

dr inż. Jakub Grela

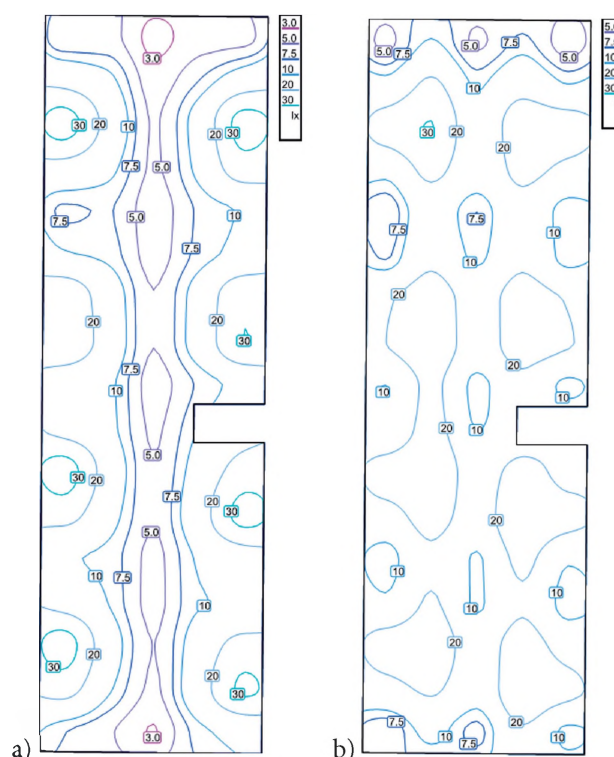
Systemy sterowania w nowoczesnych instalacjach oświetlenia zewnętrznego – poprawa efektywności energetycznej i zmniejszenie zużycia energii

