

doi:10.15199/48.2016.12.74

## Ocena efektywności energetycznej w budynkach służby zdrowia

**Abstract.** The problem of energy efficiency in public buildings is very important, because you should maintain a proper institution finance policy. The maintenance of lighting installation is a significant part of hospital budget because it can absorb more than 20% of total electricity consumed in current operation. The article signaled potential for improving the energy efficiency of healthcare lighting and guidelines to be followed in conducting such a project.

**Streszczenie.** Problem efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej jest bardzo ważny, ze względu na potrzebę prowadzenia właściwej polityki finansów placówki. Utrzymanie instalacji oświetleniowej jest istotną częścią budżetu szpitala, bo może pochłaniać ponad 20% całkowitej energii elektrycznej zużywanej na bieżące funkcjonowanie. W artykule zasygnalizowano możliwości poprawy efektywności energetycznej oświetlenia szpitalnego i wytyczne, którymi należy się kierować prowadząc takie przedsięwzięcie. (Rating energy efficiency in health care buildings).

**Słowa kluczowe:** efektywność energetyczna, oświetlenie szpitalne

**Keywords:** energy efficiency, health care lighting

### Wstęp

Budynki użyteczności publicznej, w tym budynki szpitali i ogólnie rozumianego sektora medycznego, wyposażone są w elektryczną instalację oświetleniową, która realizuje podstawowe potrzeby fizjologiczne człowieka, w zakresie widzenia, a w szczególności jego bezpieczeństwa. Trudno jest dziś wyobrazić sobie budynek bez sztucznego oświetlenia elektrycznego. Niestety w wielu polskich szpitalach oświetlenie jest nie tylko przestarzałe oraz energochłonne ale nie spełnia również wymagań właściwych norm i przepisów. Analiza funkcjonowania oświetlenia, które stanowi często ponad 20% mocy wszystkich urządzeń elektrycznych zainstalowanych w szpitalu czy przychodni, pozwala na opracowanie niezbędnych działań, prowadzących do podniesienia komfortu pracy placówki, obniżenia kosztów zużywanej energii elektrycznej ale też podniesienia prestiżu, poprzez stosowanie nowoczesnych technologii i eksponowanie wizualne [11].

Według opinii specjalistów: "...najtańsza energia to energia zaoszczędzona". Od kilku lat przesłanka ta stanowi podstawę konstruowania przepisów związanych z efektywnością energetyczną urządzeń, budynków i całych przedsiębiorstw oraz instytucji. Coraz częściej mówi się o wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, jako podstawy istnienia budynków "zeroenergetycznych". W przypadku efektywności energetycznej oświetlenia, powinna być ona konstruowana na etapie projektowania instalacji i to w taki sposób, aby późniejsza eksploatacja przynosiła wymierne korzyści finansowe oraz pozwalała elastycznie modyfikować system zarządzania i sterowania oświetleniem. Możliwe są również działania, pozwalające w budynkach już istniejących dokonać modernizacji oświetlenia i osiągać oszczędności energii od 30% do nawet 70%, dzięki zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań oświetleniowych np. LED, OLED, zarządzanych inteligentnie poprzez wykorzystanie światła dziennego i źródeł energii odnawialnej [11].

### Efektywność energetyczna oświetlenia w przepisach

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej [12], która zmienia dyrektywy 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchyla dyrektywy 2004/8/WE i 2006/32/WE, wprowadza kilka istotnych w procesie planowania efektywnego energetycznie oświetlenia definicji:

Efektywność energetyczna - oznacza stosunek

uzyskanych wyników, usług, towarów lub energii do wkładu energii;

Oszczędność energii - oznacza ilość zaoszczędzonej energii ustaloną w drodze pomiaru lub oszacowania zużycia przed wdrożeniem środka mającego na celu poprawę efektywności energetycznej i po jego wdrożeniu, z jednoczesnym zapewnieniem normalizacji warunków zewnętrznych wpływających na zużycie energii;

Poprawa efektywności energetycznej - oznacza zwiększenie efektywności energetycznej w wyniku zmian technologicznych, zachowań lub ekonomicznych;

Audyty energetyczny - oznacza systematyczną procedurę, której celem jest uzyskanie odpowiedniej wiedzy o profilu istniejącego zużycia energii danego budynku lub zespołu budynków, działalności lub instalacji przemysłowej bądź handlowej lub usługi prywatnej lub publicznej, określenie, w jaki sposób i w jakiej ilości możliwe jest uzyskanie opłacalnej oszczędności energii, oraz poinformowanie o wynikach.

