

KRZYSZTOF SKARŻYŃSKI¹

Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Techniki Świetlnej
e-mail: krzysztof.skarzynski@ien.pw.edu.pl

PENETRACJA ŚWIATŁEM OBIEKTU ILUMINOWANEGO W KONTEKŚCIE POLSKICH WYMAGAŃ NORMATYWNYCH

Celem referatu jest zdefiniowanie oraz określenie, na podstawie pomiarów, ilościowego charakteru nowego parametru – strumienia penetrującego. Ponadto wyniki pomiarów terenowych oraz prostych symulacji komputerowych zostały odniesione do obowiązujących w Polsce wymagań normatywnych i skomentowane z punktu widzenia osoby zajmującej się projektowaniem oświetlenia. Obiekt, który posłużył za przedmiot badań to Centrum Weterana Działań Poza Granicami Państwa w Warszawie.

Słowa kluczowe: technika świetlna, iluminacja obiektów, zanieczyszczenie środowiska światłem, światło intruzyjne, światło przeszkadzające

I. WSTĘP

Światło elektryczne to użyteczny wynalazek. Czy może on być niebezpieczny? Ostatnie wyniki badań z obszaru techniki świetlnej, biologii i medycyny pokazują, dokumentują i przekonują, że nieodpowiednie wykorzystanie światła sztucznego może być szkodliwe dla wszystkich organizmów żywych [Dominioni i in. 2013, Fonken i Nelson 2011, Marcinkowska i Tęgowska 2015, Ścieżor i Balcerzak 2015]. Jest to związane z takimi negatywnymi aspektami oświetlenia sztucznego jak stosunkowo niedawno zauważony problem zanieczyszczenia środowiska światłem [Garner 2012, Kołomański 2014].

Iluminacja obiektów to jedna z poddziedzin techniki świetlnej. Jest to wizualna ekspozycja danego obiektu w nocy za pomocą światła sztucznego [Żagan 2003]. W nocy, oświetlamy przeróżne obiekty, zwłaszcza te o dużym znaczeniu społecznym. Pełnią one różnorodne funkcje społeczne i użytkowe – są to urzędy miast, obiekty o nowoczesnej architekturze złożonej ze szkła i stali, jak i obiekty historyczne – barokowe pałace, neogotyckie kościoły. Uwidoczniła się również potrzeba iluminacji obiektów związanych z inżynierią – słupów wysokiego napięcia, wieży ciśnień, wieży przekaźnikowych, mostów podwieszanych [Żagan 2003]. Za sprawą rozwoju półprzewodnikowych źródeł światła, świecimy coraz częściej na coraz różniejsze obiekty. Jednak czy zawsze jest to zgodne z wymaganiami normatywnymi, a przede wszystkim ze zdrowym rozsądkiem i potrzebami społeczeństwa? Przecież zbyt duże rozjaśnienie pomieszczeń w porze nocy może być sytuacją niezwykle niekorzystną z punktu widzenia zdrowia i samopoczucia użytkowników obiektu, którzy najczęściej o tej porze doby powinni przejść w fazę snu [Fonken i Nelson 2011, Janosik 2015, Skwarło-Sońta 2015]. Na całym świecie, w tym również w Polsce, tworzone są oświetleniowe wymagania normatywne mające na celu zabezpieczenie użytkowników obiektu przed nadmiernym wnikiem światła

do wnętrza [PN-EN 12464-2, 2008]. Jednak czy są one rozsądne i czy udaje się je sankcjonować w rzeczywistości?

II. WYMAGANIA NORMATYWNE – KOMENTARZ PROJEKTANTA

Zanieczyszczenia światłem sztucznym i jego wpływu na funkcjonowanie środowiska naturalnego stanowi ostatnio intensywnie analizowany problem naukowy [Ho i Lin 2015, Garner 2012, Tabaka i Fryc 2015]. Na całym świecie tworzone są wymagania normatywne oraz regulacje prawne [CIE 150:2003, CIE 094:1993, CIE126:1997, CIE206:2014]. Do tej pory nie udało się jednak stworzyć ujednoczonego systemu oceny zjawiska zanieczyszczenia światłem w odniesieniu do instalacji oświetlenia zewnętrznego – dróg i ulic, oświetlenia parkowego, iluminacji obiektów.

