

Projektowanie iluminacji złożonych obiektów architektonicznych

Streszczenie. Komputerowe projektowanie iluminacji obiektów architektonicznych ma fundamentalne znaczenie w ocenie wykonalności realizacji założonej koncepcji oświetlenia obiektu, a także wizualizacji efektu końcowego. Typowe aplikacje do projektowania oświetlenia mogą być wykorzystywane do symulacji prostych obiektów o nieskomplikowanych kształtach architektonicznych. W przypadku obiektów wielkogabarytowych o złożonej architekturze wykorzystanie powyższych programów jest ograniczone, a do realizacji projektów iluminacji w ww. przypadku wykorzystuje się zaawansowane aplikacje graficzne. W artykule przedstawiono koncepcję iluminacji ratusza w Zamościu jako przykład wykorzystania zaawansowanych narzędzi graficznych do projektowania iluminacji obiektów o wysokim stopniu skomplikowania.

Abstract. Computer design of illumination of architectural objects is of fundamental importance in assessing the feasibility of implementing the assumed lighting concept of the object, as well as visualizing the final effect. Typical lighting design applications can be used to simulate simple objects with uncomplicated architectural shapes. In the case of large-size objects with complex architecture, the use of the above programs is limited, and advanced graphic applications are used to carry out illumination designs in the above-mentioned case. The article presents the concept of illumination of the town hall in Zamość as an example of the use of advanced graphic tools to design illumination of objects with a high level of complexity. (*Designing illumination for complex architectural objects*)

Słowa kluczowe: iluminacja, symulacje komputerowe, aplikacje graficzne, wizualizacje
Keywords: illumination, computer simulations, graphic applications, visualizations

Wstęp

W ostatnich latach, iluminacja obiektów stała się coraz popularniejszą formą nocnego oświetlenia obiektów wyróżniających się interesującą architekturą, obiektów publicznych czy historycznych. Szybki rozwój półprzewodnikowych źródeł światła, ich wysoka skuteczność świetlna oraz układy soczewkowe pozwalające na tworzenie złożonych rozsyłów światła [1-5] umożliwiły realizację skomplikowanych projektów iluminacyjnych, trudnych do realizacji przy zastosowaniu tradycyjnych, wyładowczych źródeł światła. Dodatkowo, zastosowanie technologii półprzewodnikowej, umożliwia obniżenie sumarycznej mocy zastosowanych opraw iluminacyjnych, co przekłada się bezpośrednio na większą efektywność energetyczną oświetlanych obiektów [6].

Podstawą iluminowania wybranego obiektu architektonicznego jest wykonanie projektu oświetleniowego, umożliwiającego wyznaczenie rozkładu luminancji oraz wiarygodnych wizualizacji oświetlanego obiektu. W oświetleniu iluminacyjnym możliwość tworzenia zaawansowanych wizualizacji komputerowych przedstawiających finalną koncepcję oświetlanego obiektu ma istotne znaczenie m.in. ze względu na duże gabaryty iluminowanych obiektów i znaczną ilość zastosowanych opraw iluminacyjnych. Trudno wyobrazić sobie próby terenowe związane z rozmieszczeniem i nacelowaniem naświetlaczy iluminacyjnych bez wcześniejszej komputerowej koncepcji oświetlenia [7-10].

W przypadku prostych obiektów, charakteryzujących się niewielkimi gabarytami oraz prostą architekturą do wykonaniu projektu oraz finalnej wizualizacji komputerowej wykorzystane mogą typowe programy, szeroko stosowane w projektowaniu oświetlenia, m.in. Dialux czy Relux [11,12]. Dla złożonych obiektów, charakteryzujących się dużymi gabarytami oraz złożoną architekturą, m.in. obiekty historyczne czy sakralne zastosowanie powyższych programów jest ograniczone, co związane jest ze złożonością i stopniem szczegółowości modelu geometrycznego. W takim przypadku do projektu iluminacji stosowane są zaawansowane aplikacje graficzne umożliwiające tworzenie złożonych modeli geometrycznych,

przy jednoczesnej możliwości wczytywania brył fotometrycznych i symulowania odbić wielokrotnych, m.in. 3Ds Max czy Blender [13,14].



