

## Wpływ wariantów ubioru pieszych na ich widoczność w porze jesienno-zimowej

**Streszczenie:** Widoczność pieszych na przejściach stanowi jedno z najważniejszych zagadnień poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym. We wszystkich krajach Unii Europejskiej, w związku z przynależnością do CEN/CENELEC, stosuje się ujednolicone przepisy w zakresie oświetlenia przejść dla pieszych opisane w normie EN 13201. Wiele z krajów stosuje dodatkowo odrębne dokumenty doprecyzowujące sposoby uzyskania najlepszej widoczności pieszych na przejściach. Zapisy normujące oświetlenie przejść dla pieszych określają kryteria doboru oświetlenia za pomocą natężenia oświetlenia i/lub kontrastu luminancji. Ze względu na zróżnicowany ubiór pieszych, w celu osiągnięcia najlepszej widoczności pieszego na przejściu, należy stworzyć dostatecznie duży kontrast luminancji gwarantujący możliwość postrzegania konturu postaci. W artykule przedstawiono symulacje różnych ubiorów pieszych oraz weryfikacja ich widoczności w kontraście dodatnim na przejściu dla pieszych. Opracowane zdjęcia wykonano za pomocą miernika luminancji LMK.

**Abstract:** The visibility of pedestrians at crosswalks is one of the most important issues in improving traffic safety. In all countries of the European Union, due to membership in CEN/CENELEC, unified regulations for pedestrian crossing lighting described in EN 13201 apply. Many of the countries additionally apply separate documents detailing ways to achieve the best visibility of pedestrians at crossings. The provisions that standardize the lighting of pedestrian crossings specify criteria for the selection of lighting by means of illuminance and/or luminance contrast. Due to the varying clothing of pedestrians, in order to achieve the best visibility of the pedestrian at the crossing, it is necessary to create a sufficiently high luminance contrast to ensure the ability to perceive the contour of the figure. This paper presents simulations of different pedestrian clothing and verification of their visibility in positive contrast at a pedestrian crossing. The developed images were taken using the LMK luminance meter. **(The impact of pedestrian clothing options on their visibility during autumn-winter season)**

**Słowa kluczowe:** luminancja, oświetlenie przejść, bezpieczeństwo przejść, kolorystyka ubioru pieszych, bezpieczeństwo ruchu drogowego  
**Keywords:** luminance, crosswalk lighting, crosswalk safety, pedestrian clothing colors, road traffic safety

### Wstęp

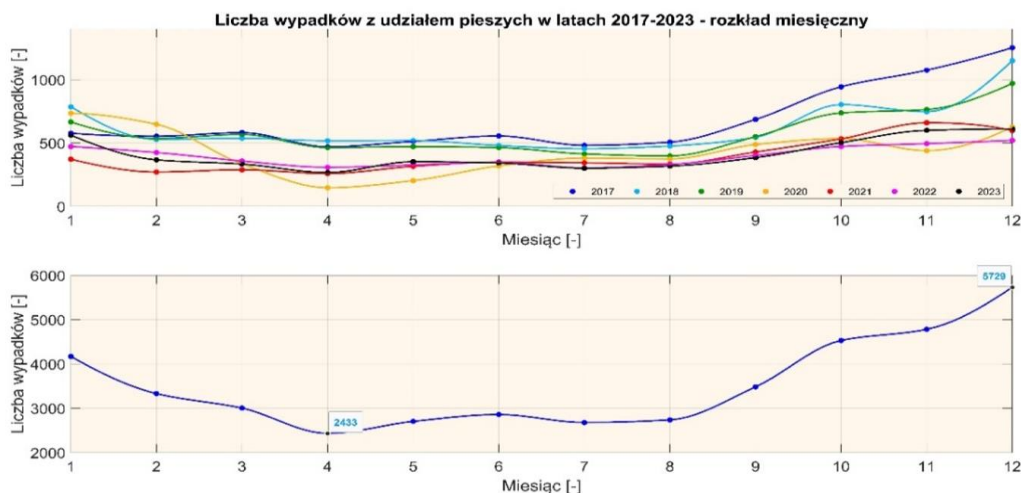
Historycznie normy w Polsce dotyczące oświetlenia instalowanego w obrębach przejść dla pieszych można podzielić na te sprzed przystąpienia do Unii Europejskiej i po wstąpieniu do niej. Do dnia 15.03.2005 roku obowiązywała w Polsce norma PN-76/E-02032 Oświetlenie dróg publicznych [9] wprowadzona do obowiązywania w 1976 r. Obecnie nadal część istniejących instalacji oświetlenia przejść dla pieszych bazuje na tej [9] normie, chociaż są one modernizowane. Po przystąpieniu Polski do UE, Polski Komitet Normalizacyjny będąc członkiem CEN/CENELEC zobowiązał się do wprowadzenia do Polskich Norm ujednoliconych norm EN 13201 dla oświetlenia dróg. Ujednolicenie przepisów dotyczących oświetlenia przejść pozwala jednak na

