

doi:10.15199/48.2016.04.40

Modernizacja oświetlenia drogowego na nowoczesne typu LED – czy zawsze jest racjonalna – przykład niewłaściwej realizacji

Streszczenie. Diody elektroluminescencyjne są coraz częściej wykorzystywane przy konstruowaniu opraw oświetleniowych. Parametry fotometryczne podawane przez producentów (dystrybutorów) są często niekompletne lub mało wiarygodne. Na tej podstawie, wytypowano do badań, jedną z nowych instalacji oświetleniowych, wykorzystujących LED. Wyniki badań przedstawiono w opracowaniu.

Abstract. LEDs are more and more frequently used for luminaire construction. Photometric parameters given by manufacturers (distributors) are neither complete nor reliable. On this base, one of the newest LED lighting installations was taken for the study. The results of the assessment were presented in this paper (LED road lighting retrofit - is it always rational - an example of realisation in Żąbki).

Słowa kluczowe: technika świetlna, pomiary oświetlenia drogowego, diody elektroluminescencyjne.

Keywords: lighting technology, street lighting measurements, LEDs.

Wprowadzenie

Diody elektroluminescencyjne należą obecnie do najszybciej rozwijających się technologicznie źródeł światła. Ich coraz lepsze parametry fotometryczne i kolorymetryczne powodują, iż wkraczają one w nowe obszary zastosowań. Jednym z najnowszych zastosowań jest oświetlenie drogowe. Wykorzystanie diod elektroluminescencyjnych w konstrukcji drogowych opraw oświetleniowych wydaje się dość obiecującym i przyszłościowym kierunkiem ich rozwoju. Przy czym, dość powoli zaczynają pojawiać się pierwsze instalacje oświetleniowe wykorzystujące LED-y. Jest to związane z wyższym kosztem instalacji LED-owej w porównaniu do klasycznych rozwiązań, a także w praktyce powstają wątpliwości, czy tego typu rozwiązania są zawsze najefektywniejszym rozwiązaniem. Poza tym, trudno powiedzieć, czy w dłuższej perspektywie czasowej są to rozwiązania racjonalne (energooszczędne).

Wydawałoby się, że rozwiązanie tych kwestii powinno być proste i zawarte w parametrach techniczno-oświetleniowych oprawy. Renomowani producenci przedstawiają coraz dokładniejsze dane fotometryczne tychże opraw. Producenci mniej znani podają parametry, które nie do końca wydają się być wiarygodne (brak badań weryfikacyjnych w niezależnych placówkach naukowo-badawczych) [1,2]. Stąd warto spojrzeć na tego typu oprawy w sposób rozsądny i obiektywny, a szczególnie przyjrzeć się ich praktycznym realizacjom.

W przypadku instalacji oświetleniowej, tylko właściwie określone procedury weryfikacyjne (pomiary) są w stanie określić rzetelność projektów, jakość zastosowanych opraw oświetleniowych oraz prawidłowość ich montażu [4,5]. Pomiary weryfikacyjne wykonywane w sposób cykliczny, umożliwiają dodatkowo sprawdzenie utrzymania, w czasie eksploatacji, wymaganego poziomu poszczególnych parametrów oświetlenia. Ma to szczególne znaczenie w przypadku nowych instalacji oświetlenia drogowego opartych na LED-ach, gdzie brak doświadczeń związanych z ich eksploatacją. Dlatego zdecydowano się na bliższe zajęcie się tą problematyką.

Wybór i charakterystyka instalacji oświetleniowej

Do chwili obecnej jest bardzo niewiele instalacji oświetleniowych z oprawami oświetleniowymi wyposażonymi w LED-y. Przyczyn tego stanu rzeczy jest kilka. Po pierwsze są to rozwiązania konstrukcyjne dosyć nowe, które nie zostały przetestowane w praktyce, w dłuższej perspektywie czasowej. Trudno określić, jak poszczególne parametry oświetleniowe będą zmieniały się

z czasem - po prostu brak tego typu doświadczeń. Po drugie oprawy oświetleniowe wyposażone w diody elektroluminescencyjne są dość drogie, ich cena znacznie przewyższa klasyczne rozwiązania. Po trzecie, często dyskusyjna jest kwestia ich energooszczędności w porównaniu do klasycznych opraw oświetlenia drogowego. Rzetelna analiza ich rzeczywistych parametrów fotometrycznych, poddaje pod wątpliwość, w niektórych przypadkach, realne możliwości zaoszczędzenia energii elektrycznej.

