



# Audyt Efektywności Energetycznej

**systemu  
oświetlenia ulic,  
dróg i miejsc  
publicznych na  
terenie Gminy i  
Miasta Ropczyce**

WYKONANIE:  
**mgr inż. Jarosław Filas**

**JASNY**

ZLECENIODAWCA:

**GMINA ROPCZYCE**  
ul. Krisego 1  
39-100 Ropczyce

## Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Podstawa opracowania audytu .....	4
3. Inwentaryzacja oświetlenia ulicznego .....	5
4. Opis i ocena stanu aktualnego.....	9
5. Analizy szczegółowe stanu aktualnego.....	18
6. Szczegółowa analiza wyników wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową.....	24
7. Analiza techniczno-technologiczna .....	30
8. Warianty modernizacji oświetlenia ulicznego .....	40
9. Wariant 1 – wymiana opraw na oprawy w technologii LED- wariant modernizacji rekomendowany.....	50
10. Model analityczny kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego dla rekomendowanego wariantu modernizacji..	52
11. Analiza konserwacji systemu oświetleniowego po modernizacji .....	63
12. Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego .....	65
13. Analiza środowiskowa i oddziaływania na środowisko .....	68
14. Analiza prawna .....	71
15. Analizaryzacja .....	72
16. Analiza finansowa zawartych umów na zakup energii elektrycznej .....	74
17. Podsumowanie .....	75
18. Spis rycin: .....	77
19. Spis wykresów:.....	78
20. Spis fotografii: .....	79
21. Spis tabel:.....	80
<b>KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ .....</b>	<b>81</b>

# 1. Wstęp

Przedmiotem niniejszego audytu jest:

- przedstawienie koncepcji modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy i Miasta Ropczyce
- określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oświetlenia ulicznego
- wskazanie zasadności podjęcia zadania - modernizacji oświetlenia ulicznego

Audyt sporządzono zgodnie z metodyką określoną w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.

W audycie uwzględniono usprawnienia umożliwiające uzyskanie oszczędności energii: zastosowanie energooszczędnych źródeł światła i opraw oświetleniowych.

Wykonanie audytu poprzedzono wizją lokalną, podczas której wykonano inwentaryzację z natury istniejącej infrastruktury oświetlenia ulicznego w obrębie Gminy i Miasta Ropczyce.



## 2. Podstawa opracowania audytu

1. Umowa pomiędzy Gminą Ropczyce a firmą JASNY PL Sp. z o.o.
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty, audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.
3. Norma PN-EN 13201 - 2, 3, 4 - Oświetlenie dróg.
4. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U. z 2006 r. Nr 89, poz. 625, z późn. zm.).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 maja 2004 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych.
6. Materiały otrzymane od Zamawiającego (w tym: kopie faktur za dystrybucję energii elektrycznej, itp.)
7. Aktualne stawki za energię i dystrybucję obowiązujące dla oświetlenia Gminy Ropczyce pozyskane z faktur.

## 3. Inwentaryzacja oświetlenia ulicznego

### 3.1. Obszar i zakres inwentaryzacji

Gmina Ropczyce jest stolicą powiatu ropczycko-sędziszowskiego, położoną w województwie podkarpackim, i obejmuje powierzchnię 138,99 km<sup>2</sup>. Gmina ma ponad 27 tys. mieszkańców, co stanowi około 40% ludności powiatu. W skład Gminy Ropczyce wchodzi 8 sołectw: Brzezówka, Gnojnica Wola, Gnojnica Dolna, Lubzina, Łączki Kucharskie, Mała, Niedźwiada i Okonin oraz 9 osiedli znajdujących się na terenie miasta Ropczyce: Osiedle Św. Barbary, Osiedle Brzyzna, Osiedle Chechły, Osiedle Czekaj, Osiedle Granice, Osiedle Pietrzejowa, Osiedle Północ, Osiedle Śródmieście i Osiedle Witkowice. Przez Ropczyce przebiega droga krajowa nr 94 łącząca Zgorzelec z Korczową oraz droga wojewódzka nr 986 łącząca Tuszymę i Wiśniową.

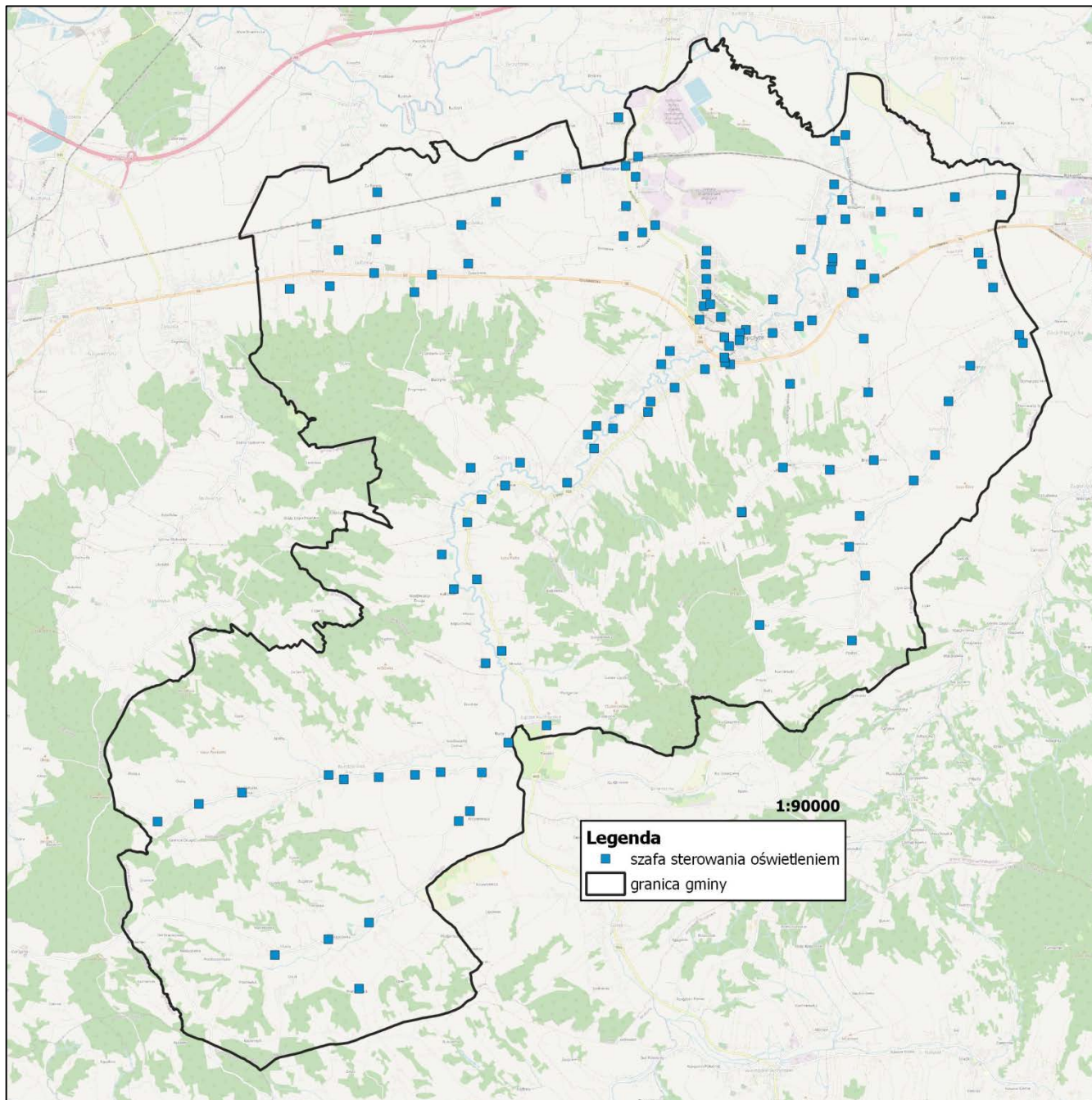
Gmina położona jest na granicy dwóch mezoregionów - Pradoliny Podkarpackiej i Pogórza Strzyżowskiego oraz dwóch makroregionów - Pogórza Środkowobeskidzkiego i Kotliny Sandomierskiej. Granica ta przebiega przez miasto Ropczyce, którego północna część znajduje się w Kotlinie Sandomierskiej, a południowa na skraju Karpat. Przez Gminę przepływa rzeka Wielopolka, która jest prawobrzeżnym dopływem Wisłoki. W obrębie Miasta znajduje się Rezerwat Przyrody „Szwajcaria Ropczycka”. Jest to wąwóz lessowy o stromych 10-metrowych zboczach, porośnięty lasem, o powierzchni 2,6 ha.

Ropczyce są ważnym ośrodkiem przemysłowym regionu. Zarówno w mieście, jak i w gminie, swoją siedzibę mają liczne zakłady przemysłowe. Znajdują się tutaj fabryki części do przekładni lotniczych, zakłady wyrobu materiałów ogniotrwałych, zakłady przemysłu spożywczego, produkcji opakowań, jak również stocznia jachtowa. Część terenu miasta należy do Specjalnej Strefy Ekonomicznej EURO-PARK MIELEC.

W celu uzyskania istotnych danych wykonano szczegółową inwentaryzację istniejącego oświetlenia ulicznego zainstalowanego na terenie Gminy i Miasta Ropczyce.

Inwentaryzacja obejmowała identyfikację następujących obiektów:

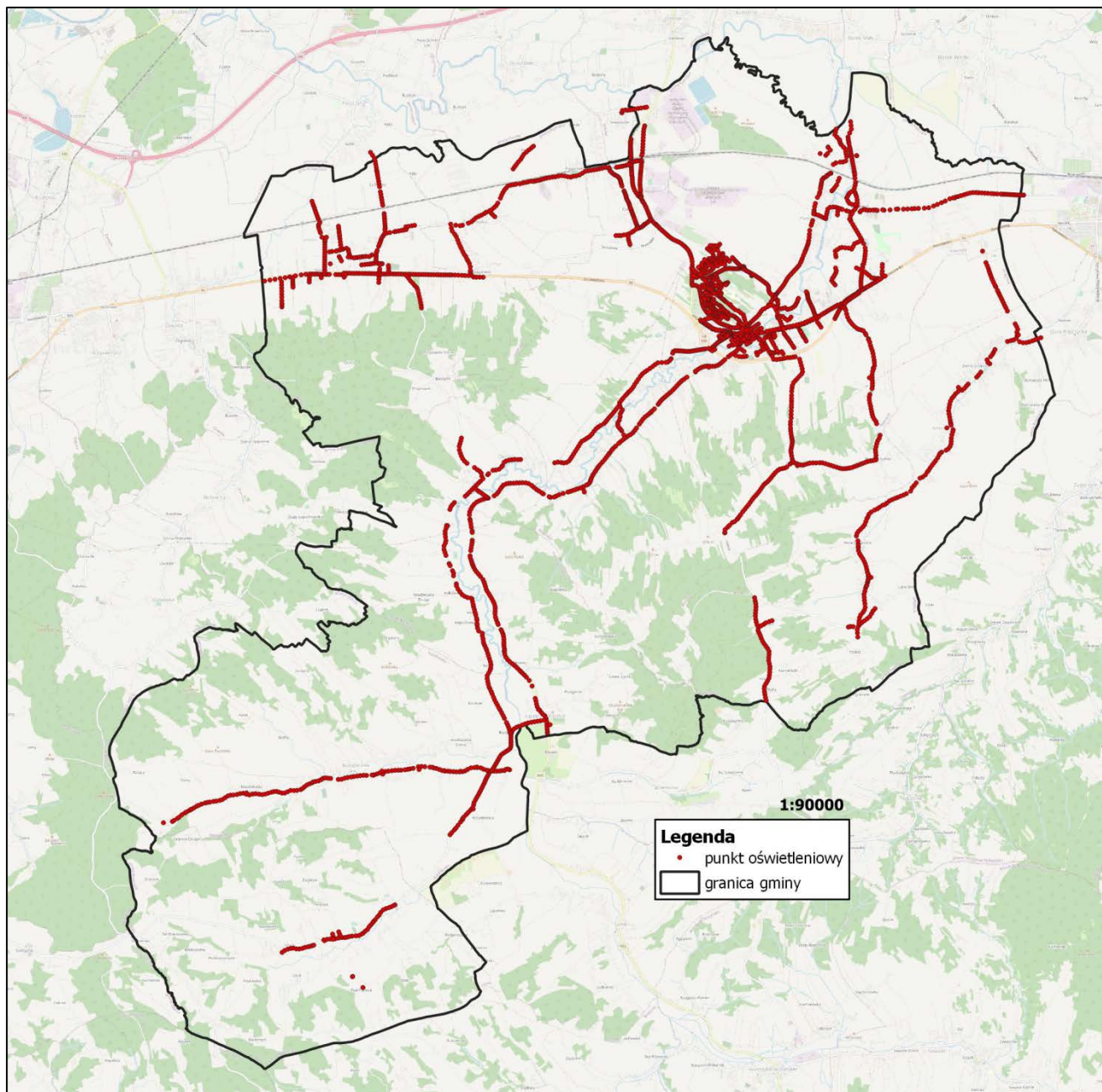
- Szafy sterowania oświetleniem ulicznym



