

Analiza wpływu oświetlenia rond na bezpieczeństwo komunikacyjne

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań związanych z wpływem parametrów oświetleniowych na poziom bezpieczeństwa komunikacyjnego na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym. Badania zrealizowano dla stref konfliktowych występujących na rondach oraz na drogach dojazdowych i przejściach dla pieszych. Przeprowadzono analizę porównawczą warunków oświetleniowych uzyskanych dla różnych konfiguracji rozmieszczenia opraw oświetleniowych oraz dla różnych wariantów rozsyłu. Uzyskane wyniki umożliwiły dokonanie oceny wpływu parametrów i konfiguracji instalacji oświetleniowej na warunki i bezpieczeństwo komunikacyjne.

Abstract. The article presents selected research results related to the impact of lighting parameters on the level of traffic safety at intersections with circular traffic. The research was carried out for conflict zones occurring at roundabouts, access roads and pedestrian crossings. A comparative analysis of the lighting conditions obtained for various configurations of the arrangement of lighting fixtures and for various distribution variants was carried out. The obtained results made it possible to assess the impact of the parameters and configuration of the lighting installation on traffic conditions and safety. (*The analysis of impact of roundabout lighting on traffic safety*)

Słowa kluczowe: oświetlenie uliczne, oprawa oświetleniowa, skrzyżowanie, przejście dla pieszych.

Keywords: street lighting, luminaire, crossroad, pedestrian crossing.

Wstęp

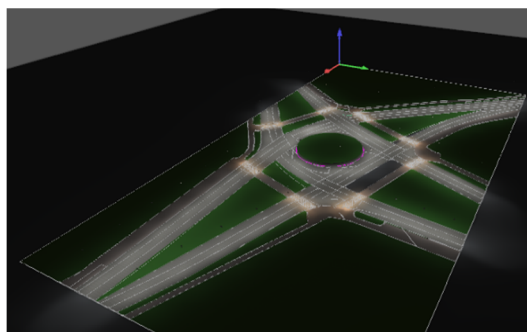
Podstawowym zadaniem oświetlenia ulicznego jest zapewnienie wszystkim użytkownikom wygodnego, a przede wszystkim bezpiecznego poruszania się po drogach w warunkach nocnych. Wpływa ono m.in. na zwiększenie zdolności kierowców do szybkiego zauważenia pieszych poruszających się chodnikiem w obrębie drogi lub przechodzących przez przejścia dla pieszych, co zależy od wielu czynników (kontrast luminancji, kolor obiektu, prędkość pojazdu i pieszego, indywidualne cechy aparatu wzrokowego) [1-5]. Stosowanie odpowiedniego sprzętu oświetleniowego i jego właściwe rozmieszczenie ma istotny wpływ na uzyskanie zarówno wygody widzenia i prawidłowego postrzegania obiektów oraz na poprawę bezpieczeństwa użytkowników dróg.

Celem badań jest ocena wpływu parametrów oświetleniowych na bezpieczeństwo na skrzyżowaniach z ruchem okrężnym oraz w strefach bezpośrednio do nich przylegających, obejmujących drogi dojazdowe wraz z przejściami dla pieszych.

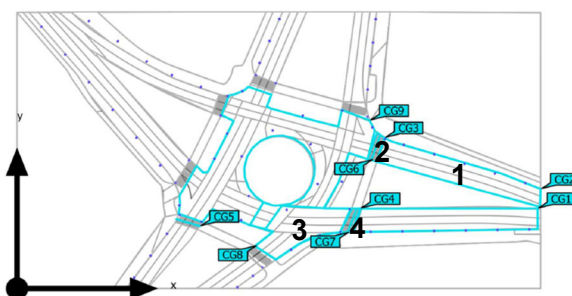
Charakterystyka badań

Analiza wybranych parametrów oświetlenia rond została przeprowadzona z wykorzystaniem oprogramowania Dialux [6]. Obliczenia symulacyjne wariantów oświetlenia ronda, obejmujących wykorzystanie opraw oświetleniowych o zróżnicowanym rozsyłach światłości oraz zróżnicowanym rozmieszczeniu wykonano w oparciu o model skrzyżowania o ruchu okrężnym wraz z drogami dojazdowymi i przejściami dla pieszych (rys. 1). Analiza wybranych parametrów oświetlenia na skrzyżowaniu o ruchu okrężnym została przeprowadzona na przykładzie wybranego ronda z czterema trzypasmowymi drogami dojazdowymi oraz analogicznymi drogami zjazdowymi. Rozmieszczenie stref obliczeniowych przedstawiono na rysunku 2. Na każdej z dróg znajduje się przejście dla pieszych. Średnica wewnętrzna ronda wynosi 30m, szerokość pasa ruchu 3,5m. Przyjęto klasy oświetleniowe C1 dla jezdni oraz PC1 dla przejść dla pieszych zgodnie z wymaganiami normy [7], co wynika głównie z dużej przepustowości ronda oraz spodziewanego dużego natężenia ruchu i występowania stref konfliktowych zarówno pomiędzy użytkownikami

zmotoryzowanymi, jak również pomiędzy zmotoryzowanymi oraz niezmotoryzowanymi.

