

Paulina BOJDA<sup>1</sup>  
Lúbomir BEŇA<sup>2</sup>  
Henryk WACHTA<sup>3</sup>

## KREOWANIE ILUMINACJI OBIEKTÓW ARCHITEKTONICZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWANIA ÓŚWIETLENIA DROGOWEGO

Artykuł obejmuje problematykę projektowania iluminacji obiektów architektonicznych, będących w strefie wpływu oświetlenia drogowego. Poprawnie wykonany projekt iluminacji poza koncepcją oczekiwanego efektu oświetleniowego powinien uwzględniać istniejące środowisko świetlne, które ma istotny wpływ na końcowy efekt planowanej realizacji iluminacji. W artykule przedstawiono problem emisji środowiska świetlnego na iluminowany obiekt, oraz możliwości jej ujęcia jako elementu tworzonej koncepcji iluminacji. Z drugiej strony podjęto próby oceny możliwości eliminowania niekorzystnych efektów świetlnych pochodzących od opraw oświetleniowych poprzez oświetlenie iluminacyjne. Prace zrealizowano opracowując model komputerowy odwzorowujący przykładowy budynek rzeczywisty zlokalizowany przy ulicy 3 Maja w Rzeszowie. Zaproponowano dwa rozwiązania iluminacji uwzględniającej oświetlenie drogowe dla wybranego obiektu. Prace projektowe związane z przygotowaniem reprezentacji geometrycznej obiektu oraz sceny świetlnej, a także rozkładu luminancji na powierzchniach oświetlanych, przeprowadzono z wykorzystaniem graficznej aplikacji komputerowej.

**Słowa kluczowe:** oprawy drogowe, rozkład luminancji, wizualizacja komputer.

### 1. Wprowadzenie

Często wybrane do iluminacji obiekty architektoniczne są zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie dróg oraz szlaków komunikacyjnych, które są oświetlone za pomocą opraw ulicznych. Tworzą one warunki świetlne, które wraz z projektowaną iluminacją mogą realizować spójny obraz oświetlanego obiektu.

---

<sup>1</sup> Paulina Bojda, Politechnika Rzeszowska, absolwentka WEiI PRz., paulbojda@gmail.com

<sup>2</sup> Lúbomir Beňa, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 865 1977, lbena@prz.edu.pl

<sup>3</sup> Autor do korespondencji: Henryk Wachta, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 865 1977, hwachta@prz.edu.pl

Niekiedy oświetlenie drogowe może zostać wykorzystane jako część planowanej kreacji iluminacji, stanowiącą wstępne rozjaśnienie i podkreślenie konturów budynku, który należy uzupełnić iluminacją uwydatniającą rzeźbę oraz poszczególne detale architektoniczne. Aby uwzględnienie oświetlenia drogowego było możliwe, musi ono dostatecznie intensywnie i równomiernie oświetlać płaszczyznę elewacji. Poziom luminancji, która pozwala na wyróżnienie obiektu z tła wynosi zaledwie  $4 \text{ cd/m}^2$  [3, 11]. Złożenie efektu oświetlenia drogowego oraz właściwej iluminacji pozwala zredukować liczbę opraw oświetleniowych potrzebnych do uzyskania atrakcyjnego efektu iluminacji, przy zmniejszonej mocy zainstalowanej zastosowanego sprzętu oświetleniowego, co pociąga za sobą niskie koszty eksploatacji oraz korzyści na polu ekonomicznym związane z kosztami inwestycyjnymi.

W przypadku, gdy oświetlenie pochodzące od lamp drogowych jest zbyt słabe, aby mogło być wykorzystane jako autonomiczna część iluminacji, należy dążyć do opracowania takiego sposobu wprowadzenia światła iluminacyjnego, aby niekorzystny rozkład luminancji dodatkowo pochodzącej z otoczenia był niezauważalny. Nie bez znaczenia pozostaje parametr barwy wykorzystanych w oprawach ulicznych źródeł światła, która może zniekształcić odbiór barwy oświetlanej płaszczyzny, a nawet stworzyć nieestetyczny rezultat.

