

DOI 10.21008/j.1897-0737.2020.104.0011

Piotr RATAJKIEWICZ\*, Hanna MICHALAK\*

## MINIMALIZACJA ILOŚCI PARAMETRÓW OŚWIETLENIOWYCH PRZYCZYNĄ ZUBOŻENIA NOCNEGO KRAJOBRAZU MIAST

W referacie porusza się zagadnienie związane z budowaniem scenografii nocnej wewnątrz urbanistycznych jako przyjaznych przestrzeni do życia mieszkańców współczesnych miast. Wskazano zagadnienia związane z wdrażaniem współczesnych technologii oświetleniowych na tle zachowań producentów sprzętu oświetleniowego, oprogramowania do wspierania projektowania jak i samego projektowania oświetlenia. Ukazano również współczesne zagrożenia związane z wdrażaniem technologii led oraz jej wpływ na budowanie poczucia bezpieczeństwa jak i budowania jakości krajobrazu nocnego widoku przestrzeni publicznych. Przedstawiono możliwości współczesnych programów do obliczeń fotometrycznych wykazując ich pewne ograniczenia, a przez to bezpośredni wpływ na zubożenia nocnego krajobrazu. W pracy zbadano również aktualny stan Norm dotyczących oświetlenia przestrzeni publicznych oraz ich rzeczywiste zastosowanie przy projektowaniu oświetlenia.

SŁOWA KLUCZOWE: projektowanie oświetlenia, obliczenia fotometryczne, oświetlenie miast, oświetlenie architektury, oświetlenie przestrzeni publicznych.

### 1. ANALIZA PRAKTYK ZWIĄZANYCH Z PROJEKTOWANIEM OŚWIETLENIA PRZESTRZENI PUBLICZNYCH

#### 1.1. Nocny krajobraz miasta

W dzisiejszym świecie nie jesteśmy już skazani na wyznaczany na ziemi przez słońce rytm dnia i nocy. Czas naszego funkcjonowania i aktywności wydłuża się. To wszystko ma miejsce dzięki możliwościom zastosowania oświetlenia sztucznego. Światło pozwoliło pracować, poruszać się, wypoczywać uniezależniając nas od cyklu dnia i nocy. Praktycznie przez cały rok dzięki oświetleniu sztuczному możemy działać w podobnych porach dnia i nocy, a zachodzące słońce przestało być znakiem do szybkiego powrotu do bezpiecznego domu.

Wydłużenie czasu, aktywnego życia człowieka w ciągu doby przyniosło za sobą wiele nowych możliwości. Jako, że funkcjonujemy w środowisku stworzonym przez człowieka niezależnie od cyklu dobowego, przyzwyczailiśmy się do tego, że

---

\* Politechnika Poznańska

nasze miasta są oświetlone. Oczekiwania co do jakości przestrzeni publicznej są coraz wyższe. Jako mieszkańcy miast chcemy móc w pełni korzystać z jej infrastruktury i możliwości jakie ono nam daje. Dzisiejsze miasta chcą również przyciągać ludzi i stymulować ich do aktywnego życia w przestrzeniach publicznych, starają się więc wspierać aktywności społeczne, możliwie uniezależniając je od światła dziennego. Wszystko oczywiście w rozsądnych granicach.

Jeżeli poprosilibyśmy o opisanie jakie jest dane miasto, większość odpowiedzi poza emocjami związanymi z danym miejscem, skupiona była by na wizerunku jaki tworzy architektura i urbanistyka danego miejsca. Ten konkretny opis związany byłoby z mentalną mapą miasta [1] każdego z pytanych osób. Obraz jaki powstaje w wyniku tej opowieści to dzienny obraz miasta. Obraz nocny jaki powstaje w głowach mieszkańców czy turystów może być zupełnie odmienny zarówno na plus jak i na minus w stosunku do obrazu dziennego. Oświetlenie miasta ma bezpośredni wpływ na to w jaki sposób je postrzegamy oraz czy chcemy z niego korzystać, w nim przebywać, promować je w porze nocnej. Od tego czy oświetlenie stworzy dla nas atrakcyjną przestrzeń, zależy aktywności jego mieszkańców.

Oświetlenie nie zastąpi innych czynników tworzących prospołeczną tkankę miejską, ale jest czynnikiem bezwarunkowo koniecznym i niezbędnym aby taka przestrzeń mogła być wykorzystywana po zmroku.