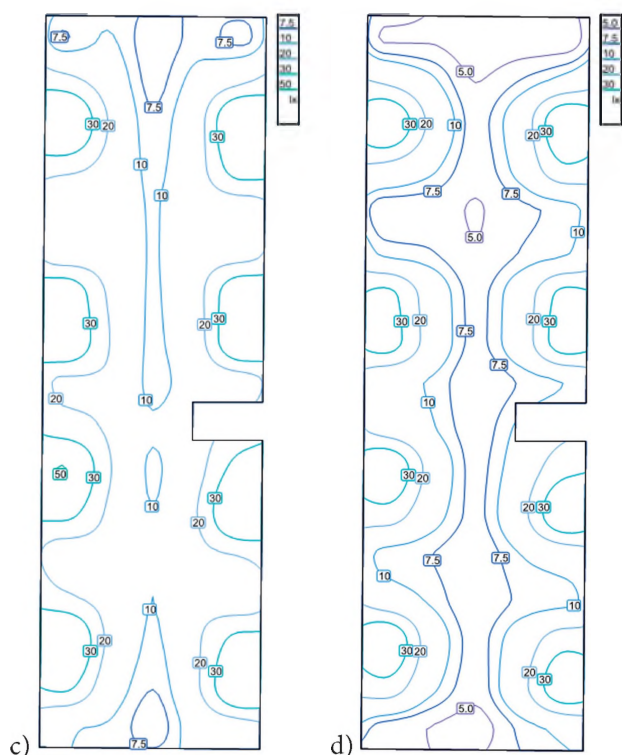
Część II

Przykładowy projekt – poprawa efektywności energetycznej

Rozwój i łatwy dostęp do narzędzi projektowych oraz oprogramowania symulacyjnego umożliwia w szybki sposób określenie kształtu i parametrów tworzonych i/lub modernizowanych instalacji oświetlenia zewnętrznego. Dla przykładowego obszaru jakim jest istniejący fragment parkingu na terenie uczelni można przeprowadzić badania symulacyjne dotyczące zastosowania konkretnego rodzaju źródła światła oraz o wpływie systemu sterowania na zużycie energii elektrycznej. Parking kształtem zbliżony jest do prostokąta o wymiarach 60 m na 30 m i wyposażony w 8 lamp z wysokoprężnymi sodowymi źródłami o mocy 70 W każda oprawa. Przeprowadzone zostały symulacje dla tego modelu lampy, pokazujące rozkład natężenia światła – przedstawia to rysunek 3a. Wyliczone zostało również zużycie energii przez cały system. Dzieliąc wynik przez ilość lamp, otrzymano moc pobieraną przez jedną oprawę. Oczywiście, należy założyć, że wyniki te mogą różnić się z rzeczywistymi, lecz można je uznać za dobre przybliżenie. Zużycie energii przez cały system w ciągu roku zostało obliczone na poziomie 5600 kWh. Odpowiednio przekształcając wynik otrzymamy, że jedna lampa pobiera aż 125,5 W. Porównując te obliczenia z rzeczywistymi pomiarami przeprowadzonymi na obiekcie, gdzie moc pobierana przez jedną lampę wyniosła 102,5 W, oraz biorąc pod uwagę to, że lampy wyładowcze z czasem ulegają degradacji, a wynik został obliczony na podstawie całego okresu żywotności źródła, obliczoną moc można przyjąć za realną. Przeprowadzone zostały także symulacje dla innych lamp z różnymi źródłami światła. Lampy zostały dobierane według kryterium podobnego strumienia świetlnego i rozsyłu światła. Gdyby zastosować lampy metalohalogenkowe również o mocy 70 W, zużycie energii przez całą instalację w ujęciu rocznym kształtowałoby się na poziomie 5520 kWh. Moc pobierana przez jedną lampę wynosiłaby 123,6 W. Rozkład natę-

żenia światła dla wspomnianych lamp metalohalogenkowych został przedstawiony na rysunku 3b. W przypadku lamp LED o mocy 49 W, zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 3450 kWh, zaś moc pojedynczej lampy to 77 W. Rozkład natężenia światła dla wspomnianych lamp LED został przedstawiony na rysunku 3c. Z kolei, gdyby przyjąć jako źródło światła lampy indukcyjne o mocy 85W, zużycie energii przez całą instalację w ujęciu rocznym to 3850 kWh a moc pojedynczej oprawy wyniosłaby 86,2 W. Rozkład natężenia światła dla wspomnianych lamp indukcyjnych został przedstawiony na rysunku 3d.





Rysunek 3 – Rozkład natężenia oświetlenia dla wybranych lamp różnych typów źródła światła.

Najlepszym rozwiązaniem pod względem poboru energii i natężenia oświetlenia jest lampka LED 49 W. Oprawa ta najlepiej oświetla parking, zużywając przy tym najmniej energii. Najgorszym rozwiązaniem to wybór lamp metalohalogenkowych ze źródłem 70 W. Zużycie energii jest porównywalne z obecnym, a natężenie oświetlenia najgorsze z prezentowanych rozwiązań. Rozważając ceny poszczególnych lamp i ich żywotność można poddać pod rozważenie czy lepiej jest zastosować lampy LED, których żywotność może wynosić 50 tysięcy godzin lub więcej, czy lepiej pozostać przy lampach sodowych, które mają żywotność ok. 20 tysięcy godzin, ale kosztują kilka razy mniej. Możliwe, że w czasie użytkowania oprawy LED będzie należało trzy lub więcej razy wymienić źródło w lampie sodowej. Należy również uwzględnić rosnące ceny energii i znacząco mniejsze zużycie energii w przypadku lamp LED. Warto podkreślić, że lampy LED mają o wiele lepszy współczynnik oddawania barw, co na parkingu, gdzie większość manewrów wykonywane jest przy pomocy lusterek, jest bardzo istotną cechą.

