

AUDYT OŚWIETLENIA ULICZNEGO

ADRES OBIEKTU: **TEREN GMINY KOŚCIERZYNA**

ZAMAWIAJĄCY: **URZĄD GMINY KOŚCIERZYNA**
ul. Strzelecka 9,
83-400 Kościerzyna

PROJEKTOWAŁ: **mgr inż. Rafał Gruchała-Węsierski**
nr uprawnień POM/0169/PWBE/17

DATA: **08.05.2023 r.**

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	2
I. Część opisowa	4
1. Podstawa opracowania	4
2. Cel audytu.....	4
3. Zakres opracowania	4
4. Podstawa prawna.....	5
5. Inwentaryzacja	5
6. Modernizacja.....	7
6.1. Założenia	7
6.2. Dobór klas oświetlenia.....	7
6.3. Dobór opraw	10
6.4. Wymagania dla ofert równoważnych	11
6.5. Parametry techniczno-użytkowe, jakimi powinny się charakteryzować równoważne oprawy drogowe w technologii LED.....	12
6.6. Wymagane dokumenty potwierdzające równoważność opraw.	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.
6.7. Warianty modernizacji.....	16
II. Obliczenia	17
1. Analiza energetyczna.....	17
1.1. Zużycie energii elektrycznej opraw z zakresu audytu.....	17
1.2. Analiza obliczeń.....	19
2. Analiza finansowa.....	20
2.1. Koszt energii elektrycznej	20
3. Analiza redukcji emisji szkodliwych gazów	20

4. Analiza porównawcza przedstawionych wariantów	22
III. Załączniki	24

I. Część opisowa

1. Podstawa opracowania

Niniejszy audyt opracowano na podstawie:

- Zlecenia Urzędu Gminy Kościerzyna,
- Normy PN-EN 13201 Oświetlenie Dróg,
- Inwentaryzacji sieci oświetleniowej w terenie,
- Ustaleń z Zamawiającym.

2. Cel audytu

Celem audytu oświetlenia ulicznego w gminie Kościerzyna jest analiza efektywności energetycznej dla ww. inwestycji.

3. Zakres opracowania

Do zakresu audytu oświetlenia ulicznego w gminy Kościerzyna, wskazano 339 opraw oświetleniowych.

W zakres audytu wchodzi:

- Inwentaryzacja sieci oświetleniowej,
- Dobór klas oświetlenia ulicznego dla wszystkich sytuacji objętych modernizacją,
- Dobór opraw dla ww. sytuacji,
- Wskazanie zakresu redukcji oświetlenia,
- Obliczenia związane z audytem: mocy zainstalowanej, zużycia energii elektrycznej i jej kosztów przed i po modernizacji, efektu redukcji emisji gazów w Mg CO₂/rok,
- Analiza obliczeń: mocy zainstalowanej, zużycia energii elektrycznej i jej kosztów przed i po modernizacji,
- Wskazanie czasu zwrotu inwestycji.

4. Podstawa prawna

Audyt oświetlenia Gminy Kościerzyna wykonano w oparciu o normy zawierającą wytyczne do projektowania oświetlenia:

PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02 Oświetlenie dróg – Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia

PN-EN 13201-2:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 2: Wymagania eksploatacyjne

PN-EN 13201-3:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 3: Obliczenia parametrów oświetleniowych

PN-EN 13201-4:2016-03 Oświetlenie dróg – Część 4: Metody pomiaru efektywności oświetlenia

Rozporządzenie Ministra Energii w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii

Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie

Powyższe normy umożliwiają dobór odpowiedniej klasy oświetleniowej dla dróg i chodników. Najpopularniejsze klasy oświetleniowe dzielimy na:

- **M** – klasa oświetlenia stosowana dla dróg, których użytkownikami są kierowcy pojazdów silnikowych na trasach z prędkościami od średnich do dużych.
- **C** – klasa oświetlenia stosowana dla dróg i innych powierzchni (np. chodnik), których użytkownikami są kierowcy pojazdów silnikowych oraz inni użytkownicy w strefach konfliktowych, np. skrzyżowania o dużym stopniu złożoności, ulice handlowe etc.
- **P** – klasa przeznaczona dla pieszych i rowerzystów znajdujących się na chodnikach, drogach rowerowych oraz dla dróg osiedlowych itp.