## 1.2. Wpływ otoczenia projektu na proces projektowania oświetlenia

Każda z technologii zanim osiągnie fazę dojrzałości przechodzi przez etap intensywnego rozwoju. Przez ostatnie dziesięć lat byliśmy świadkami ledyfikacji świata oświetleniowego. Zanim technologia osiągnęła już pełnowartościowy poziom, aby stać się lepszym zamiennikiem dla dotychczas znanych technologii oświetleniowych musiała ona "się" wykazać, pomimo swoich wad i niedoskonałości. Przemysł oświetleniowy zainteresowany szybkim zdrożeniem i skonsumowaniem zysków wprowadził szereg mechanizmów, które przyczyniły się do udowadniania wyższości nowych rozwiązań nad dotychczasowymi.

Ostatnie lata we wdrażaniu technologii LED w oświetleniu drogowym wykazały dwa aspekty. Pierwszy – wyjątkowo łatwo udowodnić wyższą efektywność świetlną i tym samym zyski energetyczne wynikające z modernizacji opraw oświetleniowych i wymianę ich na takie wykorzystujące technologię LED jako źródło światła. Drugi – niewiele jest użytkowników, którzy są zadowoleni z przeprowadzonej modernizacji, a fora internetowe jak i media są pełne negatywnych opinii dotyczących przeprowadzonych modernizacji i wymianie opraw oświetlenia drogowego na ledowe. Jak to możliwe, skoro modernizacje poprzedzone zostały precyzyjnymi obliczeniami fotometrycznymi, potwierdzającymi właściwy dobór sprzętu i realizację parametrów wynikających z przepisów i normy dotyczącej oświetlenia drogowego PN-13201.

Źródło niezadowolenia użytkowników i późniejsze problemy powstają już na etapie planowania projektowania. Wspomniane Normy dotyczą, jak sama nazwa wskazuje oświetlenia dróg i ogranicza przestrzeń do poziomu dwóch wymiarów, sprowadzając ją do wartości horyzontalnych. Takie traktowanie przestrzeni skutecznie wyłącza wszelkie aspekty wertykalne stanowiące o krajobrazie miasta, budujące jego wartość, ale także tworzące przestrzeń przyjazną, dojącą rzeczywiste poczucie bezpieczeństwa. Brak wskazań legislacyjnych czy wytycznych technicznych w zakresie wartości określonych Normach oświetleniowych przyczynia się do zaniedbań w oświetleniu przestrzeni, co więcej producenci prześcigając się w osiągnięciu coraz wyższych efektywności świetlnych na poziomie posadzki – jezdni czy chodnika jeszcze bardziej pogłębiają to zjawisko.

Dziś praktycznie jedynym elementem wskazanym w Normie oświetleniowej PN13201 [2], który można policzyć w dedykowanym do drogowych obliczeń fotometrycznych programie komputerowym i który realizuje składową pionową jest wymaganie dla minimalnych wartości oświetlenia w płaszczyźnie pionowej w celu rozpoznawania twarzy. Ten element wskazuje na użytkownika – czyli człowieka i jego widoczność jako istotny czynnik w zapewnieniu bezpieczeństwa na drogach i ulicach. Niejako rykoszetem, część światła ukierunkowanego na składowe pionowe w celu rozpoznawania twarzy może trafić na elewacje budynków tworząc, tak potrzebną do życia mieszkańców przestrzeń miejską zwaną wnętrzem urbanistycznym.

Niestety nowoczesne technologie (a tak naprawdę ich twórcy) nastawione na wydajność i jak najwyższą efektywność skupiają się na rozwiązaniach realizujących tylko oświetlenie jezdni i chodnika, pomijając oświetlenie użytkownika i traktując go jako element "dodatkowy". W ogromnej większości przypadków niemożliwym jest osiągnięcie wertykalnych składowych oświetleniowych. Nie jest to problem technologiczny gdyż "stare" technologie realizowały wymagania bez większych problemów i przed rozkwitem technologii LED kryterium to było bardzo często stosowane. Programy do obliczeń fotometrycznych pozwalają na proste wyłączenie wymagań dla oświetlenia pionowego i nie przedstawianie ich w wynikach końcowych z rezultatem negatywnym. W związku z tym kryterium to jako "trudne" do osiągnięcia, jest w większości przypadków pomijane. Efektem tego jest wspomniana na samym początku wysoka efektywność energetyczna i niska wartość zadowolenia mieszkańców.