W Polsce jedyne wytyczne związane z zanieczyszczeniem światłem są zawarte w normie PN-EN 12464-2. Zostały w niej określone strefy E1 – E4, którym odpowiadają obszary różniące się między sobą jasnością otoczenia. Strefa E1 odpowiada obszarom o najniższej jasności np. parkom narodowym, strefa E4, tym o najwyższych jasnościach – terenom miejskim. Dla każdej ze stref podane zostały maksymalne średnie wartości parametrów średniego natężenia oświetlenia E_v , światłości opraw oświetleniowych I , parametru ULR oraz luminancji fasady budynku i znaków dla okresu przed i po przyciemnieniu.

Można zauważyć, że konfrontacja tego dokumentu z praktyką, z rzeczywistością dotychczasowych rozwiązań nie do końca zdaje egzamin. Dla osoby zajmującej na co dzień profesjonalnym projektowaniem oświetlenia, te wymagania są przede wszystkim niejasne i mylące. Pomijając lakoniczny wydzźwięk wymagań (jedna tabela!), norma zawiera kilka znaczących niedopowiedzeń np.: po której stronie okna należy mierzyć natężenie oświetlenia, jak definiować czas przyciemnienia, w jaki sposób powinna być wyznaczana światłość oprawy oświetleniowej. Ponadto wymaganie związane z parametrem ULR praktycznie całkowicie neguje iluminację obiektów, w której w większości przypadków oświetlenie następuje od dołu [Zagan 2015] (prawdopodobnie przypadek iluminacji nie został w ogóle rozważony podczas procesu tworzenia wymagań).

Tabela 1 - Table 1

Maksymalne dopuszczalne światło przeszkadzające pochodzące od zewnętrznych instalacji oświetleniowych
Maximum obtrusive light permitted for exterior lighting installations [PN-EN 12464-2, 2008]

Strefa <i>Environmental zone</i>	Światło itruzyjne <i>Light on properties</i>		Światłość oprawy oświetleniowej <i>Luminaire intensity</i>		Światło wypro-mieniowane w górę / <i>Upward light</i>	Luminancja <i>Luminance</i>		
	E_v lx		I cd			ULR %	L_b cd·m ⁻²	L_s cd·m ⁻²
	Przed czasem przyciemnienia <i>Pre-curfew</i>	Po czasie przyciemnienia <i>Post-curfew</i>	Przed czasem przyciemnienia <i>Pre-curfew</i>	Po czasie przyciemnienia <i>Post-curfew</i>			Przed czasem przyciemnienia <i>Pre-curfew</i>	Po czasie przyciemnienia <i>Post-curfew</i>
E1	2	0	2500	0	0	0	500	
E2	5	1	7500	500	5	5	400	
E3	10	2	10000	1000	15	10	800	
E4	25	5	25000	2500	25	25	1000	

a) W przypadku braku ustaleń czasu przyciemnienia, nie powinny być przekraczane wartości wyższe, a wartości niższe zaleca się jako granice preferowane.
a) In case no curfew regulations are available, the higher values shall not be exceeded and the lower values should be taken as preferable limits.