Innym wariantem modernizacji wspomnianego parkingu może być pozostawienie dotychczasowych opraw z wysokoprężnymi sodowymi źródłami o mocy 70 W i przekształcenie istniejącej instalacji w nowoczesną sterowaną instalację oświetlenia zewnętrznego. W tym celu, aby nie zwiększać kosztów związanych z infrastrukturą możliwe jest doposażenie opraw w moduł sterownika, wraz z elektronicznie regulowanym balastem i filtrem, który z innymi lampami i sterownikiem segmentowym będzie komunikował się po istniejącej sieci zasilającej PLC (ang. Power Line Communication). Pierwsze oszczędności w zużyciu energii elektrycznej będą związane z samą tylko wymianą tradycyjnych balastów elektromagnetycznych na ich

elektroniczne odpowiedniki. Bazując na dostępnych informacjach oraz rzeczywistych badaniach w przypadku rozpatrywanej instalacji zużycie energii elektrycznej w ujęciu rocznym po zastosowaniu elektronicznych balastów będzie wynosiło 4730 kWh, zaś moc pojedynczej lampy to 106 W. Sposób realizacji sterowania instalacji inteligentnej również może być różny i podlega klasyfikacji sprawności systemów automatyzacji i sterowania. Przyjmując pewne uproszczenie i odnosząc pojęcia opisane w normie PN-EN 15232 do funkcji dostępnych w systemie sterowania instalacją oświetlenia zewnętrznego proponowane są cztery różne klasy sterowania:

- Klasa D – instalacja oświetlenia zewnętrznego zbudowana ze standardowych lamp (np. balast elektromagnetyczny), nieoferująca żadnych możliwości sterowania (opcja załącz/wyłącz wszystkich lamp równocześnie),
- Klasa C – instalacja oświetlenia zewnętrznego wykonana z lamp wyposażonych w układy elektroniczne powodujące obniżenie zużycia energii elektrycznej, przy zachowaniu parametrów świetlnych lamp standardowych, wydłużenie czasu eksploatacji lamp, bez zaawansowanych funkcji związanych z zadawaniem poziomu intensywności oświetlenia oraz technicznego zarządzania taką instalacją (opcja załącz/wyłącz dostępna jest niezależnie dla każdej z lamp),
- Klasa B – instalacja oświetlenia zewnętrznego niezależnie od elementów i funkcji wymaganych dla klasy C, posiadająca wybrane zaawansowane funkcje sterowania i technicznego zarządzania takie jak: automatyczne sterowanie z wykorzystaniem harmonogramów czasowych zaimplementowanych w sterowniku segmentowym lub module w oprawie – w celu umożliwienia organizacji różnych scenariuszy pracy instalacji oświetlenia oraz redukcji zużycia energii elektrycznej (możliwe jest zrealizowanie sterowania grupowego lub indywidualnego lampami),
- Klasa A – instalacja oświetlenia zewnętrznego niezależnie od elementów i funkcji wymaganych dla klasy B, posiadająca zaawansowane funkcje sterowania i technicznego zarządzania. Wariant ten, oprócz wspomnianych programów czasowych, bazując na czujnikach (np. czujniki natężenia oświetlenia itp.) gwarantuje dostosowanie instalacji do aktualnych lokalnych warunków pogodowych tak, aby maksymalnie wykorzystać wpływ światła dziennego oraz zapewnia odpowiedni poziom natężenia oświetlenia lamp w zależności od zajętości danej strefy. Wspomniane czujniki powinny być elementami systemu automatyzacji i sterowania udostępniającymi aktualne informacje w postaci punktów danych dostępnych w całej sieci oraz zintegrowane z pozostałymi modułami sterującymi na poziomie obiektowym.

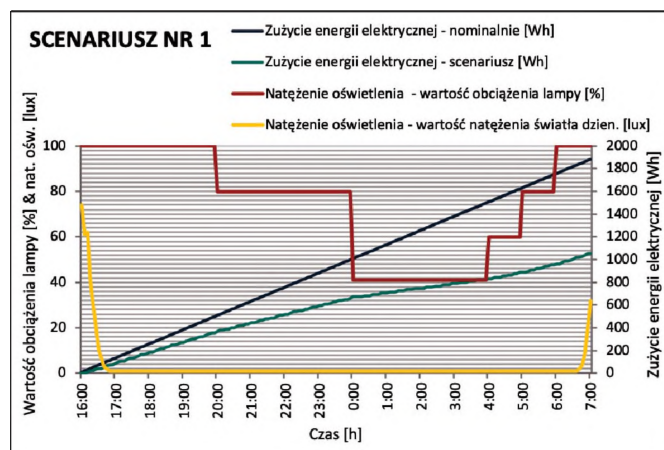
Dla wariantów sterowania odpowiadających klasom B i A, oprócz wspomnianych zaawansowanych funkcji automatyzacji