## **2. STANDARDY I WYMAGANIA NORMATYWNE STAWIANE OŚWIETLENIU ZEWNĘTRZNEMU**

### **2.1. Wymagania normatywne stawiane oświetleniu zewnętrznemu**

W projektowaniu przestrzeni publicznych, nazywanych również wnętrzami urbanistycznymi należy wziąć pod uwagę wiele aspektów związanych z zarówno

z kreowaniem otoczenia jak i zachowaniem podstawowego oświetlenia bezpieczeństwa poruszania się w danej przestrzeni. Nie ma indywidualnego opracowania w postaci dyrektywy czy normy dotyczącego oświetlenia przestrzeni publicznych w miastach. Poszukując wskazań do projektowania oświetlenia w obszarach zewnętrznych w warunkach technicznych zawartych w normach i dyrektywach legislacja w tym obszarze praktycznie zostaje ograniczona do trzech pozycji:

- PN 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1–5: [2],
- PN-EN 12464-2:2014-05 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz [3],
- PN-EN 12193 Światło i oświetlenie – Oświetlenie w sporcie [4].

W zakresie przestrzeni publicznej miast jakie moglibyśmy sklasyfikować w formach jednostek krajobrazowych dla zabudowy miejskiej, źródła wytycznych dotyczących oświetlania możemy poszukiwać w normie dotyczącej oświetlenia drogowego PN13201 [2]. Wyjątkiem jest jednakowy zapis zawarty w normie dotyczącej miejsc pracy na zewnątrz PN-EN 12464-2 [3] oraz normie dotyczącej oświetlenia w sporcie PN-EN 12193 [4]. W zapisie tym wskazano na zagadnienie dotyczące negatywnego wpływu światła na środowisko i ludzi. Norma ta wskazuje na ograniczenie światła przeszkadzającego i określa maksymalne dopuszczalne poziomy natężenia oświetlenia dozwolone dla zewnętrznych instalacji oświetleniowych określone w tabeli nr1.

Tabela 1. Światło przeszkadzające – ograniczenie negatywnego wpływu światła na otoczenie i ludzi.

Strefa środowiskowa	Światło na nieruchomościach		Światłość oprawy oświetleniowej		Światło emitowane w górę	Luminancja średnia (max)	
	Ev [lx]		I [cd]		ULR [%]	Lb [cm/m <sup>2</sup> ]	Ls [cd/m <sup>2</sup> ]
	przed czasem przyciemnienia	po czasie przyciemnienia	przed czasem przyciemnienia	po czasie przyciemnienia		fasada budynku	Znaki
E1	2	0	2500	0	0	0	50
E2	5	1	7500	500	5	5	400
E3	10	2	10000	1000	15	10	800
E4	20	5	25000	2500	25	25	1000

Gdzie:

E1 – oznacza z natury ciemne obszary, takie jak parki narodowe lub obszary chronione; E2 – oznacza obszary o niskiej jasności dzielnic, takie jak obszary przemysłowe lub wiejskie obszary mieszkalne; E3 – oznacza obszary o średniej jasności, takie jak przedmieścia przemysłowe lub mieszkalne; E4 – reprezentuje obszary o wysokiej jasności, takie jak centra miast i obszary handlowe; Ev – maksymalna wartość natężenia oświetlenia pionowego na właściwościach w lx; I – natężenie światła każdego źródła w kierunku potencjalnie natarczywym w cd; ULR – to część strumienia świetlnego oprawy/y, która jest emitowana powyżej płaszczyzny poziomej, gdy oprawa/y jest(są) zamontowane w ich pozycji i położeniu zainstalowanym i podane w %; Lb – maksymalna średnia luminancja elewacji budynku w cd-m<sup>-2</sup>; Ls – maksymalna średnia luminancja znaków w cd-m<sup>-2</sup>.

Należy wyraźnie podkreślić, że wymagania dotyczące światła przeszkadzającego są ograniczeniami w zakresie oświetlenia inwazyjnego, będącego pochodną oświetlenia celowego, a które mogłoby pojawić się na nieruchomościach. Wartości zadane w normie nie są wyznacznikiem maksymalnej wartości natężenia światła przy celowym oświetlaniu budynków czy obiektów architektonicznych.

