

AUDYT ENERGETYCZNY OŚWIETLENIA

Adres budynku	Urząd Miasta w Wąchocku ul. Wielkowiejska 1 27 – 215 Wąchock powiat starachowicki woj. świętokrzyskie
Wykonawca audytu energetycznego oświetleniowego	Imię i nazwisko : Paweł Zarzycki tytuł zawodowy : mgr inż. nr opracowania : 1/2017

Kraków, 2017-01-24

AUDYT ENERGETYCZNY

OŚWIETLENIA

1. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu

1.1. Dokumentacja projektowa:

- Inwentaryzacja oświetlenia wykonana przez Wykonawcę.

1.2. Inne dokumenty:

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. Nr.223, poz.1459) .
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 03.09.2015r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 05.07.2013r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75 poz. 690 z późn. zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27.02.2015r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej.
5. Polska Norma PN-EN 12464-I:2004 „Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy. Część I. Miejsca pracy we wnętrzach” .
6. Polska Norma PN-IEC60364-5-559:2003. „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Inne wyposażenie. Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe.”
7. Ustawa z dnia 20.05.2016 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. z 2016 r. poz. 831).
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 10.08.2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru kart audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. z 2012 r. poz. 962).
9. Ustawa z dnia 22.06.2016 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw.
10. Ustawa z dnia 10.04.1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2012 r. poz. 1059 ze

zm.).

11. Ustawa Prawo budowlane z dn. 7.07.1994 r. (Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414)
12. Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym z dn. 27.03.2003 r.
13. Ustawa Prawo ochrony środowiska z dn. 27.04.2001 r.

1.3. Osoby udzielające informacji:

Pracownicy Urzędu Miasta w Wąchocku.

1.4 Data wizji lokalnej:

24 styczeń 2017 r.

1.5. Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) :

- obniżenie kosztów oświetlenia wewnątrz budynku,
- uzyskanie dotacji lub pożyczki na wykonanie działań modernizacyjnych ze środków NFOŚ, WFOŚ, GIS, POIS, RPO lub podobnych.

1.6. Zadeklarowany maksymalny wkład własny na pokrycie kosztów termomodernizacji :

Inwestor zamierza pozyskać dofinansowanie w maksymalnej możliwej wielkości w formie dotacji lub pożyczki.

2. Oświetlenie wewnętrzne budynku Urzędu Miasta w Wąchocku

2.1. Określenie strumienia świetlnego oświetlenia stosowanego w Urzędzie Miasta w Wąchocku

Parametry oświetlenia budynku przedstawiono w tab. nr 1.

Tabela nr 1 – Parametry oświetlenia budynku Szkoły Podstawowej nr 18.

Źródło światła	Ilość opraw oświetleniowych [szt.]	Ilość [szt.]	Moc [W]	Strumień świetlny [lm]	Całkowity strumień świetlny [lm]
Świetlówki liniowe 36 W	68	113	36	3015	340 695
Świetlówki liniowe 18 W	24	96	18	1000	96 000
Żarówki 60 W	10	10	60	710	7100

Suma :					443 795

2.2. Określenie deklarowanego znamionowego strumienia świetlnego oświetlenia Urzędu Miasta w Wąchocku

- Określenie deklarowanego znamionowego strumienia świetlnego ϕ świetlówki liniowej 36 [W], którą ma zastąpić oświetlenie LED 30 [W] (wg Rozporządzenia WE 244 / 2009 z dnia 18.03.2009 roku).

Strumień świetlny świetlówki liniowej wg WE 244/2009 3 172 [lm]	–	Strumień świetlny oświetlenia LED wg WE 244/2009 3 452 [lm]
3 015 [lm]	–	x [lm]

$$x = 3\,281 \text{ [lm]}.$$

Strumień świetlny ϕ świetlówki liniowej (36 [W], 3015 [lm]) odpowiadający strumieniowi świetlnemu ϕ oświetlenia LED wg w/w Rozporządzenia jest równy 3 281 [lm].

- Określenie deklarowanego znamionowego strumienia świetlnego ϕ świetlówki liniowej 18 [W], którą ma zastąpić oświetlenie LED 9 [W] (wg Rozporządzenia WE 244 / 2009 z dnia 18.03.2009 roku).