cji i sterowania, powinny zostać zaimplementowane funkcje technicznego zarządzania instalacją oświetleniową takie jak: (i) wykrywanie uszkodzeń lamp i modułów sterujących wraz ze wsparciem ich naprawy, (ii) monitorowanie parametrów pracy instalacji (poziom napięcia, temperatura balastu, ilość godzin pracy itp.), wraz z wykrywaniem alarmów.

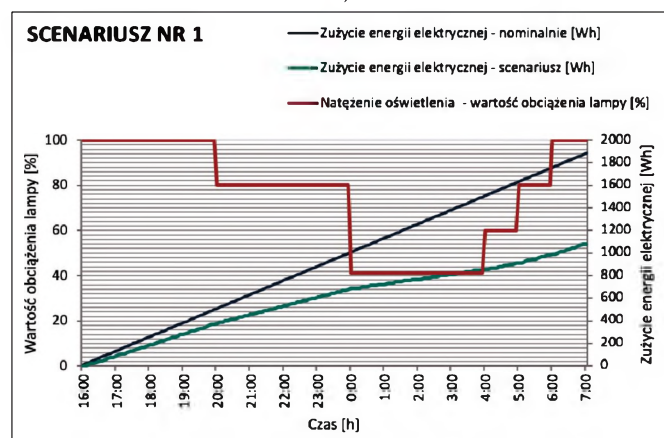
Dodatkowo dla wariantów sterowania odpowiadających klasom B i A, można zaproponować różne scenariusze sterowania różniące się zastosowanymi w nich harmonogramami czasowymi i parametrami związanymi z poziomem intensywności oświetlenia.

- Scenariusz 1 – jego celem ma być zapewnienie stosunkowo wysokiego komfortu oświetlenia przestrzeni parkingowej oraz poszukiwanie przedziałów czasu, w których możliwa jest ewentualna redukcja poziomu intensywności oświetlenia z założeniem, że niedopuszczalne jest wyłączenie lamp w okresie nocnym.
- Scenariusz 2 – jest modyfikacją scenariusza 1 gdzie wprowadzono inne poziomy intensywności oświetlenia dla danych okresów czasu pracy lamp. Cel to zapewnienie jak najniższych poziomów intensywności światła dopasowanych do sposobu użytkowania powierzchni parkingowej, z założeniem, że niedopuszczalne jest wyłączenie lamp w okresie nocnym.
- Scenariusz 3 – jest modyfikacją scenariusza 2 gdzie dopuszczono możliwość wyłączenia lamp, w okresie przypuszczalnego braku użytkowania przestrzeni parkingu.

Porównanie działania scenariusza 1, 2 i 3 dla klas A i B zostało przedstawione odpowiednio na rysunku 4a i 4b, 5a i 5b oraz 6a i 6b. Na każdym z rysunków linia ciągła koloru czerwonego obrazuje zmiany poziomu intensywności oświetlenia jako wartości obciążenia lamp w %. Linia ciągła koloru zielonego przedstawia zużycie energii elektrycznej lamp w danym scenariuszu Wh. Natomiast ciągła linia koloru niebieskiego przedstawia zużycie energii elektrycznej lamp wyposażonych w opisane wcześniej układy elektronicznego balastu, ale pod warunkiem braku regulacji poziomu intensywności oświetlenia Wh. Wykresy przedstawiają średnie dzienne zużycie energii elektrycznej przez pojedynczą lampę. Dla każdego scenariusza sterowania przyjęto ogólnie 15 godzinny cykl pracy lamp. Z kolei w przypadku klasy A linia ciągła koloru pomarańczowego przedstawia wartość natężenia światła dziennego.