wprowadzanie dodatkowych wytycznych w celu poprawy bezpieczeństwa i większość państw korzysta z tej możliwości. Jednakże tylko nieliczne posiadają zapisy określające sposób stworzenia kontrastu ujemnego na przejściu np. Szwecja [14] czy Szwajcaria. [15]

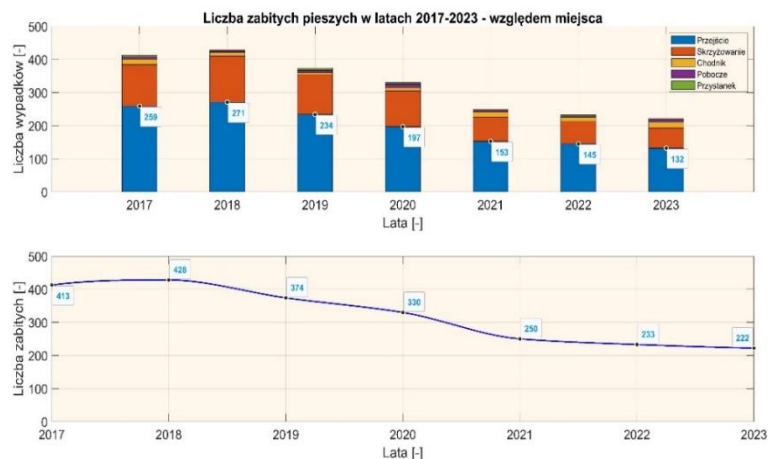
### Analiza statystyczna wypadków

Charakterystyka liczby wypadków w latach 2017 – 2023 w rozkładzie miesięcznym wykreślona na podstawie danych statystycznych z raportów policji [3,5] pozwala zauważyć trend największej liczby wypadków w okresie jesienno-zimowym.

Liczba wszystkich wypadków z udziałem pieszych w



Rys.1. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2017-2023 – rozkład miesięczny. [3,5]



Rys.2. Liczba ofiar śmiertelnych z udziałem pieszych w latach 2017 -2023 - względem miejsca. [3,5].

latach 2017-2021 spadała. Od 2022 roku zauważalny jest wzrost łącznej ilości wypadków, w których uczestniczyli piesi. Jednocześnie w ciągu ostatnich dwóch lat ilość poważnych wypadków jest coraz mniejsza. A co za tym idzie liczba ofiar śmiertelnych wśród pieszych sukcesywnie maleje. Należy zwrócić uwagę na przyczyny takiego stanu rzeczy:

- znaczący spadek zauważalny jest w okresie 2020-2021. W tym czasie można powiązać to z występowaniem wirusa COVID-19 oraz pewnymi obostrzeniami w przemieszczaniu się,

- rok 2021 to zmiana przepisów, jednocześnie większa świadomość kierowców i często związane z tym zmniejszenie prędkości w obrębie przejść dla pieszych,

piesi ze względu na zmianę litery prawa zwracają mniejszą uwagę na nadjeżdżające pojazdy co przyczynia się do zwiększonej liczby wypadków w obszarach konfliktowych.