III. DEFINICJA STRUMIENIA PENETRUJĄCEGO

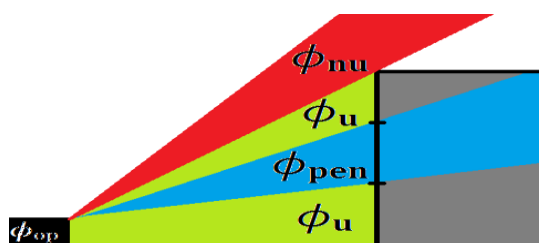
Strumień świetlny, wyrażony w „lumenach” to jedna z podstawowych wielkości fotometrycznych używanych w technice świetlnej. Dokładną, fizyczną definicję tego parametru można znaleźć w literaturze [Helbig 1975]. Strumień świetlny w odniesieniu do źródeł światła stanowi bardzo ważny parametr, dzięki któremu można obecnie porównywać źródła światła do zastosowań domowych. Oprawa oświetleniowa, jak każde urządzenie elektryczne charakteryzuje się parametrem sprawności przetwarzania energii. W tym przypadku następuje zamiana energii elektrycznej na energię świetlną, której miarą może być właśnie strumień świetlny. Jest wiele czynników wpływających na sprawność oprawy oświetleniowej m.in.: dokładność wykonania układu optycznego, geometria, poprawność konstrukcyjna, układ zasilający źródło, współczynnik odbicia materiału odbłyśnika. Sprawność oprawy oświetleniowej sprawia, że w efekcie strumień oprawy (1) jest mniejszy od strumienia zastosowanego w oprawie źródła światła. W przypadku iluminacji obiektów strumień świetlny oprawy oświetleniowej można podzielić na trzy części (2) (nie uwzględniając zjawiska odbić wielokrotnych): strumień użyteczny [Skarzyński 2016], strumień nieużyteczny i strumień penetrujący, czyli ten który wnika do wnętrza obiektu (ryc. 1). Znając średnie natężenie oświetlenia w płaszczyźnie miejsca intruzji (miejsca, w którym światło intruzyjne – niepożądane wnika do wnętrza obiektu) oraz jego powierzchnie, można za pomocą wzoru (3) obliczyć całkowity strumień penetrujący (całkowity strumień świetlny, który pochodzi od zewnętrznych instalacji oświetleniowych i wnika do wnętrza obiektu). Odnosząc tę wartość do całkowitego strumienia wszystkich zastosowanych w projekcie iluminacji opraw oświetleniowych, można uzyskać względną postać tego parametru – względny strumień penetrujący. Parametr ten może być przydatny do oceny obiektów iluminowanych pod względem intruzji światła.

$$\Phi_{op} = \eta_{op} \Phi_0 \text{ [lm]} \quad (1)$$

$$\Phi_{pen} = \Phi_u + \Phi_{pen} + \Phi_{nu} \text{ [lm]} \quad (2)$$

$$\Phi_{pen} = \sum_{i=1}^n (E_{m_i} S_i) \text{ [lm]} \quad (3)$$

$$\Phi'_{pen} = \frac{\Phi_{pen}}{\sum_{i=1}^n \Phi_{op}} \cdot 100\% \text{ [%]} \quad (4)$$



Ryc. 1. Schemat podziału strumienia oprawy oświetleniowej [źródło: materiały autora]

Fig. 1. Fragmentation of luminous flux of a luminaire [source: author's data]

IV. OPIS BADAŃ I CHARAKTERYSTYKA WYTYPOWANEGO OBIEKTU

Głównym celem badań było określenie czy oświetlenie iluminacyjne danego budynku jest zgodne w obowiązujących w Polsce wymaganiami normatywnymi. Badania stanowią jednorodną analizę, a zarazem studium przypadku – światła przeszkadzającego w obiekcie iluminowanym. Można wyróżnić cztery główne etapy przeprowadzania badań:

A. *Poszukiwanie obiektu i pozyskiwanie danych* – odnalezienie obiektu, którego iluminacja została wykonana niedawno, możliwy jest dostęp do jego wnętrza podczas nocy, w którym istnieje możliwość włączenia i wyłączenia instalacji iluminacyjnej oraz obiekt posiada odpowiednią dokumentację techniczną związaną z jego architekturą (wymiały) oraz zastosowanym do iluminacji sprzętem oświetleniowym.

B. *Analiza sposobu wykonywania pomiarów natężenia oświetlenia w miejscu intruzji* – badanie, po której stronie (wewnętrznej czy zewnętrznej) okien należy wykonywać pomiary natężenia oświetlenia, obliczenie wartości parametru strumienia penetrującego i względnego strumienia penetrującego dla różnych sytuacji oświetleniowych.

C. *Pomiary natężenia oświetlenia na płaszczyźnie okien dla wytypowanego obiektu* – ustalenie ilościowego charakteru parametru strumienia penetrującego i względnego strumienia penetrującego, a także odniesienie uzyskanych wartości natężenia oświetlenia w miejscu intruzji do wymagań normatywnych.

D. *Symulacje komputerowe w programie DIALux 4.12* – określenie zakresów światłości i odniesienie uzyskanych danych do wartości referencyjnych zawartych w wymaganiach normatywnych.