Strumień świetlny świetlówki liniowej wg WE 244/2009 970 [lm]	–	Strumień świetlny oświetlenia LED wg WE 244/2009 1055 [lm]
1000 [lm]	–	x [lm]

$$x = 1\,088 \text{ [lm]}.$$

Strumień świetlny ϕ świetlówki liniowej (18 [W], 1000 [lm]) odpowiadający strumieniowi świetlnemu ϕ oświetlenia LED wg w/w Rozporządzenia jest równy 1088 [lm].

- **Określenie deklarowanego znamionowego strumienia świetlnego ϕ żarówki żarnikowej (wolframowej) 60 [W], którą ma zastąpić żarówka LED 10,5 [W] (wg Rozporządzenia WE 244 / 2009 z dnia 18.03.2009 roku).**

Strumień świetlny oświetlenia LED wg WE 244/2009 806 [lm]	–	Strumień świetlny żarówki żarnikowej wg WE 244/2009 710 [lm]
--	---	---

2.3. Określenie wydajności strumienia świetlnego ϕ z mocy 1 [W] Oświetlenia świetlówek liniowych, świetlówek LED, żarówek LED i żarówek żarnikowych (wolframowych)

Wydajność strumienia świetlnego ϕ z mocy 1 [W] oświetlenia świetlówek liniowych, świetlówek LED, żarówek LED i żarówek żarnikowych przedstawiono w tab. nr 2.

Tabela nr 2 – Wydajność strumienia świetlnego ϕ z mocy 1 [W] oświetlenia .

Źródło światła	Wydajność strumienia świetlnego ϕ z mocy 1 [W] oświetlenia [lm]	Wydajność strumienia świetlnego ϕ [lm]
Świetłówki liniowe 36,0 [W]	83,75	3015
Świetłówki liniowe 18,0 [W]	55,55	1000
Żarówki 60,0 [W]	11,83	710
Świetlówka LED 30,0 [W]	105,00	3150
Świetlówka LED 9,0 [W]	105,00	950
Żarówka LED 9,5 [W]	76,00	800

2.4. Określenie ilości źródła światła

$113 \text{ [szt.]} \cdot 3281 \text{ [lm]} / 3150 \text{ [lm]} = 117,69 \text{ [szt.]} = \sim 118 \text{ [szt.]}$

Zastępując świetłówki liniowe 3 015 [lm] świetłówkami LED 3 150 [lm] trzeba zwiększyć ilość z 113 [szt.] 3 015 [lm] do **118 [szt.] 3150 [lm]**.

$96 \text{ [szt.]} \cdot 1088 \text{ [lm]} / 950 \text{ [lm]} = 109,94 \text{ [szt.]} = \sim 110 \text{ [szt.]}$

Zastępując świetłówki liniowe 1000 [lm] świetłówkami LED 850 [lm] trzeba zwiększyć ilość z 96 [szt.] 1000 [lm] do **110 [szt.] 950 [lm]**.

$10 \text{ [szt.]} \cdot 806 \text{ [lm]}/800 \text{ [lm]} = 10,07 \text{ [szt.]} = \sim 10 \text{ [szt.]}$

Zastępując żarówki żarnikowe 710 [lm] żarówkami LED 800 [lm] trzeba zainstalować **10 żarówek LED 800 [lm]**.

2.5. Określenie wartości cenowej źródła światła

Wartość cenową źródła światła przedstawiono w tab. nr 3.

Tabela nr 3 – Określenie wartości cenowej źródła światła.

Źródło światła	Cena brutto [zł]
Świetlówka liniowa 36,0[W]	7,00
Świetlówka liniowa 18,0[W]	4,00
Żarówka 60,0 [W]	1,00
Świetlówka LED 30,0 [W] wraz z oprawą	154,99
Świetlówka LED 9,0 [W]	42,67
Żarówka LED 9,5 [W]	34,54

2.6. Określenie trwałości źródła światła

Określenie trwałości źródła światła przedstawiono w tab. nr 4.

Tabela nr 4 – Określenie trwałości źródła światła.