Przepisy krajowe, nawiązując do wspomnianej Dyrektywy UE, opisują wskaźniki i parametry dotyczące efektywności energetycznej instalacji oświetleniowych. Dopodstawowych aktów prawnych należą:

- Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej, Dz.U. Nr 94, poz. 551 [9];

- Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów, Dz.U. Nr 223, poz. 1459 [1];

Wspomniane dokumenty odwołują się do norm, w których zawarte są wymagania dotyczące oświetlenia wnętrz:

- PN-EN 15193 : 2010 Charakterystyka energetyczna budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia [2];

- PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie - Oświetlenie miejsc pracy - Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach [1]. Aby dokonać modernizacji systemu oświetleniowego należy przeprowadzić audyt, który powinien być podstawą do podjęcia odpowiednich kroków, pozwalających na osiągnięcie energooszczędności. Efektem audytu oświetleniowego obiektu może być szereg informacji takich jak [6]:

a) informacja o istniejącym sprzęcie oświetleniowym, jego stanie technicznym i lokalizacji,

b) określenie mocy umownej (zamówionej) w stosunku do rzeczywistej zainstalowanej,

c) wiedza o kosztach eksploatacyjnych całej instalacji i poszczególnych jej obwodów,

d) informacja o spełnieniu wymagań oświetleniowych,

zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie (pomiar fotometryczny przeprowadzony przed modernizacją),

e) wiedza o możliwościach sterowania poszczególnymi obwodami instalacji oświetleniowej (redukcja mocy, pory włączeń i wyłączeń, udział światła dziennego),

f) prognoza i kontrola zużycia energii na cele oświetleniowe,

g) topologia instalacji oświetleniowej i panowanie nad jej modyfikacjami,

h) planowanie rozbudowy, remontów i procesu konserwacji instalacji oświetleniowej,

i) obecny stan wiedzy o nowoczesnym sprzęcie oświetleniowym i systemach regulacji oraz sterowania,

j) wariantowość rozwiązania w zależności od stanu instalacji elektrycznej, jej lokalizacji i wymagań wynikających z normy PN-EN 12464-1.

Wykazanie efektu ekologicznego, czyli ograniczenie zużycia energii na cele oświetleniowe powinno opierać się na spełnieniu wymagań dotyczących oświetlenia wbudowanego (średnie eksploatacyjne natężenie oświetlenia, równomierność oświetlenia, wskaźnik oślnienia UGR, temperatura barwowa, wskaźnik oddawania barw i inne) [1], zaś w drugim kroku określenia liczbowego wskaźnika energii potrzebnej do celów oświetleniowych LENI (Lighting Energy Numerical Indicator) [2].

Wymagania oświetleniowe dotyczące oświetlenia wbudowanego opisane są w normie PN-EN 12464-1:2012 w tabelach od 5.37 do 5.51, gdzie przedstawiono minimalne wartości parametrów koniecznych do osiągnięcia, w celu efektywnego i dokładnego prowadzenia zadania wzrokowego. Dodatkowo, należy zwrócić uwagę na pozostałe wymagania oświetleniowe, które należy uwzględniać w procesie projektowania oświetlenia i w miarę możliwości przy ocenie oświetlenia istniejącego. (np. wartości kryterialne wskaźnika UGR są wartościami maksymalnymi dopuszczalnymi)

Dla dobrej praktyki oświetlenia istotne jest, aby obok wymaganych poziomów natężeń oświetlenia, spełnione były dodatkowo inne potrzeby jakościowe i ilościowe [8]. Wymagania oświetleniowe wynikają z konieczności zapewnienia poprawnej akwizycji wzrokowej:

- komfortu widzenia, gdy pracownicy mają dobre samopoczucie; w pośredni sposób wpływa to także na większą wydajność pracy i wyższą jakość pracy;
- wydolności wzrokowej, gdy pracownicy są w stanie wykonywać swoje zadania wzrokowe, nawet w trudnych warunkach i w dłuższych okresach;
- bezpieczeństwa.