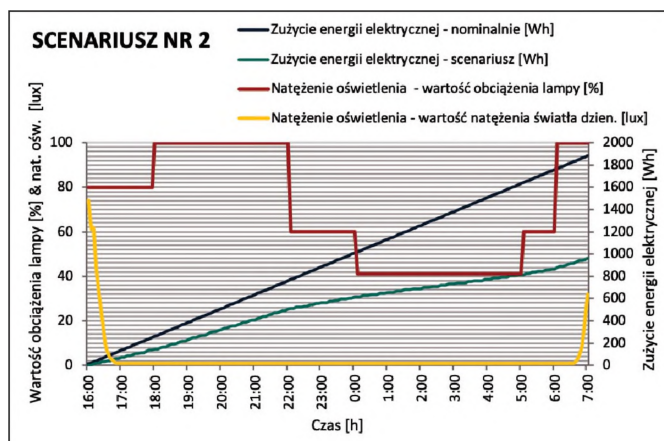
a)



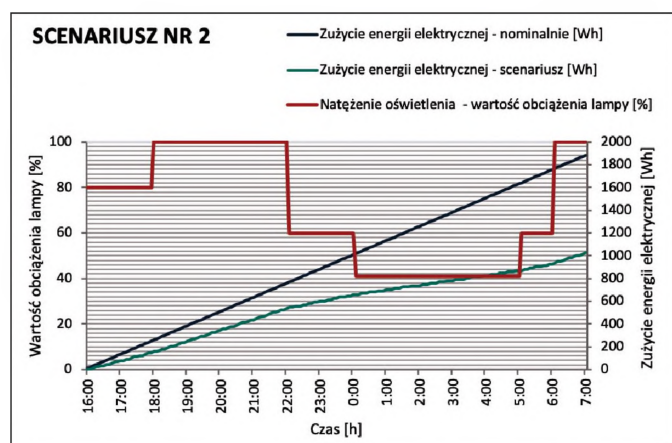
b)

Rysunek 4 – Zużycie energii elektrycznej Scenariusz 1

W przypadku przedstawionego Scenariusza 1 dla klasy A zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 3130 kWh, zaś moc pojedynczej lampy to 70 W. Z kolei dla klasy B zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 3220, a moc pojedynczej oprawy to 72 W.



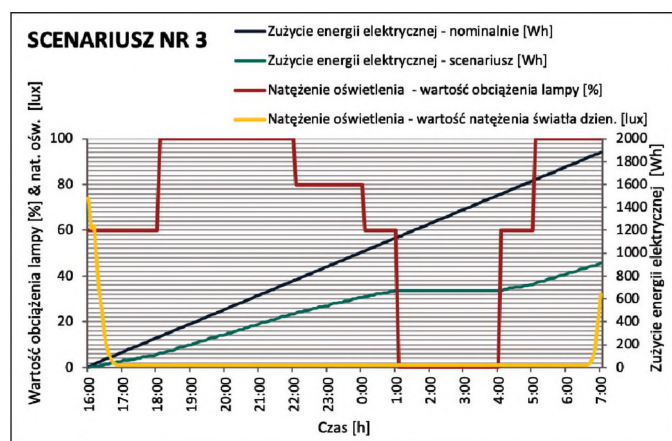
a)



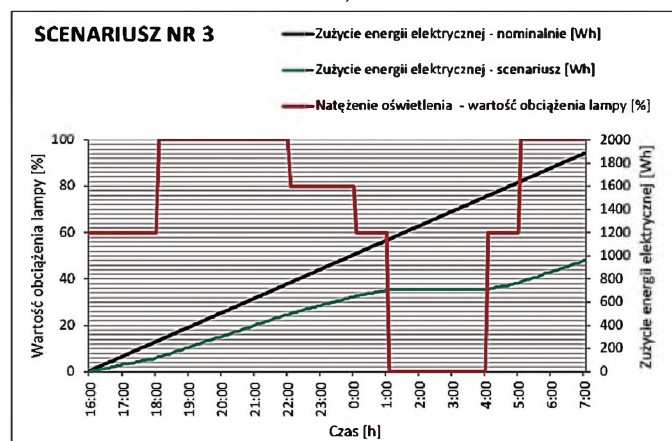
b)