Stąd mamy taki stan rzeczy, iż inwestorzy albo bezkrytycznie decydują się na tego typu instalacje oświetleniowe albo wstrzymują się z ich zakupem. Dość rozsądnym rozwiązaniem wydaje się zainstalowanie opraw oświetleniowych z LED-ami na okres testowy [4,5]. Jeśli oprawy potwierdzą swoje walory w rzeczywistych warunkach, wtedy można zdecydować się na ich szersze zastosowanie (negocjując okres gwarancyjny adekwatny do podawanej trwałości źródeł światła). Poza tym, można na bieżąco monitorować, stan oświetlenia na testowanej ulicy. Na takie optymalne rozwiązanie zdecydowały się władze stolicy. Kilka tego typu instalacji zostało już przetestowanych. Wyniki badań zostały zaprezentowane w literaturze [4,5]. Znaczna część z testowanych instalacji nie spełniła wymagań oświetleniowych.

Pod kątem badań stanu oświetlenia, zainteresowano się nowymi instalacjami oświetleniowymi typu LED, zainstalowanymi w mieście Żąbki. Miasto Żąbki liczy około 30 000 mieszkańców, jest położone w województwie mazowieckim, w powiecie wołomińskim w aglomeracji warszawskiej. Nowe instalacje oświetleniowe powstały w wyniku kompleksowego remontu i budowy głównych dróg w Żąbkach, dzięki dofinansowaniu z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Zainteresowanie się instalacjami oświetleniowymi typu LED w Żąbkach, wynikało także z informacji pochodzących od kierowców, iż nowe oprawy typu LED powodują zjawisko oślnienia.

Ostatecznie do badań wybrano zmodernizowaną instalację oświetleniową na ulicy Batorego w Żąbkach. Ulica Batorego liczy niespełna 2km długości i stanowi przedłużenie ulicy Bystrej, która z kolei przecina ulicę Radzymańską.

Według uzyskanych informacji, zainstalowane oprawy wyprodukowała polska firma. Każda z opraw, składała się z dwóch modułów świecących, z których każdy liczył po 28 LED-ów. Moduły ustawione były pod pewnym kątem (około 60°) na zewnątrz oprawy (zgodnie z rysunkiem 1, 2 i 3).



Rys.1. Widok modułów świejących oprawy z diodami elektroluminescencyjnymi



Rys.2. Widok oprawy z przodu



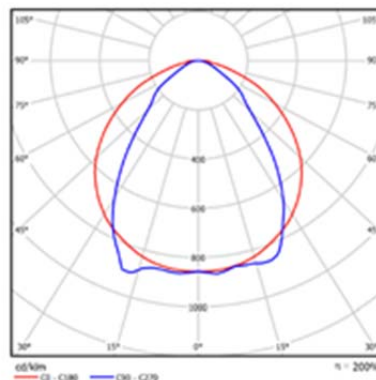
Rys.3. Widok oprawy z dołu

Parametry techniczne oprawy oświetleniowej oraz ulicy przedstawiały się następująco:

- typ zastosowanej oprawy: według uzyskanych informacji to oprawa KP002s/65W (dwa moduły LED po 28 diod w module - w sumie 56 LED-ów o mocy ok. 1W – zgodnie z rysunkiem 1);
- moc oprawy: około 65W
- typ drogi: ulica jednojezdniowa, dwupasmowa, dwukierunkowa;
- szerokość jezdni: $W = 6,12$ m, szerokość pasa ruchu: 3,06 m;
- system rozmieszczenia latarni: jednostronny;
- odstęp pomiędzy oprawami: zmienny, badany moduł: $S = 31,2$ m;
- wysokość zawieszenia oprawy: około $h = 8,4$ m;
- wysunięcie opraw nad jezdnię (nawis): około $w = -5$ m;
- kąt nachylenia oprawy: około $\sigma = 10^\circ$.

Na stronie producenta można było znaleźć bryłę fotometryczną oprawy (rysunek 4) oraz przykłady zdjęć z realizacji, z komentarzem o rodzaju drogi, wysokości słupa oraz natężeniu oświetlenia w rejonie słupa. Podawanie informacji tego typu (o natężeniu oświetlenia w rejonie słupa) z punktu widzenia technicznego, nie ma żadnej wartości, gdyż nie podaje informacji podstawowych typu, średnie natężenie oświetlenia, równomierność oświetlenia, itd. Po referacie, zaprezentowanym na konferencji Polskiego Komitetu Oświetleniowego w 2013 w Warszawie, dane dotyczące oprawy zniknęły ze strony producenta.

Co ciekawe producent w karcie katalogowej oprawy podawał sprawność oprawy na poziomie 200% (rys. 4). Niestety prawa fizyki trudno oszukać, taka sprawność nawet teoretycznie nie jest możliwa do osiągnięcia.