### Obliczanie efektywności energetycznej oświetlenia wbudowanego

Dobór sprzętu oświetleniowego to proces skomplikowany, który wymaga specjalistycznej wiedzy z zakresu funkcjonowania oświetlenia i psychofizjologii oka ludzkiego. Projektowanie systemu oświetleniowego musi opierać się nie tylko na wytycznych norm obowiązujących w zakresie oświetlenia wewnątrz ale również na przepisach związanych z efektywnością energetyczną budynków, które opisane są w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków. Zgodnie z artykułem 9 wspomnianego dokumentu państwa członkowskie UE zapewniają, aby:

a) do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii; oraz

b) po dniu 31 grudnia 2018 r. nowe budynki zajmowane przez władze publiczne ( w tym szpitale i budynku służby zdrowia oraz budynki medyczne) oraz będące ich

własnością były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

Krajowy Ustawodawca zmiany te wprowadził między innymi w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. W rozporządzeniu tym, wchodzącym w życie z dniem 1 stycznia 2014 r., można przeczytać min., że "... budynek i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne, klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych - również oświetlenia wbudowanego ...", powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający spełnienie wymagań minimalnych, co do zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną  $E_P$  [kWh/(m<sup>2</sup>·rok)] [4].

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową  $E_K$  rozważanego budynku użyteczności publicznej jakim jest szpital, w odniesieniu do oświetlenia zainstalowanego, przy czym rozważa się zarówno energię potrzebną do zasilania opraw oświetlenia ogólnego, oświetlenia awaryjnego, sterowania oraz strat instalacji oświetleniowej, wylicza się na podstawie rocznego jednostkowego zużycia energii elektrycznej na cele oświetleniowe, z zależności [2]:

$$(1) \quad LENI = (E_L + E_{PC}) / A_f$$

gdzie:  $A_f$  - powierzchnia użytkowa pomieszczeń w których występuje oświetlenie wbudowane [m<sup>2</sup>];  $E_L$  - oszacowana roczna wartość energii oświetlenia wymaganej do spełnienia funkcji i celów oświetlenia budynku (związana z oświetleniem podstawowym zrealizowanym zgodnie z PN-EN 12464-1);  $E_{PC}$  - ilość rocznej energii pasywnoenergetycznej wymaganej do zapewnienia ładowania akumulatorów do oświetlenia awaryjnego oraz do działania automatyki gdy podstawowe oświetlenie jest wyłączone.

Wartości parametrów  $E_L$  i  $E_{PC}$ , można wyliczyć z zależności:

$$(2) \quad E_L = \sum \frac{(P_N F_C) [(t_D F_D F_O) + (t_N F_O)]}{1000} [kWh]$$

(3)

$$E_{PC} = \sum \frac{P_{pc} [t_y - (t_D + t_N)] + P_{em} t_e}{1000} [kWh]$$

przy czym:  $F_D$  - współczynnik wykorzystania światła dziennego,  $F_O$  - współczynnik obecności,  $F_C$  - współczynnik stałego poziomu średniego natężenia oświetlenia;  $t_D$  - liczba godzin działania oświetlenia podstawowego w ciągu dnia;  $t_N$  - liczba godzin działania oświetlenia podstawowego w nocy;  $P_{pc}$  - całkowita moc pasywnoenergetyczna urządzeń sterujących oświetleniem;  $P_{em}$  - całkowita moc ładowania opraw do oświetlenia awaryjnego,  $t_e$  - liczba godzin działania oświetlenia awaryjnego;  $t_y$  - liczba godzin w ciągu 1 roku równa 8760 h.

Przedstawione wcześniej wskaźniki i parametry są opisane i tabelaryzowane w normie PN-EN 15193, zaś energia końcowa dla budynku obliczanego zawiera składnik  $E_L + E_{PC}$ .