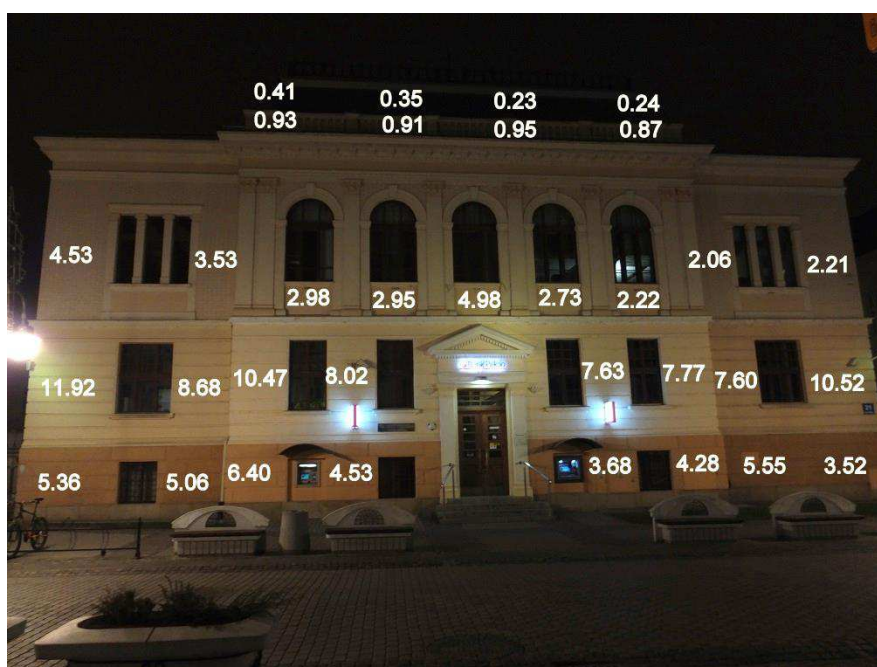
Najczęściej spotykanym typem źródeł w oświetleniu ulicznym są źródła sodowe, które charakteryzują się ciepłobiałą barwą o temperaturze barwowej na poziomie 2700-3000K. Barwa ta nie jest odpowiednia dla powierzchni w kolorach zbliżonych do niebieskiego i zielonego, gdyż odbierany jest on jako brudnoszary oraz mało estetyczny [9, 12], może także utrudniać stworzenie barwnej kreacji iluminowanej elewacji i ograniczyć wybór stosowanych opraw iluminacyjnych. Tego rodzaju źródła światła cechuje współczynnik oddawania barw o wartości na poziomie 20-40 %, słabe odwzorowanie kolorów oraz kontrastu barwy, powoduje zniekształcenie odbieranego obrazu barwnych, bogatych w detal architektoniczny elewacji [8, 9].

## 2. Cechy środowiska świetlnego

W zależności od rodzaju zastosowanych opraw oświetleniowych ulicznych oraz ich rozkładu strumienia świetlnego w przestrzeni, budynek znajdujący się w pobliżu może zostać oświetlony w sposób zalewowy, w całości – taki przypadek ma miejsce, gdy lampy drogowe emitują strumień świetlny zarówno w półprzestrzeń dolną jak i górną, np. stylizowane oprawy oświetleniowe, stosowane przy drogach pełniących funkcję deptaka w centrum miasta. Zazwyczaj jednak spotykane są oprawy emitujące światło w półprzestrzeń dolną, w związku z czym, intensywnie doświetlone zostają dolne kondygnacje, a poziom luminancji zmniejsza się w osi pionowej, osiągając minimalne wartości w górnych partiach budynku, w strefie szczytowego gzymsu. W tym

przypadku zaburzona zostaje zasada wzmocnienia wysokości, związana z postrzeganiem dziennym obiektu na jasnym tle otoczenia. Obraz nocny obiektu nie jest w takiej sytuacji zgodny z widokiem dziennym. Lampy zlokalizowane blisko budynku często tworzą na płaszczyźnie elewacji akcenty świetlne o podwyższonej luminancji w ramach określonego konturu, które nie zawsze rozłożone są w sposób symetryczny. To zaś znacznie utrudnia stworzenie harmonijnego wizerunku nocnego obiektu, bądź prowadzi do podjęcia decyzji o potrzebie przesunięcia oprawy oświetlenia ulicznego jeżeli jest to możliwe lub konieczności rezygnacji z iluminacji obiektu.