5. Inwentaryzacja

Inwentaryzacja stanu istniejącego została opracowana na podstawie zestawień istniejącego oświetlenia ulicznego oraz map GIS. Podczas wizji lokalnej w terenie zebrano informacje dotyczące dróg, chodników, ścieżek rowerowych, parkingów, pasów zieleni

i innych oraz parametrów słupów, takich jak odległości między słupami i odległości między słupami a krawędzią jezdni.

Dokonano inwentaryzacji łącznie 339 szt. opraw oświetleniowych, 75 szt. powiązanych z majątkiem Energa Oświetlenie Sp. z o.o. oraz 264 szt. będących majątkiem Urzędu Gminy Kościerzyna.

Podlegające modernizacji oprawy to oprawy sodowe drogowe.

Na terenie Gminy Kościerzyna przeważa oświetlenie wykorzystujące wysokoprężne sodowe źródła światła o średniej mocy 100,4 W. Jako moc pojedynczej lampy przyjęto sumę mocy lampy i strat na stateczniku elektromagnetycznym, wg poniższego zestawienia i ogólnej zasady moc układu = 115% mocy źródła:

MOC ŹRÓDŁA	MOC UKŁADU
70,00	83,00
100,00	115,00
150,00	168,00
250,00	275,00
400,00	428,00

Na podstawie powyższych danych obliczono łączną moc zainstalowaną.

Poniżej zestawienie opraw podlegających inwentaryzacji:

Typ oprawy	Moc źródła [W]	Moc układu [W]	Liczba opraw [szt.]	Suma mocy opraw [W]
Sodowa	70	83	239	19837
Sodowa	100	115	49	5635
Sodowa	150	168	51	8568
RAZEM			339	34040

Szczegółowe zestawienie inwentaryzacyjne opraw wchodzących w zakres audytu znajduje się w Załączniku nr 1.

Łączna moc zainstalowana inwentaryzowanego oświetlenia wynosi 34,04 kW. Łączna moc zainstalowana oświetlenia podlegającego modernizacji wynosi 34,04 kW.

Na terenie gminy Kościerzyna występują sytuacje, gdzie oprawy oświetleniowe są umieszczone na słupach linii napowietrznych, na słupach linii kablowych oraz na budynku. Oprawy zostały przypisane do konkretnych sytuacji drogowych zgodnie z tabelą w punkcie 6.2.

6. Modernizacja

6.1. Założenia

Na podstawie Inwentaryzacji, dla wymienianych opraw dokonano doboru klas oświetlenia ulicznego dla wszystkich sytuacji objętych ww. modernizacją.

6.2. Dobór klas oświetlenia

Na podstawie zebranych wcześniej informacji oraz wizji w terenie, przyjęto 11 sytuacji, dla których dobrano odpowiednie klasy oświetlenia, zgodnie z poniższą tabelą.

NUMER SYTUACJI	PRZYJĘTA MINIMALNA KLASA OŚWIETLENIA	NUMER MAPY
		1
		3
		5
		6
		7
		8
		11
		12
		13
		14
		15
		16
		17
		18
		19
		21
		22
		23
		24
		25
		26
		27
1	Jezdnia P3	28
		29
		30
		31
		33
		34
		35
		37
		38
		39
		43
		44
		45
		46
		47
		48
		49
		50
		52
		53
		54
		55

		56
		58
		60
		61
		62
		63
		64
2	Jezdnia P3	1
		7
		9
		10
		12
		18
		22
		23
		24
		25
		29
		30
		32
		33
		37
		39
		40
		42
		43
		53
56		
57		
59		
61		
62		
64		
3	Jezdnia P3	23
		25
4	Jezdnia P3	14
		18
		41
5	Chodnik P3 Jezdnia C5	11
		18
		19
		20
		35
		61

6	Jezdnia C5	4
		30
7	Jezdnia C5 Chodnik P4	21
8	Chodnik P4 Jezdnia C5 Chodnik P5	51
9	Jezdnia C5	26
		44
10	Chodnik P3 Jezdnia C3 Pas Postoju Chodnik P3	29
		30
11	Jezdnia C3	31

Mapki z przypisanymi sytuacjami drogowymi znajdują się w Załączniku nr 2.

