

Dorota TYPAŃSKA*

OCENA WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA WNĘTRZ OBIEKTÓW SPORTOWYCH NA PODSTAWIE NORMY PN- EN 15193

W atykułe przedstawiono wyniki badań efektywności energetycznej oświetlenia wnętrza hali basenu sportowego Aquaparku w oparciu o normę PN-EN 15193. Scharakteryzowano podstawowe współczynniki na podstawie których przeprowadzono analizę wydajności energetycznej oświetlenia oraz przedstawiono konkretne obliczenia.

1. WSTĘP

Idea oświetlenia wydajnego energetycznie pojawiła się na świecie stosunkowo niedawno, około lat 80-tych XX wieku. Wówczas Stowarzyszenie Inżynierów Oświetleniowców Ameryki Północnej zaleciło ograniczenie mocy instalowanej w oprawach oświetleniowych w odpowiedzi na pierwszy globalny kryzys energetyczny[3]. Ze względu na potrzeby przede wszystkim ochrony środowiska naturalnego powstała norma pozwalająca sprawdzać czy systemy oświetleniowe posiadają odpowiednie parametry by uzyskać oszczędność energii [5].

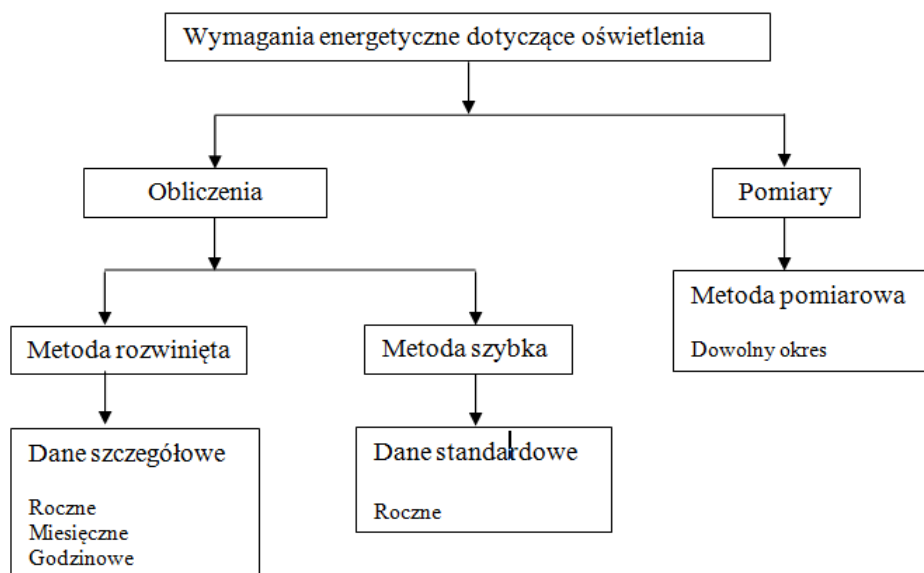
Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie podstawowych wielkości charakterystycznych oraz ocena wydajności energetycznej oświetlenia opisanych w normie. Przykładem są: współczynnik stałego poziomu natężenia oświetlenia F_c w pomieszczeniu, współczynnik obecności F_o osób, czy współczynnik wykorzystania światła dziennego F_d przy doświetlaniu światłem sztucznym, które składają się na współczynnik wydajności energetycznej LENI.

2. CHARAKTERYSTYKA PARAMETRÓW OŚWIETLENIA OPISANYCH NORMATYWNIE

2.1. Określenie zużycia energii

Sposób określenia zużycia energii przez oprawy oświetleniowe możliwy jest dzięki dwóm metodom, tj. metodzie obliczeniowej oraz metodzie pomiarowej, co przedstawia poniższy rysunek 1.

* Politechnika Poznańska.



Rys. 1. Drogi określenia zużycia energii [3]

Z powyższej ilustracji wynika, że wykonując obliczenia, metodę szybką wykorzystujemy tylko i wyłącznie, gdy szacujemy roczne zużycie energii. Metoda ta jest najczęściej wykorzystywana w praktyce. Natomiast za pomocą metody rozwiniętej możemy określać ilość energii zużywanej przez oświetlenie w dowolnym czasie [2]. Alternatywą dla obliczeń jest wykonanie pomiarów instalacji oświetleniowej. Wykonanie może być przeprowadzone w dowolnym okresie, ponieważ natężenie oświetlenia w budynku zawsze musi spełniać wymóg zapisany w normie [4].

Analizę podstawowych wielkości należy rozpocząć od współczynnika zużywanej energii na oświetlenie W_t . Parametr ten składa się z energii wykorzystywanej przez zainstalowane oprawy oświetleniowe $W_{L,t}$ oraz tak zwanej energii pasożytniczej $W_{P,t}$, wydzielanej przy wyłączonych źródłach światła (np. na ładowanie baterii opraw awaryjnych lub podtrzymanie systemów sterowania oświetleniem)[4]:

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \quad [\text{kWh}] \quad (1)$$

Wartość zużywanej energii minimalizuje się za pomocą trzech znanych, technik, tj. :

- kontrolowania stałego natężenia oświetlenia,
- sterowania i regulacji opraw oświetleniowych,
- wykorzystywania naturalnego oświetlenia.