V. UZYSKANE WYNIKI

A. *Poszukiwanie obiektu i pozyskiwanie danych*

Obiektem, na którym oparto badania jest budynek Centrum Weterana Działań Poza Granicami Państwa w Warszawie. Budynek posiada iluminację oraz dokumentację techniczną związaną z architekturą obiektu, jak i zastosowanym sprzętem oświetleniowym (ryc. 2, tab. 2). Jest również możliwy dostęp do jego wnętrza w godzinach nocy.



Ryc. 2. Iluminacja Centrum Weterana Działań Poza Granicami Państwa w Warszawie

Fig. 2. The floodlighting of the Centre for Foreign Mission Veterans in Warsaw

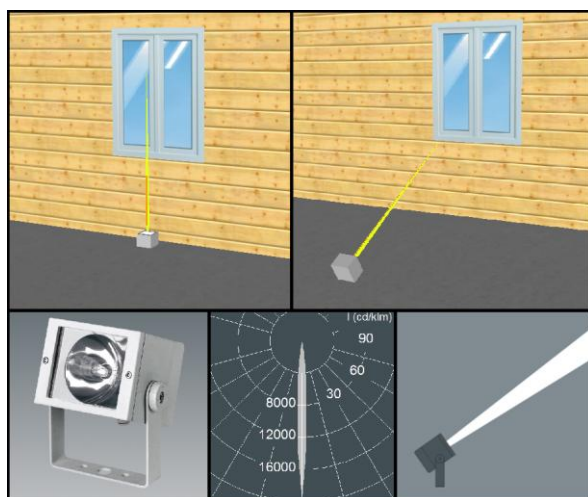
Tabela 2 - Table 2

Zestawienie sprzętu oświetleniowego zastosowanego w iluminacji Centrum Weterana w Warszawie
Summary of lighting equipment used for the floodlighting of the Centre for Foreign Veterans Mission in Warsaw

Typ Type	Rozsył Luminous intensity distribution	Źródło Light source	T_c [K]	P_{zr} [W]	P_{op} [W]	z_r [lm]	z_{op} [lm]	z_{op} [%]
doziemna ground recessed	asymetryczny asymmetrical	MH	4000	35	45	3700	2172	59
doziemna ground recessed	osiowosymetryczny axially symmetrical	LED	3000	19,8	24	1835	1297	71
reflektorowa floodlight	osiowosymetryczny axially symmetrical	MH	4000	70	85	7800	3557	46

B. *Analiza sposobu wykonywania pomiarów natężenia oświetlenia w miejscu intruzji*

W tej części badań postanowiono sprawdzić wpływ sposobu pomiaru natężenia oświetlenia w miejscu intruzji na uzyskany wynik pomiaru. Obowiązujące wymagania normatywne [PN-EN 12464-2, 2008] nie określają precyzyjnie, po której stronie okna należy wykonać pomiary. Miejsce ustawienia głowicy pomiarowej luksomierza po wewnętrznej lub zewnętrznej stronie okna ma duży wpływ na wyniki. W celu sprawdzenia różnic przy pomiarze na zewnątrz i wewnątrz, dokonano prostej symulacji. Wybrano klasyczną oprawę oświetleniową wykorzystywaną w iluminacji obiektów – metalohalogenkową oprawę reflektorową o rozsyłe obrotowo symetrycznym o mocy 35W i ustawiono ją w dwóch pozycjach przed typowym oknem. Dane oprawy oświetleniowej oraz sposób ustawienia jej względem miejsca intruzji zostały zaprezentowane na rycinie 3. Pomiarów dokonano w kilku punktach a następnie obliczono wartość średnią natężenia oświetlenia a także wartości parametrów strumienia penetrującego w postaci bezwzględnej i względnej. Wyniki zostały zestawione w tabeli 3.