Rys.1. Przykład wizualizacji komputerowej oświetlenia iluminacyjnego obiektu o prostej bryle zrealizowanej w programie Dialux Evo

W artykule przedstawiono koncepcję iluminacji ratusza w Zamościu jako przykład wykorzystania zaawansowanych narzędzi graficznych do projektowania iluminacji obiektów o wysokim stopniu złożoności.

Charakterystyka iluminowanego obiektu

Ratusz w Zamościu jest przykładem obiektu o złożonej strukturze i bryle geometrycznej. Obiekt ten wybudowany w stylu barokowym charakteryzuje się ponad 52-metrową wieżą zegarową oraz szerokimi, wachlarzowymi schodami. Obecnie w obiekcie znajduje się Urząd Miasta a obiekt uchodzi za symbol miasta. Na rys.2 przedstawiono jego rzeczywisty, dzienny widok.

Przedstawiony obiekt charakteryzuje się rytmiką pionową i poziomą, gdzie rytmikę pionową stanowi wieża a rytmikę poziomą tworzą kolejne piętra budynku. Elewacja ratusza charakteryzuje się chropowatą powierzchnią o pastelowych barwach, ramy wokół okien, kolumny oraz gzymsy charakteryzują się jasną i gładką powierzchnią, dobrze komponując się z kolorami elewacji.

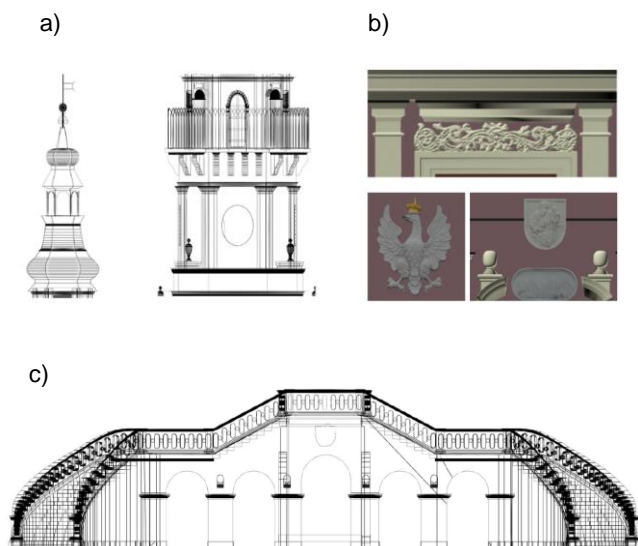


Rys.2. Rzeczywisty widok Ratusza w Zamościu

Komputerowe modelowanie obiektu architektonicznego

Przedstawiony obiekt posiada złożoną bryłę obiektu a do wykonania jego modelu wraz ze szczegółowymi detalami użyto oprogramowania Autodesk 3Ds Max [13]. Etap modelowania obiektu jest pierwszym i jednocześnie najbardziej czasochłonnym etapem tworzenia projektu iluminacyjnego. Na finalny czas modelowania obiektu wpływają m.in. założony stopień szczegółowości odtworzenia obiektu, jak również dostępność dokumentacji z wymiarami obiektu. W przypadku jej braku do zwymiarowania budynku wykorzystuje się mapy satelitarne jak również rzeczywiste zdjęcia fotograficzne. Do wykonania modelu ratusza w Zamościu wykorzystano udostępnione plany obiektu. Architektura budynku została szczegółowo odtworzona, wraz z drobnymi detalami w postaci gzymsów i zdobień w postaci m.in. ornamentów.

Na rys.3 przedstawiono siatkę modelu dla górnej części wieży, schodów oraz wybrane zdobienia pokryte teksturą.



Rys.3. Siatka modelu dla górnej części wieży i pokrycia dachowego (a), schodów (c) oraz wybrane zdobienia pokryte teksturą (b)

Kolejnym etapem projektu iluminacyjnego jest zdefiniowanie tekstur oraz parametrów refleksyjno – transmisyjnych zastosowanych materiałów. W omawianym obiekcie szczegółowo odtworzono tekstury wraz z ich parametrami m.in. dla tynku ścian elewacyjnych, materiału wieży czy schodów wejściowych. Finalny model obiektu wraz ze zdefiniowanymi teksturami przedstawiono na rys. 4.