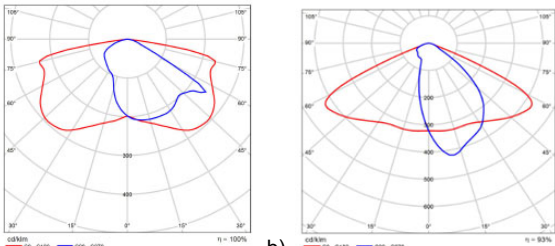


Rys. 1. Widok modelu wybranego skrzyżowania o ruchu okrężnym



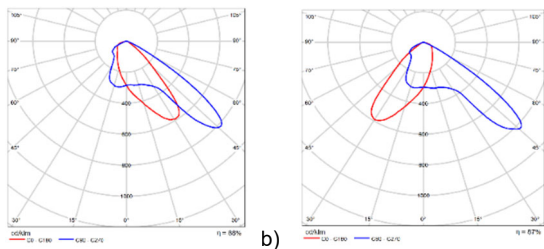
Rys. 2. Rozmieszczenie stref obliczeniowych: 1) dojazd do przejścia 1, 2) przejście dla pieszych 1, 3) dojazd do przejścia 2, 4) przejście dla pieszych 2

Rozpatrywano dwa warianty rozmieszczenia opraw oświetleniowych. W pierwszym przypadku oprawy oświetlające drogi dojazdowe jak i zjazdowe usytuowane są jednostronnie wzdłuż jezdni po jej prawej stronie. W drugim rozpatrywanym przypadku droga oświetlona jest z obu stron. Do oświetlenia ronda i dróg dojazdowych zastosowano oprawy oświetleniowe o rozsyłach przedstawionych na rysunku 3 [8-11]. Oprawa 1 charakteryzuje się rozsyłem głównie rozproszonym (rys. 3a), oprawa 2 natomiast rozsyłem uwydatnionym (rys. 3b).

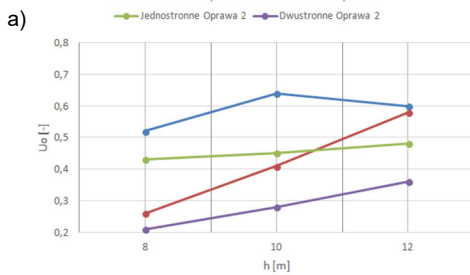
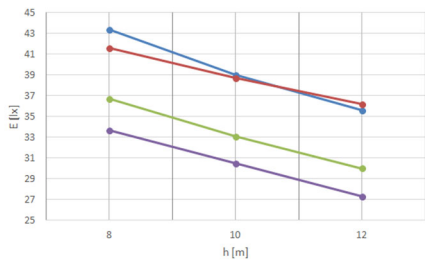


a) b)
Rys. 3. Krzywe rozsyłu światłości opraw oświetleniowych zastosowanych w wybranych wariantach oświetlenia ronda i dróg dojazdowych: wariant 1 (a), wariant 2 (b)

Przejęcia dla pieszych zostały wyposażone w oświetlenie dedykowane. Realizowane jest ono z wykorzystaniem opraw o rozsyłe asymetrycznym (rys. 4) lewostronnym i prawostronnym [12-15].



a) b)
Rys. 4. Krzywe rozsyłu światłości opraw oświetleniowych zastosowanych do oświetlenia przejść dla pieszych: rozsył prawostronny(a), rozsył lewostronny (b)



a) b)
Rys. 5. Charakterystyka zależności natężenia oświetlenia (a) oraz równomierności (b) od wysokości montażu oprawy dla drogi dojazdowej do przejścia 1

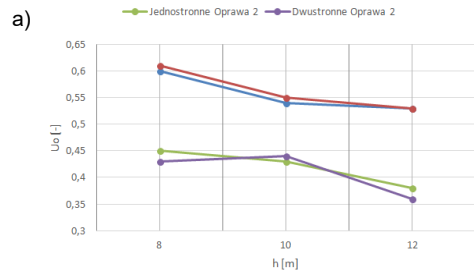
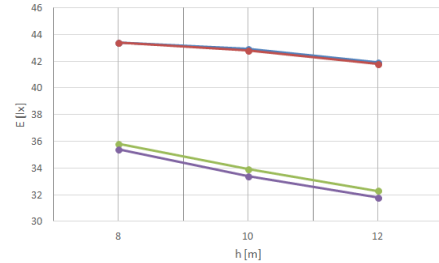
Analiza wyników

Wykonano obliczenia symulacyjne warunków oświetleniowych w obrębie ronda, dróg dojazdowych i przejść dla pieszych z wykorzystaniem opraw montowanych na różnych wysokościach w zakresie od 8 do 12 m, przy założeniu spełnienia wymagań klasy C1 oraz PC1. Wybrane wyniki przedstawiono na rysunkach 5-8.