Ryc. 3. Analizowane sytuacje oświetleniowe i podstawowe dane oprawy oświetleniowej
Fig. 3. Analysed lighting cases and basic lighting parameters of luminaire

Tabela 3 - Table 3

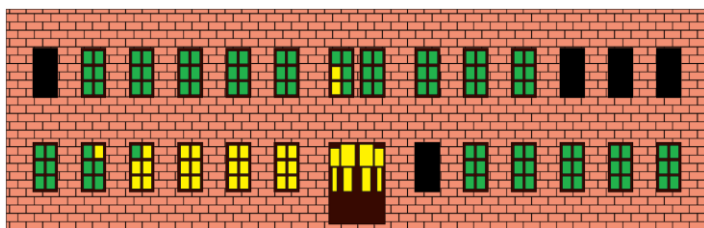
Wyniki pomiarów dla jednego okna / Results for a single window

Lokalizacja i wycelowanie oprawy <i>Location and pointing of the lighting equipment</i>	Pod oknem, 90 st <i>Under the window, 90 deg</i>		Z odległości 2,5 m, 40 st <i>At a distance 2.5 m, 40 deg</i>	
	Wewnątrz <i>Inside</i>	Na zewnątrz <i>Outside</i>	Wewnątrz <i>Inside</i>	Na zewnątrz <i>Outside</i>
Miejsce pomiaru <i>Location of measurement</i>				
E_{sr} [lx]	7	33	1054	1372
Φ_{pen} [lm]	6	25	811	1057
Φ'_{pen} [%]	0,22	0,99	31,74	41,34

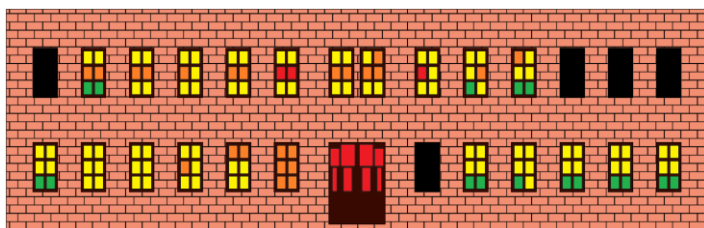
C. Pomiary natężenia oświetlenia na płaszczyźnie okien dla wytypowanego obiektu

Na podstawie analizy wykonanej w punkcie B ustalono, że pomiarów natężenia oświetlenia w miejscu intruzji najlepiej jest dokonać po wewnętrznej stronie okna. Następnie dokonano badań wykorzystując rzeczywisty obiekt Centrum Weterana. Ze względu na lokalizację obiektu w centrum miasta, zostały wykonane pomiary różnicowe. W tych samych punktach zmierzono natężenie oświetlenia dla wyłączonej i włączonej instalacji iluminacyjnej. Zabieg ten wyeliminował wpływ oświetlenia ulicznego, tak aby ocenić intruzję światła, które pochodzi tylko i wyłącznie od iluminacji. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 4 i 5. Za pomocą kolorów oznaczono skalę natężenia oświetlenia.

- kolor zielony: poniżej 5lx
- kolor żółty: od 5 do 10 lx
- kolor pomarańczowy od 10 do 20 lx
- kolor czerwono: powyżej 20 lx
- kolor czarny – brak pomiaru, brak dostępu do tego pomieszczenia



Ryc. 4. Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia dla wyłączonych opraw iluminacyjnych
Fig. 4. The results of measurements when luminaires were not lit



Ryc. 5. Wyniki pomiarów natężenia oświetlenia dla włączonych opraw iluminacyjnych
Fig. 5. The results of measurements when luminaires were lit

D. Symulacje komputerowe w programie DIALux 4.12.

Ostatnią część badań stanowiły obliczenia światłości w miejscu intruzji. Obowiązująca norma również nie podaje jednoznacznego sposobu ich wykonania. Zaprezentowane poniżej wyniki stanowią autorskie podejście do tego problemu. W programie DIALux 4.12 stworzono prosty model symulacyjny iluminowanego budynku (ryc. 6) oraz jego oświetlenia przy wykorzystaniu elektronicznych plików fotometrycznych rzeczywistych opraw oświetleniowych (IES). Następnie w miejscach intruzji ustawiono punkt pomiarowy, który umożliwia obliczenie światłości pochodzącej od danej oprawy oświetleniowej. Założono pełną symetrię oświetlenia. W tabeli 4 zestawiono wyniki obliczeń, wykonane w programie komputerowym. Pogrubiono wartości, które nie są zgodne z obowiązującymi wymaganiami.