Norma Oświetlenie drogowego [2] dotyczy w zasadzie oświetlenie dróg, chodników i ścieżek rowerowych ograniczając (z pewnym wyjątkiem) wymagania i wytyczne do oświetlenia powierzchni horyzontalnej. W dokumencie tym wskazano podział na klasy oświetlenia M oraz P zróżnicowane ze względu na prędkość poruszania się pojazdów oraz CE odpowiadającą strefą konfliktowym występującym w ruchu drogowym.

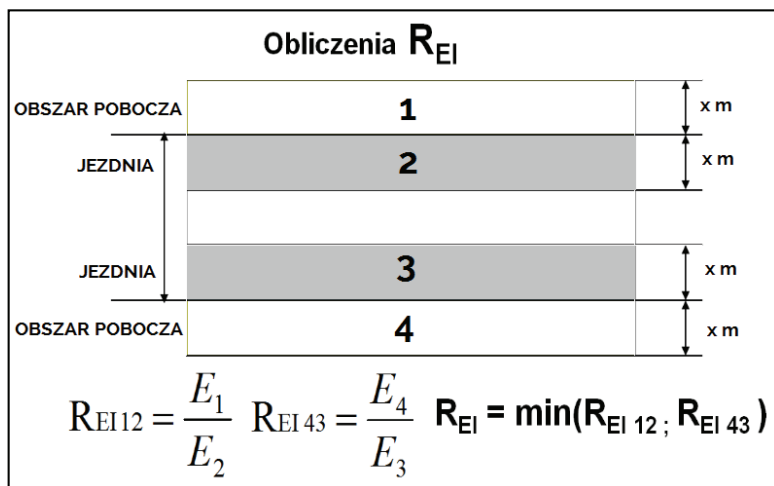
Dla klas motorowych M określono wymagania zawarte w tabeli nr2. Elementem, który rozszerza wymagania w zakresie oświetlenia poza pole powierzchni pasa jezdni czy chodnika jest wskaźnik  $R_{EI}$  określający oświetlenie bezpośredniego otoczenia.

Tabela 2 Wymagania stawiane oświetleniu dla klas M.

Klasa	Parametry oświetlenia drogi			Olśnienie przeszkadzające	Oświetlenie otoczenia
	Warunki suche				
	$L_{sr}$ [ekspl. min] [cd/m <sup>2</sup> ]	$U_o$ [min]	$U_l$ [min]	$f_{TI}$ [max] [%]	$R_{EI}$ [min]
M1	2.00	0.40	0.7	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.7	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.7	10	0.35
M4	0.75	0.40	0.6	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.4	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.4	20	0.30

$L_{sr}$  – średnia, eksploatacyjna luminancja powierzchni drogi,  $U_o$  – równomierność całkowita (luminancji),  $U_l$  – równomierność wzdłużna (luminancji jezdni – min. dla pasów ruchu),  $F_{TI}$  – przyrost wartości progowej,  $R_{EI}$  – współczynnik oświetlenia poboczy jezdni.

Wprowadzenie wskaźnika  $R_{EI}$  w zakresie wymagań dla oświetlenia drogowego dla obszarów o wyższych prędkościach ma na celu poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym poprzez zmniejszenie tak zwanego efektu tunelowego, skutkującego izolacją oświetlanej powierzchni od otoczenia. Wymaganie to stawiane jest dla obydwu stron drogi, a szerokość pola otoczenia równa jest szerokości jezdni do niej przylegającej. Metodologię obliczania wskaźnika wskazano na rysunku nr1.



Rys. 1. Obliczanie współczynnika oświetlenia otoczenia  $R_{EI}$

Dla klas "rezydencjalnych" P, określono wymagania zawarte w tabeli 3. Elementem, który rozszerza wymagania w zakresie oświetlenia poza pole powierzchni pasa jezdni czy chodnika są dodatkowe wymagania w zakresie rozpoznawalności twarzy w przypadku zaistnienia takiej konieczności. Nie wskazane są jednoznaczne kryteria, jakie muszą zająć do przyjęcia tego kryteria.