Ryc. 1. Szafy sterowania oświetleniem ulicznym - opracowanie własne (Źródło podkładu: OpenStreetMap)



- Słupy oraz oprawy oświetlenia ulicznego



Ryc. 2. Punkty oświetleniowe - opracowanie własne (Źródło podkładu: OpenStreetMap)

W ramach inwentaryzacji opracowano bazę danych systemu geoinformatycznego zawierającą lokalizację obiektów wraz ze szczegółowym opisem i dokumentacją fotograficzną.

Na podstawie bazy danych wykonano tabele inwentaryzacyjne, obrazujące wybrane dane pod kątem jednoczesnej kwalifikacji oprav do wymiany oraz grupowania odcinków oświetlenia dla planowania zakresu i harmonogramu robót.

Baza danych zawiera parametry opisowe infrastruktury oświetleniowej m.in.:

- typ oprawy
- moc oprawy znamionowa, rzeczywista, planowana

- stan słupa, typ słupa
- lokalizacja słupa, lokalizacja oprawy
- rodzaj słupa,
- typ linii oświetleniowej

Na podstawie materiału zarejestrowanego w bazie danych, uzyskujemy dowolną wizualizację i prezentację danych.

Szczegółowe wnioski z inwentaryzacji przedstawiono w rozdziale „Opis i ocena stanu aktualnego”.



## 4. Opis i ocena stanu aktualnego

Oświetlenie ulic i dróg w ciągu roku, w ponad połowie czasu (ok. 4610 godzin) zapewnione jest w sposób naturalny poprzez oddziaływanie słońca bezpośrednio i pośrednio (odbicia od nieboskłonu oraz obiektów otaczających). W pozostałym czasie (tj. 4150 godzin) ulice i drogi oświetlane są z wykorzystaniem sztucznego źródła światła głównie ze źródeł korzystających z energii elektrycznej.

Elementy wchodzące w skład systemu oświetleniowego to punkty świetlne, sieci linii zasilających punkty świetlne, konstrukcje wsporcze odrębne dla punktów świetlnych, systemy sterowania pracą oświetlenia oraz rozliczania zużytej energii elektrycznej.

Inne konstrukcje zaliczane do punktu świetlnego to słupy i maszty w liniach kablowych typowo oświetleniowych, na których oprawy są montowane bezpośrednio lub z zastosowaniem wysięgników nasadzanych lub zintegrowanych ze słupem.

Przeprowadzona dokładnie inwentaryzacja oświetlenia ulicznego jest podstawą do wszelkich czynności związanych z przygotowaniami do modernizacji oświetlenia. Niniejszy audyt został poprzedzony szczegółową inwentaryzacją, która zawiera informację o istniejących oprawach, parametry geometryczne instalacji oświetleniowej. Pełne zestawienia zostały załączone do audytu w formie elektronicznej.

### 4.1. Stan systemu na dzień audytu

Sieć oświetlenia ulicznego i miejsc publicznych na terenie Gminy i Miasta Ropczyce charakteryzuje się podziałem na dwa istotne obszary:

1. Sieć kablowa, wydzielona dla oświetlenia – linie zasilające niskiego napięcia oraz słupy wybudowane tylko do celów oświetleniowych.

Występuje na terenach dużych osiedli mieszkaniowych, centrum miasta oraz głównych ciągach komunikacyjnych.

2. Sieć oświetlenia na słupach linii napowietrznych zasilających w energię elektryczną odbiorców indywidualnych.

Występuje głównie na terenach zabudowy jednorodzinnej i w niewielkim stopniu na terenach osiedli mieszkaniowych i głównych ciągach komunikacyjnych.

### Oprawy oświetlenia ulicznego

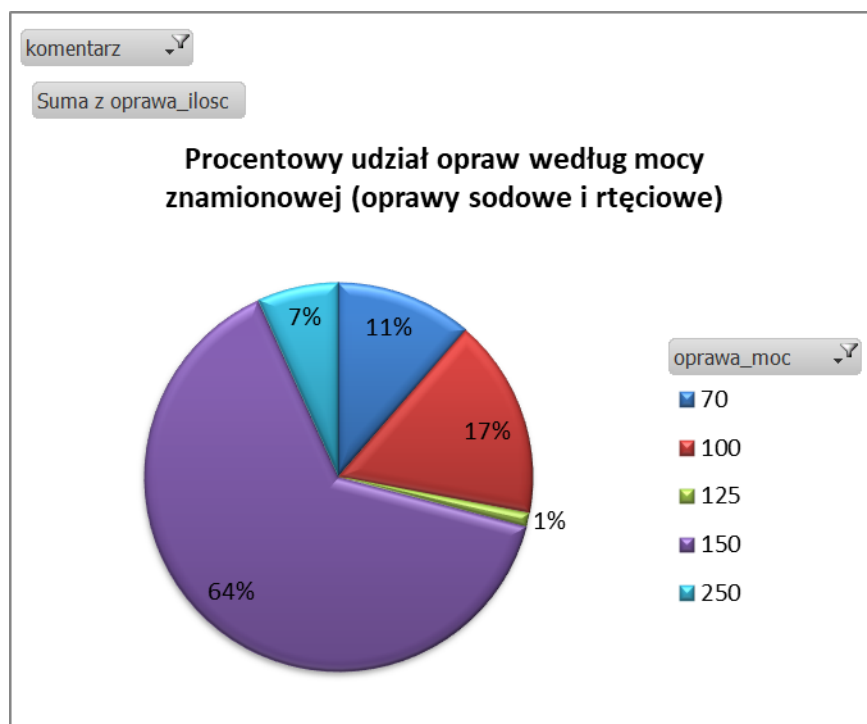
W wyniku inwentaryzacji zarejestrowano 2 175 sztuk opraw oświetleniowych. W tym jest 149 sztuk opraw energooszczędnych typu LED, 56 sztuk opraw rtęciowych oraz 1970 sztuk opraw sodowych.

Z uwagi na to, że oprawy energooszczędne typu LED były instalowane w okresie ostatnich dwóch-trzech lat, zostały wyłączone z niniejszego audytu. Końcowa ilość opraw oświetleniowych objęta audytem to: **2 026 sztuk**.

Poniższe tabela prezentuje oprawy oświetleniowe objęte audytem - podział opraw według mocy znamionowej:

MOC OPRAWY [W]	IŁOŚĆ [SZT.]
70	230
100	336
125	23
150	1 299
250	138
<b>Suma</b>	<b>2 026</b>

Tabela 1. Podział opraw według mocy znamionowej z wyłączeniem opraw energooszczędnych typu LED – inwentaryzacja



Wykres 1. Podział procentowy oprawy według mocy znamionowej (oprawy sodowe i rtęciowe)

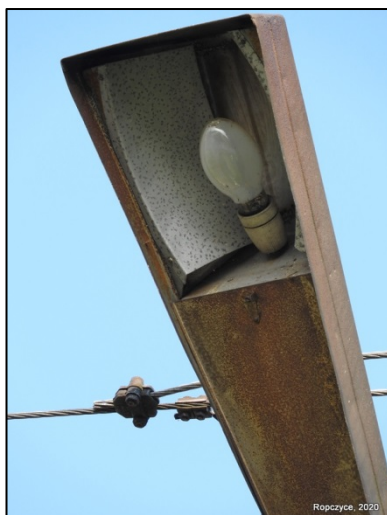
Zakres objęty audytem zawiera oprawy w złym stanie technicznym. W dużej mierze są to oprawy uszkodzone, które nie spełniają wymaganej funkcji technicznej, jak również występują oprawy w dobrym stanie zainstalowane w ostatnich kilku latach, charakteryzujące się dużą energochłonnością.

Poniżej zostały zamieszczone przykładowe zdjęcia poszczególnych rodzajów opraw:

- parkowe, sodowe o mocy znamionowej 70 W



- uliczne, rtęciowe o mocy znamionowej 250 W oraz parkowe, rtęciowe o mocy znamionowej 125 W