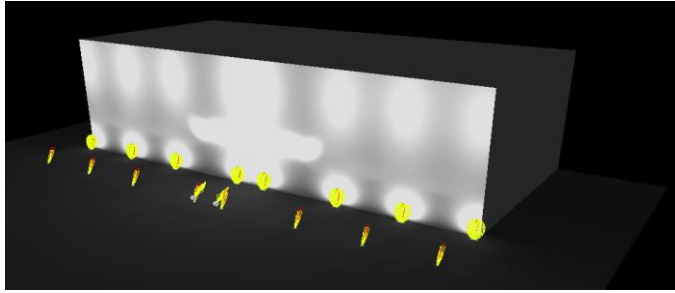
Tabela 4 - Table 4

Wyniki obliczeń światłości dla Centrum Weterana / *Results of luminous intensity calculation*

Okno <i>Window</i>	Dozienna <i>Ground-recessed</i> 1	Dozienna <i>Ground-recessed</i> 2	Dozienna <i>Ground-recessed</i> 3	Dozienna <i>Ground-recessed</i> 4	Reflektor <i>Floodlight</i>
1	5280	804	304	18	22
2	1073	4148	356	32	30
3	384	5423	776	269	41
4	316	1120	4008	325	67
5	209	388	5566	440	113
6	18	317	1168	1648	128
7	18	152	362	6831	146
8	20	18	312	2360	139
9	19	18	119	440	117
10	76	17	20	17	325
11	15	19	18	269	45
12	13	17	20	32	31
13	11	15	19	18	24
14	9	13	17	19	17
15	240	35	6	6	27
16	110	239	4	8	32
17	41	240	28	7	41
18	5	120	239	5	58
19	8	4	239	5	115
20	7	5	130	198	641
21	2	4	8	5	148
22	1	3	7	5	63
23	1	2	4	7	44
24	1	1	3	8	33
25	0	1	2	6	28
26	0	1	1	4	25
Drzwi <i>Door 1</i>	7	9	6	338	6908
Drzwi <i>Door 2</i>	5	9	6	275	4528
Drzwi <i>Door 3</i>	3	6	4	158	319
Drzwi <i>Door 4</i>	2	5	5	36	251

*wyniki podane w jednostkach światłości [cd] / *data in candelas [cd]*

**numery okien w kolejności od lewej do prawej strony budynku (od pierwszego piętra) / *the numbers of windows are given from left to right side of the building (start with the first floor)*



Ryc. 6. Komputerowa symulacja bryły i oświetlenia Centrum Weterana (DIALux 4.12)

Fig. 6. Computer simulation of the geometry and illumination of the Centre for Foreign Mission Veterans (DIALux 4.12)

VI. PODSUMOWANIE

Pierwszy problem związany jest z definicją czasu przyciemnienia. W żaden sposób nie zostało wytłumaczone jak definiować ten termin – czy ma być to związane z czasem zapadnięcia zmroku dla danej szerokości geograficznej w określonej porze roku? Zdaniem autora niniejszego artykułu termin „zapadnięcie zmroku” również może wprowadzać pewne nieścisłości. Dla przypadku iluminacji powinna być to kwestia rozpatrywana indywidualnie dla każdego obiektu. Powinna ona uwzględniać czas pracy i odpoczynku użytkowników obiektu iluminowanego, jak również „czas obserwacji” iluminacji.

Drugi problem dotyczy miejsca pomiaru natężenia oświetlenia w miejscu intruzji, a także zastosowania siatki pomiarowej (kwestia bardzo dużych okien). Wymiary okna nie są do końca związane z wielkością pomieszczenia. Można więc wyróżnić dwa skrajne przypadki. Bardzo duże okna w bardzo małym pomieszczeniu, warunkujące duże wnikanie strumienia świetlnego do środka. Oraz przypadek odwrotny – bardzo małe okno w bardzo dużym pomieszczeniu. Ta kwestia związana z penetracją światłem obiektu powinna być uwzględniona w wymaganiach normatywnych. Ponadto ze względu na zjawisko odbicia i załamania światła przy przejściu z jednego ośrodka do drugiego, zdaniem autora artykułu pomiar powinien być wykonywany we wnętrzu obiektu. Potwierdzają to wykonane badania. W przypadku pomiarów po wewnętrznej stronie okna zostały uzyskane zdecydowanie mniejsze wartości niż w przypadku pomiaru po stronie zewnętrznej, niezależnie od sposobu oświetlenia miejsca intruzji.