Rys. 4. Bryła fotometryczna oprawy KP002s/65W [7]

Sposób przeprowadzenia badań

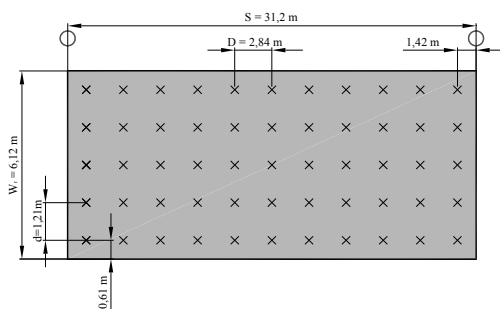
Odcinek ulicy, na którym zainstalowano oprawy oświetleniowe z diodami elektroluminescencyjnymi, widoczny jest na rysunku 5. Dobór odcinka pomiarowego nie był zbyt prosty, ze względu na ciągłe zmiany szerokości jezdni (z dwóch pasów na trzy – dodatkowy pas zazwyczaj związany był z bezkolizyjnym skrzyżowaniem z ulicą poprzeczną). Poza tym, wykluczono też odcinki o dużej ilości oznaczeń na jezdni (np. znaków poziomych, pasów dla pieszych, itp.). Również zadrzewienie wykluczyło kilka potencjalnych odcinków pomiarowych. Ostatecznie do pomiarów wybrano moduł, gdzie jezdnia liczyła dwa pasy ruchu i okoliczne drzewa nie rzucały cieni na jezdnię.



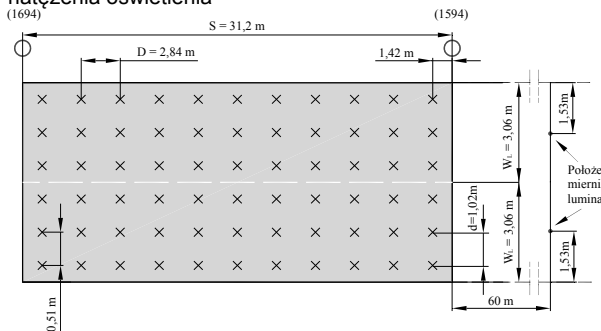
Rys. 5. Widok ul. Batorego oświetlonej oprawami typu LED

Pomiary stanu oświetlenia ulicy, zdecydowano się wykonać w oparciu o zalecenia aktualnie obowiązującej normy PN-EN 13 201:2007 [9]. Zgodnie z normą wykonywano pomiary, zarówno rozkładu natężenia oświetlenia, jak i rozkładu luminancji na powierzchni jezdni. Moduł pomiarowy przyjęto pomiędzy oprawą nr 1594, a oprawą nr 1694 – obserwator umieszczony był w kierunku ul. Bystrej. W przypadku pomiarów luminancji, raster pomiarowy został przyjęty zgodnie z normą, tzn. na każdym pasie ruchu, siatka punktów 3×11 . Pomiary natężenia oświetlenia wykonywano w siatce pomiarowej 5×11 dla całej jezdni za pomocą luksomierza, którego głowica fotometryczna posiadała termostatyzację (umożliwia to wykonywanie pomiarów, także w niskich temperaturach otoczenia). Natomiast w przypadku luminancji, pomiary wykonano matrycowym miernikiem luminancji, umożliwiającym określenie rozkładu luminancji na całym badanym polu pomiarowym (rysunek 8). Dzięki opracowanemu w Zakładzie Techniki Świetlnej PW oprogramowaniu, możliwe było wyznaczenie pól

pomiarowych zgodnie z normą. Rysunki 6 i 7 przedstawiają rozmieszczenie punktów pomiarowych dla badanego odcinka pomiarowego. Długość modułu pomiarowego wynosiła 31,2 m, natomiast odległość wzdłużna pomiędzy punktami pomiarowymi wynosiła 2,84 m (gdzie pierwszy rząd punktów oddalony był o 1,42m od początku modułu pomiarowego).



Rys. 6. Rozmieszczenie punktów pomiarowych przy pomiarach natężenia oświetlenia



Rys. 7. Rozmieszczenie punktów pomiarowych przy pomiarach luminancji

Wyniki badań stanu oświetlenia

W przypadku badanego odcinka pomiarowego, pomiary wykonywano w dniu 10.10.2013 w godzinach nocnych. Warunki pogodowe do wykonywania pomiarów były dość dobre: sucho, dość ciepło (kilkanaście stopni Celsjusza) oraz bezwietrznie. W okolicy nie było oświetlenia, które zakłócałoby pomiar badanej instalacji. Ze względu na brak dostępu do projektu oświetleniowego, zdecydowano się na wykonanie zarówno pomiarów rozkładu natężenia oświetlenia oraz rozkładu luminancji.

