskonalania systemów oświetleniowych istnieje istotny problem widoczności pieszych na przejściach. Problem ten dotyczy kolorystyki ubioru oraz obecnie stosowanych systemów oświetleniowych bazujących na kontraście dodatnim.

Poprawa bezpieczeństwa pieszego na przejściu

Tematyka poprawy bezpieczeństwa pieszych na przejściach jest obecnie bardzo często poruszana. Wśród elementów poprawy bezpieczeństwa można wyróżnić:

- doświetlenie przejścia,
- budowa sygnalizacji świetlnej,
- montaż progów zwalniających,
- wyniesienie przejścia do poziomu chodnika,
- montaż aktywnych znaków drogowych.

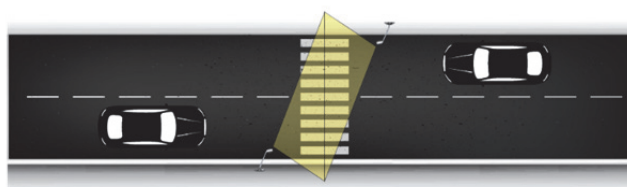


Rys. 8. Infografika odległości hamowania względem prędkości i punktu wzroku kierowcy.

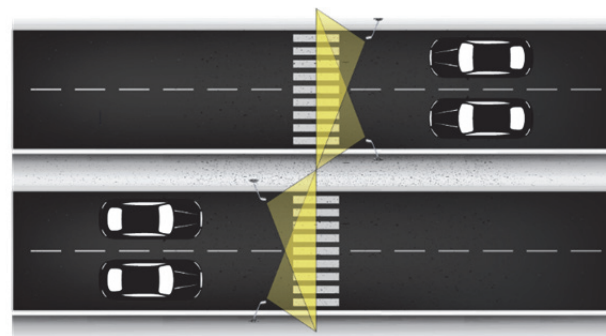
Kierujący pojazdem w terenie zabudowanym przy ograniczeniu prędkości do 50 km/h, jest w stanie wyhamować pojazd na odcinku nie dłuższym niż 40 metrów [1]. Na długość hamowania wpływają m.in. warunki atmosferyczne, stan ogumienia, stan układu hamulcowego oraz szybkość reakcji kierującego. Znaczący wpływ na bezpieczeństwo ma widoczność pieszego. Ze strony pieszego może on stosować elementy odbłaskowe lub ubrania wyróżniające się na tle ciemnym. Ze strony technicznej brak lub słaba widoczność pieszego na przejściu może być spowodowana złym rodzajem oświetlenia.

Według obecnie stosowanych wytycznych oświetlenia przejść dla pieszych zgodnych z wytycznymi organizacji bezpiecznego ruchu pieszych dla prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych zaleca się następujące lokalizacje opraw oświetleniowych:

- na drodze jednojezdniowej jednokierunkowej: jedna oprawa z optyką prawą,
- na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku: dwie oprawy z optyką prawą (rys.9),
- na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku z wyspą azylu: dwie oprawy z optyką prawą,
- na drodze jednojezdniowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku: dwie oprawy z optyką lewą i prawą,
- na drodze jednojezdniowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku i jednym pasie ruchu w drugim, bez pasa rozdzielającego: dwie oprawy optyką prawą,
- na drodze jednojezdniowej o dwóch pasach ruchu w każdym kierunku bez pasa rozdzielającego: dwie oprawy z optyką prawą,
- na drodze dwujezdniowej o dwóch pasach ruchu w jednym kierunku z pasem rozdzielającym: cztery oprawy, dwie oprawy z optyką lewą i dwie oprawy z optyką prawą (rys.10),
- na drodze dwujezdniowej o trzech pasach ruchu w jednym kierunku z pasem rozdzielającym: cztery oprawy, dwie oprawy z optyką lewą i dwie oprawy z optyką prawą.



Rys. 9. Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku (dwie oprawy z optyką prawą). [7,8].



Rys. 10. Przykładowa lokalizacja opraw oświetleniowych na drodze jednojezdniowej dwukierunkowej o jednym pasie ruchu w każdym kierunku (cztery oprawy, dwie oprawy z optyką lewą i dwie oprawy z optyką prawą). [7,8].