Kolejną kwestią jest rozważenie użyteczności parametru ULR w kontekście iluminacji. W analizowanym obiekcie Centrum Weterana, zostały zastosowane oprawy doziemne, dla których parametr $ULR=100\%$. Jest to przeciwstawne do obowiązujących wymagań normatywnych - $ULR=25\%$. Wymóg ten przekreśla niemalże większość sprzętu oświetleniowego do zastosowań iluminacyjnych, dostępnego obecnie na rynku. Wynika z tego, że przypadek iluminacji obiektów nie został uwzględniony w wymaganiach normatywnych. W przypadku oceny zanieczyszczenia światłem od iluminacji należałoby skorzystać z parametrów takich jak względny strumień użyteczny lub nieużyteczny, względny strumień penetrujący lub nawet sprawność iluminacji. Umożliwiają one ocenę jakości projektowanej iluminacji danego obiektu – jaka część światła nie trafia w płaszczyzny obiektu potęgując zjawisko zanieczyszczenia światłem.

W toku badań uwidocznił się również problem związany z obliczeniami światłości od poszczególnych opraw oświetleniowych w miejscu intruzji. Już na etapie projektowym jest on trudny w realizacji za pomocą programu komputerowego. Powoduje to, że weryfikacja jest praktycznie niemożliwa. W związku z czym, należy zastanowić się czy rzeczywiście są to dobre wymagania? Wymogi, których nie można zrealizować tworzą niestety ciche przyzwolenie na

nieprzestrzeżenie ich. Wymogi dotyczące światłości opraw oświetleniowych są martwe, w związku z czym należało by to jak najszybciej zmienić.

Ponadto, biorąc pod uwagę badania wykonane na Centrum Weterana, okazuje że zainstalowana instalacja iluminacyjna nie spełnia większości wymagań normatywnych. Polskie prawo również nie podaje co należy w takiej sytuacji zrobić. Wykonane badania pokazały swoją trudność nie tylko w interpretacji obecnych wymagań normatywnych, lecz również w zastosowaniu ich zarówno na etapie projektowym, jak i po realizacji koncepcji oświetlenia celem jego weryfikacji pod względem intruzji światła. Przede wszystkim wymagania w żaden sposób nie są przystosowane do przypadku iluminacji obiektów. Uwidacznia się potrzeba jak najszybszej zmiany obowiązujących wymagań normatywnych na takie, które można zastosować zarówno na etapie projektowym, jak i po realizacji w ramach weryfikacji.

W artykule zostały zdefiniowane nowe parametry – strumień penetrujący oraz strumień penetrujący względny. Przedstawione zostały wyniki pomiarów i obliczeń tych parametrów, dla pojedynczej oprawy oświetleniowej i pojedynczego miejsca intruzji (jednego okna). Zarówno dla przypadku pomiarów wykonywanych wewnątrz, jak i na zewnątrz okna okazało się, że strumień penetrujący ma zdecydowanie większą wartość w przypadku ustawienia oprawy pod kątem 90 stopni do płaszczyzny gruntu. Zmniejszając ten kąt (zarazem zwiększając odległość ustawienia oprawy) wartość strumienia penetrującego zwiększa się. Potwierdzają to również wyniki pomiarów i obliczeń wykonanych w stosunku do Centrum Weterana. Wartość strumienia penetrującego względnego w tym przypadku, dla całej instalacji iluminacyjnej budynku, wynosi około 1%. Oznacza to, że jedynie niewielka część strumienia świetlnego z opraw oświetleniowych wnika do wnętrza obiektu powodując zjawisko intruzji światła. W przypadku tego obiektu zjawisko intruzji w żaden sposób nie szkodzi jego użytkownikom, ponieważ obiekt nie jest używany w podczas nocy. Jednak należy rozważyć przypadki obiektów mieszkalnych, domów i szpitali. Parametr strumienia penetrującego (i strumienia penetrującego względnego) pochodzącego od zewnętrznych instalacji oświetleniowych może pomóc w stosunkowo prosty sposób ocenić zjawisko intruzji światła do wnętrza obiektu. Należałoby stworzyć pewne jego zakresy i przypisać je do poszczególnych typów obiektów. Próba określenia tych zakresów stanowić będzie dalsze badania autora niniejszego artykułu.