Rysunek 5 – Zużycie energii elektrycznej Scenariusz 2

W przypadku przedstawionego Scenariusza 2 dla klasy A zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 2950 kWh, zaś moc pojedynczej lampy to 66 W. Z kolei dla klasy B zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 3050, a moc pojedynczej oprawy to 68,5 W.



a)



b)

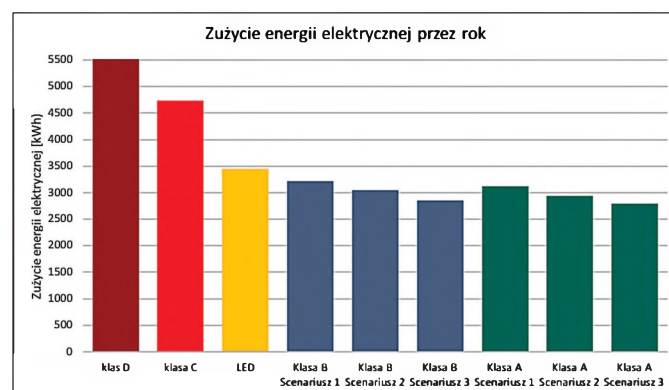
Rysunek 6 – Zużycie energii elektrycznej Scenariusz 3

W przypadku przedstawionego Scenariusza 3 dla klasy A zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocz-

nym wyniosłoby 2799 kWh, zaś moc pojedynczej lampy to 62,7 W. Z kolei dla klasy B zużycie energii elektrycznej przez całą instalację w ujęciu rocznym wyniosłoby 2860, a moc pojedynczej oprawy to 64 W.

Porównanie poszczególnych scenariuszy zrealizowanych w ramach różnych klas sterowania wykazuje, że wariant odpowiadający klasie A zapewnia zmniejszenie zużycia energii w porównaniu do wariantu odpowiadającego klasie B. Chociaż pozornie różnice w zużyciu energii mogą nie wydawać się znaczące, należy podkreślić, że przedstawione na wykresach wyniki, to wartości średnie, zaprezentowane dla okresu pojedynczego dnia pracy. Wyniki przedstawiające obliczenia dla każdej z klas i scenariuszy w ujęciu rocznym zostały przedstawione na rysunku 7. Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- wyniki dotyczą całej instalacji oświetlenia przestrzeni parkingu, składającej się z ośmiu lamp,
- wszystkie klasy sterowania posiadają stałe ustawienia w okresie roku,
- wariant sterowania odpowiadający klasie A uwzględnia włączenie/wyłączenie lamp w zależności od kalendarza astronomicznego dla konkretnej lokalizacji instalacji oświetlenia zewnętrznego (wschody i zachody słońca),
- Dla wariantów sterowania odpowiadających klasom D i C – bez scenariuszy – całkowity czas pracy dla każdej z lamp przyjęto jako 5500 godzin.



Rysunek 7 – Wykres kolumnowy dobowego zużycia energii pojedynczej lampy w instalacji badawczej, dla różnych scenariuszy sterowania, w odniesieniu do zużycia bazowego – klasa D.

Dodatkowo na rysunku 7 zamieszczono słupek koloru pomarańczowego obrazujący roczne zużycie energii elektrycznej przez instalację wyposażoną w niesterowane oprawy LED. Przeprowadzone symulacje i obliczenia wskazują, że zastosowanie nowoczesnych technologii systemów automatyzacji i sterowania w celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej w instalacji oświetlenia zewnętrznego jest celowe i ekonomicznie uzasadnione.