W tabeli 1 zestawiono wyniki pomiarów rozkładu natężenia oświetlenia na badanej ulicy, a ich rozmieszczenie było zgodne z rysunkiem 6. Czyli dolny rząd tabeli stanowi punkty pomiarowe najbardziej oddalone od opraw oświetleniowych.

Tabela 1. Zestawienie wyników pomiarów rozkładu natężenia oświetlenia w luksach

8,3	6,8	4,3	2,8	2,3	2,1	2,5	3,6	5,4	8,4	11,5
6,8	5,8	3,8	2,6	2,1	2	2,3	3,2	4,7	6,9	8,9
5,5	4,6	3,3	2,4	2	1,8	2,1	2,8	3,9	5,3	6,6
4,2	3,7	2,8	2,1	1,7	1,6	1,8	2,3	3,1	4,2	5,6
3,2	2,9	2,3	1,8	1,6	1,4	1,7	2,1	2,6	3,3	3,8

Na rysunku 8 przedstawiony jest rozkład luminancji na badanym odcinku jezdni, zmierzony matrycowym miernikiem luminancji, dla prawej pozycji obserwatora. Z rozkładu wynika, że najniższe wartości luminancji są z lewej strony ulicy, przy czym ogólnie poziomy luminancji są bardzo niskie na całej ulicy. Luminancja średnia odniesieniowa zmierzona matrycowym miernikiem luminancji wynosiła $L_{sr} = 0,21 \text{ cd/m}^2$.

Zestawienie wyników pomiarów fotometrycznych, dla badanego odcinka pomiarowego, zawiera tabela 2.



Rys. 8. Wynik pomiaru rozkładu luminancji, na badanym odcinku ulicy Batorego, wykonany matrycowym miernikiem luminancji - położenie prawe obserwatora

Tabela 2. Zestawienie wyników pomiarów fotometrycznych badanej instalacji oświetleniowej

Rodzaj instalacji oświetleniowej	Data wykonania pomiarów	Pomiary fotometryczne				
		Luminancja			Natężenie oświetlenia	
		L_{sr} [cd/m^2]	δ_o [-]	δ_L [-]	E_{sr} [lx]	δ_E [-]
Badana instalacja oświetleniowa typu LED	10.10.2013	0,21	0,41	0,67	3,77	0,37

Tabela 2 zawiera wyniki pomiarów: luminancji średniej (L_{sr}), ogólnej równomierności luminancji (δ_o) oraz wzdłużnej równomierności luminancji (δ_L), a także średniego natężenia oświetlenia (E_{sr}) oraz jego równomierności (δ_E).

Analiza wyników pomiarów

Analizując uzyskane wyniki badań można stwierdzić, iż badana instalacja oświetleniowa nie spełnia wymagań oświetleniowych żadnej klasy oświetlenia ME określonej w normie PN-EN 13201:2007. Jest to o tyle dziwne, iż instalacja oświetleniowa była nowa a odległość między oprawami typowa. Dobrej klasy oprawy oświetlenia drogowego, bez większego problemu można rozstawić na ponad 40m. Stąd trudno wytłumaczyć, dlaczego zdecydowano się na instalację tego typu opraw oświetleniowych.

Następna kwestia dotyczy wysięgu opraw. Dlaczego modernizując oświetlenie zdecydowano się na zamontowanie opraw cofniętych o prawie 5m od granicy jezdni. Wystarczyłoby zastosować dłuższe wysięgniki i to mogłoby wpłynąć na przynajmniej częściową poprawę stanu oświetlenia.

Poza tym, sama analiza danych fotometrycznych oprawy oświetleniowej KP002s (prawdopodobnie właśnie ta oprawa została zainstalowana), świadczy o dużej niekompetencji projektantów oświetlenia i dostawców tejże oprawy. Po pierwsze wskazywanie w karcie katalogowej na sprawność oprawy powyżej 100%, a w tym przypadku 200% jest niedopuszczalne. Po drugie sama bryła fotometryczna oprawy w żaden sposób nie przypomina bryły fotometrycznej oprawy oświetlenia drogowego. Po trzecie producent na swojej stronie podawał realizacje oświetlenia, a głównym parametrem technicznym było natężenie oświetlenia w rejonie słupa. Tego typu praktyki, można określić jako niekompetentne.

