

AUDYT WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA

**ZESPOŁU BUDYNKÓW DOMU POMOCY
SPOŁECZNEJ
W GÓRZE KALWARII PRZY UL. SZPITALNEJ 1
BUDYNEK NR 22**

WYKONAŁ :

mgr inż. Marek Popielewski
nr uprawnień budowlanych MAZ/0270/POOE/14

Warszawa, październik 2015 r

Spis treści:

- MAPA OBIEKTU Z ZAZNACZONYM BUDYNKIEM	3
1. WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE DLA BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ.....	4
1.1. Wyjaśnienie podstawowych parametrów oświetleniowych	4
1.2. Inwentaryzacja oświetlenia	4
2. ANALIZA ISTNIEJĄCEJ INSTALACJI OŚWIETLENIA	5
2.1 Zestawienie zbiorcze istniejącego oświetlenia	6
3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA	7
3.1 Wybór i charakterystyka sprzętu oświetleniowego	7
3.2 Wybór systemu konserwacji	7
3.3 Zestawienie zbiorcze oświetlenia po modernizacji	8
4. ANALIZA WYNIKÓW I OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ	9
4.1 Charakterystyka finansowa wymiany oświetlenia	10
4.2 Wnioski	11
LITERATURA.....	11

1. WYMAGANIA OŚWIETLENIOWE DLA BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ

Wymagania oświetleniowe przyjęto na podstawie polskiej normy PN-EN 12464-1:2012 [3].

Tabela nr 1.1

Rodzaj wnętrza, zadania lub czynności	E_m [lx]	UGR_L [-]	R_a [-]	δ (*) [-]
Korytarz	100	22	80	0,4
Klatka schodowa	100	22	80	0,4
Szatnie ,umywalnie, toalety	200	22	80	0,4
Pokoje wypoczynkowe (sypialnia)	100	22	80	0,4
Kuchnia	500	22	80	0,6
Stołówka	200	22	80	0,4
Pokoje opieki medycznej	500	16	90	0,6
Magazyn	100	25	60	0,4
Pomieszczenia socjalne	100	22	80	0,4
Świetlica	300	22	80	0,4
Jadalnia	200	22	80	0,4
Pomieszczenie gospodarcze	100	22	80	0,4
Warsztat	500	22	80	0,6
Pralnia	300	22	80	0,4
Pomieszczenia medyczne	500	22	80	0,4
Biuro	500	22	80	0,6
Przygotowanie warzyw, mięsa itd.	300	22	80	0,4
Obieralnia	500	22	80	0,4

1.1. Wyjaśnienie podstawowych parametrów oświetleniowych

Natężenie oświetlenia E [1] w danym punkcie powierzchni jest to iloraz elementarnego strumienia świetlnego ($d\Phi$) padającego na powierzchnię (dS)

$$E = d\Phi / ds. \quad (1.1)$$

Jednostką natężenia oświetlenia jest lux [lx].

Równomierność oświetlenia δ jest to stosunek najmniejszej wartości natężenia oświetlenia w punkcie (E_{min}) do średniej wartości natężenia oświetlenia (E_m)

$$\delta = E_{min} / E_m \quad (1.2)$$

Temperatura barwowa T_c danego źródła światła jest to temperatura ciała czarnego, które promieniuje światło o barwie identycznej z barwą tego źródła [1]. Jednostką temperatury barwowej jest Kelwin [K]. Norma [4] podaje zakresy temperatury barwowej :

$T_c \leq 3300 \text{ K}$	– barwa światła ciepła
$3300 \text{ K} \leq T_c \leq 5300 \text{ K}$	– barwa światła naturalna
$T_c \geq 5300 \text{ K}$	– barwa światła zimna

Wskaźnik oddawania barw R_a - informuje o tym, w jakim stopniu dane źródło światła umożliwia obserwację kolorów [6]. Im wyższy stopień oddawania barw tym lepiej postrzegane są kolory. Maksymalna wartość wskaźnika $R_a = 100$.

Olśnienie - warunki widzenia powstałe na skutek niewłaściwego rozkładu, bądź zakresu luminancji, bądź też występowania zbyt dużych kontrastów, powodujące uczucie przykrości i niewygody, lub obniżenie zdolności rozpoznawania szczegółów, lub przedmiotów, lub oba te wrażenia jednocześnie [6].