Na podstawie danych statystycznych [2] można jednoznacznie stwierdzić, że problem bezpieczeństwa niechronionych uczestników ruchu istnieje i jest znaczny. Bo nie tylko piesi są narażeni na niebezpieczeństwo utraty zdrowia oraz życia, w konfrontacji z pojazdem. Natomiast piesi stanowią największą i najbardziej narażoną grupę. Najbardziej niebezpiecznym okresem dla pieszych są miesiące od września do marca, czyli miesiące, kiedy szybciej zapada zmrok. Godziny dwóch szczytów, porannego około godziny 8 oraz wieczornego który utrzymuje się od godziny 16 do północy. A największą liczbę wypadków, w szczególności tych śmiertelnych obserwuje się w terenach zurbanizowanych. Jest to ściśle powiązane z ilością miejsc konfliktowych oraz natężeniem ruchu.

### Widoczność pieszego na przejściu

Na oświetlenie sylwetki pieszego na przejściu wpływają takie czynniki jak:

- oświetlenie naturalne,
- oświetlenie pochodzące od świateł zbliżającego się pojazdu w kierunku pieszego,
- pozostałe elementy takie jak reklamy czy luminancje,
- oraz przede wszystkim oświetlenie uliczne i dedykowane oświetlenie stosowane dla przejść dla pieszych.

Różnica luminancji pomiędzy obiektem na przejściu, a jego tłem można obliczyć z zależności:

$$(1) \quad \Delta L = L_O - L_T$$

gdzie:  $\Delta L$  – różnica luminancji,  $L_T$  – luminancja tła,  $L_O$  – luminancja obiektu.

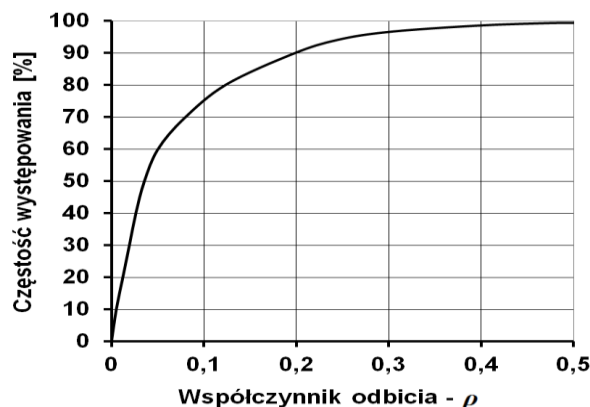
Zarówno dla kontrastu dodatniego jak i ujemnego należy określić minimalną różnicę luminancji dla dostrzeżenia obiektu na tle z założonym prawdopodobieństwem [5].

Kontrast luminancji sylwetki pieszego znajdującego się na przejściu można wyznaczyć z zależności:

$$(2) \quad K = \frac{L_O - L_T}{L_t}$$

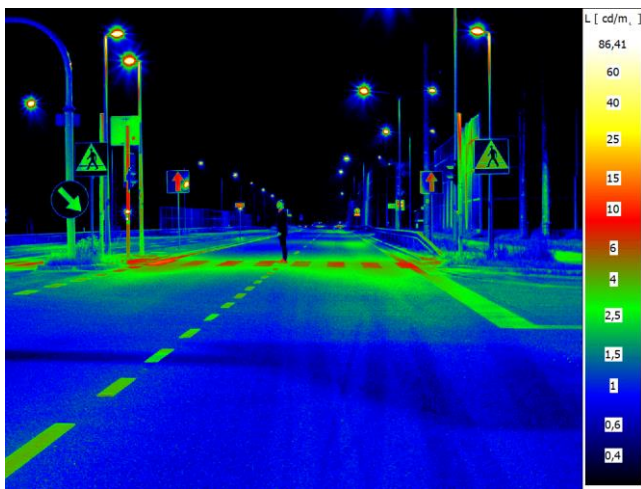
$$(3) \quad L_O = \frac{\rho \cdot E_v}{\pi}$$

gdzie:  $K$  – kontrast luminancji;  $\rho$  – współczynnik odbicia materiału, ubrania pieszego;  $E_v$  – pionowe natężenie oświetlenia sylwetki pieszego [lx];  $L_T$  – luminancja tła na jakim znajduje się obserwowany obiekt, pieszy  $\left[\frac{cd}{m^2}\right]$ ;  $L_O$  – luminancja obiektu (pieszego)  $\left[\frac{cd}{m^2}\right]$ .