W celu niwelowania efektu olśnienia kierującego przed przejściem dla pieszych wprowadzona została strefa przejściowa. Strefę przejściową w obszarze oświetlonym stosuje się, aby zwiększyć poziom natężenia oraz kontrast przejścia dla pieszych. W obszarze przejścia dla pieszych należy zastosować wartości większe o dwa poziomy niż poziom klasy oświetlenia drogi.

Na wybór miejsca montażu oprawy oświetleniowej mają wpływ indywidualne cechy stosowanych opraw oraz wymiary przejścia dla pieszych wraz ze strefami oczekiwania. Słupy oświetleniowe nie mogą również ograniczać widoczności przejścia dla pieszych oraz strefy oczekiwania. [7,8] Lokalizacja i ustawienie opraw oświetleniowych jak na rysunkach 9 i 10 oraz ich dedykowana bryła światłości wykorzystuje zjawisko kontrastu dodatniego.

Kontrast luminancji

Kontrast luminancji jest to stosunek różnicy luminancji obserwowanego obiektu i tła do luminancji tła. [12]

$$K = \frac{L_o - L_t}{L_t}$$

gdzie: K – kontrast luminancji, L_o – luminancja obiektu, L_t – luminancja tła

Luminancja opisuje intensywność wrażenia świetlnego odbieranego przez ludzkie oko. Światło odbierane może być bezpośrednio z wytwarzanego źródła lub pochodzić z odbicia od powierzchni. Dlatego może być zdefiniowana jako intensywność świecenia lub jaskrawość przypisana dla danej powierzchni. [12]

$$L(C, \gamma) = \frac{dI(C, \gamma)}{dS'} = \frac{dI(C, \gamma)}{dS \cdot \cos \varepsilon} \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

gdzie: L – luminancja punktu w danym kierunku (C, γ) , $dI(C, \gamma)$ – światłość elementu dS w kierunku (C, γ) , dS' – wielkość pozorną elementu dS w kierunku (C, γ) , ε – kąt płaski między kierunkiem (C, γ) i wektorem normalnym n , n – wektor normalny do powierzchni S w punkcie P .

Natężenie oświetlenia w danym punkcie powierzchni jest sumą wiązek świetlnych o luminancji $L(C, \gamma)$, które oświetlają dany punkt powierzchni. [12]

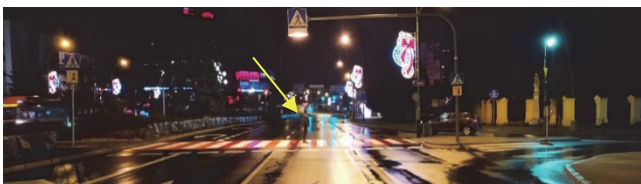
$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \int_{2\pi} L(C, \gamma) \cos \varepsilon d\omega [lx]$$

W związku z powyższym, aby móc zaobserwować obiekt, musi nastąpić odpowiednia różnica luminancji lub kontrastu pomiędzy obserwowanym obiektem, a tłem, na którym się on znajduje. Jeżeli kontrast pomiędzy obiektem a tłem nie jest wystarczający, obiekt staje się niewidoczny (rys. 10,11,12.)

Aby można było zaobserwować jakiegokolwiek przedmiot lub szczegół musi wystąpić różnica luminancji lub barwy, czyli tzw. kontrast pomiędzy obiektem a tłem. Musi on być większy od wartości progowej (zależnej od warunków obserwacji). W przeciwnym przypadku obiekt będzie zlewał się z tłem i nie będzie widoczny. W miarę spadku kontrastu warunki obserwacji ulegają pogorszeniu. Na wygodę widzenia ma wpływ także wielkość szczegółu pracy wzrokowej.