Źródło światła	Średni czas [h]
Świetlówka liniowa 36,0[W]	13 000
Świetlówka liniowa 18,0[W]	13 000
Oświetlenie LED 9,0; 9,5; 30,0 [W]	50 000
Żarówki 60,0 [W]	1 000

* Na jedną trwałość oświetlenia typu LED przypada 0,26 trwałości oświetlenia świetlówkowego.

* Na jedną trwałość oświetlenia typu LED przypada 0,02 trwałości oświetlenia żarnikowego(wolframowego).

3. Propozycja działań zmierzających do ograniczenia kosztów związanych ze zużyciem energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia wewnętrznego

3.1. Określenie zakresu rzeczowego robót

Zainstalowane oświetlenie wewnętrzne w budynku charakteryzuje się małą funkcjonalnością, sporą awaryjnością, niewłaściwym stopniem doświetlenia i zimną barwą w związku z powyższym zachodzi konieczność jego wymiany na nowoczesne spełniające kryteria polskich i europejskich norm oświetlenia miejsc o charakterze biurowym. W niniejszym opracowaniu kierując się wytycznymi wcześniej przeprowadzanych konkursów organizowanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej ograniczono się jedynie do analizy wymiany punktów świetlnych bez uwzględnienia wymiany przewodów, włączników, tablic elektrycznych i zabezpieczeń. Powyższe działania są kosztami niekwalifikowanymi i ich realizacja powinna być finansowana z innych środków.

Mając na uwadze powyższe uwarunkowania zakłada się wymianę starych świetlówek liniowych 36 W na świetlówek energooszczędne typu LED o mocy 30 [W]. Powyższe wymiany punktów świetlnych odbywać się będą z wymianą opraw z uwagi na brak kompatybilność rozmiarów elementów istniejących i proponowanych do wymiany.

Punkty świetlne podlegające wymianie przedstawiono w tabeli nr 5.

Tab. nr 5 – punkty świetlne podlegające wymianie.

Źródło światła	Przed modernizacją			Po modernizacji		
	Ilość [szt.]	Moc [W]	Łączna moc [W]	Ilość [szt.]	Moc [W]	Łączna moc [W]
Żarówki żarnikowe/LED	10	60	600	10	9,5	95
Świetłówki liniowe/LED	113	36	4 068	118	30	3540
Świetłówki liniowe/LED	96	18	1728	110	9	990
Razem :			6 396	Razem :		4 625

3.2. Określenie kosztów realizacji zadania

Do obliczeń przyjęto następujące ceny jednostkowe na podstawie analizy ofert firm produkujących osprzęt elektryczny wywodzących się z Unii Europejskiej oraz kosztów dostawy i wymiany:

- koszt wymiany 1 świetłówki liniowej 36 [W] to 154,99 PLN Brutto,

- koszt wymiany 1 świetlówki liniowej 18 [W] to 42,67 PLN Brutto,
- koszt wymiany 1 żarówki 60 [W] to 34,54 PLN Brutto .

Łączny koszt wymiany oświetlenia w budynku Urzędu Miasta w Wąchocku wyniesie:

$$N = 118 \text{ [szt.]} \times 154,99 \text{ [zł]} + 110 \text{ [szt.]} \times 42,67 \text{ [zł]} + 10 \text{ [szt.]} \times 34,54 \text{ [zł]}$$

$$N = 23\,328,03 \text{ [szt.} \times \text{zł]}$$

3.3. Określenie szacunkowych oszczędności w wyniku realizacji zadania

W celu wyliczenia szacunkowych oszczędności zużycia energii oświetlenia w budynku należy skorzystać ze wzoru:

$$\Delta E_{el} = \Delta E_{el1} - \Delta E_{el2}$$
$$\Delta E_{el} = P_{1el} \times \tau_{1el} - P_{2el} \times \tau_{2el}, \text{ gdzie:}$$

ΔE_{el} – szacunkowe oszczędności zużycia energii oświetlenia [MWh/rok],

P_{1el} , P_{2el} – obliczeniowa moc oświetlenia przed, po realizacji zadania [MW],

τ_{1el} , τ_{2el} - uśredniony czas użytkowania oświetlenia w ciągu roku [h/rok].

Uśredniony czas użytkowania oświetlenia w ciągu roku przyjęto zgodnie z Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27.02.2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw ich charakterystyki energetycznej.