Na drodze dojazdowej do przejścia 1 (1, rys. 2) natężenie oświetlenia (rys. 5a) zmniejsza się wraz ze wzrostem wysokości, z kolei równomierność natężenia oświetlenia

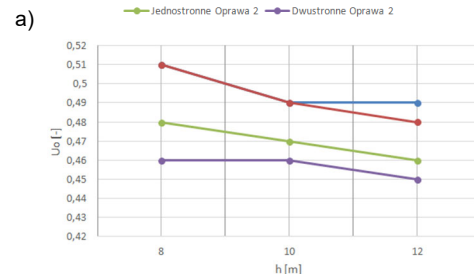
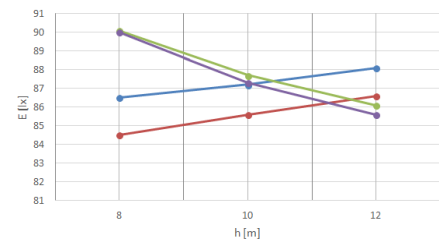
rośnie (rys. 5b). Większe wartości natężenia oświetlenia uzyskano przy wykorzystaniu oprawy 1, zarówno przy rozmieszczeniu jedno i dwustronnym.

Na drodze dojazdowej do przejścia 2 (3, rys. 2) natężenie oświetlenia (rys. 6a) zmniejsza się wraz ze wzrostem wysokości. Równomierność natężenia oświetlenia przeważnie zmniejsza się (rys. 6b). Większe wartości natężenia oświetlenia uzyskano przy wykorzystaniu oprawy 1, dla obydwu wariantów rozmieszczenia.



a) b)
Rys. 6. Charakterystyka zależności natężenia oświetlenia (a) oraz równomierności (b) od wysokości montażu oprawy dla drogi dojazdowej do przejścia 2

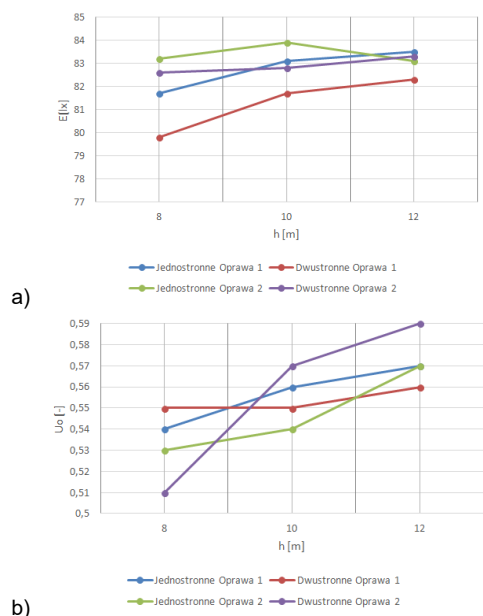
Na przejściu dla pieszych 1 (2, rys. 2) zaobserwowano wzrost natężenia oświetlenia (rys. 7a) przy zastosowaniu oprawy 1 oraz spadek przy zastosowaniu oprawy 2.



a) b)
Rys. 7. Charakterystyka zależności natężenia oświetlenia (a) oraz równomierności (b) od wysokości montażu oprawy dla przejścia 1

Na przejściu dla pieszych 2 (4, rys. 2) zaobserwowano wzrost natężenia oświetlenia (rys. 8a) przy zastosowaniu zarówno oprawy 1 oraz 2, wyjątek stanowi wariant rozmieszczenia jednostronnego z oprawą 2, gdzie następuje

wzrost a następnie spadek średniej wartości natężenia oświetlenia. Równomierność natężenia oświetlenia rośnie (rys. 8b).