6.3. Dobór opraw

Ze względu na zmniejszenie kosztów eksploatacji oraz podniesienie parametrów światła – projektowane jest zastosowanie opraw ze źródłami światła LED.

L.p.	OPRAWY ISTNIEJĄCE		OPRAWY PROJEKTOWANE			
	LICZBA (SZT.)	ŁĄCZNA MOC (W)	TYP OPRAWY	LICZBA (SZT.)	MOC (W)	ŁĄCZNA MOC (W)
1	201	17770	1	201	39	7839
2	54	4770	2	54	45,5	2457
3	3	249	3	3	39	117
4	5	415	4	5	39	195
5	9	896	5	9	45,5	409,5
6	15	1597	6	15	39	585
7	2	198	7	2	39	78
8	1	83	8	1	39	39
9	2	166	9	2	60	120
10	29	4872	10	29	80	2320
11	18	3024	11	18	58	1044
Suma końcowa	339	34040		339		15203,5

Łączna moc modernizowanych (wymienianych) opraw – stan istniejący – wynosi 34,04 kW.
Łączna moc projektowanych, zmodernizowanych opraw wynosi 15,20 kW.

Moc opraw projektowanych stanowi 44,7% mocy opraw istniejących. Daje to **55,3%** oszczędności na poborze mocy.

W kolejnym rozdziale omówiono warianty modernizacji.

Obliczenia fotometryczne przedstawiono w Załączniku nr 3.

6.4. Wymagania dla ofert równoważnych

Wykonawcy składający ofertę równoważną muszą wykazać, że oferowane przez niego rozwiązanie spełnia wymagania określone przez Zamawiającego:

1. W przypadku zastosowania innych opraw oświetleniowych niż przyjęte w dokumentacji programowej należy wykazać, że oprawy oświetleniowe przyjęte w projekcie równoważnym gwarantują wartości parametrów oświetleniowych na poziomie nie mniejszym niż wyliczone w dokumentacji Zamawiającego. Dla wyliczeń należy przyjmować:

1) Strumień świetlny w wielkości identycznej jak w dokumentacji Zamawiającego

2) Pozostałe warunki podane w dokumentacji programowej, tj.:

- parametry drogi, stanowiska,
- luminancję [L1 i L2] lub natężenie w odniesieniu do obserwatora 1 i 2 (tabele rozkładu luminancji i natężenia w formie liczbowej),
- podsumowanie rezultatów obliczeń luminancji i natężenia,
- oślnienie [TI],
- równomierność oświetlenia [Uo i UI]
- współczynnik oświetlenia otoczenia [SR].

2. Ze względu na specyficzną dla opraw oświetleniowych drogowych niepowtarzalność charakterystyk świetlnych zamawiający dopuszcza tolerancje w stosunku do wymaganych dokumentacją programową parametrów oświetleniowych dróg. Tolerancje dla efektu oświetleniowego uzyskanego za pomocą opraw uznawanych za równoważne podane są poniżej:

- a. Luminacja L1 i L2 - nie mniej niż w dokumentach zamawiającego.
- b. Równomierność Uo1 i Uo2 nie mniej niż 5% niż w dokumentach zamawiającego.
- c. Równomierność UI1 i UI2 nie mniej niż 1% niż w dokumentach zamawiającego.
- d. TI nie więcej niż 5 % niż w dokumentach zamawiającego.
- e. SR nie mniej niż 10% w stosunku do wartości w dokumentach zamawiającego.
- f. Kąt zamontowania opraw, jeśli będzie wymagany inny niż w dokumentach zamawiającego, to oprawa musi posiadać możliwości ustawienia go bez konieczności zmiany wysięgnika.

Wykonawca składający ofertę równoważną, w przypadku wygrania przetargu i realizacji zadania, ponosi pełną odpowiedzialność za osiągnięcie efektu modernizacji.

6.5. Parametry techniczno-użytkowe, jakimi powinny się charakteryzować równoważne oprawy drogowe w technologii LED

BUDOWA OPRAWY

- Budowa oprawy: dwukomorowa (termiczne rozdzielanie pomiędzy układem zasilającym, a układem optycznym)
- Materiał korpusu oraz pokrywy: wysokociśnieniowy odlew aluminiowy malowany proszkowo na wybrany kolor z ogólnodostępnej palety
- Wnętrze komory optycznej, komory elektrycznej oraz elementy oprawy (np. pokrywa, uchwyt montażowy) zabezpieczone przed korozją powłoką lakierniczą. Nie dopuszcza się surowego materiału.
- Materiał klosza: Płaskie hartowane szkło
- Stopień odporności klosza na uderzenia mechaniczne: IK09. Wymagany jest raport z badań pochodzący z akredytowanego laboratorium
- Szczelność komory optycznej IP66
- Szczelność komory elektrycznej IP66
- Wymagany jest raport z badań szczelności pochodzący z akredytowanego laboratorium

- Oprawa wyposażona w uniwersalny uchwyt stanowiący integralną część oprawy oraz pozwalający na montaż zarówno na wysięgniku jak i bezpośrednio na słupie. Kąt nachylenia oprawy jest możliwy w zakresie: od -10° do 30° (montaż bezpośredni) lub od -45° do 30° (montaż na wysięgniku). Zmiana sposobu montażu odbywa się bez konieczności zdejmowania oprawy
- Uchwyt montażowy wykonany z odlewu aluminium, malowany proszkowo na ten sam kolor.
- Dostęp do komory osprzętu elektrycznego odbywa się bez użycia narzędzi.
- Oprawa wyposażona w system regulacji ciśnienia wewnątrz oprawy, zapobiegający zjawisku kondensacji pary wodnej w komorze elektrycznej
- Oprawa wykonana w technologii LED, bryła fotometryczna kształtowana za pomocą płaskiej wielosoczewkowej matrycy LED. Każda z soczewek matrycy emituje taką samą krzywą światłości, a całkowity strumień oprawy jest sumą strumieni poszczególnych soczewek
- Temperatura barwowa źródeł światła: $4000K \pm 10\%$
- Oprawy muszą spełniać wymagania normy PN-EN 62471:2010 „Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych”
- Trwałość strumienia światła oprawy mierzona parametrem L90B10 dla temperatury TC = $105^{\circ}C$ min. 100 000h (zgodnie z IES LM-80 TM-21)
- Wartości wskaźnika udziału światła wysyłanego ku górze (ULOR) nie większa niż określona w Rozporządzeniu WE nr 245/2009
- Oprawa przed zasilaczem posiada moduł przyłączeniowy z wbudowanym ogranicznikiem przepięć 10kV. Tworzenie połączeń elektrycznych w obrębie urządzenia odbywa się w sposób beznarzędziowy.
- Układ zasilający umożliwiający zaprogramowanie co najmniej 5-ciu stopni autonomicznej redukcji mocy i strumienia świetlnego bez zewnętrznego sygnału sterującego, zgodnie z ustalonym wcześniej harmonogramem
- Beznarzędziowe podłączenie oprawy do sieci zasilającej

- Oprawa wykonana w II klasie ochronności elektrycznej, znamionowe napięcie zasilania 220-240 V / 50-60 Hz, współczynnik mocy oprawy min. 0,93 dla znamionowego obciążenia
- Zakres temperatury otoczenia podczas pracy oprawy: od -40°C do +50°C
- Oprawa musi być oznakowana znakiem CE oraz posiadać deklarację zgodności
- Oprawa musi posiadać aktualny certyfikat akredytowanego ośrodka badawczego potwierdzający wykonanie wyrobu zgodnie z Normami zharmonizowanymi z Dyrektywą LVD (PN-EN 60598-1/PN-EN 60598-2-3) oraz zachowanie reżimów produkcji i jej powtarzalności, zgodnie z Typem 5 wg ISO/IEC 17067 - certyfikat ENEC lub równoważny
- Oprawa musi posiadać aktualny certyfikat akredytowanego ośrodka badawczego potwierdzający wiarygodność podawanych przez producenta parametrów funkcjonalnych deklarowanych w momencie wprowadzenia wyrobu do obrotu, takich jak: napięcie zasilania, klasa ochronności elektrycznej, pobierana moc, skuteczność świetlna, temperatura barwowa, strumień świetlny - certyfikat ENEC+ lub równoważny
- Oprawa wyposażona w etykietę z kodem QR wraz z dodatkową naklejką do umieszczenia np. we wnęce słupowej i/lub na projekcie. Kod QR poprzez użycie dedykowanej aplikacji umożliwia uzyskanie pełnej charakterystyki oprawy i dostęp do informacji takich jak:
 - parametry fotometryczne, elektryczne oraz mechaniczne
 - dokumentacja oprawy, instrukcja montażu
 - instrukcja serwisowania w przypadku nieprawidłowego działania oprawy oświetleniowej
 - lista części zamiennych wraz z kodami producenta
- Ze względów estetycznych i dla ujednolicenia wyglądu instalacji oświetleniowej wymaga się, aby oprawy danego rodzaju (np. drogowe) o różnych mocach posiadały jednakowy kształt (jedna rodzina opraw) oraz były ujednolicone kształtem do opraw istniejących ledowych zamontowanych na terenie Gminy Kościerzyna.

6.6. Wymogi techniczne dotyczące odbioru robót oświetleniowych.

Nadzór nad realizacją prac i odbiór końcowy odbędą się przy udziale przedstawiciela Gminy Kościerzyna oraz Energa Oświetlenie dla majątku powiązanego.

6.7. Warianty modernizacji

6.7.1. Wariant 1 – nie dotyczy

Wariant 1 zakłada:

- wymianę 339 opraw sodowych na oprawy ze źródłami światła LED,

Moc zainstalowana stanu istniejącego wynosi 34,04 kW. Łączna moc zainstalowana opraw zmodernizowanych wynosi 15,20 kW. Daje to oszczędność rzędu 55,37%, wynikająca z obniżenia mocy zainstalowanej 339 opraw.

6.7.2. Wariant 2 - wymagany

Wariant 2 zakłada:

- wymianę 339 opraw sodowych na oprawy ze źródłami światła LED,
- zastosowanie autonomicznej redukcji mocy w ww. oprawach w godzinach nocnych (23:00-5:00) na poziomie 25%

Redukcja jest zgodna z zaleceniami normy PN-EN 13201 i jest możliwa do zastosowanie ze względu na obniżone natężenie ruchu w godzinach nocnych.

II. Obliczenia

1. Analiza energetyczna

1.1. Zużycie energii elektrycznej opraw z zakresu audytu

Poniżej przedstawiono założenia dla obliczeń związanych ze zużyciem energii elektrycznej:

- roczny czas pracy oświetlenia: 4150 h dla oświetlenia ulicznego, zgodnie z „Rozporządzeniem Ministra Energii w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii”,
- ilość energii po modernizacji uwzględniając redukcję zgodnie z wariantami opisanymi w pkt. 6.7.

Zgodnie z pkt. 6.3, łączna moc modernizowanych (wymienianych) opraw – stan istniejący – wynosi 34,04 kW, natomiast łączna moc projektowanych, zmodernizowanych opraw wynosi 15,20 kW.

Szacowane zużycie energii elektrycznej dla obecnego oświetlenia, przeznaczonego do modernizacji (stan istniejący), 339 opraw, określono wzorem:

$$E_p = M_p \times T_o$$

Gdzie:

E_p – Roczny wolumen energii elektrycznej dla oświetlenia obecnego [kWh],

M_p – moc zainstalowana opraw przed modernizacją [kW],

T_o – przyjęty czas świecenia opraw w roku w ilości 4150 [h].

$$E_p = 34,04 \times 4150 = \mathbf{141\ 266\ kWh}$$

Poniżej przedstawiono 2 warianty zużycia energii, uwzględniające powyższą modernizację, a także oprawy nie wchodzące w część podlegającą wymianie.

1.1.1. Wariant 1

Szacowane zużycie energii elektrycznej dla wariantu 1 określono wzorem:

$$E_1 = M_L \times T_o$$

Gdzie:

E_1 – Roczny wolumen energii elektrycznej dla oświetlenia wariantu I [kWh],

M_L – moc zainstalowana opraw po modernizacji [kW],

T_o – przyjęty czas świecenia opraw w roku w ilości 4150 [h].

$$E_1 = 15,20 \times 4150 = \mathbf{63092 \text{ kWh}}$$

Zapotrzebowanie na energię elektryczną modernizowanych opraw stanowi **44,7%** stanu istniejącego wymienianych opraw.

Daje to **55,3%** oszczędności na poborze mocy w przypadku opraw modernizowanych.

1.1.2. Wariant 2

Szacowane zużycie energii elektrycznej dla wariantu 2 określono wzorem:

$$E_2 = M_L \times 2325 [h] + M_{75} \times 1825 [h]$$

Gdzie:

E_2 – Roczny wolumen energii elektrycznej dla oświetlenia wariantu 2 [kWh],

M_L – moc zainstalowana opraw po modernizacji [kW],

M_{75} – moc zainstalowana opraw po modernizacji (wymianie) [kW] z redukcją 25%,

Szacowane zużycie energii elektrycznej dla wariantu 2 wynosi:

$$E_2 = 15,20 \times 2325 [h] + 15,20 \times 0,75 \times 1825 [h] = \mathbf{56 \ 156 \text{ kWh}}$$

Zapotrzebowanie na energię elektryczną modernizowanych opraw, uwzględniając redukcję mocy, stanowi **39,8%** stanu istniejącego wymienianych opraw.

Daje to **60,2%** oszczędności na poborze mocy w przypadku opraw modernizowanych, z redukcją mocy.

1.2. Analiza obliczeń

Poniższa tabela przedstawia porównanie zużycia energii dla wariantów 1, 2 audytu.

WARIANT	ŚREDNIOROCZNE ZUZYCIE ENERGII STAN ISTNIEJĄCY [kWh]	ŚREDNIOROCZNE ZUZYCIE ENERGII DLA WARIANTU [kWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII DLA WARIANTU [kWh]	WARTOŚĆ PROCENTOWA OSZCZĘDNOŚCI [%]
WARIANT 1	141 266	63 092	78 174	55,3%
WARIANT 2	141 266	56 145	85 121	60,2%

2. Analiza finansowa

2.1. Koszt energii elektrycznej

Poniżej przedstawiono przyjęte założenia dla obliczeń związanych z kosztem energii elektrycznej:

- koszt zakupu energii elektrycznej w części obrotowej 790 zł/MWh netto jako średnią cenę spodziewaną na rynku,

Obliczenia wykonano dla szacowanego rocznego kosztu energii elektrycznej dla części zależnej od ilości energii elektrycznej.

3. Analiza redukcji emisji szkodliwych gazów

Poniżej obliczono redukcje emisji szkodliwych gazów: CO₂, SO₂, NO_x, CO, TSP dla wariantów 1, 2. Wskaźniki emisji dla ww. gazów zostały przyjęte z materiałów opublikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami KOBIZE, opublikowanych w grudniu 2022 (za rok 2021).

WSKAŹNIK	WARTOŚĆ WSKAŹNIKA [kg/MWh]
CO ₂	708
SO ₂	0,505
NO _x	0,505
CO	0,237
TSP	0,022

OŚWIETLENIE	WSKAŹNIK [Mg CO ₂ /MWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ [MWh]	WIELKOŚĆ REDUKCJI CO ₂ [Mg]
WARIANT 1	0,708	78,174	55,35
WARIANT 2	0,708	85,11	60,26

OŚWIETLENIE	WSKAŹNIK [Mg SO ₂ /MWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ [MWh]	WIELKOŚĆ REDUKCJI SO ₂ [Mg]
WARIANT 1	0,000505	78,174	0,04
WARIANT 2	0,000505	85,11	0,04

OŚWIETLENIE	WSKAŹNIK [Mg NO _x /MWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ [MWh]	WIELKOŚĆ REDUKCJI NO _x [Mg]
WARIANT 1	0,000505	78,174	0,04
WARIANT 2	0,000505	85,11	0,04

OŚWIETLENIE	WSKAŹNIK [Mg CO/MWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ [MWh]	WIELKOŚĆ REDUKCJI CO [Mg]
WARIANT 1	0,000237	78,174	0,02
WARIANT 2	0,000237	85,11	0,02

OŚWIETLENIE	WSKAŹNIK [Mg TSP/MWh]	ŚREDNIOROCZNA OSZCZĘDNOŚĆ [MWh]	WIELKOŚĆ REDUKCJI TSP [Mg]
WARIANT 1	0,000022	78,174	0
WARIANT 2	0,000022	85,11	0

Wielkość redukcji CO₂, SO₂, NO_x, CO, TSP jest zależna od oszczędności wynikających z modernizacji i redukcji mocy, stąd najlepsze wyniki uzyskuje wariant 2.

4. Analiza porównawcza przedstawionych wariantów

Poniższa tabela stanowi porównanie głównych współczynników i wielkości obliczeniowych dla analizowanych wariantów modernizacji.

WIELKOŚĆ	WARIANT 1	WARIANT 2
WARTOŚĆ PROCENTOWA OSZCZĘDNOŚCI	55,3%	60,2%
ROI W OKRESIE ROCZNYM	0,212	0,213
OKRES ZWROTU Z INWESTYCJI W LATACH	4,73	4,69
WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI CO ₂ [Mg]	55,35	60,26
WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI SO ₂ [Mg]	0,04	0,04
WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI NO _x [Mg]	0,04	0,04
WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI CO [Mg]	0,02	0,02
WIELKOŚĆ REDUKCJI EMISJI TSP [Mg]	0,00	0,00

Powyższa analiza wykazuje, że najkorzystniejszą wersją jest wariant 2, zarówno jeśli chodzi o roczną redukcję kosztów i czas zwrotu Inwestycji, jak i redukcję CO₂, SO₂, NO_x, CO, TSP.

Reasumując, rekomendowany wariant 2 zakłada:

- wymianę 339 opraw sodowych na oprawy ze źródłami światła LED – **skutkujące obniżeniem łącznej mocy zainstalowanej i średniorocznego zużycia energii elektrycznej,**
- zastosowanie autonomicznej redukcji mocy w oprawach z zakresu audytu w godzinach nocnych (23:00-5:00) na poziomie 25% – **obniżenie średniorocznego zużycia energii elektrycznej,**

Obniżenie łącznej mocy zainstalowanej oraz zastosowanie autonomicznej redukcji nocnej dla opraw LED – skutkuje obniżeniem średniorocznego zużycia energii elektrycznej i tym samym przyczynia się do obniżenia kosztów energii elektrycznej.

Czas zwrotu Inwestycji szacuje się na około 4 lata i 8 miesięcy.

III. Załączniki

Załącznik nr 1. Zestawienie inwentaryzacji oświetlenia i dobranych opraw.

Załącznik nr 2. Mapy z lokalizacją opraw do wymiany.

Załącznik nr 3. Obliczenia fotometryczne.