Wykonywanie obliczeń należy rozpocząć od podzielenia budynku na strefy z dostępem oświetlenia dziennego i bez takiego dostępu. Kolejnym krokiem jest ustalenie funkcji pomieszczeń w danej strefie, w których może wystąpić automatyka regulacja poziomu natężenia oświetlenia. Następnie należy określić całkowitą moc opraw oświetleniowych w danej strefie. Warto podkreślić, że obliczenie mocy opraw zainstalowanych musi być poprzedzone analizą dotyczącą udziału układów zasilania (w przypadku opraw świetłkowych z zasilaniem

elektromagnetycznym, należy zwiększyć moc oprawy o ok. 20%, a z zasilaniem elektronicznym od 5% do 10%), a takie obliczenia wymagają doświadczenia i wiedzy instalatorskiej i projektowej.

Realizacja efektywnego energetycznie oświetlenia szpitalnego powinna być prowadzona w zależności od wymaganych do spełnienia kryteriów oświetleniowych opisanych w wymaganiach normy PN-EN 12464-1 [1], zarówno ilościowych (tabela 2) jak też jakościowych, które opisują klasy jakości oświetlenia (tabela 1).

Tabela 1. Klasy jakości oświetlenia wg. PN-EN 15193

	Kryteria dotyczące klas jakości w projektowaniu oświetlenia		
	A	B	C
Natężenie oświetlenia w polu pracy wzrokowej	+	+	+
Właściwy poziom oślnienia UGR	+	+	+
Unikanie migotania światła i efektu stroboskopowego	+	+	+
Właściwe współczynniki odbicia i kierunkowość oświetlenia		+	+
Wskaźnik oddawania barw		+	+
Modelowanie światła		+	+
Właściwe poziomy luminancji w pomieszczeniu		+	+
Półcylicydryczne natężenie oświetlenia (rozpoznawanie twarzy)			+
Szczególne uwarunkowania związane ze zdrowiem i zwiększeniem poziomów luminancji			+

Tabela 2. Referencyjne wskaźniki efektywności energetycznej dla obiektów szpitalnych, z uwzględnieniem systemu stałej kontroli poziomu natężenia oświetlenia cte

Rodzaj budynku	Klasa jakości	$P_{em}$ [kWh/m <sup>2</sup> rok]	$P_{pc}$ [kWh/m <sup>2</sup> rok]	$P_x$ [W/m <sup>2</sup> ]	Bez cte		Z cte	
					LENI		LENI	
					Ręczne	Aut o	Ręczne	Aut o
					[kWh/m <sup>2</sup> rok]		[kWh/m <sup>2</sup> rok]	
Szpital	A	1	5	15	70,6	55,9	63,9	50,7
	B	1	5	25	115,6	91,1	104,4	82,3
	C	1	5	35	160,6	126,3	144,9	114,0

Tabela 3. Maksymalna wartość mocy jednostkowej oświetlenia w pomieszczeniach szpitalnych w zależności od klas kryterium oświetlenia

Typ budynku	Maksymalna wartość mocy jednostkowej [W/m <sup>2</sup> ]		
	Klasa kryteriów		
	A	B	C
Szpital	15	25	35

gdzie klasy kryteriów oznaczają:  
 A- spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu podstawowym  
 B- spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu rozszerzonym  
 C- spełnienie kryteriów oświetlenia w stopniu pełnym z uwzględnieniem komunikacji wizualnej

Obecnie projektanci, zgodnie z przepisami, muszą poza zapewnieniem odpowiedniego poziomu natężenia oświetlenia na płaszczyznach pracy, dążyć do zapewnienia nie przekroczenia maksymalnej mocy dopuszczalnej dla danego rodzaju budynku oraz nie przekroczenia maksymalnej wartości wskaźnika EP określającego roczne

obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do oświetlenia.

Warunki co do wymagań energetycznych określa Norma [2], czy Rozporządzenie [4], które mówi między innymi, że w obiektach szpitalnych moc jednostkowa oświetlenia wbudowanego według klas kryteriów (tabela 1) nie można przekraczać dopuszczalnej wartości przypadającej na 1 m<sup>2</sup>, według w tabeli 3.

Oświetlenie elektryczne uzupełnia zwykle oświetlenie naturalne, jednak w warunkach klimatycznych, w których średnio przez okres czasu od 2000 godzin do 5000 godzin rocznie działa oświetlenie elektryczne, ten rodzaj oświetlenia jest dominujący. Zadaniem systemu oświetleniowego jest więc zapewnienie użytkownikom komfortu pracy i pobytu w pomieszczeniach szpitalnych, poprzez zrealizowanie ilości i jakości oświetlenia, zapewniając placówce wielofunkcyjność.