BIBLIOGRAFIA

1. Dominoni D., Quetting M., Partecke J. 2013. Artificial light at night advances avian reproductive physiology. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*. vol. 280: 20123017. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.3017>.
2. Fonken L.K., Nelson R.J. 2011. Illuminating the deleterious effects of light at night. *F1000 Medicine Reports*. 3:18. doi:10.3410/M3-18.
3. Garner C. 2012. Tackling unwanted light: an international perspective. *Light & Engineering*. vol. 20. #1. 24-39.
4. Helbig E. 1975. *Podstawy Fotometrii*. Warszawa. WNT.
5. Ho CY., Lin HT. 2015. Analysis of and control policies for light pollution from advertising signs in Taiwan. *Lighting Research & Technology*. vol. 47. 931-944.
6. International Commission on Illumination CIE 150:2003. *Guide on the Limitation of the Effects of Obtrusive Light from Outdoor Lighting Installation*. CIE. Vienna.
7. International Commission on Illumination CIE 094-1993. *Guide for Floodlighting*. CIE. Vienna.
8. International Commission on Illumination CIE 126:1997. *Guidelines for minimizing sky glow*. CIE. Vienna.

9. International Commission on Illumination CIE 206:2014. The Effect of Spectral Power Distribution on Lighting for Urban and Pedestrian Areas. CIE. Vienna.
10. Janosik E. 2015. Pozytywne i negatywne aspekty oddziaływania światła na człowieka. 64. 4 (309). 617-623.
11. Kołomański S. 2014. Zanieczyszczenie światłem i ciemność. Prace i Studia Geograficzne. 53. 29-46.
12. Marcinkowska S., Tęgowska E. 2015. Oddziaływanie światła o różnym spectrum na bezkręgowce zmierzchu i pełnego dnia. Kosmos. 64. 4 (309). 589-597.
13. PN-EN 12464-2:2008. Światło i oświetlenie, oświetlenie miejsc pracy. Część 2: Miejsca pracy na zewnątrz. PKN.
14. Tabaka P., Fryc I. 2015. Wpływ poziomu zanieczyszczenia otoczenia światłem od kształtu krzywej światłości użytkowanej oprawy oświetleniowej. Kosmos. 64. 4 (309). 669-677.
15. Skarżyński K. 2016. An attempt at controlling the utilisation factor and light pollution within the context of floodlighting. Przegląd Elektrotechniczny. 92. 9. 178-181.
16. Skwarło-Sońta K. 2015. Skażenie światłem: co dziś wiemy o jego wpływie na funkcjonowanie organizmu człowieka? Kosmos. 64. 4 (309). 633-642.
17. Ścieżor T., Balcerzak W. 2015. Wpływ zanieczyszczenia świetlnego na eutrofizację zbiornika Dobczyckiego. Kosmos. 64. 4 (309). 599-610.
18. Żagan W. 2003. Iluminacja Obiektów. Warszawa. OWPW. ISBN - 83-7207-360-0.
19. Żagan W. 2015. Opinion: Obtrusive light and floodlighting. Lighting Research & Technology. vol. 47. 640.

LIGHT TRESPASS INTO FLOODLIT BUILDINGS IN RELATION TO THE REQUIREMENTS OF THE POLISH STANDARD

Summary

The main aim of this paper is to define the quantitative nature of a new parameter which is called penetrating luminous flux. It is made by the measurement of illuminance on the windows of an actual floodlit object. Additionally, the results of field measurements and simple computer simulations are compared with the valid requirements of the Polish standard connected with light trespass and the light pollution. The results are also carefully commented upon from the point of view of the lighting designer. The object which forms the basis of the analysis in this paper is the Centre for Foreign Mission Veterans in Warsaw.

Keywords: lighting technology, floodlighting, light pollution, obtrusive light, light trespass