2. ANALIZA ISTNIEJĄCEJ INSTALACJI OŚWIETLENIA

Instalację oświetlenia wykonano na oprawach świetlówkowych z magnetycznymi statecznikami prądu oraz na oprawach z kompaktowymi świetlówkami. Oprawy te charakteryzują się niską skutecznością świetlną oraz dużą energochłonnością. Istniejące oświetlenie nie spełnia wymagań normatywnych.

2.1 Zestawienie wyników istniejącego oświetlenia w budynku nr 22

Tabela nr 2.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 22** (parter) przed modernizacją.

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytkowania w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]
PARTER							
1	Holl wejściowy	Plafon 60W	60	2	120	2500	300
2	Korytarz nr 1	Plafon 60W	60	1	60	2500	150
3	Korytarz nr 2	Plafon 60W	60	1	60	2500	150
4	Klatka schodowa (wejście na I piętro)	Oprawa 2x18W	39	2	78	2500	195
5	Magazyn bielizny czystej	Oprawa 2x36W	79	3	237	2500	592,5
6	Łazienka	Plafon 60W	60	2	120	2500	300
7	WC	Plafon 60W	60	1	60	2500	150
8	Klatka schodowa (wejście do piwnicy)	Oprawa 2x36W	79	2	158	1000	158
9	Pralnia sucha	Oprawa 2x36W	79	31	2449	2500	6122,5
10	Pomieszczenie socjalne	Oprawa 2x36W	79	1	79	2500	197,5
11	Suszarnia	Oprawa 2x36W	79	2	158	2500	395
12	Pralnia mokra	Oprawa 2x36W	79	18	1422	2500	3555
13	WC	Plafon 60W	60	1	60	2500	150
14	Magazyn środków piorących	Oprawa 2x36W	79	2	158	1500	237
15	Brudownik	Oprawa 2x58W	127	2	254	2500	635
RAZEM :				71	5 473	-	13 288

Tabela nr 2.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń **budynek nr 22** (I piętro) przed modernizacją.

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytkowania w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]
I PIĘTRO							
1	Suszarnia	Oprawa 2x36W	79	13	1027	1500	1540,5
2	Pomieszczenie socjalne (32)	Plafon 60W	60	1	60	2500	150
3	Pomieszczenie socjalne (31)	Żyrandol 3x60W	180	1	180	2500	450
4	Szatnia (30)	Plafon 60W	60	1	60	1500	90
5	Szatnia (29)	Oprawa 2x36W	79	2	158	1500	237
6	Szwalnia (27)	Oprawa 2x36W	79	8	632	2500	1580
7	Magazyn	Oprawa 2x36W	79	1	79	1000	79
8	Korytarz	Oprawa 2x36W	79	2	158	2500	395
9	WC	Plafon 60W	60	2	120	1500	180
RAZEM :				31	2 474	-	4 702

2.2 Zestawienie zbiorcze wyników istniejącego oświetlenia w budynku nr 22

Tabela nr 2.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 22** przed modernizacją.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Cena energii za 1 kWh [zł]	Koszt energii elektryczne za oświetlenie na rok [zł/rok]	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI [kWh/m ² ·rok]	Powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system instalacji oświetlenia A _L [m ²]
1	Parter	5 473	13 287,5	0,595 zł	7 906,06 zł	24,79	536
2	I Piętro	2 474	4 701,5	0,595 zł	2 797,39 zł	11,75	400
RAZEM :		7 947	17 989	-	10 703,46 zł	19,22	936

3. OPRACOWANIE STRATEGII PROWADZĄCYCH DO POPRAWY WYDAJNOŚCI ENERGETYCZNEJ OŚWIETLENIA

3.1 Wybór i charakterystyka sprzętu oświetleniowego

Do modernizacji oświetlenia zastosowano ledowe oprawy oświetleniowe firmy Plexiform. Sprzęt oświetleniowy zastosowany charakteryzują się dużą wydajnością oraz bezpieczeństwem użytkowania.

Do sterowania i regulacji oświetlenia na zasadzie ograniczania czasu świecenia i okresowego obniżania poziomu natężenia oświetlenia zastosowana te same oprawy oświetleniowe sterowane poprzez czujnik wykrywania światła oraz obecności typu DUO firmy OSRAM w pokojach mieszkalnych , pomieszczeniach socjalnych oraz na korytarzach, sterowanie poprzez czujnik ruchu SLICK JQ-L firmy Kanlux w łazienkach i magazynach oraz sterowanie oświetlenia na klatkach schodowych poprzez automat schodowy typu ASM-01 firmy Zamel.