### Analiza efektywności energetycznej oświetlenia w rzeczywistym budynku szpitalnym

Modernizacja oświetlenia wymaga przeprowadzenia audytu oświetleniowego, czyli wykonanie inwentaryzacji, przeprowadzenie niezbędnych pomiarów parametrów świetlnych oraz zużycia energii elektrycznej, a także zaprezentowanie rozwiązania pozwalającego na uzyskanie oszczędności.

W tabeli 4 przedstawiono przykładowe wyniki audytu oświetleniowego (skrajne wartości), zrealizowanego na podstawie oględzin i pomiarów fotometrycznych. Wyznaczono średnie natężenie oświetlenia oraz równomierność oświetlenia oraz porównano z wymaganiami wynikającymi z PN-EN 12464-1:2012 [1].

Do obliczenia wskaźnika *LENI* oświetlenia wbudowanego oraz wskaźników rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną i energię końcową modernizowanego oddziału szpitalnego o powierzchni 529m<sup>2</sup> i mocy zainstalowanego oświetlenia wykorzystującego źródła ledowe, źródła fluorescencyjne T5 oraz świetłówki kompaktowe, z uwzględnieniem paneli nadłóżkowych (*OPN*) lub bez uwzględnienia paneli nadłóżkowych (*OBPN*), należy przyjąć rzeczywiste parametry użytkowe (tabela 5).

Tabela 4. Przykładowe wyniki pomiarów fotometrycznych przeprowadzonych w ramach audytu oświetleniowego modernizowanego oddziału szpitalnego

	Pokój zabiegowy	Pokój pobytu dziennego	Korytarz
Typ źródła światła	T8	T8	T8
Średnie natężenie oświetlenia	489lx - 533lx	150lx - 277lx	150lx - 252lx
Równomierność oświetlenia	0,73 - 0,81	0,29 - 0,89	0,58 - 0,90

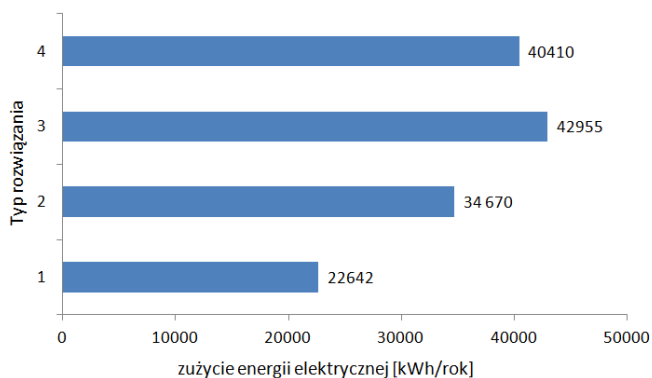
W celu poprawienia efektywności energetycznej opisywanego w pracy szpitala obliczono wskaźniki *LENI* oświetlenia wbudowanego oraz wskaźniki rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną i energię końcową, a następnie sporządzono audyt oświetleniowy uwzględniający wymianę opraw oświetleniowych. Przedstawione zostały 3 warianty polegające na modernizacji oświetlenia z wykorzystaniem: opraw oświetleniowych z diodami LED, opraw ze świetłówkami T5 oraz opraw ze świetłówkami kompaktowymi. Po przeanalizowaniu zestawień okazuje się, iż najlepszym wyborem spośród przedstawionych możliwości jest modernizacja oświetlenia przy wykorzystaniu paneli z diodami LED (przy założeniu finansowania inwestycji ze środków publicznych, np.

działania dotyczące poprawy efektywności energetycznej w ramach Regionalnych Programów operacyjnych, na poziomie 85%, okres zwrotu takiej inwestycji wynosiłby wtedy ok. 4 lata, a oszczędności spowodowane zmniejszeniem pobieranej energii elektrycznej kształtowałyby się na poziomie 32%). Rozwiązanie z emiterami półprzewodnikowymi pozwala również zmniejszyć emisję CO<sub>2</sub>, w stosunku do stanu aktualnego o prawie 35,5% (wymagane przy audycie oświetleniowym).