Przedstawiony na rysunku 1 [2] rozkład luminancji na elewacji wybranego do analizy obiektu charakteryzuje się wzrostem wartości luminancji w części centralnej budynku, na poziomie I kondygnacji, szczególnie w obszarze bocznych skrzydeł.



Rys.1. Rozkład luminancji – istniejące warunki na analizowanej elewacji

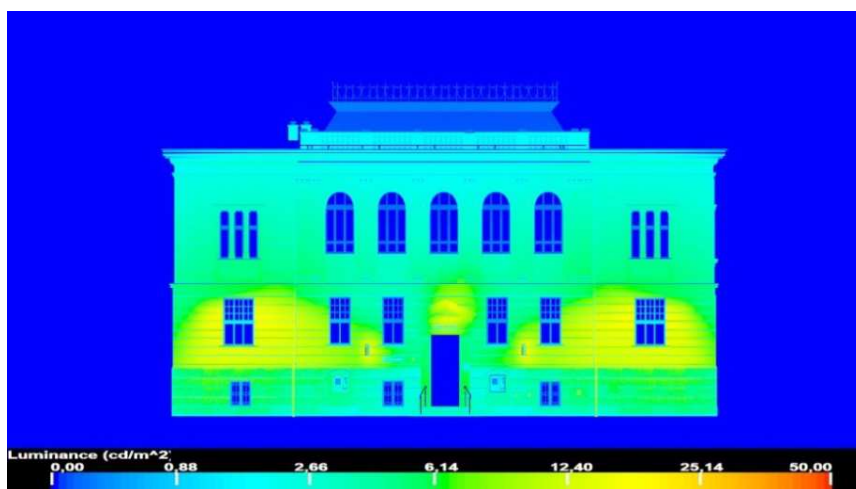
Fig.1. The luminance distribution – analyzed the existing conditions on the facade

Istniejące oprawy uliczne cechuje szeroki rozsył światłości, emitują one strumień świetlny zarówno w górną jak i dolną półprzestrzeń. Na efekt rozjaśnienia elewacji wpływa również jasna tonacja żółtych kolorów powierzchni budynku, na ciemnym tle, które wzmacnia ciepłobiałą barwą źródeł światła na poziomie 3000 K.

### 3. Opracowanie modelu komputerowego do badań

Wstępnie ustalono, że iluminowana zostanie wyłącznie elewacja frontowa budynku, ze względu na najbardziej atrakcyjną rzeźbę, a także możliwości jej wielokierunkowej obserwacji. W przestrzeni wirtualnej komputerowego oprogramowania graficznego, na podstawie zgromadzonej dokumentacji fotograficznej, utworzono model reprezentacji geometrycznej elewacji budynku Banku Pekao SA II w Rzeszowie, z dokładnością odwzorowania detalu architektonicznego, wynikającą z konieczności rozróżniania elementów w porze dziennej oraz ustalonej koncepcji iluminacji, a także przyjętych kierunków i odległości obserwacji. W kolejnym etapie prac projektowych, zdefiniowano materiały oraz ich cechy refleksyjno-transmisyjne, na podstawie wykonanych wcześniej fotografii oraz pośredniego pomiaru współczynnika odbicia, metodą dwukrotnego pomiaru natężenia oświetlenia [4].

Do opracowania sceny świetlnej, reprezentującej istniejące warunki oświetleniowe, pochodzące z otoczenia, wykorzystano pliki w formacie IES, zawierające informację na temat rozsyłu światłości zastosowanych opraw, definiowane oraz udostępniane przez producenta sprzętu oświetleniowego. Na podstawie wykonanej dokumentacji fotograficznej oraz pomiaru luminancji w charakterystycznych punktach elewacji, wprowadzono do przestrzeni wirtualnej programu zastępcze źródła światła, sterując ich parametrami w taki sposób, aby uzyskiwane rozkłady luminancji oraz efekt wizualny, były jak najbardziej zbliżone do rzeczywistych.