Stosowanie tych trzech metod wiąże się z powstaniem odpowiednich współczynników F_c , F_o , F_D które zostaną szczegółowo opisane w dalszej części artykułu. Wartości tych współczynników są zawsze mniejsze lub równe jedności.

Współczynnik obecności F_o , obrazuje zużycie mocy instalowanej opraw oświetleniowych w odniesieniu do okresu obecności w pomieszczeniu. Jest zależny od systemu sterowania i kontroli oświetlenia. Parametr ten stosowany jest w celu minimalizacji czasu świecenia opraw oświetleniowych a co za tym idzie zmniejszenia ich wydatku mocy instalowanej.

Kontrolowanie stałego poziomu natężenia oświetlenia ma istotny wpływ na wydajność energetyczną oświetlenia. Polega ono na wykorzystaniu przewymiarowanej mocy instalowanej opraw oświetleniowych. Wielkość ta wynika z przyjętego w projekcie oświetleniowym współczynnika utrzymania, zależnego od okresu konserwacji oświetlenia, od konstrukcji opraw oświetleniowych i rodzaju źródeł światła. W miarę upływu czasu wykorzystywana jest coraz większa część mocy instalowanej. Czas dojścia do pełnego wykorzystania mocy powinien być końcem okresu konserwacji [4]:

$$F_e = \frac{(1 + MF)}{2} \quad (2)$$

Współczynnik stałego poziomu natężenia oświetlenia F_c definiowany jest więc stosunkiem średniej mocy wykorzystywanej w określonym czasie do mocy opraw oświetleniowych. Wartość ta jest uśredniona, w zależności od współczynnika utrzymania MF i obliczana na podstawie dwóch brzegowych wartości, początkowej i końcowej.

Możliwość wykorzystania światła dziennego przy ewentualnym doświetleniu światłem sztucznym (elektrycznym) jest bardzo ważna w rozważaniach na temat wydajności energetycznej oświetlenia wewnątrz. Natężenie oświetlenia światła sztucznego na płaszczyźnie roboczej, jest normowane [4] i realizowane w praktyce przez regulację strumienia świetlnego opraw.

Istotą rozważań na temat wydajności energetycznej oświetlenia wewnątrz jest współczynnik LENI. Skrót LENI oznacza dokładnie liczbowy wskaźnik energii na oświetlenie (*eng. Lighting Energy Numeric Indicator*), który jest określany na podstawie rocznej energii zużytej na oświetlenie w odniesieniu do całkowitego pola oświetlanej powierzchni [4].

$$LENI = \left\{ F_c \times \frac{P_N}{1000} \times [(t_d \times F_d \times F_o) + (t_N \times F_o)] \right\} + 1 + \left\{ \frac{5}{t_y} \times [t_y - (t_d + t_N)] \right\} \left[\frac{kWh}{m^2 \times rok} \right] \quad (3)$$

P_N – gęstość mocy oświetlenia zainstalowanego w budynku [W/m^2].

Wartości godzinowe czasów zawartych we wzorze powyżej podaje tablica G1 załącznika G normy[2]. Zostaną one w skrócie przedstawione poniżej (tabela 1).

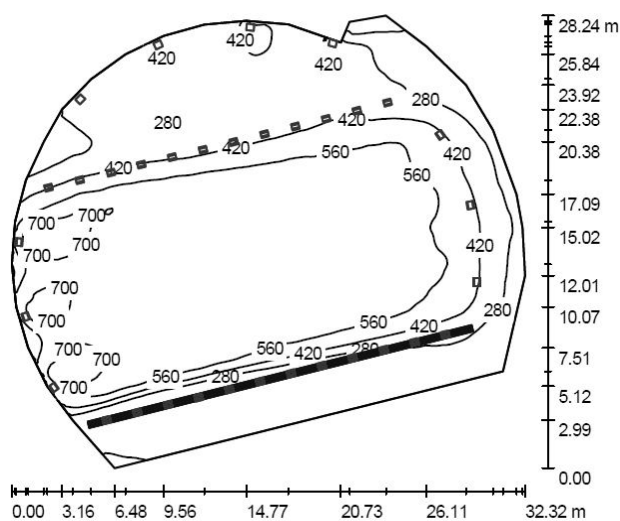
Tabela 1. Wartości godzinowe czasów t_d , t_n ,

Typ obiektu	t_d	t_n
Biura	2250	250
Szkoły	1800	200
Szpitala	3000	2000
Sport	2000	2000

t_d – godzinowy czas świecenia opraw w porze dnia ,
 t_n – godzinowy czas świecenia opraw w porze nocnej.