Również w sposób subiektywny (gdyż nie przebadano opraw w warunkach laboratoryjnych), można stwierdzić wywoływanie przez oprawy dość znacznego zjawiska oślnienia. W oczywisty sposób może to wpływać na poziom bezpieczeństwa na drodze.

Oprawy oświetleniowe były umieszczone na „starych” słupach o małej równomierności odległości pomiędzy poszczególnymi oprawami. Zazwyczaj modernizacje, czy przebudowy dróg, pozwalają na rozmieszczenie słupów od nowa, w sposób bardziej przemyślany i racjonalny, wynikający z jakości nowych opraw oświetleniowych. Przeważnie wystarczy zastosować mniej słupów i odpowiednio je rozmieścić.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że pomiary oświetlenia pozwalają obiektywnie określić rzeczywisty stan oświetlenia na drodze. W analizowanym przypadku, oświetlenie nie spełniło wymagań żadnej z klas oświetleniowych określonych w przedmiotowej normie [9]. Taki stan rzeczy powoduje, że pomimo zastosowania nowoczesnych źródeł światła (LED), brak pozytywnego efektu oświetleniowego. O jakości oświetlenia, nie decydują same źródła światła, ale przede wszystkim właściwie ukształtowana bryła fotometryczna oprawy oświetleniowej.

W przyszłości należy zwrócić uwagę na dobór opraw oświetleniowych oraz weryfikację ich rzeczywistych parametrów, najlepiej w niezależnych placówkach naukowo - badawczych. Szczególnie jest to istotne, w przypadku producentów o małym doświadczeniu konstrukcyjnym (poniżej 10 lat).

Analizowany przykład dobitnie pokazuje, że w Polsce cały czas nie wykonuje się odbiorczych pomiarów oświetlenia. Rzetelnie wykonane tego typu pomiary pozwoliłyby na wskazanie: błędów projektu, instalacji niewłaściwych opraw, błędnego montażu opraw, itd. Pozostaje mieć nadzieję, że w najbliższej przyszłości pomiary odbiorcze będą wykonywane zawsze, a ich rzetelność będą gwarantowały kompetencje osób wykonujących pomiary.

Dodatkowo, przeprowadzone badania wykazały, że dla analizowanej instalacji oświetleniowej nie wykonano projektu oświetlenia, albo wykonano go w sposób nierzetelny.

Wykonane badania potwierdziły konieczność wykonywania pomiarów oświetlenia drogowego dla nowych,

modernizowanych oraz już istniejących instalacji oświetleniowych.

Podsumowując, decydenci miejscy powinny zwrócić szczególną uwagę na zainstalowane i ewentualne nowe oprawy oświetleniowe, aby sytuacja którą ujawniły przeprowadzone badania, nie powtórzyła się w przyszłości. Dodatkowo wszystkie ulice, na których nie spełnione są wymagania oświetleniowe, powinny przejść pilną modernizację oświetlenia.

Autor: dr inż. Dariusz Czyżewski, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Techniki Świetlnej
E-mail: dariusz.czyzewski@ien.pw.edu.pl.

LITERATURA

- [1] Żagan W. : Rzetelnie i rozważnie o LED-ach - ocena obecnych i prognoza przyszłych aplikacji oświetleniowych diod elektroluminescencyjnych; *Przegląd Elektrotechniczny* 1/2008
- [2] Czyżewski D. „Oprawy oświetlenia drogowego ze źródłami światła typu LED”, *XVIII Krajowa Konferencja Oświetleniowa Technika Świetlna 2009*, Warszawa, 15-16.10.2009, str. 283 – 288
- [3] Czyżewski D.: „Pomiary oświetlenia drogowego - opis wymagań formalnych”, *Elektrosystemy* 2/2006
- [4] Czyżewski D.: „Monitoring of the lighting conditions of a street illuminated with road lights equipped with LEDs”, *Przegląd Elektrotechniczny* 10/2010
- [5] Czyżewski D.: Monitoring of the subsequent LED lighting installations in Warsaw”, *Przegląd Elektrotechniczny* 7/2013
- [6] Czyżewski D.: „Oprawy oświetlenia drogowego ze źródłami światła typu LED”, *Przegląd Elektrotechniczny* 11/2009
- [7] Fryc I.: Pomiary wybranych parametrów świetlnooptycznych LEDów według zaleceń Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej CIE 127:2007, *Przegląd Elektrotechniczny* 4/2009
- [8] karta katalogowa produktu oraz strona www producenta.: <http://www.kp-lighting.com/productdetails.php?nazwa=KP002s/65W&typ=1&index=3>
- [9] Polska Norma PN-EN 13201:2007 – „Oświetlenie dróg” – cztery części