Rys. 3. Krzywa częstości względnej skumulowanej zmienności występowania współczynników odbicia ubrań noszonych przez pieszych. [7]

Z dostępnych badań [4] oraz badań własnych wynika, że piesi noszą w znacznej większości ubrania ciemne oraz o niskim współczynniku odbicia (rys.3).



Rys. 4. Rozkład luminancji na przejściu dla pieszych i pieszy ubrany w ciemnej kolorystyce w różnych etapach pokonywania przejścia.

Przeprowadzone badania miernikiem luminancji na przejściu z dedykowanym oświetleniem przejść dla pieszych oraz nową instalacją oświetleniową w ciągu drogi głównej wykazują, że występują różne warunki widoczności pieszego w ciągu jednego przejścia. Sylwetka pieszego może być widoczna zarówno przy oświetleniu wywołującym kontrast dodatni jak i kontrast ujemny na jednym przejściu.

Analizie poddane zostały dwa warianty kolorystyki ubioru. W pierwszym pieszy jest ubrany cały na czarno (przypadek najczęstszy), w drugim w ubrania barwy białej (przypadek najrzadszy). Na podstawie badań można stwierdzić, że pieszy jest znacznie lepiej widoczny w kontraście dodatnim, gdy ubrany jest w ubrania barwy jasnej, jednakże jest to bardzo rzadki przypadek.



Rys. 5. Rozkład luminancji na przejściu dla pieszych i pieszy ubrany w jasnej kolorystyce w różnych etapach pokonywania przejścia.

W zależności od odległości kierowcy od przejścia zmienia się wysokość linii horyzontalnej. Powyższy przypadek przedstawia odcięcie horyzontu pomiędzy drogą, a ciemnym niebem. W przypadku pierwszym (rys.4), gdy kolorystyka ubioru pieszego jest w barwach ciemnych, na przejściu oświetlonym w kontraście dodatnim, sylwetka nie jest istotnie widoczna na samym przejściu. Natomiast poprzez oświetlenie drogi za przejściem uzyskujemy kontrast ujemny i sylwetka pieszego odznacza się na tle luminancji podhoryzontalnej.

W przypadku drugim (rys.5), gdy kolorystyka ubioru pieszego jest w barwach jasnych, sylwetka w strefie

oczekiwania zlewa się z tłem. Istnieje mały kontrast i istnieją złe warunki, aby dostrzec pieszego.

Weryfikacja uzyskanych efektów oświetleniowych przejścia dla pieszych może być dokonana poprzez pomiar luminancji i/lub natężenia oświetlenia. Zdecydowaną różnicę obserwuje się pomiędzy zdjęciami luminancyjnymi, a standardowymi. Z powyższych badań można wnioskować, że istnieją indywidualne cechy dla każdego przejścia, gdzie pomiar parametrów luminancji może być niewystarczający. Ze względu na kolorystykę ubioru pieszych ich widoczność zależy nie tylko od poprawności uzyskanych parametrów świetlnych na przejściu, ale także wartości luminancji tła

nadhoryzontalnej i podhoryzontalnej, infrastruktury drogowej, nachylenia drogi czy jej toru.

### Podsumowanie

Piesi na przejściach nie zawsze są wystarczająco dobrze widoczni, ze względu na dużą liczbę elementów otoczenia oraz w znacznej przewadze ciemnego ubioru. W warunkach rzeczywistych zachodzą warunki oświetleniowe przejść dla pieszych, gdzie sylwetka pieszego jest widoczna gorzej i lepiej w ciągu jednego przejścia. Widoczność sylwetki pieszego zależy przede wszystkim od sposobu oświetlenia sylwetki w płaszczyźnie pionowej oraz od wartości kontrastu pomiędzy obserwowanym obiektem, a jego tłem.

