

# AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

## GMINA ZAWONIA



Sporządzony "Audyt powinien być wykonany zgodnie z obowiązującymi przepisami, w tym z ustawą Rozporządzenie Ministra Energii z dn. 5.10.2017 w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii."

Kwiecień 2024 rok

## Spis treści

1.	Wstęp:.....	2
2.	Cele Audytu: .....	2
2.1.	Analiza Efektywności Energetycznej:.....	2
2.2.	Zgodności z Normami i Standardami:.....	2
2.2.1.	Analiza pod kątem niekorzystnych zjawisk:.....	2
2.2.2.	Analiza oświetlenia drogowego wg PN-EN 13201:2016 .....	3
2.3.	Wpływ na Środowisko .....	7
2.4.	Inwentaryzacja.....	7
3.	Analiza Obecnej Infrastruktury:.....	8
3.1.	Analiza ogólna .....	8
3.2.	Ogólny Stan Słupów:.....	9
3.3.	Ogólny stan opraw oświetleniowych.....	9
3.4.	Klasy Dróg .....	10
3.5.	Analiza zużycia energii elektrycznej.....	11
3.6.	Analiza Ekologiczna.....	13
3.7.	Analiza – podsumowanie zbiorcze.....	14
3.8.	Analiza kosztów .....	14
3.9.	Inwentaryzacja punktów sterujących: .....	15
3.10.	Propozycja nowych punktów świetlnych .....	16
3.11.	Analiza Kosztów: .....	16
4.	Propozycje Działań:.....	17
4.1.	Efektywność Energetyczna: .....	17
4.1.1.	Zastosowanie technologii LED w celu zwiększenia efektywności energetycznej. ....	17
4.2.	System sterowania.....	21
5.	Aspekty Cyberbezpieczeństwa: .....	23

## 1. Wstęp:

W obliczu globalnych wyzwań związanych z ochroną środowiska, Unia Europejska dąży do redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz promuje efektywne wykorzystanie energii. Polska, jako kraj plasujący się na 21. pozycji w rankingu producentów CO<sub>2</sub>, staje przed koniecznością zrównoważonego rozwoju sektora energetycznego. Samorządy miast i gmin odgrywają kluczową rolę w tym kontekście, zwłaszcza w obszarze oświetlenia publicznego, będącego jednym z głównych konsumentów energii. Niniejszy audyt energetyczny ma na celu dokładną analizę i ocenę obecnej infrastruktury oświetlenia drogowego w Gminie Zawonia, uwzględniając zarówno aspekty techniczne, jak i ekonomiczne, ekologiczne oraz społeczne.

## 2. Cele Audytu:

### 2.1. Analiza Efektywności Energetycznej:

- Badanie zużycia energii elektrycznej przez obecne oświetlenie drogowe.
- Wskazanie obszarów, gdzie można wprowadzić poprawy w efektywności energetycznej.
- Analiza możliwości zastosowania nowoczesnych technologii LED oraz inteligentnych systemów zarządzania oświetleniem.

### 2.2. Zgodności z Normami i Standardami:

#### 2.2.1. Analiza pod kątem niekorzystnych zjawisk:

"Light Pollution" (zanieczyszczenie świetlne) to zjawisko, które obejmuje nadmierną ilość sztucznego światła w środowisku zewnętrznym, prowadzącą do zakłóceń naturalnych nocnych ciemności. To zjawisko ma wpływ na astronomiczne obserwacje, zdrowie ludzi, ekosystemy oraz może być szczególnie zauważalne w kontekście oświetlenia drogowego.

Zjawisko "Light Pollution" wpływa również na życie dzikich zwierząt i ekosystemy. Nocne światło może wpływać na cykle życiowe i migracje zwierząt, wprowadzając zakłócenia w ich naturalne środowisko, oraz może być uważany za zanieczyszczenie wizualne. Miejsca, które kiedyś były oazą ciemności nocnej, stają się jasne i tracą swoje pierwotne piękno, co wpływa na doznania estetyczne mieszkańców.

Poniżej przedstawiono, w jaki sposób oświetlenie drogowe może przyczynić się do "Light Pollution".

Nadmierna Iluminacja:

- Oświetlenie drogowe często prowadzi do nadmiernego oświetlenia obszarów otaczających drogi. Jeśli ilość światła jest większa niż wymagana do zapewnienia bezpieczeństwa, może to powodować rozproszenie światła na niebo i okoliczne obszary, przyczyniając się do zanieczyszczenia świetlnego.

Rozpraszanie Światła:

- Nieprawidłowo zaprojektowane lub nieskierowane oprawy oświetleniowe mogą powodować rozpraszanie światła w różne kierunki, w tym w górę. To zjawisko, zwane również "skyglow", sprawia, że światło rozchodzi się na niebie, uniemożliwiając obserwacje astronomiczne i zaciemniając nocne niebo.

Blask i Olśnienie:

- Blask i olśnienie związane z intensywnym oświetleniem drogowym mogą mieć wpływ na komfort wzrokowy kierowców i pieszych. Jednakże, jeśli nie jest właściwie kontrolowany, może to prowadzić do nadmiernego oświetlenia obszarów poza drogą, wpływając na zdolność widzenia w ciemności.

### 2.2.2. Analiza oświetlenia drogowego wg PN-EN 13201:2016

Norma PN-EN 13201:2016 dotyczy oświetlenia dróg dla ruchu drogowego i jest stosowana w celu zapewnienia odpowiednich warunków widoczności oraz bezpieczeństwa na drogach w nocy.

Kategorie dróg, zdefiniowane w normie PN-EN 13201:2016, są kluczowym elementem klasyfikacji oświetlenia drogowego, ponieważ różne rodzaje dróg mają różne wymagania dotyczące oświetlenia, zależne od rodzaju ruchu, prędkości, obszarów przyległych i innych czynników. Poniżej znajdziesz opis kilku podstawowych kategorii dróg, które są uwzględnione w normie:

M – ruch pojazdów silnikowych szczególnie trasy komunikacyjne o średniej i wysokiej prędkości ruchu, gdzie stosowane są kryteria luminancji, odpowiednik dawnej klasy ME, w którym podniesiono wymogi dotyczące równomierności oraz oświetlenia poboczy

Klasa	Luminancja jezdni przy suchej drodze			Olśnienie przeszkadzające	Oświetlenie poboczy
	$\bar{L}$ [eksploatacyjne minimum] - cd/m <sup>2</sup>	$U_o$ [minimum]	$U_l$ [minimum]	$T_l$ [maksimum] - %	$REI$ [minimum]
M1	2	0,4	0,7	10	0.35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0.35
M3	1	0,4	0,6	15	0.30
M4	0,75	0,4	0,6	15	0.30
M5	0,5	0,35	0,4	15	0.30
M6	0,3	0,35	0,4	20	0.30

$\bar{L}$  – średnia luminancja,  $U_o$  – równomierność ogólna,  $U_l$  – równomierność wzdłużna luminancji jezdni,  $T_l$  – przyrost wartości progowej kontrastu

C – obszary konfliktowe: strefy ruchu wspólnego dla pojazdów i innych użytkowników drogi, skrzyżowania, strefy zmiany geometrii drogi jak skrzyżowania i ronda oraz drogi o zwiększonym prawdopodobieństwie kolizji jak aleje przysklepowe, przejścia podziemne czy ścieżki pieszo-rowerowe, odpowiednik dawnej klasy CE.

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia	
	$\bar{E}$ [eksploatacyjne minimum] lx	$U_o$ [minimum]
C0	50	0.40
C1	30	0.40
C2	20	0.40
C3	15	0.40
C4	10	0.40
C5	7.5	0.40

$\bar{E}$  – średnie natężenie,  $U_o$  – równomierność ogólna.

P – ruch pieszy i rowerowy poruszający się dedykowanymi drogami leżącymi oddzielnie – odseparowanymi od głównego ruchu oraz do dróg mieszkalnych, odpowiednik dawnej klasy S.

Klasa	Poziome natężenie oświetlenia		Dodatkowe kryteria rozpoznawania twarzy	
	$\bar{E}$ [eksploatacyjne minimum] lx	$E_{min}$ [eksploatacyjne] lx	$E_{vmin}$ [eksploatacyjne] lx	$E_{scmin}$ [eksploatacyjne] lx
P1	15.0	3.0	5.0	5.0
P2	10.0	2.0	3.0	2.0
P3	7.5	1.5	2.5	1.5
P4	5.0	1.0	1.5	1.0
P5	3.0	0.6	1.0	0.6
P6	2.0	0.4	0.6	0.2
P7	nie określa się	nie określa się		

$\bar{E}$  – średnie natężenie,  $E_{min}$  – natężenie minimalne,  $E_{vmin}$  – najmniejsze natężenie pionowe,  $E_{scmin}$  – najmniejsze natężenie półcyldryczne.

HS – klasa dodatkowa dla pieszych i rowerzystów równorzędna z klasą P, biorąca pod uwagę kryteria oświetlenia półsferycznego, odpowiednik dawnej klasy, A w którym zmniejszono ilość poziomów z 6 do 4.

Klasa	Półsferyczne natężenie oświetlenia	
	$\bar{E}_{hs}$ [eksploatacyjne minimum] lx	$U_o$ [minimum]
HS1	5.0	0.15
HS2	2.5	0.15
HS3	1.0	0.15
HS4	nie określa się	nie określa się

$\bar{E}_{hs}$  – średnie natężenie półsferyczne,  $U_o$  – równomierność ogólna.

SC – klasa dodatkowa, dla sytuacji w których jest potrzeba identyfikacji twarzy osób lub poprawy poczucia bezpieczeństwa, liczona/mierzona na wysokości 1.5m, odpowiednik dawnej klasy ES.

Klasa	Półcyldryczne natężenie oświetlenia
	$\bar{E}_{scmin}$ [eksploatacyjne] lx
SC1	10.0
SC2	7.50
SC3	5.00
SC4	3.00
SC5	2.00
SC6	1.50
SC7	1.00
SC8	0.75
SC9	0.50

$\bar{E}_{scmin}$  – średnie minimalne natężenie półcyldryczne.

EV – klasa dodatkowa, stosowana w miejscach, w których musi być zapewniona dodatkowo widoczność powierzchni pionowych, liczona/mierzona na wysokości 1.5m, odpowiednik dawnej klasy EV.

Klasa	Półcyldryczne natężenie oświetlenia
	$\bar{E}_{vmin}$ [eksploatacyjne] lx
EV1	50.0
EV2	30.00
EV3	10.00
EV4	7.50
EV5	5.00
EV6	0.50

$\bar{E}_{vmin}$  – średnie minimalne natężenie półcyldryczne.

PC – klasa uzupełniająca wg. rekomendacji ministra, dedykowana szczególnej strefie konfliktowej – przejść dla pieszych.

Klasa	Płaszczyzna pionowa		Płaszczyzna pozioma	
	$\bar{E}_v$ [eksploatacyjne minimum] lx	$U_{ov}$ [minimum]	$\bar{E}_h$ [eksploatacyjne minimum] lx	$U_{oh}$ [minimum]
PC1	75	0.35	75	0.4
PC2	50	0.35	50	0.4
PC3	35	0.35	35	0.4
PC4	25	0.35	25	0.4
PC5	15	0.35	15	0.4

$\bar{E}_v$  – średnie natężenie pionowe w osi przejścia,  $\bar{E}_h$  – średnie natężenie poziome,  $U_o$  – równomierność natężenia w danej osi.

Metody wyznaczania klas typu M oraz P

Klasę dróg wyznacza się wg poniższej tabeli. Sumuje się wszystkie punkty z kolumny „Waga”, i ten wynik oznacza numer klasy „M”, no klasa nr M3

Klasa M				
Parametr	Opcje	Opis		Waga
Prędkość	Bardzo wysoka	≥ 100 km/h		2
	Wysoka	70-100km/h		1
	Śrenia	40-70km/h		-1
	Niska	≤ 40 km/h		-2
Natężenie ruchu		autostrady i wielojezdniowe	dwujezdniowe	
	Wysokie	>65% max. przepust.	> 45% max. przepust.	1
	Średnie	35%-65% max. przepust.	15%-45% max. przepust.	0
	Niskie	<35% max. przepust.	<15% max. przepust.	-1
Rodzaj ruchu	Mieszany z wysokim % niezmotoryzowanych			2
	Mieszany ze średnim % niezmotoryzowanych			1
	Tylko zmotoryzowani			0
Rozdział jezdni	Nie			1
	Tak			0
Gęstość skrzyżowań		Skrzyżowania /km	il. rozjazdów, wiaduktów/km	
	wysokie	ponad 3	ponad 3	1
	średnie	do 3	do 3	0
Zaparkowane pojazdy	Obecne			1
	Brak			0
Luminancja otoczenia	Wysoka	miejsca publiczne, centra handlowe i		1
	Średnia	normalne		0
	Niska			-1
Nawigacja	Bardzo trudna			2
	Trudna			1
	Łatwa			0
SUMA:				
Wyznaczona główna klasa M:				

Klasę drogi typu P wyznacza się analogicznie jak dla klasy M, ale wg poniższej tabeli.

Klasa P			
Parametr	Opcje	Opis	Waga
Prędkość ruchu	Niska	≤40 km/h	1
	Bardzo niska	prędkość pieszego	0
Natężenie ruchu	Ruchliwe		1
	Normalne		0
	Spokojne		-1
Rodzaj ruchu	Piesi, rowerzyści i zmotoryzowani		2
	Piesi i zmotoryzowani, albo tylko piesi i cykliści		1
	Tylko piesi albo tylko cykliści		0
Zaparkowane pojazdy	Obecne		1
	Brak		0
Luminancja otoczenia	Wysoka	miejsca publiczne, centra handlowe i sportowe, stacje, magazyny	1
	Średnia	normalne	0
	Niska		-1
Rozpoznanie trwarzy	Wymagane		dodatkowe wymagania
	Nie wymagane		brak wymagań
SUMA:			
Wyznaczona główna klasa P:			

### 2.3. Wpływ na Środowisko

- Przeprowadzenie analizy wpływu obecnej infrastruktury oświetleniowej na środowisko, ze szczególnym uwzględnieniem emisji CO<sub>2</sub>.

### 2.4. Inwentaryzacja.

Przeprowadzenie szczegółowej analizy technicznej mającej na celu dokładne zidentyfikowanie i ocenę istniejącej infrastruktury oświetleniowej z uwzględnieniem:

- Georeferencji i Kartografii:

Zastosowanie technik georeferencjonowania do precyzyjnego określenia współrzędnych geograficznych każdej oprawy oświetleniowej.

Wykorzystanie systemów informacji geograficznej (GIS) do stworzenia mapy, na której uwzględnione są lokalizacje opraw, typy słupów oraz inne istotne elementy infrastruktury.

- Charakterystyki Technicznej Opraw:

Dokładna kategoryzacja techniczna opraw, w tym parametry elektryczne, rodzaj źródła światła inne dane charakterystyczne



Ustalanie mocy opraw oraz zastosowanych technologii oświetleniowych.

Oraz dodatkowo, Pomiar szerokości dróg i chodników objętych oświetleniem, ilość opraw na jednym słupie, długość wysięgnika.

### 3. Analiza Obecnej Infrastruktury:

#### 3.1. Analiza ogólna

Na dzień inwentaryzacji, stan oświetlenia ulicznego w Gminie Zawonia został dokładnie określony poprzez analizę danych zebranych w wyniku inwentaryzacji z wykorzystaniem metody geoinformatycznej na przełomie 2023/2024 roku. Większość obszarów, szczególnie te zabudowane, są oświetlone, ale stwierdzono brak poprawnego oświetlenia niektórych ulic oraz niektórych nowo wybudowanych osiedli, przejść dla pieszych. Stwierdzono nierównomierność oświetlenia, a także problemy związane z ośnieniem kierowców. Oprawy oświetleniowe uliczne są także zamontowane na linii napowietrznej, co wymaga uwzględnienia w planie modernizacji.

Widoczne jest zjawisko Light Pollution - wynika głównie z charakterystyki emisji światła przez tradycyjne oprawy oświetleniowe, które cechują się emisją światła w pełnym zakresie kątów. Emisja tego typu, nazywana również rozpraszaniem Lambertian, prowadzi do nadmiernego i niekontrolowanego rozproszenia światła w atmosferze. Oprawy oświetleniowe, emitując światło we wszystkich kierunkach, generują dodatkowe promieniowanie, które nie jest skierowane w zamierzone obszary oświetlania.

Ten rodzaj emisji powoduje, że cząsteczki atmosferyczne oraz pyły unoszące się w powietrzu stają się bardziej widoczne, prowadząc do zjawiska rozjaśniania nieba. W konsekwencji nadmiar sztucznego światła w atmosferze zakłóca naturalny krajobraz nocny, wpływając negatywnie na obserwacje astronomiczne oraz zaburzając ekosystemy biologiczne.

Oprawy oświetleniowe o charakterystyce Lambertian, typowe dla starszych technologii, nie stosują precyzyjnego sterowania kierunkiem emitowanego światła

Zjawisko Light Pollution powoduje, że w mieście: nadmiernie oświetlone budynki mieszkalne mogą prowadzić do wpadania światła do okien mieszkań, zakłócając naturalny cykl snu i wpływając negatywnie na komfort mieszkańców. Parki, place zabaw i inne obszary rekreacyjne, jeśli są zbyt intensywnie oświetlone, mogą zakłócać naturalne cykle zwierząt, takich jak ptaki nocne.

Nadmiernie oświetlone obszary zielone w mieście mogą wpływać negatywnie na roślinność, zaburzając naturalne procesy fotosyntezy i cykle wzrostu.

Zjawisko Light Pollution powoduje, że na Wsiach: nadmiernie oświetlone obszary rolnicze mogą wpływać na naturalne cykle roślin, a także zakłócać nocną aktywność zwierząt. Zbyt intensywne oświetlenie nad wodnymi obszarami może wpływać na ekosystemy wodne i życie w nich. W przypadku osiedli wiejskich, źle skierowane światło może zakłócać nocne ciemności, utrudniając obserwacje astronomiczne oraz negatywnie wpływając na zdrowie mieszkańców. Nadmierna ilość światła na obszarach wiejskich może wpływać na gospodarkę rolno-hodowlaną i naturalne cykle zwierząt. Zjawisko Light Pollution może mieć szerokie negatywne konsekwencje dla środowiska, zdrowia ludzi oraz obserwacji astronomicznych. Kontrola kierunku i natężenia światła jest kluczowa dla minimalizowania tych negatywnych skutków.

W końcowej części audytu znajduje się spis z natury punktów oświetleniowych na terenie Miasta i Gminy Zawonia, nie wliczając oświetleń należących do prywatnych właścicieli nieruchomości, wraz z ich lokalizacją zamieszczoną na podkładach mapowych.

### 3.2. Ogólny Stan Słupów:

Słupy oświetleniowe zostały ocenione jako zadowalające pod względem ogólnej konstrukcji i stabilności.

Brak widocznych uszkodzeń mechanicznych czy korozji, co wpływa pozytywnie na ich trwałość i funkcjonalność.

### 3.3. Ogólny stan opraw oświetleniowych

Oprawy oświetleniowe prezentują dobry stan techniczny, chociaż parametry fotometryczne opraw nie są zgodne z pierwotnymi specyfikacjami technicznymi, co przekłada się na nieefektywne oświetlenie obszarów drogowych. W trakcie oceny zauważono, że klosze opraw są przybrudzone, co może wpływać na efektywność oświetlenia. Ogranicza to przepuszczalność światła, co może prowadzić do zmniejszenia intensywności oświetlenia na obszarze docelowym. Jest także znaczna ilość opraw „rtęciowych” które są znaczne niebezpieczne dla środowiska.

### 3.4. Klasy Dróg

L.p.	szerokość drogi [m]	wysokość oprawy	odległość oprawy od drogi	chodnik	odległość od słupów	typ droga	klasa	proponowana oprawa	redukcja [W]	zalecany min. strumień [lm]	moc po kompensacji
1	5	10	1,5	brak	40	gminna	M6	N1 25	26,5	4623	27,5
2	6	10	1,5	brak	38	gminna	M6	N1 25	26,5	4623	27,5
3	6	10	0,5	brak	38	gminna		N1 25	23,5	4094	24,5
4	6	7	0	brak	34	gminna	M6	N1 25	16,2	2812	17,2
5	8	10	0	1,5 po drugiej stronie	44	powiatowa	M5	N1 50	50,7	8674	53,4
6	6	10	1	brak	45	powiatowa	M5	N1 50	50,7	8674	53,4
7	7	11	2	1,5 po drugiej stronie	54	powiatowa	M5	N2 80	66,8	12408	69,5
8	7	11	1	1	55	powiatowa	M5	N2 80	60,6	11332	63,3
9	8	11	2	1,5 i 1,5	50	wojewódzka	M5	N2 80	66,8	12408	69,5
10	5	10,5	2,5	brak	58	gminna	M6	N1 50	45,4	7806	48,1
11	6	10,5	0	1,8	50	powiatowa	M5	N1 50	50,7	8674	53,4
12	5	9	0,5	brak	50	gminna	P4	N1 40	29,9	5266	31,7
13	4	7,1	0,5	brak	45	gminna	P4	N1 40	29,9	5266	31,7
14	5	9	-1	brak	55	gminna	P4	N1 40	44,9	7633	46,7
15	4	9	-0,5	brak	54	gminna	P4	N1 40	37	6411	38,8
16	4	8	0,5	brak	41	gminna	M6	N1 25	20	3465	21
17	6	9	1	2.5 po drugiej stronie	41	gminna	M6	N1 25	25,3	4408	26,3

Przykładowe obliczenia Fotometryczne wykazane w załączniku do audytu.

### 3.5. Analiza zużycia energii elektrycznej.

Ilość opraw zinwentaryzowanych w Gminie Zawonia, zgodnie z załącznikiem podkłady mapowe nr 1

MIEJSCOWOŚĆ	ILOSC OPRAW	Arkusz Mapy
Budczyce	48	7
Cielętniki	23	23
Czachowo	17	2
Czeszów	151	19
Głuchów Dolny	35	3
Grochowa	10	20, 21
Kałowice	33	18
Kopiec	8	24
Ludgierzowice	16	29
Miłonowice	19	9
Niedary	48	12
Pęciszów	32	13
Pomianowice	3	26
Prawocice	5	25
Pstrzejowice	6	22
Radłów	10	4
Rędziszowice	44	10
Skotniki	13	5
Sucha Mała	3	1
Sucha Wielka	26	6
Stanięcice	15	28
Tarnowiec	54	11
Trzęsowice	18	8
Zawonia	206	15, 30
Złotów	72	14
Złotówek	7	17
Sędzice	40	19
Cegielnia Tarnowiec	2	27

Ilość opraw z podziałem na ich typ

LP	TYP oprawy	Ilość
1	LED	399
2	SODOWA	448
3	RTĘCIOWA	109
4	SOLAR	8

Ilość oprav zinwentaryzowanych w Gminie Zawonia z podziałem na typ drogi

LP	TYP oprawy	TYP DROGI	ILOŚĆ
1	LED	GMINNA	261
2	LED	WOJEWÓDZKA	9
3	LED	POWIATOWA	115
4	SODOWA	GMINNA	351
5	SODOWA	WOJEWÓDZKA	32
6	SODOWA	POWIATOWA	107
7	RTĘCIOWA	GMINNA	90
8	RTĘCIOWA	POWIATOWA	19

Ilość oprav do zakwalifikowanych do wymiany na energooszczędne oprawy LED z podziałem na moc

LP	TYP oprawy	moc	ILOŚĆ	Moc Sumaryczna [kW]
1	SODOWA	83W	351	29,13
2	SODOWA	115W	107	12,31
3	SODOWA	168W	32	5,4
4	RTĘCIOWA	400W	109	43,6
		<b>RAZEM</b>	<b>599</b>	<b>90,44</b>

Roczne zużycie energii elektrycznej oświetlenia ulicznego przed modernizacją:

$$E_{P0} = \frac{P_0 \times t}{1000} \left[ \frac{MWh}{rok} \right] = \frac{90,44 \times 4150}{1000} = 375,33$$

$P_0$  – moc zainstalowanych źródeł światła [kW]

t – roczny czas pracy oświetlenia [h/rok].

Propozycje modernizacji:

Wykaz oprav po wymianie z rtęciowych oraz sodowych na energooszczędne oprawy LED.

Moc oprawy [W]	Ilość [szt]	Moc sumaryczna [kW]
30	441	13,23
60	126	7,56
70	32	2,24
<b>RAZEM</b>	<b>599</b>	<b>23,03</b>

Roczne zużycie energii elektrycznej oświetlenia ulicznego po modernizacji wariant I:

$$E_{P1} = \frac{P_1 \times t}{1000} \left[ \frac{MWh}{rok} \right] = \frac{23,03 \times 4150}{1000} = 95,57 \left[ \frac{MWh}{rok} \right]$$

$E_{P1}$  - roczne zużycie energii elektrycznej oświetlenia ulicznego po modernizacji wariant I  $\left[\frac{MWh}{rok}\right]$ :

$P_1$  – moc zainstalowanych źródeł światła [kW]

$t$  – roczny czas pracy oświetlenia [h/rok].

Z uwzględnieniem redukcji mocy w godzinach: 23:00 do 5:00 - 60% świecenia, w pozostałych godzinach 100% świecenia

$$E_{P1} = \frac{P_1 \times t}{1000} \left[\frac{MWh}{rok}\right] = \frac{23,03 \times 1960}{1000} + \frac{13,82 \times 2190}{1000} = 45,14 + 30,27 = 75,41 \left[\frac{MWh}{rok}\right]$$

Ilość zaoszczędzonej energii po modernizacji

$$\Delta Q_1 = T_U(M_0 - M_1) \div 1000 = 375,33 - 95,57 = 279,76$$

$\Delta Q_0$  – ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażonej w [MWh/rok],

$T_U$  – czas użytkowania źródła światła określony na podstawie danych zawartych, wyrażony w [h/rok],

$M_0$  – łączna moc znamionowa opraw oświetleniowych lub źródeł światła przed wymianą, wyrażona w [kW];

$M_1$  – łączna moc znamionowa nowych opraw oświetleniowych lub źródeł światła po wymianie, wyrażona w [kW]

Z redukcją mocy

$$\Delta Q_1 = T_U(M_0 - M_1) \div 1000 = 375,33 - 75,41 = 299,92$$

### 3.6. Analiza Ekologiczna

Wariant	MWh	CO2 kg	SO2 kg	NOx kg	CO2 kg	Pył całkowity kg
bez redukcji mocy	279,76	191635,6	121,97536	152,637056	73,01736	5,03568
z redukcją mocy	299,92	205445,2	130,76512	163,636352	78,27912	5,39856

Do obliczeń przyjęto:

CO2 = 685 kg/MWh

SO2 = 0,436 kg/MWh

NOx = 0,5456 kg/MWh

CO2 = 0,261 kg/MWh

Pył całkowity = 0,018 kg/MWh

### 3.7. Analiza – podsumowanie zbiorcze

#### Zestawienie zbiorcze:

Wariant	$E_{P0}$ MWh	$E_{Pn}$ MWh	CO2 kg	SO2 kg	NOx kg	CO2 kg	Pył całk. kg	$\Delta Q_n$ MWh	$\Delta Q_n$ [%]
<b>bez redukcji mocy</b>	375,33	95,57	191635,6	121,97536	152,637056	73,01736	5,03568	279,76	<b>75</b>
<b>z redukcją mocy</b>	375,33	75,41	205445,2	130,76512	163,636352	78,27912	5,39856	299,92	<b>80</b>

### 3.8. Analiza kosztów

Wariant	Szacowana Wartość inwestycji [brutto]	Roczna oszczędność zł brutto	zwrot z inwestycji [rok]
I bez redukcji	1.058.300	213.000	5
I z redukcją	1.058.300	228.000	4,7

### 3.9. Inwentaryzacja punktów sterujących:

lp	Miejsce lokalizacji	Miejscowość
1	WRO1794	Cerekwica
2	WRO1672	Cerekwica
3	WRO1726	Sędzice Bloki
4	SO-WRO143598	Sędzice SO
5	WRO1674	Pstrzejowice
6	ZK-WRO141687	Sucha Wielka
7	WRO1675	Sucha Wielka
8	WRO16913	Kałowice
9	WRO16914	Masłów
10	SO-WRO240791	Masłów
11	WRO1659	Czeszów
12	WRO16501	Czeszów
13	SO-WRO241065	Czeszów
14	SO-WRO240828	Złotówek
15	WRO1731	Grochowa
16	SO-WRO241044	Grochowa
17	WRO1676	Budczyce
18	WRO16714	Budczyce
19	WRO16711	Sucha Wielka
20	WRO1704	Czachowo
21	SO-WRO154156	Głuchów Dolny
22	SO-WRO143301	Skotniki
23	WRO16002	Miłonowice
24	WRO1606	Kopiec
25	WRO1789	Rędziszowice
26	WRO1607	Rędziszowice
27	SO-WRL242416	Prawocice
28	WRO16001	Pomianowice
29	WRO1679	Cielętniki
30	SO-WRO152090	Cegielnia
31	WRO1682	Sucha Mała
32	WRO1762	Tarnowiec
33	WRO16707	Niedary
34	WRO1655	Trzęsawice
35	WRO1654	Złotów
36	WRO1760	Złotów
37	WRO16701	Zawonia
38	WRO1717	Zawonia
39	WRO16708	Zawonia
40	SO-WRO241044	Zawonia
41	WRO16705	Zawonia



### 3.10. Propozycja nowych punktów świetlnych

Przy współpracy z pracownikami Gminy i Sołtysami, zidentyfikowano kluczowe obszary wymagające doświetlenia. Wybór tych miejsc wynikał z różnorodnych czynników, takich jak potrzeby społeczności lokalnej, aspekty bezpieczeństwa, czy istniejące braki w obecnej infrastrukturze oświetleniowej. Proponowane punkty do doświetlenia zostały dokładnie zlokalizowane i zamieszczone na dedykowanym podkładzie mapowym, co pozwoliło precyzyjnie określić obszary, które będą objęte planem doświetlenia.

Podkłady mapowe – załącznik nr 1, symbol w postaci rombu

### 3.11. Analiza Kosztów:

Wymiana opraw nieenergooszczędnych, takich jak sodowe i rtęciowe, na energooszczędne typu LED, zgodnie z analizą (punkt 3.7), przyniesie oszczędności na poziomie około 75% i 80% w zależności od wariantu, zarówno za zakup, jak i przesył energii czynnej.

Do rachunku za energię elektryczną dochodzą jeszcze opłaty stałe oraz opłaty za energię bierną. Aby utrzymać poziom oszczędności na poziomie wykazanym w audycie, należy skompensować energię bierną pojemnościową, która występuje podczas świecenia opraw LED, oraz należy wykorzystać oprawy o wysokiej skuteczności, tj. przynajmniej klasy B -wymienne źródła światła, zgodnie z ustawą z dnia 20 maja 2016 roku o efektywności (Dz.U. 2020 poz. 264).

Brak kompensacji energii biernej przyczyni się do zmniejszenia oszczędności o około 20%, a brak zastosowania opraw o klasie przynajmniej B- wymienne źródła światła – dodatkowo o około 30% w stosunku do całego rachunku za energię bierną. Po modernizacji zaleca się także przeanalizowanie mocy umownej oraz taryf za energię elektryczną, co przy dobrze dobranych może przynieść oszczędności na kolejne 5 – 10%.

#### 4. Propozycje Działań:

##### 4.1. Efektywność Energetyczna:

##### 4.1.1. Zastosowanie technologii LED w celu zwiększenia efektywności energetycznej.

Oprawy LED (Light Emitting Diode), to nowoczesna i wysoce efektywna technologia oświetleniowa, która rewolucjonizuje sposób, w jaki oświetlamy nasze otoczenie. Ich rosnąca popularność wynika z szeregu zalet, które sprawiają, że są one atrakcyjnym wyborem w porównaniu do tradycyjnych źródeł światła. Poniżej przedstawiam ogólne cechy opraw LED oraz kluczowe parametry, które wpływają na ich funkcjonalność i efektywność:

Oprawy LED są znane ze swojej wysokiej efektywności energetycznej. Działają na zasadzie elektroluminescencji, co oznacza, że przekształcają większą ilość energii elektrycznej w światło niż tradycyjne źródła światła, takie jak żarówki. To sprawia, że są bardziej energooszczędne i przyjazne dla środowiska.

LED-y charakteryzują się długą żywotnością. Mogą pracować przez dziesiątki tysięcy godzin bez utraty jasności. Długi okres eksploatacji przekłada się na mniejszą potrzebę częstych wymian i konserwacji.

Oprawy LED nie zawierają substancji toksycznych, takich jak rtęć czy ołów, co sprawia, że są bardziej ekologiczne. Ponadto, w przeciwieństwie do niektórych tradycyjnych żarówek, LED-y nie emitują promieniowania UV ani podczerwonego, co czyni je bezpiecznymi dla zdrowia i materiałów.

LED-y osiągają pełną jasność natychmiast po włączeniu, co jest istotne zwłaszcza w kontekście oświetlenia publicznego. Ponadto, większość opraw LED pozwala na płynną regulację intensywności światła, umożliwiając dostosowanie oświetlenia do zmieniających się potrzeb.

Oprawy powinny spełniać rekomendacje Ministra właściwego ds. transportu WR-D-72-1, Wymagania Tauron ST-001/TNT oraz dodatkowo wymagania zgodne z programem dofinansowania, które będzie uszczegółowione w dokumentach przetargowych.

<b>Certyfikat ENEC</b>	
<b>Certyfikat ENEC+</b>	
Rozporządzenie Komisji Europejskiej (WE) nr 245/2009 z 18 marca 2009	w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp fluorescencyjnych bez wbudowanego statecznika, dla lamp wyładowczych dużej intensywności, a także dla stateczników i opraw oświetleniowych służących do zasilania takich lamp, oraz uchylające dyrektywę 2000/55/WE Parlamentu Europejskiego i Rady
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r.	ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią
Rozporządzenie Komisji (UE) 2019/2020 z dnia 1 października 2019 r.	ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012 (Dz. Urz. UE L 315, 05.12.2019, str. 209-240, z późn. zm.)

Rozporządzenie Komisji (UE) 2019/2020 z dnia 1 października 2019 r.	ustanawiające wymogi dotyczące ekoprojektu dla źródeł światła i oddzielnego osprzętu sterującego na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE oraz uchylające rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009, (WE) nr 245/2009 i (UE) nr 1194/2012
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r.	w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r.	w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej
Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r.	w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym
Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r.	w sprawie wymagań dla sprzętu elektrycznego
Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r.	o kompatybilności elektromagnetycznej (Dz. U. z 2022 r. poz. 2233).
PN-EN IEC 60598-1:2021-07	Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania.
PN-EN 60598-1:2015-04	Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania
PN-EN 60598-1:2015-04 - Akredytacja <b>(certyfikat)</b>	Oprawy oświetleniowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania
PN-EN 60598-2-3:2006	Oprawy oświetleniowe. Część 2-3: Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne.
PN-EN 60598-2-3:2006 - akrestytacja <b>(certyfikat)</b>	Oprawy oświetleniowe -- Część 2-3: Wymagania szczegółowe -- Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne

PN-EN 60598-2-3:2006/A1:2012	Oprawy oświetleniowe. Część 2-3: Wymagania szczegółowe. Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne.
PN-EN 60598-2-3:2006/A1:2012 - akredytacja (certyfikat)	Oprawy oświetleniowe -- Część 2-3: Wymagania szczegółowe -- Oprawy oświetleniowe drogowe i uliczne
PN-EN 62262:2003	Stopnie ochrony przed zewnętrznymi uderzeniami mechanicznymi zapewnianej przez obudowy urządzeń elektrycznych
PN-EN 60529:2003	Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy
PN-EN 62471:2010	Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych
PN-EN 13032-5:2019-01	Światło i oświetlenie. Pomiar i prezentacja danych fotometrycznych lamp i opraw oświetleniowych. Część 5: Prezentacja danych dla opraw używanych do oświetlenia drogowego.
PN-EN IEC 55015:2019-11	Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.
PN-EN IEC 55015:2019-11/A11:2020-07	Poziomy dopuszczalne i metody pomiaru zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne.
PN-HD 603 S1:2006/A3:2009	Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV.
PN-EN IEC 61000-3-2:2019-04	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-2: Poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika $\leq 16$ A)
PN-EN IEC 61000-3-2:2019-04/A1:2021-08	Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 3-2: Poziomy dopuszczalne. Poziomy dopuszczalne emisji harmonicznego prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika $\leq 16$ A).
PN-EN 50160:2010/A1:2015-02	Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych.

PN-EN 61547:2009	Sprzęt do ogólnych celów oświetleniowych. Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej.
PN-EN 62493:2015-11	Ocena sprzętu oświetleniowego związana z ekspozycją człowieka na działanie pól elektromagnetycznych.
PN-EN IEC 63000:2019-01	Dokumentacja techniczna do oceny produktów elektrycznych i elektronicznych w odniesieniu do ograniczenia substancji niebezpiecznych.
Ustawy z dnia 20 maja 2016 r.	o efektywności energetycznej (t. j. Dz.U. 2020 poz. 264)
Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r.	w sprawie wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz.U. 2016 poz. 806)
Ustawy z dnia 20 maja 2016 r.	o efektywności energetycznej (t. j. Dz.U. 2020 poz. 264)
Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 2 czerwca 2016 r.	w sprawie wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz.U. 2016 poz. 806)

#### **Kluczowe Parametry Opraw LED:**

**W celu zachowania wykazane w audycie oszczędności oraz redukcji szkodliwych gazów, zastosowane oprawy nie powinny mieć gorszych parametrów od poniższych:**

- Montaż: na słupach  $\varnothing 60/50\text{mm}$ , na wysięgnikach
- $\varnothing 60/50\text{mm}$ , regulacja kąta nachylenia  $0^\circ \pm 15^\circ$ ,  $90^\circ \pm 15^\circ$
- Zasilanie: 230V AC 50/60Hz
- Zakres temperatur pracy:  $-40^\circ\text{C} \dots +50^\circ\text{C}$
- Żywotność L90B10: 100 000 h ( $T_a 25^\circ\text{C}$ )
- Ochrona przeciwprzepięciowa: 10kV
- Powierzchnia boczna eksponowana na wiatr: 0,022 m<sup>2</sup>
- Obudowa: aluminium, szkło hartowane
- Gwarancja: 10 lat
- Kolor : RAL 9006
- Opcjonalnie: DALI2, złącze ZHAGA, ZD4i,
- ochrona przeciwprzepięciowa 10kV, NTC,
- CCT 3000K, CCT 5700K

Moc	Moc bierna pojemnościowa	Moc bierna indukcyjna	tgφ	CRI	Temperatura barwowa	lm/W*	Strumień świetlny*	IP	IK	Klasa ochrony
15-25 W	0	4,5	0,17	>70	4000 K	170	<4250 lm	IP66	IK09	I / II
20-40 W	0	4,5	0,17	>70	4000 K	170	<6800 lm	IP66	IK09	I / II
40-50 W	0	4,5	0,17	>70	4000 K	170	<8500 lm	IP66	IK09	I / II
50-80 W	0	11	0,18	>70	4000 K	180	<14400 lm	IP66	IK09	I / II
80-100 W	0	11	0,18	>70	4000 K	180	<18000 lm	IP66	IK09	I / II
100-115 W	0	13	0,10	>70	4000 K	185	<21275 lm	IP66	IK09	I / II
115-145 W	0	13	0,10	>70	4000 K	185	<26825 lm	IP66	IK09	I / II

**\*\* Aby utrzymać poziom oszczędności na poziomie wykazanym w audycie, należy wykorzystać oprawy o wysokiej skuteczności, tj. przynajmniej klasy B – wymienne źródła światła, zgodnie z ustawą z dnia 20 maja 2016 roku o efektywności (Dz.U. 2020 poz. 264).**

#### 4.2. System sterowania

Urządzenie sterujące, instalowane w szafie oświetleniowej pozwalające na zdalne grupowe zarządzanie włączaniem i wyłączaniem obwodów zasilających poprzez system sterowania.

wymagania urządzenia sterującego:

- urządzenie elektroniczne instalowane wewnątrz szafy oświetleniowej,
- umożliwia sterowanie 4-8 podłączanymi niezależnie obwodami elektrycznymi (wyjściami),
- współpracuje z systemem sterowania zdalnie (bezprzewodowo) przy użyciu sieci transmisji danych GSM,
- pełni rolę zdalnie zarządzanego zegara astronomicznego do załączania i wyłączania oświetlenia lub innych odbiorników elektrycznych (obwodów) zgodnie z dobowymi, astronomicznymi punktami zachodu i wschodu słońca,
- umożliwia indywidualne konfigurowanie momentu załączeń i wyłączeń za pomocą przesunięcia godzinowego i korekcji czasu (tzn. istnieje możliwość ustawienia przyspieszenia lub opóźnienia załączeń i wyłączeń) w stosunku do zachodu i wschodu słońca,
- umożliwia zaprogramowanie przerwy nocnej (czasowe wyłączenie zasilania obwodu),
- umożliwia zaprogramowanie rocznego cyklicznego kalendarza wyjątków od reguł (wakacje i weekendy) oraz bezwzględnych wyjątków dla określonych dat,

- posiada dodatkowe 4 wejścia alarmowe, na których może być realizowana funkcja powiadomień o zadziałaniu i stanie kontrolowanego urządzenia lub elementu (np. alarm otwarcia szafy oświetleniowej),
- może współpracować z urządzeniami zewnętrznymi takimi jak liczniki i analizatory energii, czujniki natężenia oświetlenia, czujniki środowiskowe i inne urządzenia wejścia-wyjścia,
- współpracuje z modułami rozszerzeń za pomocą Modbus RTU w trybie Master.

#### Wymagania systemu sterowania:

Dostępność	Aplikacja WWW, dowolna przeglądarka internetowa, szyfrowane połączenie https
Logowanie	Login i hasło (jednorazowy token SMS)
Wizualizacja oprav na mapie	TAK, OpenStreetMap
Wizualizacja danych bieżących pracy urządzenia sterującego	TAK, na bazie ostatniego raportu z urządzenia
Wizualizacja danych historycznych	TAK, na bazie zbieranych danych z raportów z Urządzenia sterującego
Wysyłka raportów Alarmowych	TAK, wysyłka na email i SMS definiowanych przez użytkownika w systemie
Prezentacja alarmu braku komunikacji z urządzeniem sterującym	TAK
Obsługa i raportowanie alarmów urządzenia sterującego, 4 we/wy alarmowe	TAK
Definiowanie scenariuszy działania urządzenia sterującego w ciągu doby lub przerwy nocnej	TAK
Sterowanie urządzeniem sterującym	<p>Scenariusze pracy urządzenia dla każdej linii oświetleniowej niezależnie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stała zdefiniowana pora – czasowe</li> <li>• zegara astronomicznego wraz z możliwością zastosowania przesunięć (offset)</li> <li>• manualny (ręczne) włączanie i wyłączanie</li> <li>• hybrydowy – astronomiczny wraz z czujnikiem zmierzchu</li> </ul>
Rozbudowa o wizualizację innych rozwiązań Smart City	TAK, możliwość obsługi i wyświetlania danych pochodzących od innych rozwiązań Smart City/IoT, w tym z różnego rodzaju sensorów i czujników pomiarowych, liczników energii elektrycznej, stacji pogodowych, itp.

W celu zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa danych, **Wykonawca oraz DOSTAWCA systemu sterowania** powinien posiadać certyfikat ISO 27001 w zakresie świadczenia usług telekomunikacyjnych, usług teleinformatycznych i usług chmurowych oraz cyberbezpieczeństwa i przetwarzania danych osobowych. Zapewni odpowiednią ochronę przed Cyberbezpieczeństwem.

## 5. Aspekty Cyberbezpieczeństwa:

W kontekście dynamicznego rozwoju technologicznego i wzrostu zastosowania inteligentnych systemów zarządzania oświetleniem, istnieje konieczność skupienia się na aspektach związanych z cyberbezpieczeństwem. Bezpieczeństwo systemów oświetleniowych staje się coraz istotniejsze, aby uniknąć potencjalnych zagrożeń związanych z atakami cybernetycznymi, które mogą zakłócać normalne funkcjonowanie i wprowadzać niebezpieczeństwo dla użytkowników dróg.

Dlatego w przypadku wyboru systemu sterowania zaleca się, aby był on oparty na ISO 27001 w zakresie świadczenia usług telekomunikacyjnych, usług teleinformatycznych i usług chmurowych oraz cyberbezpieczeństwa i przetwarzania danych osobowych. Zapewni odpowiednią ochronę przed Cyberbezpieczeństwem.

Certyfikat ten powinien powiadać Dostawca Systemu Sterowania jak i jego Wykonawca.