Rys.2. Odwzorowanie symulacyjne istniejących warunków oświetleniowych

Fig.2. Simulation of current lighting conditions

Wykonanie obliczeń fotometrycznych oraz kolorymetrycznych przeprowadzono przy pomocy algorytmu obliczeń bilansu energetycznego *Radiosity*. Efektem obliczeń była fotorealistyczna wizualizacja przedstawiająca istniejące w rzeczywistości warunki oświetleniowe, a także rozkład luminancji na oświetlonej powierzchni (rys.2) [1, 5, 6].

#### 4. Praktyczna realizacja iluminacji obiektu architektonicznego z uwzględnieniem oddziaływania oświetlenia drogowego

Zamierzeniem opracowanej iluminacji było podkreślenie atrakcyjnej formy architektonicznej budynku oraz wyeksponowanie jej w nocnym obrazie przestrzeni miejskiej. Pierwsza koncepcja (rys.3) [1] zrealizowana została metodą punktową. Istniejące warunki oświetleniowe, pochodzące od opraw ulicznych zainstalowanych wzdłuż ciągu pieszego, wykorzystano jako oświetlenie płaszczyznowe, służące podkreśleniu i uwydatnieniu kubatury całej elewacji, tworząc warstwę tła. Ta zaś uzupełniona została w akcenty świetlne uwydatniające bogatą rzeźbę detalu architektonicznego. Iluminacja obejmuje także rozświetlenie patynowanego dachu wraz z efektownym elementem dekoracyjnym w postaci kutej balustrady, których oświetlenie pochodzące z otoczenia nie obejmowało ze względu na wysokość położenia. Wykorzystano źródła światła o temperaturze barwowej ustalonej na poziomie 3000 Kelwinów, która wzmocniła ciepłą tonację elewacji. Wykorzystanie oświetlenia dekoracyjnego jako elementu rozświetlenia konturowego było możliwe dzięki relatywnie jednorodnym plamom świetlnym na elewacji oraz oprawom drogowym kierującym część promieni świetlnych w górną półprzestrzeń.



Rys.3. Rozmieszczenie oraz nacelowanie sprzętu oświetleniowego – wariant 1

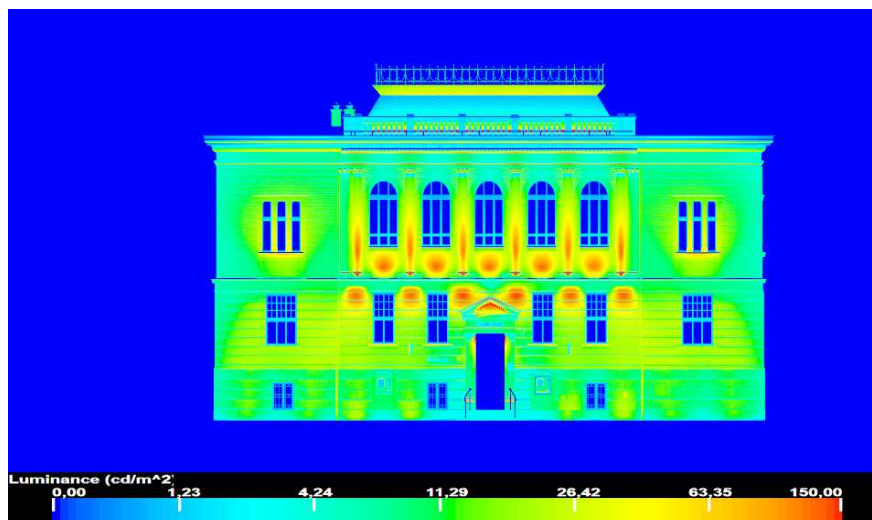
Fig.3. Arrangement of lighting equipment – option 1



Rys.4. Finalna wizualizacja komputerowa iluminacji – wariant 1

Fig.4. The final computer visualization of illumination – option 1

Na wygenerowanej wizualizacji rozkładu luminancji (rys.5) [1] oświetlonej elewacji dominuje kolor odpowiadający wartościom luminancji na poziomie kilkunastu  $\text{cd/m}^2$ , które są zgodne z zaleceniami [7].