Rys. 8. Charakterystyka zależności natężenia oświetlenia (a) oraz równomierności (b) od wysokości montażu oprawy dla przejścia 2

Podsumowanie

Przedstawione wyniki analizy porównawczej pozwalają na ocenę zgodności parametrów oświetleniowych z wymaganiami przyjętych klas. Nie wszystkie wartości średniego natężenia oświetlenia oraz równomierności natężenia oświetlenia spełniają przyjęte wymagania. W kilku przypadkach odnotowano niewielkie odchylenia równomierności (dojazd do przejścia nr 1, oprawa 1 przy rozmieszczeniu jednostronnym oraz dojazd do przejścia nr 2 dla oprawy 2 przy największej wysokości montażu) lub natężenia oświetlenia (dojazd do przejścia nr 1 dla oprawy 2 przy największej wysokości montażu). W przypadku obydwu analizowanych typów opraw oświetlających drogi w większości wariantów można zauważyć, że wraz ze zwiększeniem wysokości montażu oprawy wzrasta równomierność natężenia oświetlenia i maleje średnia wartość natężenia oświetlenia, jednak w części wariantów występuje odwrotny trend. W zależności od zastosowanego rozsyłu oprawy mogą wystąpić znaczące różnice w uzyskiwanych poziomach natężenia oświetlenia pomiędzy wariantem rozmieszczenia jednostronnym i dwustronnym. Przy projektowaniu oświetlenia i doborze właściwej oprawy konieczne jest uwzględnienie wszystkich czynników związanych z geometrią drogi i planowanym rozmieszczeniem opraw. Dla zwiększenia poziomu bezpieczeństwa zalecane jest stosowanie dodatkowego oświetlenia w strefach konfliktowych, takich jak przejścia dla pieszych i w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie możliwości percepcji wzrokowej oraz ocena sytuacji z większej odległości. Uzyskane wyniki nie są jednoznaczne, zatem istnieje konieczność dalszych badań w tym zakresie.

Autorzy:

dr hab. inż. Sebastian Różowicz prof. PŚk, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki; Al. Tysiąclecia P. P. 7, 25-314 Kielce, E-mail: s.rozowicz@tu.kielce.pl
 dr inż. Krzysztof Baran, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, Ul. W Pola 2, 35-959 Rzeszów; E-mail: kbaran@prz.edu.pl
 dr inż. Marcin Leško, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, E-mail: mlesko@prz.edu.pl; dr hab. inż. Andrzej Zawadzki prof. PŚk, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki; Al. Tysiąclecia P. P. 7, 25-314 Kielce, E-mail: a.zawadzki@tu.kielce.pl; dr inż. Henryk Wachta, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, E-mail: hwachta@prz.edu.pl

LITERATURA

- [1] Tomczuk P., Wytrykowska A., Analiza zagrożeń w ruchu drogowym na przejściu dla pieszych, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, 205-20, 2016
- [2] Różowicz, S. The effect of different ignition cables on spark plug durability. (in Polish) Przegląd Elektrotechniczny 2018, 94, 191–195; doi:10.15199/48.2018.04.43.
- [3] Różowicz S., Wachta H., Paduszyński K., Wpływ położenia obserwatora i pieszego na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Przegląd Elektrotechniczny, 1/2024, pp. 204-207. doi:10.15199/48.2024.01.42
- [4] Różowicz A.; Wachta H., Baran, K., Leško 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.
- [5] Georgiev K., Hristov K., Dimitrov M., Pachamanov A., Training stand with control systems for street, tunnel and industrial lighting. *Second Balkan Junior Conference on Lighting (Balkan Light Junior)*, Bulgaria, Plovdiv 2019, pp. 1-4.
- [6] Różowicz, S.; Tofil, Sz. And Zrak, A.; An analysis of the microstructure, macrostructure and microhardness of NiCr-Ir joints produced by laser welding with and without preheat; Archives Of Metallurgy And Materials; Jun 2016; Volume 61, Issue 2, Page 1157-1162; doi:10.1515/amm-2016-0193.
- [7] PN-EN 13201: 2016: Oświetlenie dróg, PKN, Warszawa, 2016.
- [8] 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.
- [9] Thorn Lighting R2L2 - katalog, <https://www.thornlighting.pl/pl-pl/produkty/oswietlenie-zewnetrzne/oswietlenie-drog-i-ulic/R2L>
- [10] Różowicz, S. *Voltage modelling in ignition coil using magnetic coupling of fractional order*. Archives of Electrical Engineering **2019**, 68, 227–235. doi 10.24425/ae.2019.128264.
- [11] Kadali B.R., Vedagiri P., Evaluation of pedestrian crossing speed change patterns at unprotected mid-block crosswalks in India. J. Traffic Transp. Eng. (Engl. Ed.) 7, 832–842, 2020. DOI: 10.1016/j.jtte.2018.10.010
- [12] Malin F., Luoma J., Effects of speed display signs on driving speed at pedestrian crossings on collector streets. Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav., 74, 433–438, 2020. DOI: 10.1016/j.trf.2020.09.004
- [13] Bommel W., Road Lighting. Fundamentals, Technology and Application, Springer, 2015.
- [14] Krupiński R., Simulation and Analysis of Floodlighting Based on 3D Computer Graphics, *Energies* 2021, 14(4), 1042
- [15] Kotulski Z., Szczepiński W., Rachunek błędów dla inżynierów, *Wydawnictwo Naukowe PWN*, (2018)