Dla pomieszczeń o charakterze biurowym przyjęto czas użytkowania 2500 [h/rok].

3.3.1. Wymiana całego oświetlenia (świetlówki liniowe i żarówki żarnikowe) na oświetlenie LED :

$$\Delta E_{el} = 6\,396,00 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]} - 4\,625,00 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]}$$

$$\Delta E_{el} = 4,43 \text{ [MWh]}$$

$$\Delta E_{el} [\%] = \Delta E_{el} / E_{el1} \times 100\%$$

$$\Delta E_{el} [\%] = 4,43 / 15,99 \times 100 [\%] = 27,70 [\%]$$

W celu określenia przewidywanych rocznych oszczędności kosztów energii oświetlenia w budynku należy skorzystać ze wzoru:

$$\Delta O_{el} = E_{e11} \times O_{z1} - E_{e12} \times O_{z2}, \text{ gdzie:}$$

O_{z1} , O_{z2} – średnioroczna cena energii elektrycznej, przed i po modernizacji [zł/MWh].
Średnioroczna cena energii elektrycznej ustalona została w wysokości 450 [zł/MWh], na podstawie analizy faktur za dostawę energii elektrycznej.

$$\Delta O_{el} = 15,99 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]} - 11,56 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]}$$

$$\Delta O_{el} = 2\,263,73 \text{ [zł]}$$

3.3.1.1. Wskaźnik ekonomiczny opłacalności realizacji zadania

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych oszczędności:

$$SPBT = N / \Delta O_{el}$$

$$SPBT = 23\,328,03 \text{ [zł]} / 2\,263,73 \text{ [zł]} = 10,31 \text{ roku (WARIANT 1)}$$

3.3.2. Wymiana oświetlenia świetlówkowego liniowego na oświetlenie LED :

$$\Delta E_{el} = 5\,796 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]} - 4\,530 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]}$$

$$\Delta E_{el} = 3,16 \text{ [MWh]}$$

$$\Delta E_{el} [\%] = \Delta E_{el} / E_{el1} \times 100\%$$

$$\Delta E_{el} [\%] = 3,16 / 14,49 \times 100 [\%] = 21,81 [\%]$$

W celu określenia przewidywanych rocznych oszczędności kosztów energii oświetlenia w budynku należy skorzystać ze wzoru:

$$\Delta O_{el} = E_{e11} \times O_{z1} - E_{e12} \times O_{z2}, \text{ gdzie:}$$

O_{z1} , O_{z2} – średnioroczna cena energii elektrycznej, przed i po modernizacji [zł/MWh].
Średnioroczna cena energii elektrycznej ustalona została w wysokości 450 [zł/MWh], na podstawie analizy faktur za dostawę energii elektrycznej.

$$\Delta O_{el} = 14,49 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]} - 11,33 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]},$$

$$\Delta O_{el} = 1\,614,76 \text{ [zł]}.$$

3.3.2.1. Wskaźnik ekonomiczny opłacalności realizacji zadania

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych oszczędności:

$$SPBT = N / \Delta O_{el}$$

$$SPBT = 22\,982,64 \text{ [zł]} / 1\,614,76 \text{ [zł]} = 14,23 \text{ roku (WARIANT 2)}$$

3.3.3. Wymiana oświetlenia żarówkowego żarnikowego na oświetlenie LED :

$$\Delta E_{el} = 600 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]} - 95 \times 10^{-6} \text{ [MW]} \times 2500 \text{ [h]}$$

$$\Delta E_{el} = 1,26 \text{ [MWh]}$$

$$\Delta E_{el} [\%] = \Delta E_{el} / E_{el1} \times 100\%$$

$$\Delta E_{el} [\%] = 1,26 / 1,50 \times 100 [\%] = 84,00 [\%]$$

W celu określenia przewidywanych rocznych oszczędności kosztów energii oświetlenia w budynku należy skorzystać ze wzoru:

$$\Delta O_{el} = E_{el1} \times O_{z1} - E_{el2} \times O_{z2}, \text{ gdzie:}$$