Rys.4. Finalny model obiektu wraz z teksturami

Koncepcja iluminacji Ratusza w Zamościu

Po wykonaniu modelu obiektu oraz zdefiniowaniu tekstur zastosowanych materiałów kolejnym etapem jest realizacja założonej koncepcji oświetlenia nocnego obiektu. Możliwe jest tworzenie wielu wariantów iluminacji w oparciu o zastosowanie rzeczywistych brył fotometrycznych opraw oświetleniowych zapisanych w ustandaryzowanym formacie plików IES. Pierwszym krokiem w dalszej części iluminowania obiektu jest określenie widoczności obiektu z obranych kierunków obserwacji. W przypadku obiektu ratusza, uwzględniając główne szlaki komunikacyjne widoczny jest jego front oraz boczne ściany. Warto wyeksponowania są również widoczne z wielu kierunków zabytkowe schody oraz wieża ratusza. Innym aspektem który należy również uwzględnić jest otoczenie obiektu oraz istniejące oświetlenie oddziałujące na modelowany obiekt, często m.in. oświetlenie chodników i ulic w podblużu iluminowanego budynku.

Przy określaniu projektowanej wartości luminancji obiektu należy uwzględnić obecną jasność otoczenia zgodnie z wytycznymi [10,15-16]. Otoczenie iluminowanego obiektu jest rozświetlone, w związku z czym założono projektowaną średnią wartość luminancji na poziomie 15 cd/m².

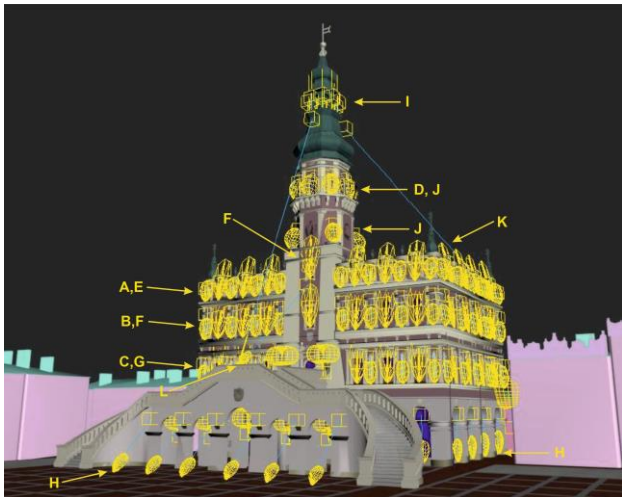
Model ratusza w Zamościu został podzielony na kilka stref iluminacyjnych, dla których dobrane zostały oprawy oświetleniowe o różnym kształcie krzywych światłości.

Do iluminacji trzech pięter wykorzystano oprawy liniowe, instalowane na gzymsie budynku, które rozświetlały wnęki okienne oraz przestrzenie pomiędzy nimi. Do iluminowania parteru zastosowano naświetlacze iluminacyjne zainstalowane na powierzchni kostki brukowej.

Ważną częścią wykreowania nocnego wizerunku ratusza było prawidłowe oświetlenie wieży oraz schodów budynku widocznych z wielu kierunków obserwacji. Do iluminacji wymienionych części obiektu wykorzystano mieszaną metodę iluminacji, łącząc metodę zalewową i punktową [10]. Zastosowano naświetlacze oraz liniowe oprawy iluminacyjne uwzględniając przy tym ograniczenia związane z montażem opraw w obrębie wieży ratusza. Na zdjęciu 5 przedstawiono widok modelu z rozmieszczonymi oprawami iluminacyjnymi, w Tabeli 1 zestawiono ich ilość oraz podstawowe parametry.

Do iluminacji ratusza wykorzystano w sumie 141 opraw oświetleniowych w technologii LED. Iluminacja ratusza wykonana została z wykorzystaniem metody punktowej oraz zalewowej. Do iluminowania punktowej zastosowano oprawy liniowe LED o mocach od kilku do kilkunastu Watów. Zastosowane naświetlacze LED o mocach od kilkadziesiąt do ponad stu Watów umożliwiły iluminację wybranych stref obiektu w sposób zalewowy. Połączenie obu wymienionych