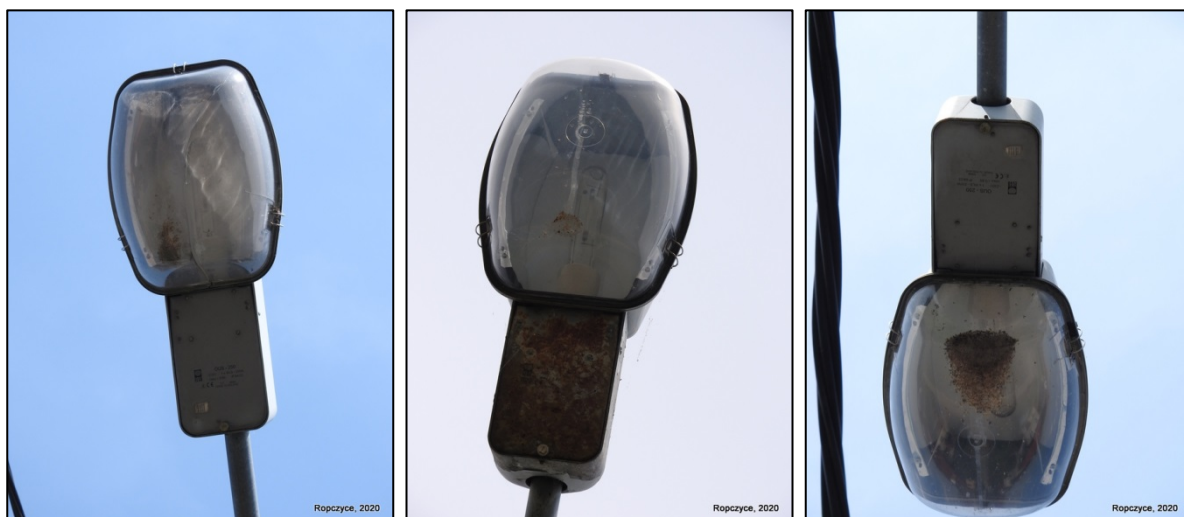
- uliczne, sodowe – 100 W



- uliczne, sodowe – 150 W



- uliczne, sodowe – 250 W



Fot. Oprawy występujące w Gminie i Mieście Ropczyce

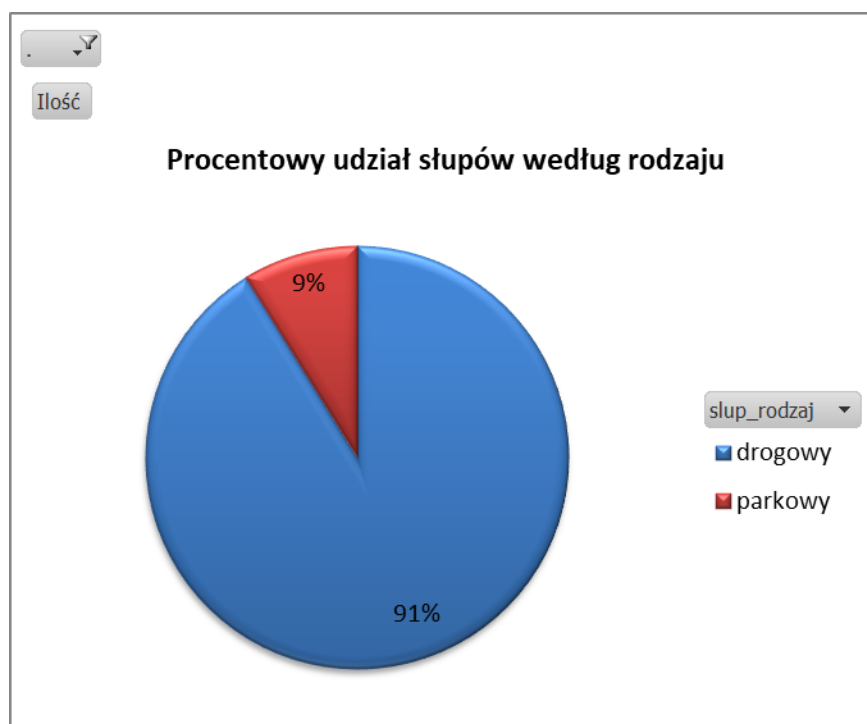
### Słupy oświetlenia ulicznego

W objętym audytem zakresie funkcjonuje **2 690 sztuk** słupów zasilanych z sieci kablowej i napowietrznej. Sieć kablowa zasilą 779 sztuk słupów, natomiast sieć napowietrzna – 1 911 sztuk słupów. Słupy zostały podzielone według rodzaju i typu. Rodzaj prezentuje słupy drogowe, parkowe. Natomiast typ określa słupy betonowe, aluminiowe, stalowe, kompozytowe, drewniane, zbudowane z tworzywa, o składzie mieszanym, a także punkty, w których oprawy przymocowane są do budynku lub na gruncie.

Podział słupów według rodzaju prezentuje się następująco:

SŁUP RODZAJ	ILOŚĆ [SZT.]
drogowy	2 454
parkowy	236
<b>Suma</b>	<b>2 690</b>

Tabela 2. Ilość słupów dla każdego z typów



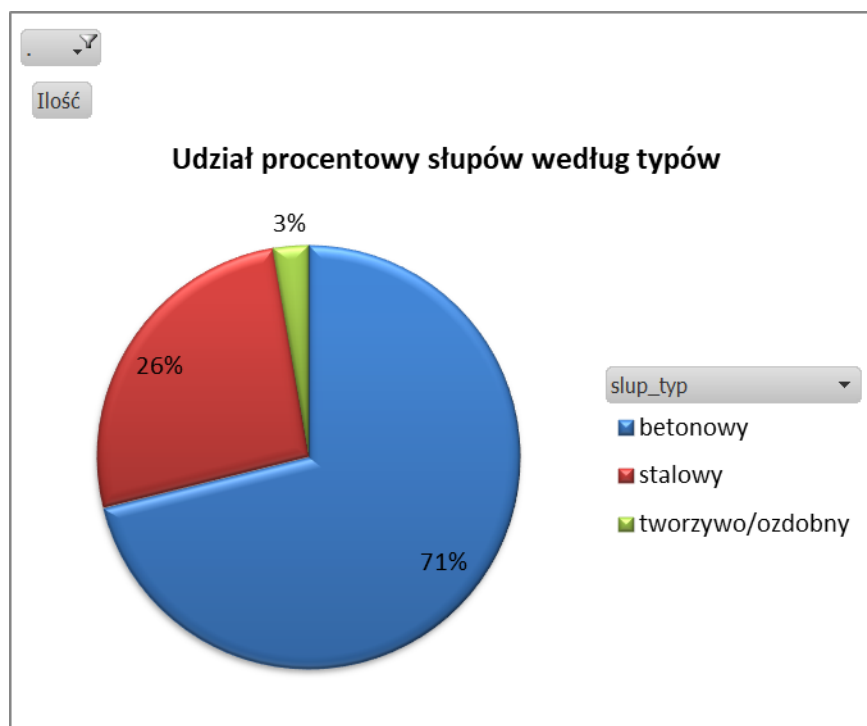
Wykres 2. Podział procentowy słupów według rodzaju

Poniżej został przedstawiony podział słupów według typów – materiałów bazowych z jakich są wykonane:

SŁUP TYP	ILOŚĆ [SZT.]
betonowy	1 913
stalowy	705
tworzywo/ozdobny	72
<b>Suma</b>	<b>2 690</b>

Tabela 3. Ilość słupów dla każdego z typów





Wykres 3. Podział procentowy słupów według typów

Zużycie techniczne określono za pomocą szczegółowych oględzin i przyporządkowaniu odpowiedniego stopnia zużycia biorąc pod uwagę widoczne uszkodzenia i wiek elementu według następującej skali ocen:

STAN	OPIS STANU ELEMENTU	
Dobry	Bez oznak zużycia, śladowe ilości korozji lub jej brak	2 502 sztuk
Zły	Obudowa porysowana, popękana, ze znacznymi śladami korozji, przekrzywione wymagające pionowania	112 sztuk
Do wymiany	Liczne ubytki w konstrukcji, mocno skorodowany, uszkodzony	76 sztuk

Tabela 4. Skala ocen stopnia zużycia technicznego

Powyższa tabela opisuje wszystkie słupy zinwentaryzowane.

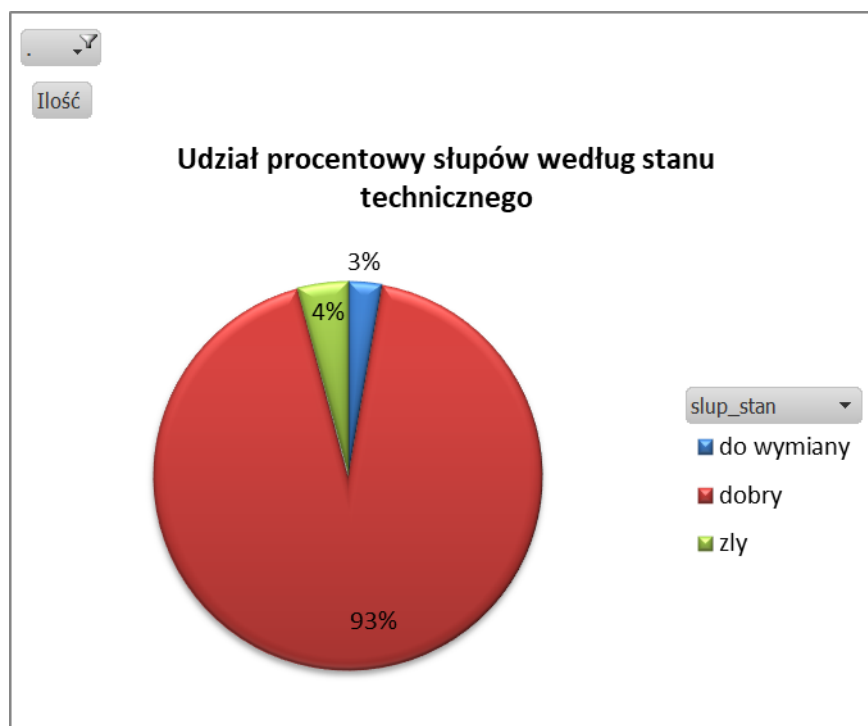


Tabela 5. Podział procentowy słupów według stanu

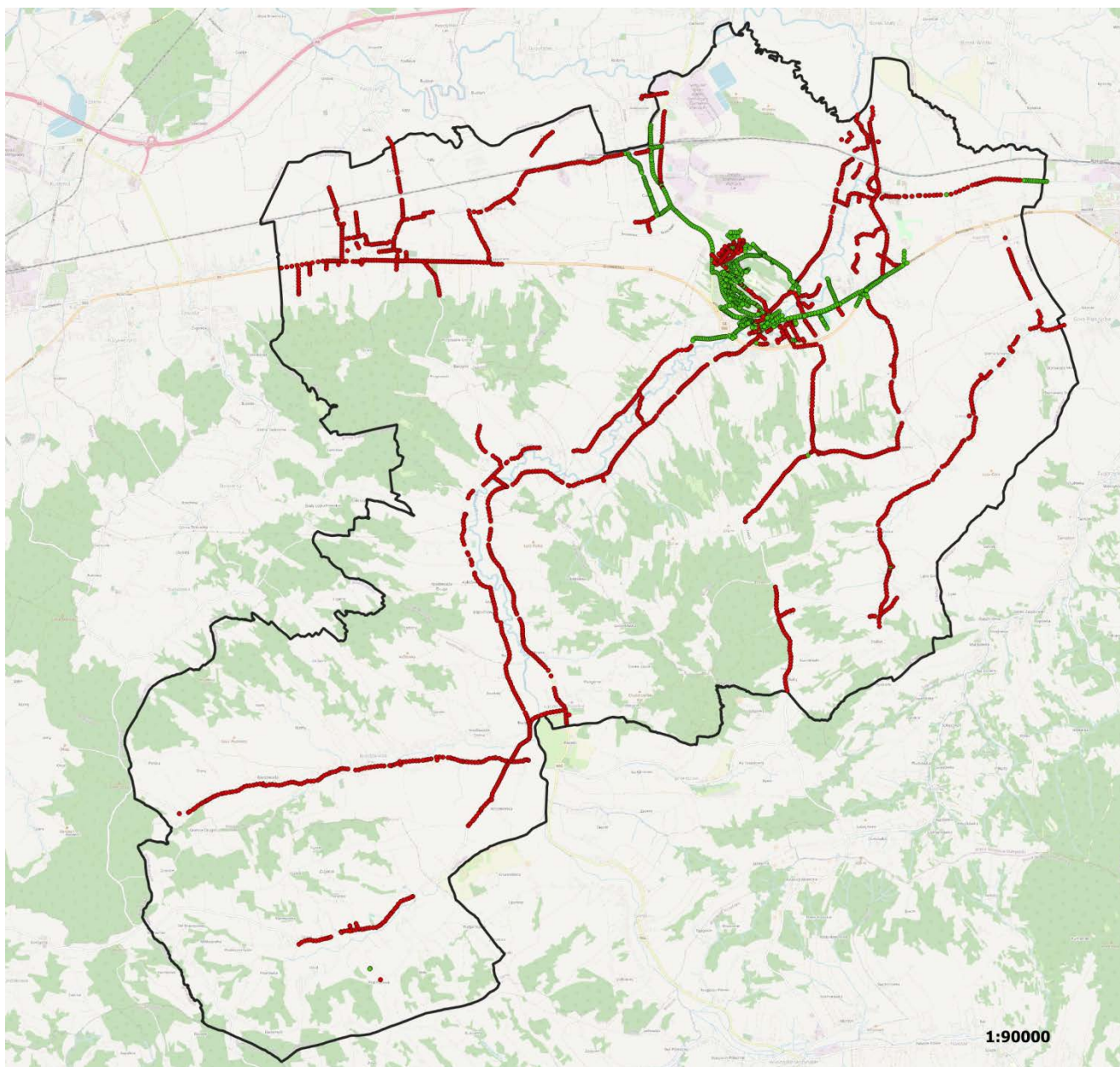
Poniżej zostały zamieszczone przykładowe zdjęcia słupów oświetleniowych w złym stanie technicznym. Zdjęcia wykonano podczas wizytacji terenowej.



Fot. 1. Stan słupów do wymiany

### Kable i przewody sieci oświetleniowej

Poniżej mapa prezentująca obszary układu sieci kablowej (oznaczonej kolorem zielonym) i napowietrznej (oznaczonej kolorem czerwonym).



Ryc. 3. Słupy zasilane siecią kablową i napowietrzną. Opracowanie własne. (Źródło podkładu: OpenStreetMap)

### Wnioski z inwentaryzacji punktów świetlnych

Zinwentaryzowano 2 175 sztuki punktów świetlnych. Szczegółowa struktura punktów świetlnych zamieszczona jest w załączniku elektronicznym do audytu. Z tego zakresu wytypowano **2 026 punktów świetlnych do wymiany**.

Pod względem rodzaju opraw, dominują wysokoprężne lampy sodowe, ponad 97% udziału w zestawieniu. Występują również oprawy rtęciowe w ilości 56 sztuk.

Osobną grupę stanowią oprawy o charakterze parkowym i ozdobnym oświetlające ciągi piesze na skwerach, w parkach i osiedlach **w ilości 253 sztuk**.

Stan techniczny audytowanego systemu oświetleniowego dróg i ulic na terenie Gminy i Miasta Ropczyce należy określić, jako średnio zadowalający i nieco lepszy od przeciętnego poziomu spotykanego na terenie gmin i miast podobnej wielkości na terenie kraju. Jest to widoczne, zarówno poprzez typy stosowanych urządzeń oświetleniowych (rodzaj źródeł światła, konstrukcji nośnych dla oświetlenia), wieku instalacji jak i stanu technicznego ocenianego na podstawie stopnia zużycia (np. czystość kloszy opraw oświetleniowych, stanu ochrony antykorozyjnej słupów metalowych itp.)

Uzasadnione jest, aby rozważyć realizację wymiany opraw oświetleniowych jak również części słupów, w szczególności słupów zakwalifikowanych do wymiany.



## 5. Analizy szczegółowe stanu aktualnego

### 5.1. Analiza typów oraz rodzaju opraw oświetleniowych

Dominują oprawy z wyładowczymi źródłami światła sodowymi oraz na poziomie poniżej 3% oprawy rtęciowe.

W zakresie mocy opraw widoczne jest, że część opraw instalowanych było przed wielu laty, stąd dominacja najbardziej rozpowszechnionej mocy opraw sodowych o mocy 150W i 250 W.

Funkcjonujące w systemie oprawy mają często za sobą ponad 20 i więcej lat eksploatacji.

W systemie pracuje istotna ilość opraw o niewłaściwie dobranej mocy do poszczególnych odcinków dróg. Są to sytuacje, w których właściwy dobór mocy w procesie wymiany będzie generował największe oszczędności w zużyciu energii elektrycznej i jej kosztach, jak również zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.

### 5.2. Analiza słupów oświetleniowych

Stanowiska słupowe linii kablowych posiadają korzystne niewielkie moduły (odległości) ich rozstawu, dość długie wysięgniki i co jest zaletą, wynoszące wysoko zainstalowane na nich oprawy.

Słupy linii napowietrznych zasilających odbiorców indywidualnych, na których zawieszone są oprawy oświetleniowe mają mniej korzystne warunki oświetleniowe, m.in. duże odległości pomiędzy słupami (moduły) sięgające 50 metrów i duże odległości od krawędzi jezdni.

Słupy w ilości 76 sztuk wymagają wymiany z uwagi na zły stan techniczny.

### 5.3. Wysięgniki

Zgodnie z definicją punktu świetlnego zalicza się do niego również element nośny tzw. wysięgnik, do którego jest on zamocowany. Elementy te, często po wieloletniej eksploatacji, znajdują się w różnym stanie technicznym - w większości kwalifikującym je do wymiany. Z uwagi na możliwość zastosowania wysięgników o innych wymiarach niż dotychczas stosowane - można uzyskać większe wartości uzyskiwanego natężenia oświetlenia. Dzięki temu także wymiana wysięgników staje się źródłem uzyskania oszczędności poprzez możliwość instalacji opraw o mniejszej mocy.

W ramach inwentaryzacji wytypowano wszystkie wysięgniki na słupach betonowych do wymiany, są to wysięgniki w złym stanie technicznym lub wysięgniki niezapewniające odpowiednich warunków oświetleniowych.



#### 5.4. Analiza prawidłowości układów sterowania oświetleniem

W systemie, obejmującym audytowany obszar, funkcjonuje **121 punktów rozliczania energii elektrycznej (PPE) wraz z punktami sterowania**. Punkty pomiarowe wyposażone są w pomiary energii elektrycznej trójfazowe i jednofazowe, a punkty sterowania posiadają własny sterownik astronomiczny realizujący cykl załączeń i wyłączeń oświetlenia zgodnie z zachodem i wschodem słońca.

Punkty rozliczania energii elektrycznej są własnością Operatora Systemu Dystrybucyjnego – PGE Dystrybucja. Umowy zawarte z PGE Dystrybucja na przesył energii elektrycznej objęte są taryfą rozliczeniową C12b. Taryfa C12b dotyczy odbiorników zasilanych z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia o mocy umownej do 40 kW i prądzie znamionowym zabezpieczenia do 63 A.

Do oceny prawidłowości działania układów sterowania wymagana jest informacja dotycząca rejestrowania zużycia energii elektrycznej w wyznaczonych godzinach dla poszczególnych stref. Przetawia to poniższa tabela, odpowiadająca następującym zasadom – strefa dzienna – 14 godzin w ciągu doby, strefa nocna - 22.00 – 6.00 oraz 2 kolejne godziny doby spośród 4 godzin pomiędzy godziną 13.00 – 17.00

\* Godziny zegarowe trwania stref czasowych w grupach taryfowych C12b, O12, G12 określa Operator

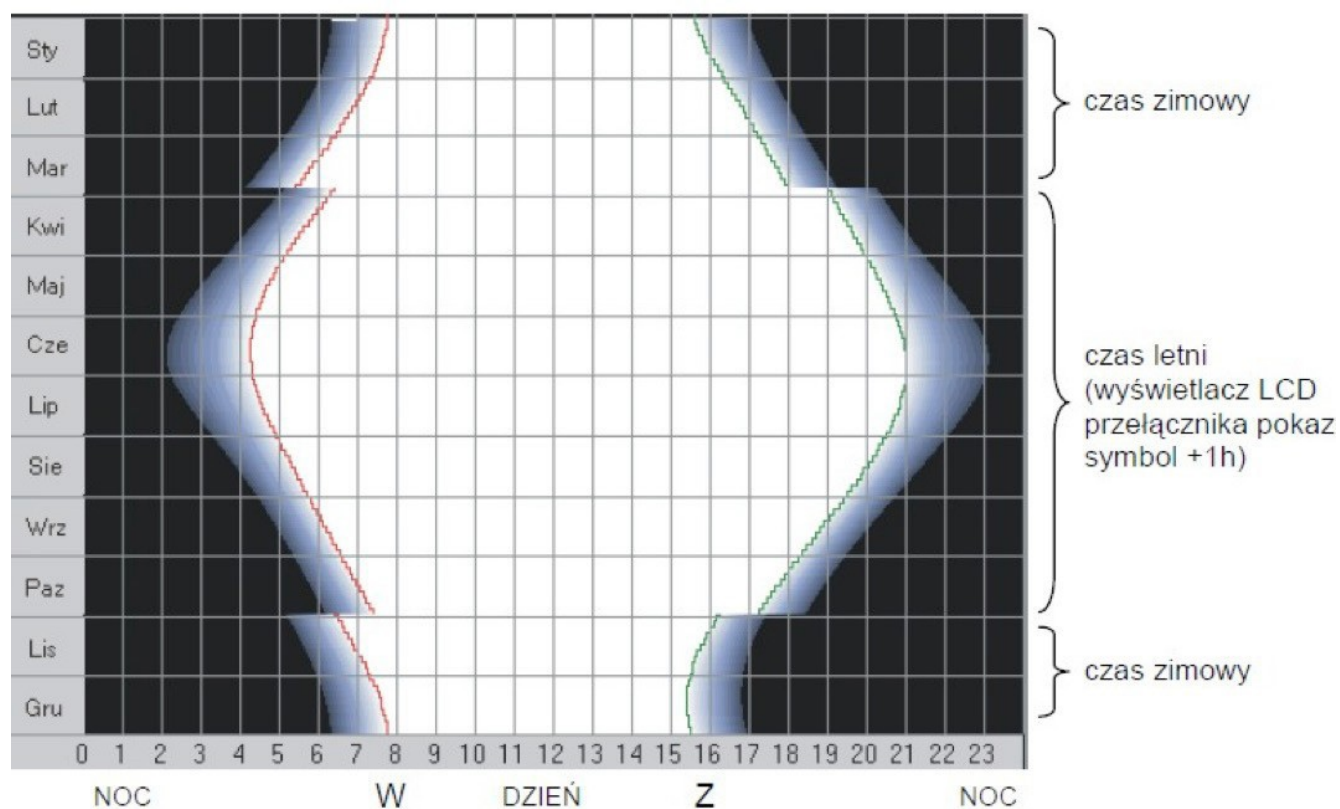
OKRES OBOWIĄZYWANIA	STREFA DZIENNA GODZINY	STREFA NOCNA GODZINY
1 styczeń – 31 grudzień	17.00 – 22.00	15.00 – 17.00
		22.00 – 7.00

Tabela 6 - Taryfa C12b - godziny w strefie dziennej i nocnej w odniesieniu do oświetlenia ulicznego  
(Taryfa PGE Dystrybucja S.A., 2020)

W następnej kolejności należy zarejestrować zużycie energii elektrycznej dla strefy dziennej i nocnej przedstawione na fakturach za dystrybucję energii elektrycznej.

Przeprowadzając analizę godzin uruchamiania i wyłączania systemu oświetleniowego w odniesieniu do rejestrowania zużycia energii elektrycznej dla poszczególnych godzin w strefach dziennych i nocnych ustalono, że w przypadku prawidłowego działania pojedynczego układu sterowania, udział energii zarejestrowanej w strefie dziennej w odniesieniu do całego zużycia energii elektrycznej nie powinien przekraczać 30%.

Udział procentowy został ustalony poprzez odniesienie danych z układu sterowania – przetwornika astronomicznego ttc firmy Time Net do danych godzinowych dla poszczególnych stref w taryfie C12b.



#### Zmiany okresów szarości w ciągu roku

- Obszar określający okres nocy
- Obszar określający okres dnia
- Obszar określający okres szarości
- W — Moment wschodu słońca – wyznaczany w urządzeniu
- Z — Moment zachodu słońca – wyznaczany w urządzeniu

Ryc. 4. Instrukcja obsługi - Programowalny przełącznik astronomiczny - ttc seria A01, 2010)

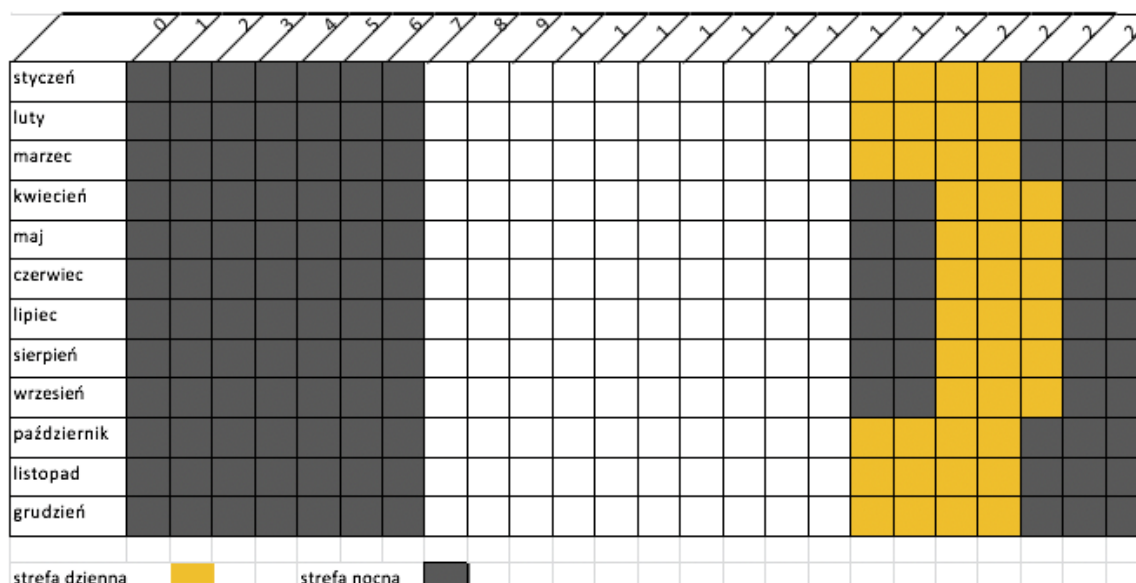


Tabela 7 - Taryfa C12b - prezentacja w formie tabeli

Znaczne odchyłki udziału strefy dziennej w odniesieniu do całego zużycia świadczą o usterkach, które należy zidentyfikować w następującej kolejności:

- Układ sterowania oświetleniem ulicznym jest uszkodzony lub zaprogramowany niezgodnie z tabelą wschodów i zachodów słońca
- Układ pomiarowy jest nieprawidłowo zaprogramowany dla taryfy C12b i błędnie nalicza zużycie energii w poszczególnych strefach taryfy.

## 5.5. Ocena stanu szaf sterowania oświetleniem

Ocenie stanu zostaną poddane szafy oświetleniowe wykorzystywane do zasilania oświetlenia ulicznego.

### Obudowy

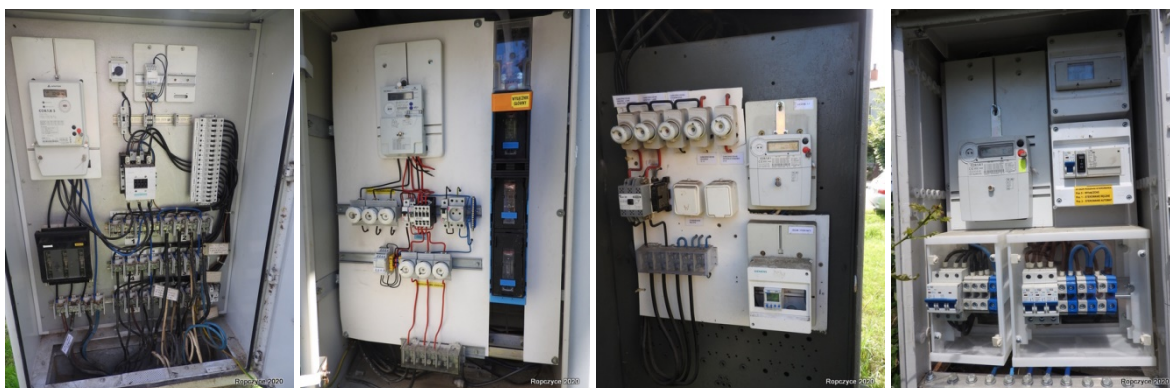
Obudowy szaf sterowania oświetleniem obejmujące sieci linii wydzielone kablowej, charakteryzują się dobrym stanem. Brak jest widocznych uszkodzeń. Część szaf oświetleniowych jest po montażu w ciągu ostatnich kilku lat. W przypadku układów sterowania oświetleniem obejmujących sieci linii napowietrznych tzw. skojarzonych, czyli prowadzonych w obwodach sieci nN dostarczającej energię elektryczną dla odbiorców indywidualnych, wymagany jest montaż nowych układów sterowania oświetleniem poza rozdzielnicami stacji transformatorowych. W sumie do montażu wymagane jest 71 nowych układów sterowania oświetleniem wraz z przeniesieniem układów pomiarowych.



Fot. 2. Obudowy szaf sterowania oświetleniem

### Układ załączania/wyłączania

W przypadku sieci linii wydzielone kablowej, w szafach, do załączania/wyłączania zasilania, zastosowane są styczniki o konstrukcji, niewykazujących zużycia, charakteryzujących się cichą pracą przy uruchomieniu, jak również nie emitujących zbędnych dźwięków po załączeniu. Natomiast w przypadku sieci linii napowietrznych wymagany jest montaż nowych styczników.



Fot. 3. Styczniki występujące w szafach sterowania oświetleniem

Do sterowania pracą styczników zastosowano głównie zegary astronomiczne firmy Theben, które są zainstalowane prawidłowo.



Fot. 4. Zegary astronomiczne występujące w szafach sterowania oświetleniem



## Zabezpieczenia

Zabezpieczenia główne, jak również obwodowe, występujące w formie wyłączników nadmiarowo-prądowych oraz typu RBK. W kilku szafach stwierdzono występowanie bezpieczników topikowych, które utrudniają i podnoszą koszty prac konserwacyjnych.



Fot. 5. Zabezpieczenia występujące w szafach sterowania oświetleniem

## Wnioski

Nie stwierdzono nieprawidłowości w działaniu układów sterowania oświetleniem. Istniejące szafy sieci linii kablowej wydzielonej są w dobrym stanie technicznym i nie wymagają przeprowadzenia generalnego remontu/wymiany. Natomiast układy sterowania oświetleniem sieci linii napowietrznych wymagają montażu poza rozdzielnicami stacji transformatorowych.

### 5.6. Weryfikacja obecnej mocy umownej

*Dotyczy zakresu objętego modernizacją/wymianą opraw oświetleniowych – 2 026 sztuk punktów świetlnych*

Moc systemu, jest określona na podstawie szczegółowego opisu każdej oprawy i określenia jej mocy rzeczywistej, według poniższej tabeli:

	MOC ŹRÓDŁA ŚWIATŁA	STRATA MOCY W OPRAWIE	RAZEM
	[KW]	[KW]	[KW]
Rtęciowa 125W	0,125	0,012	0,137
Rtęciowa 250W	0,250	0,020	0,265
Rtęciowa 400W	0,400	0,028	0,428
Rtęciowa 160W	0,160	-	0,160
Sodowa 50W	0,050	0,012	0,062



Sodowa 70W	0,070	0,013	0,083
Sodowa 100W	0,100	0,016	0,116
Sodowa 150W	0,150	0,018	0,168
Sodowa 250W	0,250	0,020	0,270
Sodowa 400W	0,400	0,036	0,436

Tabela 8. Moce rzeczywiste

### **Weryfikacja mocy rzeczywistej**

Moc rzeczywista systemu  $P = 316,411$  [kW], zakładany czas świecenia systemu przez rok  $t = 4150$  [h], stąd szacowane zużycie roczne energii elektrycznej dla całego systemu:

$$W = P * t = 316,411 \text{ [kW]} * 4150 \text{ [h]} = \mathbf{1\ 313\ 105,65 \text{ [kWh]}}$$

Różnica pomiędzy wartością szacowaną (oczekiwaną) a uzyskaną z faktur (rzeczywistą), może wynikać z odchyłki w czasie świecenia systemu, oprawami uszkodzonymi lub niedziałającymi.

## 6. Szczegółowa analiza wyników wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową

Na potrzeby przeprowadzenia szczegółowej analizy, jak również na potrzeby modernizacji i wymiany opraw oświetleniowych, zaproponowano odpowiednie klasy oświetleniowe, według poniższych zależności:

Zgodnie z PKN-CEN/TR 13201 – 1 określono klasy oświetlenia dla poszczególnych regularnych odcinków dróg i ulic. Na drogach przeznaczonych do ruchu samochodowego pojazdy poruszają się z prędkością większą od 60km/h. Przy takich prędkościach odległość widoczności na zatrzymanie, albo bezpieczna droga hamowania, mieści się w granicach od 60 do 160 m. Stacjonarne oświetlenie dróg przeznaczonych do ruchu samochodowego powinno umożliwić kierowcy zauważenie przeszkody, znajdującej się na jezdni, w odległości pozwalającej na bezpieczne zatrzymanie pojazdu przed przeszkodą, czyli w odległości od 60 do 160 m przed pojazdem (zależnie od prędkości ruchu). Kierowca obserwuje drogę pod kątem pochylonym w dół około 1°. W takich warunkach obserwacji nawierzchnia drogowa charakteryzuje się kierunkowo rozproszonymi właściwościami odbiciowymi.

W związku z tym dla klas oświetleniowych ME przewidzianych dla dróg przeznaczonych do ruchu samochodowego wymagania oświetleniowe sformułowane są przy przyjęciu luminancji, jako parametru podstawowego.

Wartość średnia luminancji zależy od cech materiałowych oraz od kierunku obserwacji i kierunku padania światła.

Wybór tej metody jest słuszny również w sytuacjach niższych prędkości pojazdów. Zmieniają się jedynie relacje między prędkością pojazdu a drogą hamowania. Postrzeganie przeszkód jest również i w tym przypadku głównie uzależnione od kontrastu luminancji tła – nawierzchni jezdni, i przeszkody – osoby, przedmiotu na drodze itp.

Dla klas oświetleniowych, zgodnie z PN-EN 13201 – 2 zalecane są określone minimalne wymagania. Zalecane parametry zawarte są w poniższej tabeli:

LUMINANCJA JEZDNI PRZY SUCHEJ NAWIERZCHNI				PRZYRÓST WARTOŚCI PROGOWEJ TI W % <sup>1)</sup>	STOSUNEK NATĘŻENIA OŚWIETLENIA OTOCZENIA SR <sup>2)</sup> [wartość najniższa]
KLASA	L W CD M-2 [wartość najniższa, wartość oczekiwana]	U0 [wartość najniższa]	UL [wartość najniższa]		
ME 1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME 2	1,5				
ME 3a	1,0				
ME 3b			0,6		
ME 3c			0,5		
ME 4a	0,6		15		
ME 4b	0,5				
ME 5	0,5	0,35	0,4		
ME 6	0,3			-	

klasa	Poziom natężenia oświetlenia	
	E śr. (1) w lx (wartość najmniejsza, wartość oczekiwana)	Emin w lx (wartość oczekiwana)
S4	5	1

Tabela 9. Zalecane parametry oświetlenia ulicznego

1. Dodatkowy wzrost TI o 5% może być dopuszczony przy stosowaniu źródeł światła o małej luminancji.
2. To kryterium jest tylko do zastosowania, gdy nie graniczy z jezdnią żadna powierzchnia ruchu ze swoimi wymaganiami.

**L** - jest średnią luminancją drogi, która w czasie eksploatacji oświetlenia ma być utrzymana,

**Uo** - całkowita równomierność wyrażona stosunkiem najmniejszej do średniej luminancji na drodze,

**UI** - równomierność wzdłużna wyrażona stosunkiem najmniejszej do największej luminancji na osi środkowej pasa ruchu,

**SR** - jest stosunkiem średniego natężenia oświetlenia na pasach bezpośrednio obok krawędzi jezdni i średniego natężenia oświetlenia na bezpośrednio przylegającym pasie jezdni. Kryterium SR jest ważne dla uczynienia widocznym bezpośredniego otoczenia drogi.

Należy podkreślić, że wskazane wielkości parametrów w normie stanowią wskazówkę do osiągnięcia właściwych warunków widoczności. Osiągnięcie tych wartości nie jest jednak równoznaczne z potwierdzeniem prawidłowości czy też zapewnieniem należytej widoczności. Obliczenia oświetleniowe służą głównie do optymalizacji doboru mocy i ustawienia oprawy w sposób umożliwiający uzyskanie jak najkorzystniejszych rezultatów – wartości parametrów oświetleniowych. Założono osiągnięcie maksymalnych możliwych równomierności oświetlenia w przypadku braku wymaganych średnich wartości

luminancji bądź natężenia oświetlenia oraz niedopuszczenia do powstania warunków olśnienia – nie przekraczania wartości wskaźnika Ti

## 6.1. Układy geometrii

Poniższa dokumentacja fotograficzna prezentuje przypadki występowania układów geometrii istniejącej infrastruktury oświetlenia ulicznego na terenie miasta Ropczyce. Pozostałe wystąpienia geometrii, niezaprezentowane poniżej, są zbliżone lub takie same.

- Słupy przy głównych drogach miasta



- Słupy przy drogach osiedli zabudowy jednorodzinnej





- Słupy przy drogach osiedli zabudowy wielorodzinnej



- Słupy parkowe



Fot. 6. Układy geometrii słupów oświetlenia ulicznego

## 6.2. Wyznaczenie współczynnika zapasu

Wszystkie wyliczenia parametrów oświetleniowych są poprzedzone wyliczeniem tzw. współczynnika zapasu. Należy tak dopasować wszystkie elementy systemu oświetlenia, aby wymagane normą parametry były spełnione tuż po wykonaniu modernizacji, ale i również po kilkunastu latach eksploatacji (przewidywany czas eksploatacji przyjęto na 20 lat). Dobranie odpowiedniego współczynnika zapasu powoduje, że w początkowym czasie świecenia parametry są wyższe od wymaganych, z czasem zmniejszają się, ale są na każdym etapie powyżej minimalnych wymaganych normą.

Analiza kosztów konserwacji systemów oświetlenia ulicznego podnosi szereg kwestii, które wzajemnie na siebie oddziałują.



Możliwe jest założenie długich okresów eksploatacji oświetlenia bez dokonywania niektórych zabiegów konserwacyjnych jak np. mycie kloszy opraw. Zmniejsza to nakłady na konserwację, ale wymaga zwiększenia kosztów wykonania systemu, który musi zakładać odpowiednio zwiększony zapas eksploatacyjny. Współczynnik zapasu zależy od wyboru sprzętu oświetleniowego, przyjętego sposobu wykonywania konserwacji, którego właściwy dobór zapewnia, jakość oświetlenia na oczekiwanym poziomie przez cały okres eksploatacji systemu oświetlenia.

Dla zaproponowanego sprzętu oświetleniowego (oprawy, źródła światła), niskiego zanieczyszczenia otoczenia pracy opraw, przyjęto zabiegi mycia opraw w terminach raz na 4 lata dla pełnego czasu świecenia systemu oświetleniowego. Współczynnik zapasu (k) powinien uwzględniać wszystkie elementy, które wpływają na zmianę parametrów oświetleniowych w trakcie eksploatacji. Odwrotnością współczynnika zapasu jest wskaźnik utrzymania. Niżej wymieniono elementy wpływające na zmiany parametrów oświetleniowych i określone cząstkowe wartości wskaźników utrzymania.

Elementami tymi są:

- zmiany warunków zasilania systemu oświetleniowego, wpływ temperatury itp. (u1),
- zmiany parametrów opraw na skutek starzenia się użytych do ich wykonania materiałów (u2),
- zmiany parametrów nawierzchni – charakterystyki odbiciowej (u3)
- uszkodzenia pojedynczych źródeł światła (u4),
- spadek strumienia świetlnego źródeł światła w czasie eksploatacji (u5)
- zmiany parametrów na skutek zabrudzenia opraw (u6).

Wskaźnik utrzymania jest iloczynem wskaźników cząstkowych pochodzących od wymienionych elementów.

Z uwagi na znaczną różnicę w charakterystykach spadku strumienia świetlnego dla źródeł światła wyładowczych sodowych i półprzewodnikowych LED (źródła LED posiadają znacznie dłuższe trwałości pracy i powolniejszy ubytek strumienia światła) zasadne jest wyznaczenie odrębnego współczynnika zapasu.

Dla opraw oświetleniowych wykonanych w technologii LED wskaźniki utrzymania od u1 do u6 przyjęto następująco:

u1 = 1,00 (stabilizacja temperaturowa zapewniona konstrukcją oprawy, warunki zasilania gwarantowane umową na dostawę energii)

u2 = 0,97 (klosz z materiału niepodlegającego mętnieniu)

u3 = 1,00 (stałość charakterystyk odbiciowych dla niezmiennych warunków zewnętrznych)

u4 = 1,00 (brak ubytków – uzupełniane w ciągu 24 godzin)

u5 = 0,92 (spadek strumienia świetlnego źródeł światła dla przewidzianego okresu eksploatacji)

u6 = 0,90 (umiarkowany stopień zanieczyszczenia środowiska – mycie opraw w okresach 3-4 lata)

$$U = u1 \times u2 \times u3 \times u4 \times u5 \times u6 = 0,80$$

U = 0,80 - wskaźnik utrzymania

Współczynnik zapasu jest odwrotnością wskaźnika utrzymania, zatem:  $k = 1/u$   $u = 1 / 0,8 = 1,25$

Wyznaczony na potrzeby niniejszego opracowania dla opraw ze źródłami światła LED, wskaźnik utrzymania wynosi 0,80 tj. współczynnik zapasu 1,25.

## 7. Analiza techniczno-technologiczna

Prace przygotowawcze związane z doбором oświetlenia ulicznego są bardzo istotnym elementem w celu uzyskania konkretnych oszczędności oraz mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo uczestników ruchu. W pierwszej kolejności należy prawidłowo przeprowadzić proces doboru odpowiednich opraw wraz z odpowiednimi źródłami światła. Wobec opraw wymaga się, aby były w pełni dostosowane do warunków, w jakich będą zainstalowane, a od źródeł światła oczekuje się jak najlepszej skuteczności świetlnej. Prace konserwacyjne są bardzo istotnym kosztem związanym z eksploatacją oświetlenia ulicznego. Należy dopasować takie rozwiązanie, które będzie generować najniższe koszty prac konserwacyjnych. Ograniczenie prac do minimum, wpłynie pozytywnie na obniżenie kosztów w tym zakresie. Należy dążyć do tego, aby prace konserwacyjne związane z opawami oświetleniowymi ograniczyły się tylko do ich utrzymania w czystości i ewentualnie do montażu lub demontażu oprawy w przypadku uszkodzenia.

### 7.1. Oprawy oświetlenia ulicznego

Oprawy oświetleniowe w technologii diodowej LED bardzo mocno wypierają dotychczasowe rozwiązania w technologii sodowej. Głównym decydującym czynnikiem są zalety ekonomiczne, bardzo niskie zużycie energii elektrycznej w odniesieniu do skuteczności świetlnej.

#### Efektywność energetyczna

Istotnym porównaniem oprawy sodowej i oprawy typu LED, jest porównanie skuteczności świetlnej przy wykorzystaniu tej samej mocy elektrycznej. Oprawa LED osiąga wyższą skuteczność świetlną przy mocach do 100 W, przy mocach powyżej 150W na tym samym lub niższym poziomie. Natomiast istotne jest precyzyjne kierowanie światła, dokładnie na tą powierzchnię, jaką oczekujemy. W przypadku opraw sodowych część światła kierowana jest na inne obszary, m.in. w górna półprzestrzeń, pobocze, fasady budynków, przez co energia jest nieefektywnie wykorzystywana. Oprawy LED przy użyciu precyzyjnych układów optycznych kierują światło tylko w miejsca wymagające oświetlenia. Stąd oprawa sodowa o mocy 150W, w zależności od warunków, może być zastąpiona oprawą LED o mocy od 40W – 80W.

Od kwietnia 2017 dyrektywa unijna wprowadziła kolejne ograniczenia w produkcji opraw sodowych. Oprawy sodowe muszą spełnić wyższe wymagania dotyczące efektywności energetycznej. Zwiększenie efektywności opraw sodowych podnosi jednostkowy koszt produkcji z uwagi na większe wymagania wobec układu zasilającego. Z drugiej strony produkcja opraw LED jest udoskonalana i koszt jednostkowy takich opraw maleje. Należy się spodziewać, że w najbliższym czasie cena oprawy sodowej produkowanej zgodnie z Dyrektywą Unijną, będzie zbliżona do ceny renomowanej oprawy typu LED.

## **Trwałość użytkowa**

Deklarowany czas życia oprawy LED wynosi aktualnie ponad 100 000 godzin. Przy rocznym czasie świecenia oprawy na poziomie ponad 4000 godzin uzyskujemy 25 lat życia oprawy bez wymiany źródła światła. Z prostej kalkulacji wynika, że sam koszt zakupu sodowej oprawy ulicznej i pięciokrotnej wymiany sodowego źródła światła, przekracza znacznie koszt zakupu nowej oprawy LED, kształtujący się aktualnie na poziomie około 500-1000 zł netto.

## **Parametry kolorymetryczne światła**

Lampy sodowe mają bardzo niski wskaźnik oddawania barw ( $R_a = 20$ ), określający jakość źródła pod kątem właściwego oddawania barw oświetlanych przedmiotów i wysyłają światło o barwie bardzo ciepłej ( $T = 2000\text{ K}$ ). Lampy technologii LED charakteryzują się bardzo dobrym wskaźnikiem oddawania barw ( $R_a > 70$ ) i pełnym zakresem wskaźnika  $T$  ( $2\,700 - 10\,000\text{ K}$ ). Dodatkowo w technologii LED im zimniejsza barwa światła tym jest większa skuteczność świetlna.

Używając opraw LED z barwą zimną korzystniej oddziałujemy na czynniki związane z procesem widzenia oka ludzkiego. Jednak należy zwrócić uwagę, aby oprawa LED o zimnej barwie światła, nie wprowadzała niebezpiecznych zakresów UV. Skutkiem może być uszkodzenie narządów wzroku. W związku z tym istotne jest, aby instalować oprawy spełniające normę bezpieczeństwa fotobiologicznego.

**Zalecany zakres temperatury barwowej 4 000 Kelwinów dla opraw instalowanych na głównych ciągach komunikacyjnych oraz 2 700 Kelwinów dla opraw instalowanych w osiedlach mieszkaniowych i parkach.**

## **Parametry techniczne oprawy oświetlenia ulicznego**

Na podstawie powyższych wniosków zalecamy następujące parametry i własności techniczne opraw oświetlenia ulicznego:

- oprawa wykonana w zakresie obudowy, jako odlew aluminiowy malowany farbami proszkowymi na kolor z palety RAL
- oprawa nie może posiadać górnej części obudowy w formie uźebrowanego radiatora oraz przepustów przez korpus służących do odprowadzenia wody/brudu (wszelkie zbędne elementy zewnętrzne będą utrudniać i podnosić koszt konserwacji)
- zespół optyki i źródeł światła chroniony szybą hartowaną o wytrzymałości IK08
- montaż na wysięgniku lub słupie o średnicy  $\varnothing 48-60\text{ mm}$
- oprawa wyposażona w uniwersalny uchwyt pozwalający na montaż zarówno na wysięgniku jak i bezpośrednio na słupie, a także pozwalający na zmianę kąta nachylenia oprawy w zakresie  $0-10^\circ$  (montaż bezpośredni) lub  $0-15^\circ$  (montaż na wysięgniku). Uchwyt wykonany z

tego samego materiału co korpus oprawy, malowany proszkowo w tym samym kolorze, co oprawa

- elementy mocujące oprawę na słupie, wysięgniku (śruby, podkładki) muszą być wykonane ze stali nierdzewnej
- wymiana elementów układu optycznego bez konieczności wykonywania połączeń lutowanych
- szczelność oprawy w zakresie komory osprzętu i optyki minimum IP66
- Oprawa wyposażona złącze standaryzowane Zhaga (zgodne Book 18 lub równoważne złącze niskonapięciowe), umożliwiające montaż sterownika do bezprzewodowego sterowania oświetleniem

#### **Dodatkowe wymagania:**

- oprawa wyposażona w dodatkowe zabezpieczenie przeciwprzepięciowe chroniące oprawę przed przepięciami na poziomie 10kV/5kA.
- oprawa wyposażona w zasilacz wewnętrzny realizujący funkcje: integralny system redukcji mocy oprawy z możliwością zdalnego sterowania za pośrednictwem systemu informatycznego
- zasilacz oprawy powinien posiadać również funkcje uniwersalne do ewentualnego zastosowania takie jak: interface typu DALI
- utrzymanie strumienia świetlnego w czasie: 90% po 100 000h (zgodnie z IES LM-80 - TM-21), potwierdzone raportem z badań akredytowanego laboratorium
- wszystkie oprawy powinny spełniać normę o bezpieczeństwie fotobiologicznym RG0
- wszystkie oprawy oświetleniowe powinny posiadać deklarację producenta CE oraz certyfikat jednostki zewnętrznej ENEC oraz ENEC+ (pełny tekst certyfikatu razem z załącznikami obejmującymi listę komponentów certyfikowanych opraw)
- wszystkie oprawy wykonane w I lub II klasie ochronności
- dostępność plików fotometrycznych (np. format .Ldt, .les). Pliki zamieszczone na stronie internetowej producenta lub dystrybutora pozwalające wykonać sprawdzające obliczenia fotometryczne w ogólnodostępnych oświetleniowych programach komputerowych (np. Dialux, Relux).

#### **W zależności od wariantu modernizacji dodatkowe wymagania:**

Oprawa ma być wyposażona w sterownik lub zasilacz umożliwiający realizację następujących funkcjonalności:

- - zaprogramowanie pięciostopniowej redukcji strumienia świetlnego i mocy zgodnie z ustalonym harmonogramem z Zamawiającym.



- - bezpłatną, w dowolnej ilości, zmianę bezprzewodowo harmonogramu redukcji przez użytkownika w oprawach w warunkach polowych bez użycia specjalistycznych narzędzi oraz zwyżki
- - synchronizowanie godzin załączenia poszczególnych faz harmonogramu redukcji w oparciu o pracę zegara astronomicznego lub innego źródła czasu wzorcowego
- - w przypadku użycia dodatkowego sterownika jego moc należy wliczyć w moc oprawy
- - w przypadku awarii sterownika przejście w stan świecenia na 100%

## **Wnioski**

Na podstawie powyższych argumentów zalecamy przeprowadzenie modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy i Miasta Ropczyce przy użyciu opraw ulicznych w technologii LED.

Stosowanie wymiany oprawa za oprawę nie zwalnia inwestora od wykonania projektów oświetlenia w oparciu o zapisy norm serii PN-EN 13201.

### **7.2. Systemy sterowania**

Audytowany zakres oświetlenia na terenie Gminy i Miasta Ropczyce, opiera się na sterowaniu procesem załączania i wyłączania oświetlenia za pomocą zegarów astronomicznych. Zegary te posiadają wpisane do pamięci czasy zachodów i wschodów słońca dla każdego dnia roku. System ten gwarantuje możliwość niemal równoczesnego zapalania i wyłączania oświetlenia dla niezależnych od siebie obwodów oraz umożliwia stosowanie korekt czasu załączania, zaplanowanie i dyscyplinowanie kosztów energii elektrycznej. System ten funkcjonuje bez regulacji strumienia świetlnego.

Celem stosowania systemu sterowania jest pełna kontrola i monitoring zainstalowanych opraw oświetleniowych. Cechy systemów sterowania wymienione poniżej.

#### **Sterowanie:**

- dowolna regulacja strumienia świetlnego
- regulacja czasów załączania i wyłączania
- utrzymanie stałego strumienia światła w czasie całej eksploatacji

#### **Monitoring:**

- wykrywanie usterek każdej oprawy
- kontrola temperatury oprawy
- kontrola zużycia energii
- pomiary: prądu, napięcia, współczynnika mocy, czasu pracy oprawy

### **System sterowania i monitorowania bezprzewodowego**

Elementy systemu zapewniają łączność i komunikację pomiędzy programem zainstalowanym na serwerze do każdej zamontowanej oprawy systemu oświetleniowego poprzez sterowniki segmentowe. Pomiędzy serwerem a sterownikiem segmentowym łączność radiowa realizowana jest siecią telefonii komórkowej. Łączność pomiędzy sterownikiem segmentowym a oprawą z wbudowanym modułem odbiorczym (sterownikiem lokalnym) następuje drogą radiową. Moduł odbiornika wyposażony jest w interfejs do sterowania parametrami oprawy w standardzie DALI.

Koszt inwestycyjny systemu obejmuje zakup, montaż sterowników segmentowych, zakup opraw wyposażonych w moduły odbiorcze z anteną. W eksploatacji dodatkowym kosztem będą opłaty za zakup kart SIM i transmisje danych.

### **System sterowania bezpośredniej komunikacji systemu z oprawą**

W odróżnieniu od poprzedniego systemu, w tym przypadku niewymagane jest instalowanie dodatkowych stacji bazowych/sterownika segmentowego. Oprawy oświetleniowe wyposażone są w moduły odbiorcze z transmisją danych siecią telefonii komórkowej. Posiadają zaimplementowane w układach elektronicznych na stałe moduły GSM oraz odbiorniki GPS pozwalające na automatyczną lokalizację przestrzenną oprawy.

Wszystkie funkcje sterowania i monitorowania opraw dostępne są na stronie internetowej. Lokalizacja opraw uwidocznioma jest automatycznie na mapie natychmiast po ich zainstalowaniu i załączeniu zasilania. W przypadku zaniku sygnałów komunikacji z oprawami, oprawy zapamiętują ostatnie nastawy sterowania. System nie wymaga ingerencji w sieć zasilania i dostępu do skrzynek PPE. System składa się z warstwy informatycznej oraz warstwy sprzętowej.

### **Warstwa informatyczna**

Platforma informatyczna – aplikacja internetowa zlokalizowana w chmurze internetowej, służąca do zarządzania oświetleniem - kompleksowe rozwiązanie wspomagające służby utrzymania oświetlenia w codziennych pracach konserwacyjnych, wspomagające te prace w zakresie detekcji uszkodzeń jak i przygotowania logistycznego do ich usunięcia. Rozwiązanie pozwala na zarządzanie zużyciem energii, optymalne dopasowanie ilości światła do danego miejsca, pory nocy oraz warunków atmosferycznych.

Platforma informatyczna jest dostępna z komputera wyposażonego w dostęp do Internetu i przeglądarkę internetową oraz realizuje następujące funkcjonalności:

## A. Ogólne

- Graficzną prezentację pracy poszczególnych elementów systemu na mapie przestrzennej zgodnie z ich współrzędnymi geograficznymi pozyskanymi bezpośrednio ze sterowników w oprawach
- Tworzenie grup punktów świetlnych równocześnie dla przypisania ich do lokalizacji – ulice jak i dla funkcji np. oświetlenie skrzyżowań, przejść dla pieszych itp.
- Zmianę języka interfejsu, z dostępnym językiem Polskim
- Wysyłanie informacji mailem o zmianach zachodzących w systemie na wskazane adresy e-mail użytkowników

## B. Zarządzanie alarmami

- Bieżący podgląd występujących w systemie nieprawidłowości i alarmów,
- Zgłaszanie alarmów związanych z uszkodzeniem elementów oprawy oświetleniowej w okresie do 60 minut od ich powstania,
- Zgłaszanie problemów związanych z komunikacją z oprawą w okresie 24 godzin od ich powstania,
- Przeglądanie alarmów aktywnych, nieaktywnych, aktywnych
- Wyszukiwanie alarmów po:
  - Nazwie elementu i/lub komponentu
  - Typie komponentu systemu
  - Modelu komponentu systemu
  - Kategorii awarii
  - Dacie wystąpienia problemu
  - Opisie błędu
- Eksport tworzonych raportów do plików formatu Excel.

## C. Zarządzanie elementami systemu

- Swobodne definiowanie parametrów dla wskazanych elementów, przy czym, opisy powinny mieć możliwość wpisywania parametrów opisanych przez:
  - Parametr daty – np. data wykonania czynności
  - Parametr tekstu – opis czynności
  - Parametr cyfry – podanie np. wysokość, odległość

- Swobodne tworzenie słowników zarówno dla danych opisujących parametry jak i całe komponenty
- Importowanie danych opisujących majątek oświetleniowy z plików ogólnie używanych programów komputerowych np. z pliku Excel
- Możliwość zmiany parametru opisującego majątek oświetleniowy pojedynczego punktu oświetleniowego lub jednocześnie całej grupy punktów np. zachowanie informacji o przeglądzie wykonanym jednego dnia na pojedynczej ulicy
- Wyszukiwanie w bazie poszczególnych elementów,
- Tworzenie indywidualnych zapytań o elementy majątku oświetleniowego, błędy i inne działania systemu
- Eksportowanie do pliku Excel gotowych raportów
- Możliwość kontroli po realizacji czasów załączenia i wyłączenia oraz zmiany natężenia oświetlenia, graficzna prezentacja danych.

#### D. Kontrola zużycia energii

- Kontrolę zużycia energii przez pojedyncze punkty świetlne, grupy punktów świetlnych jak i przez całą instalację
- Prezentację graficzną i liczbową energii zużytej w okresie 1 miesiąca, 3 miesięcy, 1 roku, 5 lat
- Graficzne i liczbowe porównanie zużycia energii z kilku punktów świetlnych lub kilku obszarów w tym samym czasie
- Graficzne i liczbowe porównanie zużycia energii w pojedynczego punktu świetlnego, grupy punktów świetlnych w dwóch różnych okresach czasu np. w tym samym miesiącu różnych lat
- Eksport tworzonych raportów do plików formatu Excel

#### E. Regulacja strumienia świetlnego

- Przypisania każdemu punktowi świetlnemu, grupie punktów świetlnych, czy obszarowi indywidualnego kalendarza pracy
- Definiowanie kalendarzy pracy opartych na dniach charakterystycznych
- Swobodne definiowanie dni charakterystycznych np. dzień roboczy, dzień wolny od pracy, piątek, Sylwester czy Nowy Rok
- Przypisanie dla każdego dnia charakterystycznego indywidualnego schematu oświetleniowego uwzględniającego:
  - Redukcję strumienia świetlnego w udostępnianym przez punkt świetlny zakresie

- Czasu występowania redukcji
- Opóźnienie/przyspieszenie załączenia systemu o określony czas względem tabeli wschodów i zachodów słońca dla lokalizacji instalacji
- Ręczną załączenie/wyłączenie oraz regulację strumienia świetlnego pojedynczych punktów świetlnych oraz grup tych punktów

F. Kontrolowanie automatycznych akcji poszczególnych elementów jak i całego systemu

- Tworzenie raportów o automatycznych działaniach systemu takich jak np.:
  - Synchronizacja danych z serwerem
  - Aktualizacja oprogramowania w sterownikach
  - Realizacja komend ręcznego sterowania
- Tworzenie raportów o działaniach poszczególnych elementów systemów takich jak:
  - Uruchomienie
  - Zmiana oprogramowania wewnętrznego we współpracujących sterownikach
  - Aktualny status pracy systemu
- Eksportowanie do pliku Excel gotowych raportów.

G. Bezpieczeństwo transmisji danych i utrzymanie systemu

- Wszystkie interakcje użytkowników z platformą są zabezpieczone za pomocą 128-bitowego szyfrowania SSL
- Posiada system dwuczynnikowej autentykacji (2FA) zapobiegający przypadkowemu lub celowemu użyciu konta użytkownika, minimalizującemu ryzyko włamań na konta przez hakerów
- System będzie utrzymywany i wspierany przez dostawcę w okresie, co najmniej 10 lat od jego wdrożenia
- Oprogramowanie platformy będzie na bieżąco aktualizowane przez dostawcę
- Gromadzone na platformie dane będą własnością inwestora
- Gromadzone dane będą regularnie zachowywane w kopiach zapasowych w celu ich odtworzenia w przypadku awarii serwera głównego platformy

**Warstwa sprzętowa**

Warstwa sprzętowa składa się z indywidualnych sterowników zintegrowanych z oprawą oświetleniową lub dla istniejących opraw poza nią (na słupie) o następujących cechach:



A. Realizowane funkcje

- Załączanie i wyłączanie oświetlenia
- Regulacja strumienia świetlnego
- Praca całkowicie autonomiczna – załączanie i wyłączenie oświetlenia w oparciu o zintegrowaną ze sterownikiem fotokomórkę lub autonomiczny zegar astronomiczny.
- Przechowywanie i realizacja programu.
- Zbieranie, przechowywanie i przesyłanie parametrów pracy oprawy.