**Autorzy:** mgr inż. Kamil P. Padaszyński, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25 – 314 Kielce, e – mail: kpaduszyński@tu.kielce.pl, dr hab. inż. Sebastian Różowicz, prof. PŚK, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25 – 314 Kielce, e – mail: s.rozowicz@tu.kielce.pl; dr hab. inż. Henryk Wachta, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e - mail: hwachta@prz.edu.pl;

### LITERATURA

- [1] Baran K., Leśko M., Wachta H.: Iluminacyjne, bezprzewodowe oświetlenie dynamiczne, materiały konferencyjne Solina 2014.
- [2] Różowicz S., Zawadzki A., Włodarczyk M., Wachta H. and Baran K.: *Properties of fractional-order magnetic coupling* Energies MDPI; Energies 2020 , 13, 1539; ISSN 1996-1073; doi:10.3390/en13071539.
- [3] Biuro ruchu drogowego Komendy Głównej Policji – raporty wypadków drogowych w Polsce z lat 2017-2023.
- [4] Boyce P.: Lighting for driving. roads, vehicles, signs, and signals, (2009).
- [5] Dane statystyczne Komendy Głównej Policji, Wypadki Drogowe – Raporty Roczne, <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html> (dostęp: 20.04.2024).
- [6] Różowicz S., Tofil Sz.: *The influence of impurities on the operation of selected fuel ignition systems in combustion engines*, Archives of Electrical Engineering, Vol. 65(2), pp.349-360, doi:10.1515/aee-2016-0026..
- [7] 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.
- [8] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M.: Wytyczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych, Ministerstwo Infrastruktury, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2017.
- [9] PN-76/E-02032 - Oświetlenie Dróg Publicznych. PKN, Warszawa, 1976.
- [10] PN-EN 13201:2007 - Oświetlenie Dróg. PKN Warszawa, 2007.
- [11] Różowicz S., Wachta H., Padaszyński K.P.: Analiza kontrastu ujemnego na przejściach dla pieszych, Przegląd Elektrotechniczny, 2022, doi: 10.15199/48.2022.11.47.
- [12] Wytrykowska A.: Metoda oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, praca doktorska, Warszawa 2022.
- [13] Zawadzki, A.; Różowicz, S.: *Application of input-state of the system transformation for linearization of selected electrical circuits*. J. Electr. Eng.-Elektrotechnicky Casopism. **2016**, 67, 199–205; doi:10.1515/jee-2016-0028.
- [14] Krav for Vågars Och Gators Utformning—Requirements for Road and Street Design; Trafikverket: Borlänge, Szwecja, 2012.
- [15] SLG Guideline (Schweizer Licht Gesellschaft) SLG 202-2016; Schweizer Licht Gesellschaft: Bern, Szwajcaria, 2016.
- [16] Tomczuk P., Wytrykowska A., Chrzanowicz M.: Analysis of Luminance Contrast Values at Illuminated Pedestrian Crossings in Urban Conditions. Energies 2023, 16, 8031. <https://doi.org/10.3390/en16248031>.
- [17] Budzynski M., Gobis A., Guminska L., Jelinski L., Kiec M., Tomczuk P.: Assessment of the Influence of Road Infrastructure Parameters on the Behaviour of Drivers and Pedestrians in Pedestrian Crossing Areas. Energies 2021, 14, 3559. <https://doi.org/10.3390/en14123559>.
- [18] Różowicz, S. Voltage modelling in ignition coil using magnetic coupling of fractional order. Archives of Electrical Engineering 2019, 68, 227–235. doi 10.24425/aee.2019.128264.
- [19] Różowicz A.; Wachta H., Baran, K., Leśko M.; Różowicz S.; *Arrangement of LEDs and Their Impact on Thermal Operating Conditions in High-Power Luminaires*; ENERGIES nov 2022; Volume 15; Issue 21; doi 10.3390/en15218142.
- [20] Tomczuk P.: Assessment Model of Luminance Contrast of Pedestrian Figure against Background on Pedestrian Crossing. Przegląd Elektrotechniczny 2012, 88, 104–107.
- [21] TechnoTeam Bildverarbeitung GmbH. Wytwórca mierników luminancji LMK online: <https://www.technoteam.de/> (dostęp: 15.05.2024).
- [22] Hansen E.R., Larsen J.S., Reflection factors for pedestrian's clothing, Light. Res. Technol. (1979) 154–15.