Tabela 5. Parametry użytkowe do obliczeń wskaźników (ND - rozwiązania oświetleniowe niedostępne)

	OPN	OBPN
$F_D = 0,8, F_O = 0,9, F_C = 0,9,$ $t_D = 3000h, t_N = 2000h,$ $P_{pc} = 5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok},$ $P_{em} = 1 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok},$ $t_e = 360h, t_r = 8760h$		
<i>Oprawy LED</i>		
$P_N$ [W]	5567	4528
$E_L$ [kWh/rok]	19842	16139
$E_{PC}$ [kWh/rok]	10135	10135
$LENI$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	56,67	49,67
$EK_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	56,67	49,67
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	170,01	149,01
<i>Oprawy ze źródłami T5</i>		
$P_N$ [W]	7559	6934
$E_L$ [kWh/rok]	26940	24712
$E_{PC}$ [kWh/rok]	10135	10135
$LENI$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	70,09	65,88
$EK_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	70,09	65,88
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	210,26	197,63
<i>Oprawy ze świetłówkami kompaktowymi</i>		
$P_N$ [W]	8591	ND
$E_L$ [kWh/rok]	30618	ND
$E_{PC}$ [kWh/rok]	10135	ND
$LENI$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	77,04	ND
$EK_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	77,04	ND
$EP_L$ [kWh/m <sup>2</sup> ·rok]	231,12	ND

Na rysunku 1 zestawiono wyniki obliczeń zużycia energii na cele oświetleniowe, przy zastosowaniu trzech typów rozwiązań (z użyciem LED, świetlówek T5 oraz świetlówek kompaktowych), bez uwzględnienia paneli nadłóżkowych.



Rys. 1. Porównanie zużycia energii elektrycznej w roku na potrzeby oświetlenia przy wykorzystaniu trzech różnych rodzajów oświetlenia (1 - oprawy LED, 2 - oprawy ze świetłówkami T5, 3 - oprawy ze świetłówkami kompaktowymi, 4 - obecne rozwiązanie)

Realizacja modernizacji instalacji oświetleniowej poprzez wykorzystanie opraw LED, skutkuje oszczędnością energii rzędu prawie 44%. Zastosowanie technologii nowoczesnych opraw ze świetłówkami T5, pozwala zaoszczędzić ponad 14% energii elektrycznej, przy czym zmiana technologii z obecnej (świetłówki T8) na nowoczesną (LED lub T5) daje efekt podstawowy jakim jest właściwe oświetlenie powierzchni (średnie natężenie

oświetlenia i równomierność oświetlenia), zgodne z wymaganiami normy [1].

Analizując wymagania przedstawione w tabeli 2, tylko zaprojektowanie i zrealizowanie modernizacji oświetlenia w klasie jakości B, spełnia wymagania dotyczące efektywności energetycznej rozpatrywanej infrastruktury oświetleniowej oddziału szpitalnego, w którym prowadzona będzie automatyczna pełna regulacja poziomu natężenia oświetlenia, czyli zastosowany będzie najbardziej rozbudowany system sterownia i nadzoru. Możliwe jest uzyskanie większej efektywności i zminimalizowanie wskaźnika *LENI*, jednak pociąga to za sobą konieczność realizacji oświetlenia w klasie jakości A, która jednak jest mniej komfortowa i uwzględnia jedynie podstawowe wymagania oświetleniowe, nieakceptowalne w budynkach służby zdrowia.