Rys.5. Analiza rozkładu luminancji – wariant 1

Fig.5. Luminance distribution analysis – option 1

Drugi wariant koncepcji iluminacji analizowanego obiektu (rys.6) [1], jest rozwinięciem poprzedniego. Uzyskany efekt oświetleniowy różni się jednak znacząco. W tym przypadku finalny efekt emisji świetlnej otoczenia jest niezauważalny. Przewidziano instalację systemu opraw liniowych na poziomie gzymsu rozdzielającego I i II kondygnację, włączając również projektory zainstalowane wzdłuż pilastrów, które dodatkowo podkreślają plastyczną kompozycję części centralnej budynku na poziomie II kondygnacji, bogatą w ornamentykę. Dzięki takiemu rozwiązaniu wyeliminowany zostaje niekorzystny efekt lokalnych rozjaśnień elewacji pochodzący od oświetlenia drogowego.

Wzrok obserwatora przyciąga rozświetlona sylwetka budynku, skupiając uwagę na akcentowanych światłem detalach architektonicznych. Temperatura barwowa opraw iluminacyjnych tak jak w poprzednim przypadku, wynosi 3000 Kelwinów, próby zastosowania innej barwy nie przyniosły zadowalającego rezultatu estetycznego.



Rys.6. Rozmieszczenie oraz nacelowanie sprzętu oświetleniowego – wariant 1

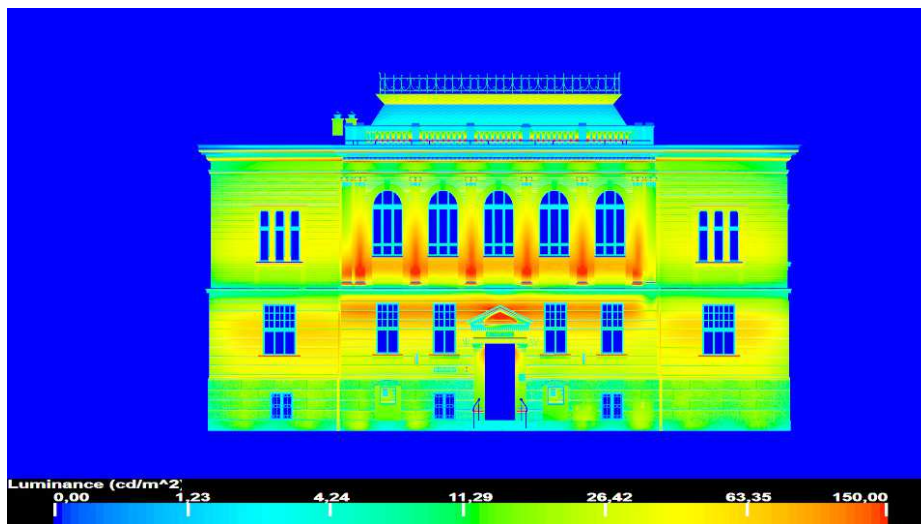
Fig.6. Arrangement of lighting equipment – option 1

Dzięki zastosowaniu opraw liniowych o szerokim rozsyłe światłości rozkład luminancji na badanej płaszczyźnie (rys.8) [1] jest równomierny i utrzymuje się na poziomie kilkunastu  $\text{cd/m}^2$  [7].



Rys.7. Finalna wizualizacja komputerowa iluminacji – wariant 1

Fig.7. The final computer visualization of illumination – option 1



Rys.8. Analiza rozkładu luminancji – wariant 1

Fig.8. Luminance distribution analysis – option 1

Następująco przedstawia się aspekt ilości opraw iluminacyjnych i mocy sumarycznej dwu wariantów iluminacji [10]:



Tabela 1. Zestawienie użytego sprzętu oraz uzyskany poziom mocy instalacji iluminacyjnej

Table 1. Summary of the used equipment and the resulting power level of floodlights

Typ oprawy	Ilość opraw	Całkowita moc zainstalowana [kW]
<b>WARIANT 1</b>		
Philips eW Graze QLX Powercore (42 W)	33	1,8
Philips DecoScene LED BBP621 (27 W)	8	
Thorn Qba LED (24 W)	6	
Philips DecoFlood <sup>2</sup> LED Mini (27 W)	2	
<b>WARIANT 2</b>		
Philips eW Graze QLX Powercore (42 W)	88	4,1
Philips DecoScene LED BBP621 (27 W)	8	
Thorn Qba LED (24 W)	6	
Philips DecoFlood <sup>2</sup> LED Mini (27 W)	2	