O_{z1} , O_{z2} – średnioroczna cena energii elektrycznej, przed i po modernizacji [zł/MWh].
Średnioroczna cena energii elektrycznej ustalona została w wysokości 450 [zł/MWh], na podstawie analizy faktur za dostawę energii elektrycznej.

$$\Delta O_{el} = 1,50 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]} - 0,24 \text{ [MWh]} \times 511,00 \text{ [zł/MWh]}$$

$$\Delta O_{el} = 643,86 \text{ [zł]}$$

3.3.3.1. Wskaźnik ekonomiczny opłacalności realizacji zadania

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych oszczędności:

$$SPBT = N / \Delta O_{el}$$

$$SPBT = 345,40 \text{ [zł]} / 643,86 \text{ [zł]} = 0,53 \text{ roku (WARIANT 3)}$$

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

4.1 Opis i ocena zaproponowanego przedsięwzięcia ograniczającego zużycie energii na potrzeby oświetlenia wnętrza.

Przeprowadzony audyt oświetlenia wnętrza miał na celu inwentaryzację stanu obecnego, wskazanie możliwości jego poprawy przy wykorzystaniu środków zewnętrznych oraz oszacowanie kosztów realizacji zadania i możliwych do osiągnięcia oszczędności.

W budynku zinwentaryzowano :

- 10 żarówek tradycyjnych o mocy 60 [W],
- 113 świetlówek liniowych o mocy 36 [W],
- 96 świetlówek liniowych o mocy 18 [W],

o łącznej mocy 6 396 [W].

Po dokonaniu analizy możliwości pozyskania źródeł finansowania zewnętrznego zaproponowano wymianę punktów świetlnych bez ingerencji w sieć przewodów, włączniki i tablice zabezpieczające z uwagi na to, że koszty realizacji tych prac traktowane są przez donatorów jako niekwalifikowane.

Szacunkowe oszczędności powstałe w wyniku realizacji zadania polegającego na modernizacji oświetlenia wewnętrznego w budynku Urzędu Miasta w Wąchocku przedstawiono w tabeli nr 6.

Tab. nr 6 – szacunkowe oszczędności

Modernizacja	Oszczędności energii finalnej [MWh]	Oszczędności energii finalnej [%]	Oszczędności kosztów energii finalnej [zł]	Oszczędności kosztów energii finalnej [%]	SPBT [rok]	Wariant
Całe oświetlenie wewnętrzne (świetłowe liniowe i żarówkowe - wolframowe)	4,43	27,70	2 263,73	27,70	10,31	1
Tylko oświetlenie świetłowe liniowe	3,16	21,81	1 614,76	21,81	14,23	2
Tylko oświetlenie żarówkowe - wolframowe	1,26	84,00	643,86	84,00	0,53	3

Modernizacja	Oszczędności energii pierwotnej [MWh]	Szacowana redukcja emisji CO ₂ do atmosfery po wymianie oświetlenia Mg CO ₂ /rok	Wariant
Całe oświetlenie wewnętrzne (świetlówkowe liniowe i żarówkowe - wolframowe)	13,29	3,60	1
Tylko oświetlenie świetlówkowe liniowe	9,48	2,56	2
Tylko oświetlenie żarówkowe - wolframowe	3,78	1,02	3

Najbardziej korzystnym działaniem modernizacyjnym oświetlenia wewnętrznego budynku Urzędu Miasta w Wąchocku biorąc pod uwagę oszczędności energii elektrycznej oraz oszczędność kosztów energii elektrycznej i prosty czas zwrotu nakładów SPBT jest wariant nr 1, który kwalifikuje przedsięwzięcie jako ekonomicznie uzasadnione.

Efektem środowiskowym będzie zmniejszenie emisji substancji szkodliwych, zaś efektem społecznym poprawa warunków pracy osób zatrudnionych i innych przebywających w audytowanym budynku.

4.2. Dalsze działania inwestora

Dalsze działania inwestora obejmują:

1. Złożenie wniosku kredytowego i podpisanie umowy kredytowej lub złożenie odpowiedniego wniosku do instytucji finansujących,
2. Zawarcie umów z dostawcami,
3. Realizacja robót i odbiór techniczny,
4. Ocena rezultatów przedsięwzięcia (po pierwszym roku).