3. WYNIKI ANALIZY EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA HALI BASENU SPORTOWEGO

Założenia projektowe odnośnie basenu sportowego, skonstruowano przy pomocy programu projektowego Dialux:



Rys. 2. Wykres natężenia oświetlenia na powierzchni basenu

Całkowita powierzchnia oświetlana przez oprawy wynosi $699,62 \text{ m}^2$, natomiast całkowity obliczony strumień świetlny opraw wynosił 725000 lm , a całkowita moc opraw 9830 W . Wynika z tego, iż moc przypadająca na badaną powierzchnię wynosiła $14,05 \text{ W/m}^2$ [1].

Tabela 2. Wyniki obliczeń natężenia oświetlenia hali basenu sportowego [6]

Powierzchnia	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Płaszczyzna pracy	/	460	121	784	0.263
Podłoga	20	446	134	694	0.300
Sufit	70	122	71	2579	0.581
Ściany (26)	50	216	92	15812	/

Podstawowe parametry potrzebne do obliczenia współczynnika LENI zostały odczytane z odpowiednich tablic normy i zapisane w postaci tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 3. Zestawienie parametrów potrzebnych do obliczenia LENI

Hala basenu sportowego							
F_o	F_e	F_d	t_y	t_o	t_d	t_N	P_N
-	-	-	[h]	[h]	[h]	[h]	[W/m ²]
1	0,885	1	8760	4000	2000	2000	14,05

Z danych tabelarycznych można obliczyć wartość LENI [3]:

$$\begin{aligned}
 LENI &= \left\{ 0,885 \times \frac{14,05}{1000} \times [(4000 \times 1 \times 1) + (2000 \times 1)] \right\} + 1 + \left\{ \frac{5}{8760} \times [8760 - (4000 + 2000)] \right\} \\
 &= 53,45 \left[\frac{kWh}{m^2 \times rok} \right]
 \end{aligned} \tag{3}$$

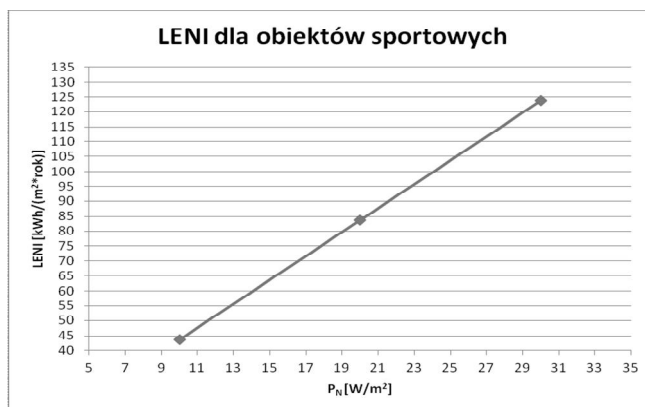
Punktem wyjściowym analizy przeprowadzonej oceny wydajności energetycznej jest porównanie wyników poszczególnych pomieszczeń z tablicą F1 załącznika F normy PN-EN 15193[2].

4. WNIOSKI

Analiza współczynników zawartych w normie [2] pozwala na szczegółowe wyznaczenie wartości zużywanej energii na oświetlenie. Każdy z parametrów musi zostać uwzględniony do przeprowadzenia poprawnych obliczeń, niezależnie od wybranej metody (szybkiej lub rozwiniętej).

Dla badanego obiektu wartości graniczne LENI zawarte w tablicy F1 normy[2] zostały przedstawione na poniższym wykresie:

Stwierdzono, że dla obiektów sportowych wykres granicznych wartości LENI jest w przybliżeniu funkcją liniową. W tym przypadku wartość graniczna wynosi 58,8 [kWh/m²×rok]. Wynika z tego, że badana hala basenowa posiada oświetlenie wydajne energetycznie, gdyż obliczona wartość wskaźnika znajduje się poniżej dopuszczalnej granicy normy.



Rys. 3. Wykres granicznych wartości wskaźnika LENI dla obiektów sportowych

Przeprowadzone badania wskazują, iż badany obiekt został zaprojektowany i wykonany zgodnie z obowiązującymi normami oświetleniowymi zarówno w kwestii odpowiednich natężeń oświetlenia jak i równomierności, ale również wydajności energetycznej.

LITERATURA

- [1] D. Typańska: „Ocena wydajności energetycznej oświetlenia wewnątrz na podstawie normy PN-EN 15193: Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia”, Praca magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań 2011.
- [2] Norma PN-EN 15193: Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia.
- [3] J. Bąk: „Wydajne energetycznie oświetlenie wewnątrz”, Warszawa, 2009.
- [4] Norma PN-EN 12193; 2007, Światło i oświetlenie w sporcie .
- [5] Stowarzyszenie Elektryków Polskich: ”Energooszczędność w oświetleniu”, Poznań, 2010.
- [6] Dokumentacja oświetleniowa Aquaparku, Aga Light, Ożarów Mazowiecki, 2010.

EVALUATION OF THE ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING INSIDES OF SPORTS FACILITIES BASED ON THE PN- EN 15193 NORM

The article is presenting findings of the energy efficiency of lighting the inside of hall of the swimming pool of the sports existing already Aquapark object and comparing them with norm PN-EN 15193. Basic rates based on which analysis of the energy efficiency of the illumination was conducted were characterised as well as specific calculations were described.