## 5. Podsumowanie

Proces projektowania iluminacji obiektów architektonicznych jest zadaniem wieloetapowym, wymagającym uwzględnienia wielu czynników mających wpływ na uzyskany efekt końcowy. Poza kryteriami dotyczącymi uwarunkowań technicznych, architektury, funkcji obiektu czy kierunków obserwacji, bezwzględnie należy uwzględnić wpływ oświetlenia pochodzącego od opraw ulicznych. Oświetlenie to może nieść za sobą szereg niekorzystnych czynników, które mogą utrudniać, bądź uniemożliwić wykonanie iluminacji. Ewentualne ograniczenia mogą wynikać z niezgodności temperatury barwowej oświetlenia drogowego oraz wyspecyfikowanego do iluminacji. Pewnym ograniczeniem może też być zbyt bliska lokalizacja słupów oświetleniowych skutkująca zbyt jaskrawymi lokalnymi plamami świetlnymi na elewacji.

Przeprowadzone analizy symulacyjne potwierdziły możliwość wykorzystania pozytywnych cech oddziaływania środowiska świetlnego na iluminowaną elewację w postaci oświetlenia konturowego, ujmując je jako autonomiczną część kreowanej iluminacji oraz minimalizując w ten sposób potrzebną moc zainstalowaną, a w konsekwencji koszty eksploatacyjne instalacji. Przeanalizowano także z powodzeniem możliwość ukrycia niekorzystnych efektów świetlnych w postaci nierównomiernego rozkładu luminancji na elewacji, stosując przemyślane umieszczenie sprzętu oświetleniowego.

## LITERATURA

- [1] Autorskie wizualizacje komputerowe wykonane w programie Autodesk 3ds MAX 2013
- [2] Dokumentacja fotograficzna autorów

- [3] Bąk J., Pabjańczyk W.: Podstawy techniki świetlnej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1994
- [4] Bojda P.: Zastosowanie metody fotorealistycznej trójwymiarowej symulacji komputerowej w projektowaniu iluminacji obiektów architektonicznych, praca dyplomowa, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2015
- [5] Krupiński R.: Modelowanie 3D dla potrzeb iluminacji obiektów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011
- [6] Pasek J.: Wizualizacje architektoniczne, HELION 2011
- [7] Raport CIE 094-1993, Guide for Floodlighting
- [8] Ratajczak J.: Oświetlenie iluminacyjne obiektów architektonicznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2009
- [9] Wiśniewski A.: Elektryczne źródła światła, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010
- [10] [www.lighting.philips.pl](http://www.lighting.philips.pl) (09.02.2015)
- [11] Żagan W.: Iluminacja obiektów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
- [12] Żagan W.: Podstawy techniki świetlnej, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011

Praca została wykonana z wykorzystaniem aparatury zakupionej w wyniku realizacji Projektu: „Budowa, rozbudowa i modernizacja bazy naukowo-badawczej Politechniki Rzeszowskiej”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Projektu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013, Oś priorytetowa 1 – Konkurencyjna i innowacyjna gospodarka.

## **CREATING ARCHITECTURAL ILLUMINATION, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF ROAD LIGHTING**

### **S u m m a r y**

The article presents the idea of designing architectural illumination which affects the road lighting. Properly created illumination project include the concept of the expected effects of the lighting and existing lighting environment. It has a great impact on the final result of the planned illumination. The paper presents the problem of environmental immersion light on the illuminated architectural object and proposes the possibility of forming it as a part of illumination. On the other hand analyzed the possibility of eliminating negative effects of light from road luminaires by floodlighting. Practical use of a combination of road lighting with illumination, was illustrated with the example of the real building – Bank Pekao SA II in Rzeszów. The authors proposed two solutions of illumination taking into account road lighting for the selected object. The virtual geometrical model of the building, lighting scene and calculations of the size of the light were realized with the use of the graphic computer applications.

**Keywords:** road luminaires, luminance distribution, computer visualization

DOI: 10.7862/re.2015.26

*Tekst złożono w redakcji:* maj 2015

*Przyjęto do druku:* wrzesień 2015