Podsumowanie

Modernizacja przestarzałych i nieekonomicznych instalacji jest bardzo istotna. W jej wyniku możliwe jest uzyskanie bardziej dostosowanego poziomu oświetlenia przy niższym zużyciu energii za pomocą nowych konstrukcji i nowych technologii. Modernizacja oświetlenia związana z zastosowaniem technologii energooszczędnych, ale również z zastosowaniem systemów sterowania może dostarczyć wielu korzyści i zapewnić stosunkowo krótki okres amortyzacji. Często przypadłością instalacji oświetleniowych jest również niewyłączenie instalacji w ciągu dnia lub niezłączenie w nocy. Szacowane jest, że około 5-8% lamp z powodu awarii nie zostaje wyłączona w ciągu dnia. W przypadku niezautomatyzowanych instalacji oświetleniowych, średni czas zdiagnozowania i usunięcia usterki wynosi 45 dni, co wpływa na wyższe zużycie energii oraz wzrost niezadowolenia mieszkańców i użytkowników. Niedogodności te mogą być minimalizowane poprzez wprowadzenie odpowiednio zaprojektowanego i wykonanego systemu sterowania i zarządzania instalacją oświetleniową. Obecnie dużą wagę przywiązuje się również do eliminacji zanieczyszczenia światłem, przez odpowiednie ukierunkowanie wiązki światła, aby jak największa jej część padała na oświetlany obiekt, zamiast jej rozpraszania w otoczeniu. Dzięki ograniczeniu rozpraszanego światła możliwe jest zastosowanie źródeł światła o mniejszej mocy, przy zachowaniu podobnej jakości oświetlenia. Kolejnym ważnym czynnikiem jest ograniczenie zjawiska olśnienia – powodowanego przez występowanie nierównomiernego rozkładu natężenia oświetlenia lub występowanie nadmiernego poziomu luminancji. Dodatkowo w inteligentnych instalacjach oświetlenia zewnętrznego, wykorzystując możliwości prowadzenia pomiarów parametrów pracy poszczególnych lamp, możliwa jest wczesna identyfikacja awarii oraz natychmiastowe powiadomienie obsługi o nieprawidłowościach działania systemu.

Zwracając uwagę na zapisy zaktualizowanej normy PN-EN 13201 należy podkreślić, że istnieje potrzeba dopracowywania zasad projektowania i doboru wymagań ilościowych oraz jakościowych, dotyczących zarówno stref ruchu, jak również ich otoczenia. Zwłaszcza szczególnie pilne jest opracowanie wytycznych do projektowania oświetlenia przejść dla pieszych. Należy zauważyć, że diody elektroluminescencyjne i oprawy z ich zastosowaniem są coraz częściej wykorzystywane w oświetleniu drogowym. Niemniej jednak stosowane obecnie metody prognozowania trwałości lamp i opraw LED powinny zostać zweryfikowane w praktyce, a realizacje oświetlenia z zastosowaniem opraw LED wymagają wykonania dokładnych obliczeń parametrów fotometrycznych, opartych na wiarygodnych danych, dotyczących źródeł światła i opraw.

Zastosowanie systemów sterowania w instalacjach oświetlenia zewnętrznego oprócz oczywistej poprawy ich obsługi i zarządzania, oferuje również znaczące zmniejszenie zużycia energii oraz poprawę efektywności energetycznej instalacji tego typu. Szybki rozwój techniki i już w zasadzie implementacje rozwiązań inteligentnych miast (ang. Smart Cities) to niezaprzeczalny fakt, dlatego należy pamiętać o takim modernizowaniu instalacji oświetleniowych, aby uwzględnić wymagania i korzystać z rozwiązań, które przyniesie przyszłość.

dr inż. Jakub Grela

POKÓJ
Rok zał. 1951

**wszystko
czego potrzebujesz**

odgałęźnik

OBL

Al/Cu

przelotowy

piętrowy

nowy
ZUG

zwieracze,
oznaczniki
przegrody
trzymače

NOWA SERIA
PRZCISKÓW
STEROWNICZYCH

**łączniki
krańcowe**



więcej na stronie

WWW.POKOJ.COM.PL

**WE WSZYSTKICH
NAJLEPSZYCH
HURTOWNIACH
ELEKTROTECHNICZNYCH**