W punkcie 7 PN13201-1 [2] zawarto opis:

"Niniejszy dokument nie zawiera wytycznych dotyczących wyboru klas oświetlenia HS, SC i EV. Decyzja w sprawie czy klasy te powinny być używane dla pieszych, a obszary o niskiej prędkości są określone w drodze krajowej polityki oświetleniowej i kodeksie postępowania w zakresie oświetlenia drogowego. Jest ona różna w zależności od kraju lub gminy. Szczegółowe wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia HS, SC (tabela 4), EV (tabela 5) oraz stosowania parametrów rozpoznawania twarzy są dostępne na poziomie krajowym dla każdego kraju."

Tabela 3. Tabela wymagań dla klas P [2].

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		Wymagania dodatkowe jeśli rozpoznawalność twarzy jest konieczna	
	E*śr [ekspl. min] [lx]	E <sub>min</sub> [ekspl.] [lx]	Ev,min [ekspl.] [lx]	Esc,min [ekspl.] [lx]
P1	15.00	3.00	5.00	5.00
P2	10.00	2.00	3.00	2.00
P3	7.50	1.50	2.50	1.50
P4	5.00	1.00	1.50	1.00
P5	3.00	0.60	1.00	0.60
P6	2.00	0.40	0.60	0.20
P7	brak wymagań	Brak wymagań		

Tabela 4. Tabela wymagań dla klas SC - oświetlenie półcyldryczne [2].

Klasa	Esc,min [lx]
SC1	10
SC2	7.5
SC3	5
SC4	3
SC5	2
SC6	1.5
SC7	1
SC8	0.75
SC9	0.50

Tabela 5. Tabela wymagań dla klas EV - oświetlenie pionowe [2].

Klasa	Ev,min [lx]
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7.5
EV5	5
EV6	0.5

Niestety, dla Polski nie zostały przygotowane żadne wytyczne w tym zakresie. Ten bardzo istotny element, który mógłby być przyczyną do dalszego rozpatrywania parametrów związanych z projektowaniem oświetlenia dla części wertykalnych w przestrzeniach publicznych w związku z brakiem jakichkolwiek regulacji jest pomijany.

W punkcie 7 drugiej części normy PN-13201 [2] znajduje się jeden z elementów dotyczących "Wyglądu i aspektów środowiskowych": jakie należy uwzględnić przy projektowaniu oświetlenia:

" m) podświetlenie środowiska zabudowy urbanistycznej",

Zapis uzupełniony jest o poniższy komentarz:

"UWAGA 2 Elementy, które należy wziąć pod uwagę w odniesieniu do wyglądu i komfortu w nocy, mają silny wpływ na nastrój, wygląd i wrażenie estetyczne, jakie wywiera instalacja oświetleniowa. Wygląd w nocy jest zarówno kwestią gustu, częściowo związanego z kulturą, jak i dopasowania instalacji oświetleniowej do otoczenia i/lub tworzenia konkretnych wyrażeń w obszarze, który ma być oświetlony – realizowany różnymi środkami." [2]

Podsumowując Norma [2] wskazuje, że podświetlenie środowiska zabudowy urbanistycznej ma silny wpływ na wygląd i wrażenia estetyczne, które będzie odbierał potencjalny użytkownik przestrzeni publicznej, ale nie daje konkretnych wytycznych co do stawianych wymagań.

## **2.2. Aktualne standardy w projektowaniu i wykorzystanie oprogramowania komputerowego do wspomaganie projektowania oświetlenia**

Wsparcie oprogramowania w projektowaniu oświetlenia jest nie do przecenienia. Dzięki programom mamy możliwość wykonywania precyzyjnych obliczeń fotometrycznych nawet w skomplikowanych układach architektonicznych. Bazując na najbardziej popularnych programach do wspierania projektowania dostrzega się ogromne zalety w optymalizacji projektu, ale też to, że odbywają się one przy pewnych kosztach związanych z zubożaniem krajobrazu nocnego miast. Wnioski autora oparte są na najbardziej popularnych programach komputerowych do wykonywania obliczeń fotometrycznych (Dialux EVO, Relux), zawierających moduły dedykowane do oświetlenia drogowego odpowiadające wymaganiom normy PN-EN13201:2016 [2].