Rys. 10. Przykład kontrastu luminancji [13]

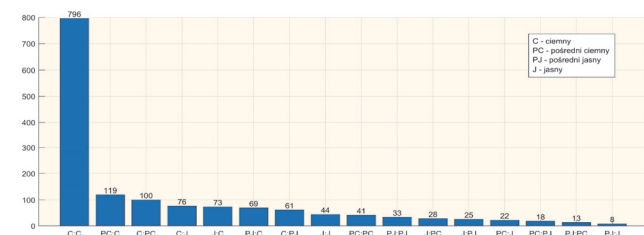
Obecnie stosowane rozwiązania oświetlenia przejść dla pieszych wykorzystują zjawisko kontrastu dodatniego, czyli wysokiej wartości poziomu luminancji przejścia dla pieszych względem tła. Jak widać na rysunku 11 w sytuacji, gdy pieszy ubrany jest w odzież barwy ciemnej, pomimo doświetlenia przejścia dedykowaną oprawą i uzyskania dużego kontrastu dodatniego, jest on praktycznie niewidoczny.



Rys.11. Zdjęcie przejścia dla pieszych z dedykowanym oświetleniem dla przejść dla pieszych.



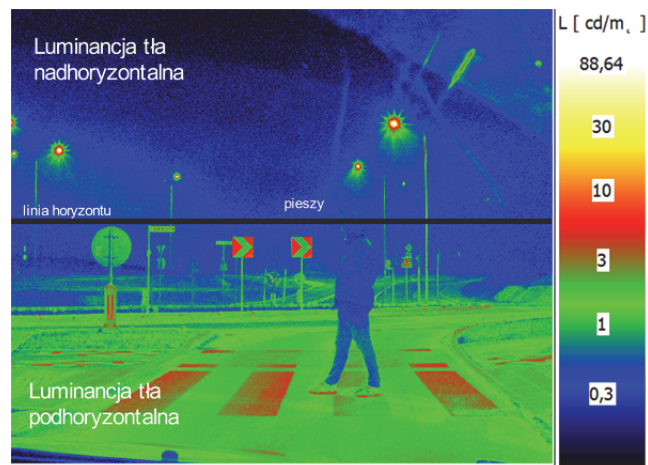
Rys.12. Zdjęcie pieszych na przejściu w dniu 15.03.2022 r.



Rys.13. Kolorystyka ubioru przechodniów na przejściu dla pieszych.

Powyższe informacje oraz problem widoczności pieszych na przejściach skłonił autorów do weryfikacji założeń i badań statystycznych kolorystyki ubioru pieszych na przejściach.

Wstępne badania statystyczne potwierdziły przypuszczenia i jednoznacznie wskazały, że przechodnie zakładają przeważnie ubrania barwy ciemnej (rys.12, 13). Na rysunku 13 zostały przedstawione wyniki badań przeprowadzonych w godzinach od 17 do 20 w okresie przejściowym. Cechy ubioru zostały określone zarówno pod względem barwy od pasa w górę, jak i od pasa w dół. Na wykresie granica pasa określona została dwukropkiem. Dodatkowo określana była struktura materiału jednak z obserwacji, nie wpływa ona znacząco na widoczność. Z badania wynika również, że stosowanie elementów odblaskowych wśród pieszych, w obszarze zabudowanym, przechodzących przez przejście to wartość znikoma. Na kolorystykę ubioru wpływa również wiek. Zostało zauważone, że ubrania barw jaśniejszych z reguły stosowane są u osób młodych oraz dzieci. Natomiast osoby w wieku dorosłym stosowały bardziej stonowane i zdecydowanie ciemniejsze barwy ubrań.



Rys.14. Rozkład luminancji na przejściu dla pieszych z pieszym ubranym w ciemne barwy.

Na rysunku 14 przedstawione zostało nowe skrzyżowanie z ruchem okrężnym wraz z nowoczesnym oświetleniem dedykowanym dla przejść dla pieszych. Luminancja podhoryzontalna wskazuje na wartości znacznie większe niż wartości luminancji nadhoryzontalnej (kontrast dodatni). Rozkład luminancji widoczny na zdjęciu pokazuje, że obiekt ubrany w ubrania barwy ciemnej odbija światło na poziomie poniżej 0,3 cd/m. Powoduje to znacznie ograniczoną widoczność pieszego na przejściu przy stosowaniu kontrastu dodatniego. Zdjęcie zostało wykonane za pomocą skalibrowanego miernika luminancji LMK 5 i opracowane za pomocą oprogramowania LMK LabSoft.