3.2 Wybór systemu konserwacji

Przyjęty system konserwacji przewiduje :

- czyszczenie opraw oświetleniowych co 12 miesięcy
- odnawianie pomieszczeń co 48 miesięcy

Współczynnik konserwacji $k = 0,80$

3.3 Zestawienie wyników oświetlenia w budynku nr 22 po modernizacji oświetlenia

Tabela nr 3.1 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń budynek nr 22 (parter) po modernizacji

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytk. w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Średnie natężenie oświetlenia E [lx]
PARTER								
1	Holl wejściowy (*)	LATTE LED 19W	19	1	19	1500	28,5	112
2	Korytarz nr 1 (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	162
3	Korytarz nr 2 (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	162
4	Klatka schodowa (*) (wejście na I piętro)	LATTE LED 36W	36	2	72	1500	108	154
5	Magazyn bielizny czystej	LATTE LED 36W	36	3	108	2500	270	302
6	Łazienka (*)	FIBRA LED 19W	19	2	38	1500	57	203
7	WC (*)	FIBRA LED 19W	19	1	19	1500	28,5	221
8	Klatka schodowa (*) (wejście do piwnicy)	LATTE LED 36W	36	2	72	600	43,2	165
9	Pralnia sucha	LATTE LED 52W	52	12	624	2500	1560	340
10	Pomieszczenie socjalne	LATTE LED 36W	36	1	36	2500	90	301
11	Suszarnia	LATTE LED 52W	52	1	52	2500	130	201
12	Pralnia mokra	LATTE LED 52W	52	8	416	2500	1040	339
13	WC (*)	FIBRA LED 19W	19	1	19	1500	28,5	215
14	Magazyn środków piorących	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	105
15	Brudownik	LATTE LED 52W	52	2	104	2500	260	306
RAZEM				39	1 687,0	-	3 805,7	-

(*) - sterowanie oświetleniem

Tabela nr 3.2 Charakterystyka oświetleniowa pomieszczeń budynek nr 22 (I piętro) po modernizacji

L.p	Rodzaj pomieszczenia	Typ oprawy	Moc oprawy P [W]	Ilość opraw [szt.]	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Czas użytk. w roku t [h]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Średnie natężenie oświetlenia E [lx]
I PIĘTRO								
1	Susznarnia	LATTE LED 36W	36	6	216	1500	324	115
2	Pomieszczenie socjalne (32)	LATTE LED 36W	36	2	72	2500	180	332
3	Pomieszczenie socjalne (31)	LATTE LED 36W	36	1	36	2500	90	285
4	Szatnia (30)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	252
5	Szatnia (29)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	251
6	Szwalnia (27)	PARABOLIC LED 3x13,5W	40,5	10	405	2500	1012,5	531
7	Magazyn	LATTE LED 19W	19	1	19	1000	19	112
8	Korytarz (*)	LATTE LED 36W	36	1	36	1500	54	123
9	WC (*)	FIBRA LED 19W	19	2	38	900	34,2	221
RAZEM				25	894,0	-	1 821,7	-

(*) - sterowanie oświetleniem

3.4 Zestawienie zbiorcze oświetlenia w budynku nr 22 po modernizacji oświetlenia

Tabela nr 3.3 Zbiorcze zestawienie oświetlenia pomieszczeń w **budynku nr 22** po modernizacji.

L.p.	Rodzaj pomieszczenia	Moc całkowita instalowana Pi [W]	Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	Cena energii za 1 kWh [zł]	Koszt energii elektrycznej za oświetlenie na rok [zł/rok]	Liczbowy wskaźnik energii oświetlenia LENI [kWh/m ² ·rok]	Powierzchnia pomieszczeń wyposażonych w system instalacji oświetlenia A _L [m ²]
1	Parter	1 687	3 805,7	0,595 zł	2 264,39 zł	7,10	536
2	I Piętro	894	1 821,7	0,595 zł	1 083,91 zł	4,55	400
RAZEM :		2 581,0	5 627,4	0,595 zł	3 348,30 zł	6,01	936

4. ANALIZA WYNIKÓW I OCENA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Tabela 4.1 Zestawienie wyników istniejącej instalacji oświetleniowej oraz po modernizacji oświetlenia