Oprogramowanie stara się być bezpośrednią odpowiedzią na wytyczne wskazane w wymaganiach zawartych w normie oświetlenia drogowego. Niestety, w tak zwanym module drogowym nie ma możliwości rozbudowania obliczeń fotometrycznych o chociażby uproszczone symulacje dla powierzchni fasad. Takie kalkulacje należy wykonać oddzielnie i niezależnie, powielając zbudowany już układ drogowy w module do obliczeń oświetlenia dla obszarów zewnętrznych.



Z kolei w module tym, nie ma możliwości ustawienia siatek obliczeniowych i parametrów typowych dla klas drogowych, co skutkuje koniecznością budowania modelu i wykonywania obliczeń fotometrycznych w obydwu modułach dla uzyskania pełnego obrazu oświetlenia przestrzeni publicznej. Taka sytuacja przyczynia się do uproszczania wymagań stawianych oświetleniu przestrzeni i minimalizacji parametrów oświetleniowych do wytycznych stawianych drogom z pominięciem elementów tworzących architekturę miast.

Jak pokazują realizacje projektów modernizacji oświetlenia w polskich miastach w ostatnich latach kryterium nadrzędnym jest uzyskanie jak najlepszego wyniku ekonomicznego takiej modernizacji z pominięciem tego czym oświetlenie w mieście tak naprawdę jest. Pod tymi rygorami w przetargach, wszelkie aspekty estetyczne są pomijane, a wytyczne do oświetlenia sprowadzane do uproszczonych obliczeń fotometrycznych gdzie kryterium bazowym jest spełnienie wymagań normatywnych stawianym oświetleniu dróg. Miasta, wraz z ich wnętrzami urbanistycznymi sprowadzane są do poziomu asfaltu, którego oświetlenie ma zapewnić jego mieszkańcom poczucie bezpieczeństwa, stworzyć komfort świetlny, zbudować atmosferę i przyczynić się do zwiększenia atrakcyjności przestrzeni publicznej.

### 3. PODSUMOWANIE

Dzisiejsze standardy projektowania oświetlenia w miastach, będąc pod presją aspektów ekonomicznych są niestety obniżane, co ma negatywny wpływ na otrzymywaną jakość przestrzeni publicznych. To niepożądane zjawisko jest wzmacniane przez upraszczanie procesu projektowania oświetlenia wewnątrz urbanistycznych i sprowadzanie wymagań do parametrów związanych z oświetleniem dróg i ulic. Dodatkowo, ze względu na rachunki ekonomiczne i negatywną optymalizację projektów rezygnuje się z parametrów jakościowych związanych z rozpoznawaniem twarzy i oświetleniem pionowym jako elementów wymagających dodatkowej uwagi ze strony projektantów. Z tego samego powodu, w większości przypadków projektów oświetlenia w miastach projektanci nie określają wymagań dla oświetlenia fasad budynków, a przez to nie weryfikują wpływu projektowanego przez nich oświetlenia na przestrzeń urbanistyczną i budowany nocny krajobraz miasta.

### LITERATURA

- [1] Lynch K., *The Image of the city*, Węgrzyce: Archivolta, 2011. ISBN 978-83-93111800 (in Polish).

- [2] PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia:  
PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg –część 2: Wymagania eksploatacyjne,  
PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg –część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych,  
PN-EN 13201-4:2016-03 Oświetlenie dróg –część 4:Metody pomiaru efektywności oświetlenia,  
PN-EN 13201-5:2016-03 Oświetlenie dróg –część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej.
- [3] PN-EN 12464-2:2014-05 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz.
- [4] PN-EN 12193 Światło i oświetlenie – Oświetlenie w sporcie.

### **MINIMIZING THE NUMBER OF LIGHTING PARAMETERS CAUSES LANDSCAPE DEPLETION IN THE NIGHT VIEW OF THE CITIES**

The article explores the issue of building night scenery of urban interiors as friendly spaces for living in contemporary cities. The issues related to the implementation of modern lighting technologies are indicated against the background of the behaviors of lighting equipment manufacturers, software to support the design as well as the lighting design itself. It also shows the contemporary threats related to the implementation of led technology and its impact on building a sense of safety and quality of night landscape view of public spaces. The possibilities of contemporary photometric calculation programs are presented, showing their limitations, and thus their direct impact on the impoverishment of the night landscape. The article also examines the current state of the Standards for lighting of public spaces and their actual application in lighting design.

*(Received: 03.02.2020, revised: 09.03.2020)*