Powyższe obserwacje oraz przeprowadzone badania skłaniają autorów do podjęcia rozszerzonej diagnozy i eksploracji możliwości zastosowania kontrastu ujemnego w celu poprawy bezpieczeństwa pieszych na przejściach. Wymaga to rozszerzenia prac badawczych oraz symulacyjnych w celu określenia odpowiedniego oświetlenia, aby pieszy ubrany na ciemno był wyraźnie widoczny na przejściu.

Podsumowanie

Liczba wypadków w godzinach wieczornych oraz w okresie jesienno-zimowym jest zauważalnie większa względem pozostałej części dnia i miesiący. Dane statystyczne Eurostat [2] wskazują na utrzymującą się

pozycję Polski w liczbie ofiar śmiertelnych w wypadkach w kategorii osób zaangażowanych. Zdecydowana większość pieszych biorących udział w zdarzeniach drogowych w Polsce znajduje się w przedziale 60+. Kolorystyka ubrań pieszych wskazuje, że osoby poruszające się na piechotę w okresie przejściowym oraz zimowym zakładają ubrania barwy ciemnej lub pośrednio ciemnej (było tak w przypadku 2/3 badanych) oraz nie stosują elementów odbłaskowych w terenie zurbanizowanym. Zebrane i przedstawione dane statystyczne oraz obserwacje z życia skłaniają do rozważenia zastosowania kontrastu ujemnego na przejściach dla pieszych względem obecnie stosowanego kontrastu dodatniego. Należy podjąć dalsze badania statystyczne oraz luminancyjne w celu zweryfikowania przypuszczeń autorów.

Autorzy:

dr hab. inż. Sebastian Różowicz – prof. PŚk, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, Poland; e-mail: s.rozowicz@tu.kielce.pl;

dr inż. Henryk Wachta, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e-mail: hwachta@prz.edu.pl;

mgr inż. Kamil P. Paduszynski, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, 25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, Poland; e-mail: kpaduszynski@tu.kielce.pl.

LITERATURA

- [1] Dane statystyczne Komendy Głównej Policji, Wypadki Drogowe – Raporty Roczne, <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html> (dostęp: 13.06.2022).
- [2] Dane statystyczne Europejskiej Komisji ds. Transportu https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tran_sf_roadus (dostęp: 13.06.2022 r.).
- [3] Jackett M., Frith W., Quantifying the impact of road lighting on road safety - A New Zealand Study. *IATSS Res* 2013;36:139-45
- [4] Jamroz K., Gumińska L., Mackun T., Rychlewska J.,: Widoczność na przejściach dla pieszych, *Drogownictwo*, 4-5/2015
- [5] Tomczuk P.,: Ocena jakości oświetlenia sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport*, 87:101-15, 2012
- [6] Tomczuk P., Wytrykowska A, Analiza zagrożeń w ruchu drogowym na przejściu dla pieszych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport*, 205-20, 2016
- [7] Patella SM., Sportiello S., Carrese S., Bella F., Asdrubali F., The effect of a LED lighting crosswalk on pedestrian safety: Some experimental results, *Safety*, 6(2), 20, 2020
- [8] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M., i inni, Wytyczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych - Raport z przeprowadzonych studiów i analiz, Gdańsk, Warszawa, 2017.
- [9] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M., Wytyczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych, Ministerstwo Infrastruktury, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2017.
- [10] WHO – Bezpieczeństwo pieszych, Podręcznik bezpieczeństwa pieszych dla praktykantów i decydentów, WHO 2013
- [11] Wytrykowska A.,: Metoda oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, praca doktorska, Warszawa 2022
- [12] Wytrykowska A., Tomczuk P., Przegląd metod badań zachowań uczestników ruchu drogowego na przejściach dla pieszych, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport*, 121:431-9,2018
- [13] Żagan W.: Podstawy techniki świetlnej, Oficyna wydawnicza Politechnik Warszawskiej, 2005,
- [14] www.swiatlo.tak.pl/1/index.php/kontrast-luminancji/ dostęp: 13.06.2022 r.