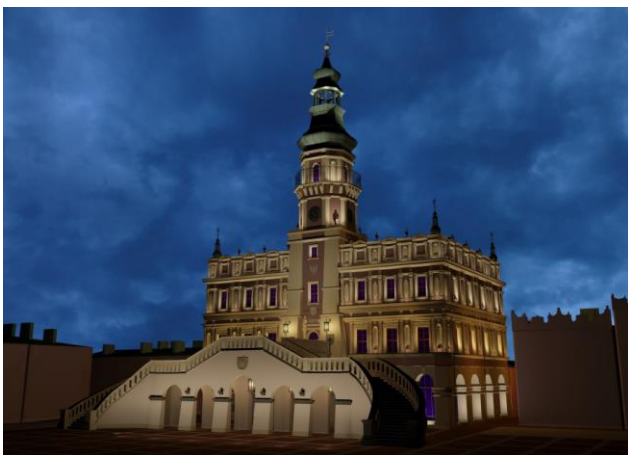
technik, jak również zastosowanie odpowiednich krzywych rozsyłów światłości oraz zróżnicowanie temperatury barwowej zastosowanych opraw umożliwiło realizację zasady wzmacniania wysokości, jak również zasadę wzmacniania głębi. Sumaryczna moc zaprojektowanej instalacji oświetleniowej wyniosła 3,94 kW. Obecna półprzewodnikowa technologia źródeł światła umożliwia znaczne ograniczenie finalnej mocy instalacji iluminacyjnej i związanego z tym zużycia energii elektrycznej, w stosunku do wcześniej stosowanych opraw iluminacyjnych z wyładowczymi źródłami światła. Na rys. 5 przedstawiono finalną wizualizację koncepcji iluminacji ratusza w Zamościu z wybranego kierunku obserwacji.



Rys.5. Model obiektu wraz z rozmieszczeniem opraw oświetleniowych

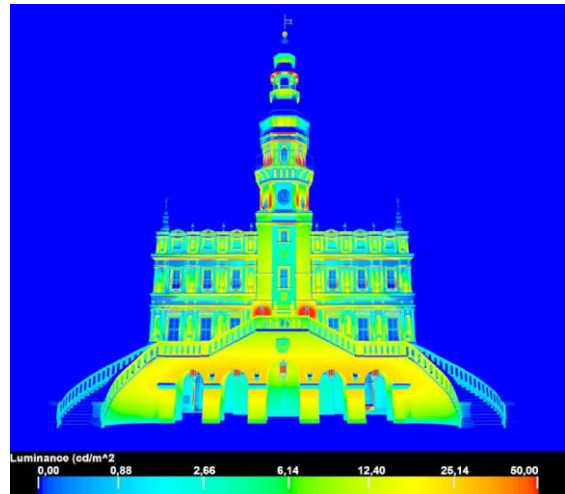
Tabela 1. Zestawienie opraw zastosowanych do iluminacji ratusza

Oznaczenie oprawy	Moc oprawy [W]	Kąt rozsyłu [°]	T [K]	Ilość [szt.]
A	8	50x70	4000	19
B	8	50x70	3500	19
C	8	50x70	3000	17
D	19	110x110	4000	4
E	5	10x60	4000	14
F	15	10x60	4000	16
G	15	10x60	2700	14
H	98	2x19/2x44	4000	18
I	30	8	4000	8
J	50	83	4000	8
K	125	5	4000	3
L	125	43	4000	1



Rys.6. Finalna wizualizacja iluminacji ratusza z głównego kierunku obserwacji

Na rys. 7 przedstawiono rozkład luminancji na powierzchni obiektu dla finalnej koncepcji iluminacji.



Rys.7. Rozkład luminancji dla frontalnej ściany ratusza

Przedstawione na rysunkach 6 i 7, finalna wizualizacja oraz rozkład luminancji potwierdzają spełnienie założeń związanych z przyjętą koncepcją iluminacji ratusza w Zamościu. Uzyskano równomierny rozkład luminancji na poziomie kilkunastu cd/m^2 spełniając założone wartości zgodnie z obowiązującymi wytycznymi [10,16].