### Podsumowanie

Projektowanie i modernizowanie oświetlenia szpitalnego to proces, który wymaga przeanalizowania wielu czynników oraz nakazuje stosowanie najnowszych technologii w zakresie oświetlenia wnętrz. Projektant musi mieć aktualną wiedzę z zakresu nowoczesnych technik oświetleniowych ale też powinien rozumieć ideę budynków niskoenergetycznych i "zeroenergetycznych". Idea związana z produkowaniem energii na potrzeby placówki medycznej jest już aktualna w warunkach polskich. Szpitale korzystają z odnawialnych źródeł energii w postaci kolektorów słonecznych czy paneli fotowoltaicznych albo pomp ciepła lub też kotłów na biomasę i kogeneratorów. Umiejętne wprowadzenie tego typu technologii do koncepcji "zeroenergetycznego" budynku szpitalnego może spowodować, że zarządca takiej placówki nie będzie musiał się martwić o finansowanie podstawowych mediów: ogrzewania, oświetlenia czy energii elektrycznej, a może skupić się na efektywnym kierowaniu szpitalem. Aspekt oświetlenia szpitalnego, chociaż stanowi od 10% do 20% wszystkich kosztów związanych ze zużyciem energii, jest niezwykle istotny, zarówno ze względu na efektywność energetyczną ale głównie ze względu na jakość świadczonych usług, komfort pracy personelu medycznego i podniesienie prestiżu placówki. Możliwe do osiągnięcia poziomy oszczędności rzędu 70% [11] są odczuwalne przez kierownictwo szpitala, a dobre i nowoczesne oświetlenie stwarza podstawę do wzrostu konkurencyjności na rynku medycznym, nie tylko pod kątem świadczonych usług ale też sposobu zarządzania i zadowolenia klientów.

Poprawę efektywności energetycznej istniejącego budynku użyteczności publicznej można wykazać najprościej i najmniejszym nakładem kosztów, zmieniając tylko rodzaj opraw oświetleniowych lub typ źródeł światła. Możliwe jest uzyskanie oszczędności rzędu 44%, bez wprowadzania pełnej automatyki i systemów regulacji oświetleniem, poprzez wykorzystanie sprzętu oświetleniowego w technologii LED. W sytuacji, gdy budynek służby zdrowia pochłania znaczne ilości energii elektrycznej na cele oświetleniowe, tego typu modernizacja obiektu jest najszybsza i najbardziej widoczna. Opracowanie i wykonanie instalacji zaopatrzonej w układy regulacji, sterowania i zarządzania wprowadza wartość dodaną w problematyce efektywności energetycznej ale wymagana jest wiedza ekspercka. Prestiż budynku służby zdrowia można podnieść nie tylko rodzajem i jakością świadczonych usług medycznych. Czasem wystarczy zachęcić pacjenta do skorzystania z oferty szpitala poprzez wyróżnienie instytucji innowacyjnością technologiczną, sprzętową czy menedżerską. Są to podstawy gospodarki niskoemisyjnej, opartej na zadowoleniu klienta, wzroście

gospodarczym i przyniesieniu zysków inwestorowi, poprzez realizację efektywnego energetycznie oświetlenia.

*Artykuł został zrealizowany w Katedrze Elektroenergetyki, Fotoniki i Techniki Światłowej Politechniki Białostockiej w ramach pracy statutowej S/WE/4/2013*

**Autorzy:**

*dr hab. inż. Maciej Zajkowski, Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45D, 15-351 Białystok, E-mail: m.zajkowski@pb.edu.pl;  
mgr inż. Damian Tyniecki, Politechnika Białostocka, e-mail: d.tyniecki@pb.edu.pl*

**LITERATURA**

- [1] PN-EN:12464-1:2012 - Światło i oświetlenie .Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
- [2] PN-EN 15193:2010 - Charakterystyka energetyczna budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia
- [3] PN-EN 1838:2013-11 "Zastosowanie oświetlenia - Oświetlenie awaryjne
- [4] Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013r., zmieniające rozporządzenie w

sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

- [5] M. Zajkowski, U. Błaszczak, J. Kuszner: Światłowody boczne w diagnostyce lamp LED, Przegląd elektrotechniczny, Warszawa, 1/2014
- [6] M. Zajkowski: Program SOWA modernizacji oświetlenia w gminie, Materiały XXIII Krajowej Konferencji Oświetleniowej, Warszawa, 2014
- [7] A. Wiśniewski: Źródła światła, SEP-COSIW, 2013
- [8] P. Pracki: Projektowanie oświetlenia wnętrz, OWPW, Warszawa, 2011
- [9] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej, Dz.U. Nr 94, poz. 551
- [10] Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów, Dz.U. Nr 223, poz. 1459;
- [11] W. Pabjańczyk: Instalacje oświetleniowe w pomieszczeniach medycznych, Przegląd Elektrotechniczny, 05/2007 Str. 88-93
- [12] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej