

## Wpływ położenia obserwatora i pieszego na bezpieczeństwo w ruchu drogowym

**Streszczenie:** Widoczność pieszego na przejściu dla pieszych ma znaczący wpływ na poprawę bezpieczeństwa na drodze. Pomimo nieustających wysiłków na rzecz poprawy bezpieczeństwa pieszych i niechronionych użytkowników dróg, liczba wypadków na przejściach dla pieszych jest znacząca. Pomimo wzrostu liczby wypadków z udziałem pieszych w 2022 r., reperkusje są znacznie niższe, ponieważ odnotowano spadek liczby wypadków śmiertelnych o 67 w porównaniu z rokiem poprzednim. Należy również zauważyć, że lata 2020-2021 to okres ograniczonej mobilności, więc statystyki nie są w pełni wymierne. Znaczenie dla widoczności pieszego na przejściu ma nie tylko odpowiednie oświetlenie samego przejścia i obszaru oczekiwania, ale także tło i kolor odzieży pieszego. W artykule przedstawiono symulacje pozycji obserwatora i pieszego względem siebie w różnych sytuacjach drogowych. Obrazy zostały wykonane za pomocą miernika luminancji i opracowane w dedykowanym oprogramowaniu LMK.

**Abstract:** The visibility of the pedestrian at a pedestrian crossing has a significant impact on improving road safety. Despite relentless efforts to improve the safety of pedestrians and vulnerable road users, the number of accidents at pedestrian crossings is significant. Despite the increase in the number of accidents involving pedestrians in 2022, the repercussions are significantly lower, as there was a decrease in fatal accidents by sixty-seven, compared to the previous year. It should also be noted that 2020-2021 is a period of limited mobility, so the statistics are not entirely quantifiable. The importance for pedestrian visibility at a crossing is not only the proper lighting of the crossing itself and the waiting area, but also, the background and color of the pedestrian's clothing. The article presents simulations of the position of the observer and the pedestrian in relation to each other in various traffic situations. The images were taken with a luminance meter and developed in dedicated LMK software. **(The influence of the position of the observer and pedestrian on road safety)**

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

**Keywords:** luminance, crosswalk lighting, negative contrast, crosswalk safety

### Wstęp

Poprawa widoczności pieszych na przejściach, ma znaczny wpływ na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego. Pomimo ciągłych działań mających na celu zwiększenie bezpieczeństwa pieszych oraz niechronionych uczestników ruchu drogowego liczba wypadków na przejściach jest znaczna. Poprawę bezpieczeństwa na przejściach przez jezdnię osiąga się poprzez programy oświetlania przejść dla pieszych, strefy oczekującej i strefy przejściowej oraz odpowiednie oświetlenie tła, czyli uzyskanie odpowiedniego kontrastu [10]. Istotną rolę odgrywa również obszar nad i podhoryzontalny, a zatem usytuowanie kierującego zbliżającego się do przejścia dla pieszych, względem pieszego znajdującego się na przejściu bądź w jego pobliżu. Warto zauważyć, że pomimo zwiększenia nakładów na poprawę bezpieczeństwa pieszych, liczba wypadków na przejściach w ciągu ostatniego roku wzrosła.

### Analiza statystyczna wypadków

Na podstawie raportów z wypadków drogowych w Polsce, w latach 2018-2022 [2] zostały wykreślone charakterystyki ilości wypadków z udziałem pieszych w poszczególnych miesiącach oraz sumaryczna liczba wypadków w poszczególnych latach z tego okresu (rys. 1)

Liczba wszystkich wypadków z udziałem pieszych w latach 2018-2021 spadała. W 2022 roku nastąpił wzrost łącznej ilości wypadków, w których uczestniczyli piesi. Lata 2020-2021 to okres ograniczonego, okresowego przemieszczania się, ze względu na występowanie zagrożenia pandemicznego. Co w szczególności widać na wykresach z rozkładem miesięcznym. Największe spadki ilości wypadków występują w kwietniu i listopadzie 2020 oraz okresie od stycznia do marca 2021 roku. Na podstawie wykresów można zatem wnioskować, że dane z lat 2020-2021 mogą być niewymierne i jednocześnie nie pokazują wystarczająco dobrze problematyki. Z rysunku 2 można wyciągnąć podobne wnioski. Niepokojący również, jest fakt, że pomimo trwających oświetleń przejść dla pieszych oraz zwiększonych mandatów za wykroczenia drogowe nastąpił

wzrost wypadków na przejściach. Należy zauważyć również, że od 01.06.2021 r. pieszy wchodzący na przejście ma bezwzględne pierwszeństwo. Na wykresie od tego momentu widać wzrost liczby wypadków. W praktyce piesi zaczęli się czuć bezkarni i istotnie zwiększyła się tendencja do wtargnięcia na przejście, bez ówczesnego upewnienia się przez pieszego czy może bezpiecznie przedostać się na drugi koniec jezdni. Doświadczenia te skłaniają do zwrócenia uwagi na widoczność pieszego na przejściu oraz zwiększenia świadomości pieszych, że w starciu z pojazdem są na przegranej pozycji.

Dane statystyczne Eurostat wskazują, że Polska niezmiennie utrzymuje się w pierwszej czwórce państw z największą liczbą ofiar śmiertelnych w kategorii osób uczestniczących w wypadkach. Zanotowany został spadek Polski w na wykresie, z 3 na 4 miejsce względem poprzedniego roku. W 2021 roku zarejestrowano o 246 przypadków mniej niż w 2020, ale brakuje oficjalnych danych Eurostat na rok 2022. Z danych KGP wynika, że tendencja spadkowa utrzymuje się.

### Widoczność pieszego na przejściu

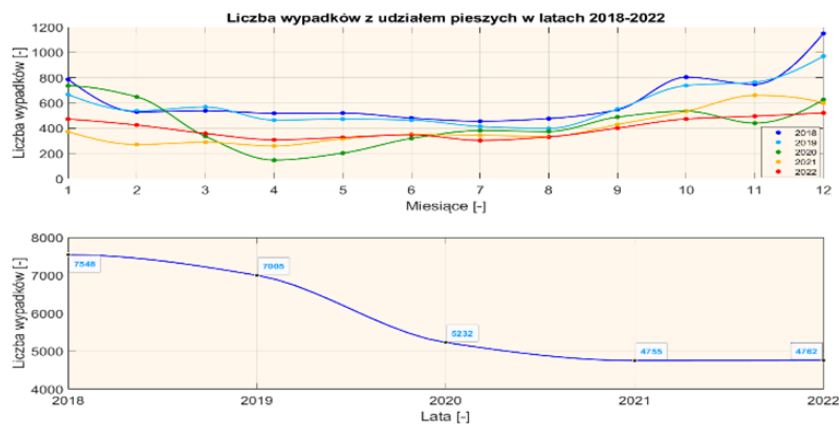
Widoczność obiektu na drodze zdeterminowana jest wieloma czynnikami takimi jak:

- wiek obserwatora,
- jakość wzroku obserwatora,
- koloru i wielkości obiektu,
- kontrastu obiektu i tła,
- luminancji obiektu i tła,
- prędkości ruchu obiektu i obserwatora,
- parametrów olśnienia [5].

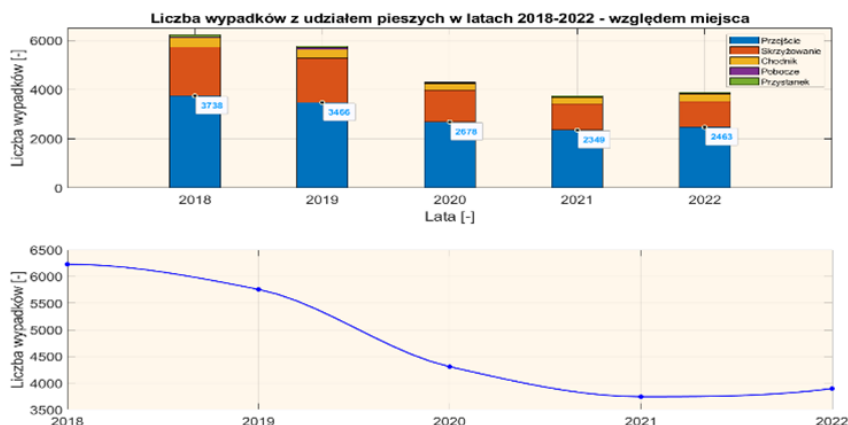
Różnicę luminancji pomiędzy obserwowanym obiektem, a jego tłem można obliczyć z zależności:

$$(1) \quad \Delta L = L_T - L_B \left[ \frac{cd}{m^2} \right]$$

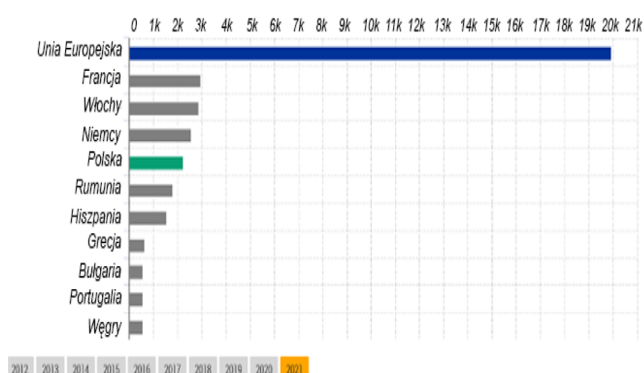
gdzie:  $\Delta L$  – różnica luminancji,  $L_B$  – luminancja tła,  $L_T$  – luminancja obiektu.



Rys.1. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2018-2022.



Rys.2. Liczba wypadków z udziałem pieszych w latach 2018-2022 - względem



Rys.3. Statystyka ofiar śmiertelnych w Europie w 2021 r. [4].

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

Różnica luminancji progowej dla czasu obserwacji obiektu poniżej 2 s może zostać wyznaczona na podstawie następującego wzoru:

$$(2) \quad \Delta L_{prog} = k \cdot \left( \frac{F_{\Phi}^{1/2}}{\alpha} + L^{1/2} \right)^2 \cdot F_{CP} \cdot \frac{a(\alpha, L_B) + t}{t} \cdot AF$$

gdzie:  $k$  – współczynnik prawdopodobieństwa dostrzeżenia obiektu;  $F_{\Phi}$  – funkcja luminancji strumienia,  $\alpha$  – rozmiar kątowy obiektu,  $F_{CP}$  – współczynnik polaryzacji kontrastu,  $a(\alpha, L_B)$  – parametr zależny od rozmiaru kąowego obiektu luminancji i tła,  $t$  – czas obserwacji obiektu,  $AF$  – współczynnik wieku obserwatora (ang. Age Factor).

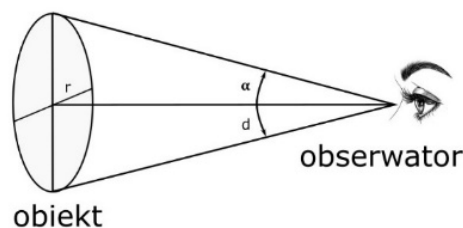
Rozmiar kątowy obiektu ma miarę kąta opisanego w minutach dla okrągłego obiektu o promieniu  $r$  obserwowanego z odległości  $d$ .

$$(3) \quad \alpha = 2 \cdot tg^{-1} \left( \frac{r}{d} \right) \cdot 60$$

Dla obserwowanego obiektu, gdzie kąt  $\alpha < 60'$ , wartość  $a(\alpha, L_B)$ , może być aproksymowana przez równanie określające wpływ czasu postrzegania:

$$(4) \quad a(\alpha, L_B) = \frac{[a(\alpha)^2 + a(L_B)^2]^{1/2}}{2,1}$$

(5)



Rys.3. Wartość kąta bryłowego obserwowanego obiektu [5].

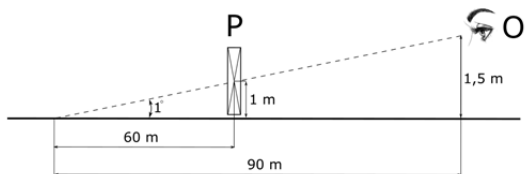
Współczynnik polaryzacji kontrastu  $F_{CP}$  osiąga wartości większe od jedności dla kontrastu dodatniego oraz mniejsze od jedności dla kontrastu ujemnego. W przypadku ujemnego kontrastu luminancji należy określić ten współczynnik z następującej zależności:

$$(6) \quad F_{CP}(\alpha, L_B) = 1 - \frac{m\alpha^{-\beta}}{2,4\Delta L_{pos,t=2s}}$$

współczynniki  $m$ ,  $\beta$  oraz wartość  $\Delta L_{pos,t=2s}$  należy wyliczyć zgodnie z zależnościami opisanymi dokładniej w [5].

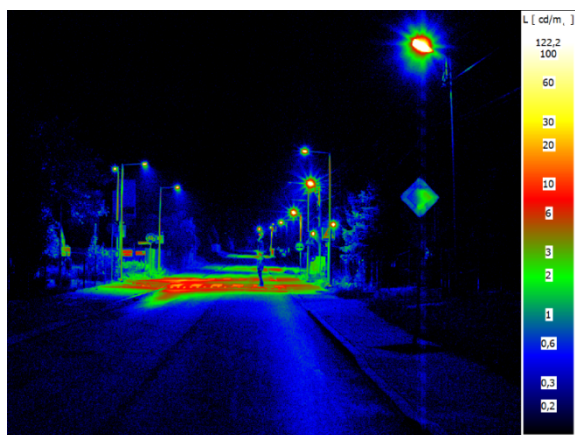
Wzrok kierowcy jadącego po płaskiej nawierzchni, znajdującego się w odległości około 60 metrów od środka przejścia dla pieszych skierowany jest na wysokości około jednego metra. Kąt padania wzroku to około  $1^\circ$ .

Determinuje to sposób przeprowadzenia pomiarów luminancji zgodnie z wytycznymi [9] (rys.4). Zatem punkt na powierzchni, w który kieruje osoba prowadząca pojazd znajduje się w odległości około 90 m. Na widoczność pieszego bądź jego sylwetki ma wpływ wiele czynników takich jak: prędkość z jaką porusza się pojazd, warunków otoczenia, oświetlenia przejścia, oświetlenia tła czy kolorystyka ubioru pieszego przechodzącego przez przejście.



Rys.4. Graficzne przedstawienie sposobu przeprowadzania pomiarów luminancji.

Jeżeli punkt, w który prowadzący pojazd kieruje swój wzrok zależy od prędkości, to również znaczenie będzie miało, czy porusza się pod górę czy z góry. Z uwagi na możliwą zmianę położenia punktu obserwacji kierowcy związanego z prędkością poruszania się oraz położenia linii horyzontalnej związanej z ukształtowaniem terenu może zachodzić istotna zmiana luminancji tła względem średniej luminancji postaci. A to bezpośrednio wpływa na kontrast luminancji stanowiący o widoczności postaci na przejściu dla pieszych.



Rys.5. Zdjęcie rozkładu luminancji wykonane cyfrowym miernikiem luminancji LMK - pojazd.



Rys.6. Zdjęcie rozkładu luminancji wykonane cyfrowym miernikiem luminancji LMK - zjazd.

W celu weryfikacji założeń zostały wykonane pomiary w warunkach drogowych mające na celu ustalenie wartości luminancji obiektu i tła dla różnych lokalizacji przejść dla pieszych. Badania zostały wykonane cyfrowym miernikiem luminancji LMK oraz zostały opracowane w dedykowanym programie LMK Labsoft.

Analiza została przeprowadzona na podstawie zdjęć wykonanych cyfrowym miernikiem luminancji. Najczęściej spotykaną kolorystyką ubioru w okresie zimowym jest ciemne ubranie powyżej i poniżej pasa [10]. Na obu zdjęciach, można zauważyć słabą widoczność pieszego na przejściu, chociaż przypadek pierwszy zdaje się być znacznie korzystniejszy, ze względu na uzyskanie większego kontrastu ujemnego.

Według autorów otrzymane wyniki wymagają dalszych badań w celu ustalenia możliwości uzyskania optymalnej widoczności pieszego na przejściu w różnych warunkach położenia pieszego względem kierowcy.

### Podsumowanie

Wypadki drogowe z udziałem pieszych stanowią nadal duże zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego. Pomimo zwiększania uwagi oraz działań prewencyjnych zwiększających bezpieczeństwo pieszych na drogach liczba wypadków zwiększyła się względem ostatniego roku. Uwagę należy skierować przede wszystkim na uzyskanie możliwie najlepszych warunków oświetleniowych na przejściach dla pieszych, strefach oczekiwania oraz strefach przejściowych w ciągach dróg głównych. Ciągłe zmieniające się przepisy wprowadzają chaos Skłania to autorów do dalszych badań w zakresie widoczności pieszych na przejściach.

### Podziękowania/Finansowanie:

Artykuł został zrealizowany w ramach stażu dr hab. inż. Sebastiana Różowicza, realizowanego w Politechnice Rzeszowskiej w Katedrze Elektrotechniki i Podstaw Informatyki w okresie od 1 marca 2021 r. do 30 czerwca 2021 r., temat stażu: Zastosowanie metod matematycznych do analizy układów w elektrotechnice.

Artykuł został zrealizowany w ramach stażu naukowego dr inż. Henryka Wachta, realizowanego w Politechnice Świętokrzyskiej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki w okresie od 06 lipca 2020 r. do 30 września 2020 r., w ramach stażu realizowane były zagadnienia modelowania elementów radiacyjnych systemów oświetleniowych ze źródłami led.

**Autorzy:** 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](mailto:s.rozowicz@tu.kielce.pl);  
dr inż. Henryk Wachta, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e - mail: [hwachta@prz.edu.pl](mailto:hwachta@prz.edu.pl);  
mgr inż. Kamil P. Paduszyński, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25 – 314 Kielce, e – mail: [kpaduszynski@tu.kielce.pl](mailto:kpaduszynski@tu.kielce.pl).

### LITERATURA

- [1] Bewszko T, Wachta H.: Multi-criteria decision aid for planning lighting technology of architectural objects, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 8/2011, s. 21-25, Warszawa 2011, ISSN: 0033-2097.
- [2] Biuro ruchu drogowego Komendy Głównej Policji – raporty wypadków drogowych w Polsce z lat 2018-2022.
- [3] Dane statystyczne Komendy Głównej Policji, Wypadki Drogowe – Raporty Roczne, <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html> (dostęp: 20.05.2023).

- [4] Dane statystyczne Europejskiej Komisji ds. Transportu [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tran\\_sf\\_roadus](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tran_sf_roadus) (dostęp: 13.06.2023 r.).
- [5] Tomczuk P.: Modelowanie, badania eksperymentalne i ocena jakości oświetlenia sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej - seria Transport nr 91, 2013.
- [6] Tomczuk P., Wytrykowska A.: Analiza zagrożeń w ruchu drogowym na przejściu dla pieszych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, 205-20, 2016
- [7] Torzewicz T., Baran K., Raszkowski T., Samson A., Wachta H., Napieralski A.: Compact Thermal Modelling of Power LED Light Sources, 30th International Conference on Microelectronics, pp. 157- 160, IEEE Xplore, 2017, doi: 10.1109/MIEL.2017.8190091.
- [8] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M. i inni: Wytoczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych - Raport z przeprowadzonych studiów i analiz, Gdańsk, Warszawa, 2017.
- [9] Jamroz K., Tomczuk P., Mackun T., Chrzanowicz M.: Wytoczne prawidłowego oświetlenia przejść dla pieszych, Ministerstwo Infrastruktury, Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Warszawa, 2017.
- [10] Różowicz S., Wachta H., Padaszyński K.P.: Analiza kontrastu ujemnego na przejściach dla pieszych, Przegląd Elektrotechniczny, 2022,
- [11] Wachta H., Leško M., Baran K.: The meaning of qualitative reflective features of the facade in the design of illumination of architectural objects, AIP Conference Proceedings 2078(1), 020102, 2019, Web of Science, doi: 10.1063/1.5092105.
- [12] WHO – Bezpieczeństwo pieszych, Podręcznik bezpieczeństwa pieszych dla praktykantów i decydentów, WHO 2013
- [13] Wytrykowska A.: Metoda oceny skuteczności dedykowanych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych, praca doktorska, Warszawa 2022.
- [14] Żagan W.: Podstawy techniki świetlnej, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005.