Wybrany sposób oświetlenia	Oświetlenie stan istniejący	Oświetlenie po modernizacji	Oszczędność energii elektrycznej po modernizacji	Oszczędność energii elektrycznej po modernizacji oświetlenia [%]	Oszczędność finansowa po modernizacji oświetlenia [zł/rok]
Moc całkowita P_i [W]	7 947,00	2 581,00	5 366,00	67,52%	-
Zużycie energii całkowite/rok [kWh/rok]	17 989,00	5 627,40	12 361,60	68,72%	7 355,15 zł

Jak wynika z tabeli 4.1 wymiana opraw oświetleniowych oraz zastosowanie lokalnego sterowania oświetleniem zapewnia oszczędności energii elektrycznej w wysokości 12 361 kWh w stosunku rocznym co stanowi 68,72 % zużywanej energii elektrycznej na potrzeby istniejącego oświetlenia. Wymiana opraw oświetleniowych zmniejszy o 7 355,15 zł roczne koszty energii elektrycznej.

4.1 Charakterystyka finansowa wymiany oświetlenia

Tabela 4.2 Koszt wymiany opraw oświetleniowych

L.p.	Typ oprawy oświetleniowej	Producent	Ilość	Cena jednostkowa brutto	Cena całkowita
			[szt.]	[zł]	[zł]
1	LATTE LED 19W	PLEXIFORM	2	248,00	496,00
2	FIBRA LED 19W	PLEXIFORM	6	219,00	1 314,00
3	PARABOLIC LED 3x13,5W	PLEXIFORM	10	453,00	4 530,00
4	LATTE LED 36W	PLEXIFORM	23	339,00	7 797,00
5	LATTE LED 52W	PLEXIFORM	23	403,00	9 269,00
6	Czujnik SLICK JQ-L	KANLUX	14	35,00	490,00
7	KOSZT ROBOCIZNY I OKABLOWANIA		64	200,00	12 800,00
			RAZEM		36 696,00

Tabela 4.3 Charakterystyka finansowa wymiany opraw oświetleniowych

L.p.	Koszt modernizacji oświetlenia [zł]	Ilość zaoszczędzonej energii/rok [kWh/rok]	Cena energii elektrycznej za 1 kWh [zł]	Kwota oszczędności na energii elektrycznej/rok [zł]	Czas zwrotu z inwestycji t [rok]
1	36 696,00	12 361,60	0,595	7 355,15	4,99

Czas zwrotu inwestycji 4,99 roku.

4.2. Wnioski

Audyt energetyczny oświetlenia powinien polegać na wykryciu ewentualnych niezgodności w oświetleniu oraz opracowaniu najbardziej korzystnej pod względem energetycznym, jak i ekonomicznym, metody poprawy istniejącego systemu oświetlenia.

W audycie wykazano korzyści wynikające z modernizacji istniejącego oświetlenia przy jednoczesnym spełnieniu wymagań normatywnych. Jak wykazano, należy modernizować nieefektywne oświetlenie, co przyczynia się do dużych oszczędności. Koszt wymiany oświetlenia zwróci się już po 4,99 roku, a roczny rachunek za energię elektryczną zmniejszy się o 7 355 zł.

Zastosowane oświetlenie ledowe cechuje się dużą trwałością ok. 50 000 godzin świecenia, co przy tak długo sprawnych źródłach światła pozwala użytkować ok. 15 lat bez wymiany źródeł światła. W przeciągu 15 lat użytkowania istniejącego oświetlenia opartego na świetłówkach kompaktowych należałoby pięciokrotnie wymienić wszystkie źródła światła.

Zmodernizowane oświetlenie poprawia jakość oświetlenia i komfort użytkowania. Poprzez zastosowanie systemów sterowania oświetleniem ułatwia użytkowanie instalacji oświetleniowej. Zmodernizowane oświetlenie cechuje się nowoczesnym wyglądem, wysoką sprawnością opraw, dużą trwałością oraz natychmiastowym zapaleniem się światła, bez efektu migotania czy rozświecania się źródeł światła.

Literatura

- [1] Pracki P., Efektywność energetyczna oświetlenia obiektów użyteczności publicznej, Przegląd Elektrotechniczny, 9/2009.
- [2] J. Bąk, „Wydajne energetycznie oświetlenie wnętrz”. Wydawnictwo COSIW, Warszawa 2009.
- [3] PN-EN 12464-1:2012. Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach.
- [4] PN-84/E-02033. Oświetlenie wnętrz światłem elektrycznym.
- [5] PN-EN 15193:2007. Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia (org.).
- [6] Pracki P., Energetyczne aspekty oświetlenia wnętrz budynków użyteczności publicznej, Materiały budowlane, 1/2006