Elementy poszczególnych pięter zostały zaakcentowane w jednaki sposób, w projekcie iluminacji uwidoczniłoby zabytkowe schody. W zrealizowanym projekcie zrealizowano zasadę wzmacniania wysokości poprzez zastosowanie różnych temperatur barwowych, jak również zasadę podkreślenia głębi poprzez oświetlenie wnętrza. Zrealizowany projekt iluminacji ratusza w Zamościu pozwala podkreślić bogatą architekturę obiektu, jak również jego znaczenie historyczne oraz polityczne dla miasta Zamościa.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję iluminacji ratusza w Zamościu. Obiekt ten charakteryzował się złożoną geometrią, jak również licznymi dodatkami w postaci zdobień, m.in. gzymsów czy ornamentów. W przypadku takich obiektów o złożonej geometrii i dużym stopniu złożoności modelu geometrycznego, ograniczona jest możliwość stosowania powszechnie dostępnych programów do projektowania oświetlenia m.in. Dialux.

Projekt iluminacji ratusza w Zamościu zrealizowany został z wykorzystaniem oprogramowania 3ds Max umożliwiającego tworzenie zaawansowanych modeli geometrycznych. Zastosowanie rozbudowanych aplikacji graficznych daje możliwość wykonania projektu iluminacji obiektów o złożonej architekturze, a finalnie przedstawienie wiarygodnych wizualizacji założonych koncepcji iluminacyjnych.

Zrealizowana zgodnie z założeniami koncepcja iluminacji ratusza zamojskiego potwierdza zasadność oraz użyteczność stosowania zaawansowanych aplikacji graficznych do opracowania finalnych projektów i wizualizacji iluminowanych obiektów o złożonych modelach geometrycznych.

Autorzy: dr hab. inż. Sebastian Różowicz, prof. PŚk, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: s.rozowicz@tu.kielce.pl; dr hab. inż. Antoni Różowicz, prof. PŚk, Politechnika Świętokrzyska, Katedra Energetyki, Energoelektroniki i Maszyn Elektrycznych, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25 –

314 Kielce, e – mail: 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; dr inż. Krzysztof Baran, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, e - mail: kbaran@prz.edu.pl; dr inż. Marcin Leško, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, 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 Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, E-mail: a.zawadzki@tu.kielce.pl

LITERATURA

- [1] Yvang C., Yuncui Z., Xufen X., Long L., Minjv F., Changcheng S., Yan W., Shuhan Y., Design of a Multi-Channel High-Power Color-Mixing Optical System Based on RGB LED Arrays. *Photonics*, 9 (2022), 904.
- [2] Zhang X., Wei Y., Yan X., Zhang Y., LED Floodlight Optical System Design. In *Proceedings of the 6th EAI International Conference on Green Energy and Networking*, GreeNets, Dalian, China, 4 May 2019; Volume 282, 249–257.
- [3] 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*, (2022), 15, 8142. Volume 15; Issue 21; doi 10.3390/en15218142.
- [4] Żagan W., Podstawy Techniki Świetlnej, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, (2022).
- [5] Różowicz S., Zawadzki A., Włodarczyk M., Wachta H. and Baran K.: Properties of fractional-order magnetic coupling Energies MDPI; *Energies* 2020 , 13, 1539; ISSN 1996-1073; doi:10.3390/en13071539.
- [6] Skarżyński K., Rutkowska A., The Interplay between Parameters of Light Pollution and Energy Efficiency for Outdoor Amenity Lighting, *Energies* (2023), 16(8).
- [7] Różowicz S., Tofil Sz.: The influence of impurities on the operation of selected fuel ignition systems in combustion engines, *Archives of Electrical Engineering*, Vol. 65(2), pp.349-360, doi:10.1515/ae-2016-0026.
- [8] Pracki P., Projektowanie oświetlenia wnętrz, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, (2011)
- [9] Krupiński R., Iluminacja obiektów użyteczności publicznej na przykładzie ratusza w Jaworze, *Przegląd Elektrotechniczny*, (2014), R.90, Nr 1/2014.
- [10] Żagan W., Krupiński R., Teoria i praktyka iluminacji obiektów, *Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej*, Warszawa 2016
- [11] <https://www.dialux.com/en-GB/dialux> (dostęp: marzec 2024 r)
- [12] <https://relux.com/lighting-planning/reluxdesktop> (dostęp: marzec 2024 r)
- [13] www.autodesk.com/pl/products/3ds-max/ (dostęp: kwiecień 2024 r)
- [14] <https://www.blender.org> (dostęp: kwiecień 2024 r)
- [15] CIE Technical Report, nr 94 – Guide for Floodlighting
- [16] 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.