B. Komunikacja

- Sterownik w/przy oprawie łączy się z serwerem
- Do komunikacji z serwerem sterownik w/przy oprawie wykorzystuje bezpłatne dostępne kanały komunikacji
- Z układem zasilającym oprawy Sterownik komunikuje się przewodowo za pośrednictwem sygnału DALI (Dynamiczny Adresowalny Interfejs Oświetleniowy)

C. Lokalizacja

- Sterownik jest wyposażony w lokalizator GSM umożliwiający automatyczne pozycjonowanie oprawy w przestrzeni.
- Sterownik jest synchronizowany z zewnętrznego źródła czasu

D. Kontrola parametrów

Sterownik odczytuje następujące parametry:

- Czas świecenia od zabudowy oprawy
- Ilość zużytej energii elektrycznej przez oprawę
- Wartość prądu pobieranego przez oprawę
- Wartość napięcia na zasilaniu przez oprawę
- Współczynnik mocy
- Temperaturę otoczenia
- Współrzędne geograficzne opraw

**Zasługują na uwagę następujące elementy tego systemu:**

**Prostota** – oprawy po zainstalowaniu samodzielnie zgłaszają się w systemie w miejscu zainstalowania (wbudowany lokalizator GPS) i „przynoszą ze sobą” plik konfiguracyjny oprawy – jej paszport.

**Pewność** – za transmisję danych odpowiada dostawca rozwiązania. Transmisja jest szyfrowana, logowanie jest zabezpieczone dwuskładnikową identyfikacją.

**Elastyczność** – współpraca systemu z różnymi rodzajami sprzętu. Współpraca systemu z platformami zarządzania miastem przez interfejs API (np. z platformami asco lub SAP). Możliwość współpracy z oprawami już zainstalowanymi – zewnętrzny sterownik do zabudowy obok oprawy.

### **System sterowania i monitorowania bezprzewodowego dla grupy opraw**

System oparty na zarządzaniu i monitorowaniu pracy grupy opraw zasilanych z punktu rozliczania energii PPE z wykorzystaniem sieci telefonii komórkowej. Funkcjonalność jest ograniczona do zarządzania w sposób jednolity całą grupą opraw, załączania, wyłączania oraz kontroli czasu świecenia, poziomów parametrów zasilania i poboru energii oraz komunikowania alarmów itp. Sterownik instalowany jest w każdym punkcie sterowania, posiada synchronizację czasu rzeczywistego oraz odbiornik GPS ujawniający lokalizację w punkcie sterowania.

### **System sterowania i monitorowania przewodowego**

System składa się z kontrolera segmentowego instalowanego w dotychczasowym punkcie sterowania, z którym realizowana jest łączność z poziomu przeglądarki internetowej za pomocą sieci telefonii komórkowej lub sieci internetowej. Ze sterownikiem współpracuje moduł, interfejs przekształcający sygnały sterujące na standard LonWorks umożliwiający wysyłanie tych sygnałów po liniach zasilających (komunikacja PowerLine). W oprawach lub na słupach montowane są sterowniki kontrolery odbierające sygnały wysyłane po liniach zasilających i sterujące pracą opraw (do współpracy z układami zasilaczy opraw w standardzie DALI).

### **Wnioski**

Analizując powyższe wnioski istotne jest, aby uwzględnić najważniejszy element planowanej modernizacji oświetlenia, perspektywę czasową działania systemu w okresie 20 lat. Należy brać pod uwagę taki system Bezprzewodowego Sterowania Oświetleniem, który daje największe prawdopodobieństwo działania przez okres 20 lat i ponoszenia najmniejszych kosztów eksploatacji systemu.

## 8. Warianty modernizacji oświetlenia ulicznego

### 8.1. Zakres wariantów modernizacji

Z przeprowadzonej inwentaryzacji wyłączono zainstalowane nowe oprawy LED w sumie ilość końcowa proponowana do modernizacji to 2 026 sztuk. Stąd proponowane warianty obejmują modernizację opraw rtęciowych i sodowych, zarazem ulicznych jak i parkowych w ilościach:

LINIA RODZAJ	DROGOWE	PARKOWE	SUMA
Kablowa	554	253	807
Napowietrzna	121		1219
SUMA	177	253	<b>2026</b>

Tabela 10. Podział ilościowy modernizowanego zakresu

Odmienne niż w oprawach lamp wyładowczych konstrukcja opraw LED posiada niemal zawsze źródło światła zamontowane w oprawie bez zakładania jego wymienności na drugie z uwagi na znaczną trwałość diod LED przewyższającą technicznie uzasadniony czas ich eksploatacji.

Wyznaczono do wariantów modernizacji parametry opraw LED z dopuszczalnym spadkiem strumienia w czasie do max. 10% wartości początkowej ustalone zostały dla pracy w czasie 100 000 godzin tj. ponad 20 lat.

Miarą jakości są osiągnięte wyniki poziomu parametrów oświetleniowych uzyskane w procesie obliczeniowym dla konkretnych stanowisk (geometrii) przy oświetlanych drogach.

#### Proponowane warianty modernizacji:

**Pierwszy wariant (Minimalna Inwestycja)** modernizacji obejmuje wymianę oświetlenia ulicznego, z możliwością podziału na zadania – etapowanie prac. Wymiana opraw sodowych na oprawy LED.

**Drugi wariant (Największe Oszczędności)** modernizacji obejmuje pierwszy wariant rozszerzony o implementację redukcji mocy na stałe w wymienianych oprawach LED.

**Trzeci wariant (Kompromis)** obejmuje zakresem drugi wariant rozszerzony o zastosowanie bezprzewodowego systemu sterowania dla opraw oświetleniowych ulicznych i parkowych.

## **8.2. Obliczenia fotometryczne**

Na potrzeby wykonania audytu i przeprowadzenia analizy wariantów modernizacji wykonano obliczenia fotometryczne i przyporządkowano odpowiednie moce nowych opraw do montażu.

Nie należy traktować obliczeń fotometrycznych, jako projektu docelowego – obliczenia mają wskazać możliwość wykonania modernizacji oświetlenia, której celem jest poprawa stanu oświetlenia i oszczędności w kosztach jego utrzymania.

Wyznaczony poziom wskaźnika utrzymania oświetlenia został wyliczony na podstawie zmienności parametrów sprzętu oświetleniowego i warunków eksploatacyjnych, zakładany okres mycia kloszy i opraw jest właściwy dla czasu życia systemu liczonego na 20 lat. Jest to również podyktowane projekcją audytu dla takiego okresu czasu. System ma zachować swoją sprawność w tym okresie.

Ze względów bezpieczeństwa realizacji efektów modernizacji przy optymalizacji doboru mocy opraw LED stosowano dodatkowy zapas poziomu parametrów ponad wartości minimalne ok. 20%.

Obliczenia parametrów oświetleniowych wykonano za pomocą programu Dialux dla opraw LED. Program Calculux, Dialux i baza danych opraw są ogólnodostępnymi programami.

Wyliczono następujące parametry:

- średnią luminancję
- luminancję ogólną
- luminancję wzdłużną
- przyrost wartości progowej
- stosunek natężeń oświetlenia otoczenia i ulicy

Dodatkowo wyliczono poziomy średnich wartości natężenia oświetlenia i równomierności oświetlenia. Poziomy parametrów natężenia oświetlenia przedstawiono dla każdego odcinka oddzielnie w wydrukach fotometrycznych dla wszystkich punktów siatki obliczeniowej. Wydruki wyników obliczeń przedstawiają również dane opraw oświetleniowych, geometrię ich zawieszenia oraz nastawy ewentualnych elementów regulacyjnych.

## **8.3. Warianty modernizacji**

### **WARIANT 1 – WYMIANA OPRAW RTĘCIOWYCH I SODOWYCH NA OPRAWY W TECHNOLOGII LED**

Proponowany zakres prac obejmuje:

- demontaż opraw rtęciowych i sodowych oświetlenia ulicznego zasilanych z sieci kablowej oraz sieci napowietrzanej i montaż w ich miejsce opraw w technologii LED.
- sterowanie za pomocą zegarów astronomicznych w dotychczasowej konfiguracji
- konserwacja słupów linii kablowej

Ocena:



Obniżenie mocy systemu zainstalowanego oświetlenia o 56,5 %

Na podstawie wykonanych obliczeń fotometrycznych przyporządkowano odpowiednie moce do poszczególnych ulic i klas oświetleniowych. Z wyliczeń wynikają następujące moce nowych opraw w technologii LED:

MOC OPRAWY	LICZBA OPRAW
37	254
38	52
48	42
50	120
54	230
57	311
67	120
71	574
83	52
99	19
106	21
132	35
134	196
Suma	2026

Tabela 11. Podział ilościowy modernizowanego zakresu na moce opraw

## Porównanie mocy systemu oświetleniowego przed i po modernizacji

MOC SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO PRZED MODERNIZACJĄ [KW]	316,411
MOC SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO PO MODERNIZACJI [KW]	137,638
OBNIŻENIE MOCY SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO [%]	56,5

Tabela 12. Porównanie mocy systemu oświetleniowego przed i po modernizacji

## Analizy kosztów eksploatacji przed i po modernizacji

Ceny jednostkowe do poniższych wyliczeń uzyskano z aktualnie otrzymywanych faktur za energię elektryczną od PGE Dystrybucja. Dane wejściowe przed modernizacją:

ILOŚĆ PPE	121
Zużycie dzienna [kWh]	393 931,70
Zużycie nocna [kWh]	919 173,96
Moc zamówiona [kW]	550



## Aktualnie ponoszone koszty modernizowanego zakresu

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
dzienna	0,3013 zł	393 931,70	118 691,62 zł	27 299,07 zł	145 990,69 zł
nocna	0,3013 zł	919 173,96	276 947,11 zł	63 697,84 zł	340 644,95 zł
suma			395 638,73 zł	90 996,91 zł	486 635,64 zł

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121	3 267,00 zł	751,41 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	550	27 060,00 zł	6 223,80 zł	33 283,80 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	393 931,70	95 016,32 zł	21 853,75 zł	116 870,08 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	919 173,96	68 018,87 zł	15 644,34 zł	83 663,21 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	1 313 105,65	18 252,17 zł	4 198,00 zł	22 450,17 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	1 313 105,65	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	1 313 105,65	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	550	528,00 zł	121,44 zł	649,44 zł
suma			212 142,37 zł	48 792,74 zł	260 935,11 zł

	ILOŚĆ	CENA JEDN./ROK/SZT.	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
usługa konserwacji oświetlenia	2 026	60,00 zł	121 560,00 zł	27 958,80 zł	149 518,80 zł

suma kosztów	897 089,55 zł
--------------	---------------

## Koszt utrzymania modernizowanego obszaru oświetlenia po modernizacji wariant 1

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
dzienna	0,3013 zł	171 359,31	51 630,56 zł	11 875,03 zł	63 505,59 zł
nocna	0,3013 zł	399 838,39	120 471,31 zł	27 708,40 zł	148 179,71 zł
suma			172 101,87 zł	39 583,43 zł	211 685,30 zł

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121	3 267,00 zł	751,41 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	200	9 840,00 zł	2 263,20 zł	12 103,20 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	171 359,31	41 331,87 zł	9 506,33 zł	50 838,19 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	399 838,39	29 588,04 zł	6 805,25 zł	36 393,29 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	571 197,70	7 939,65 zł	1 826,12 zł	9 765,77 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	571 197,70	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	571 197,70	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	200	192,00 zł	44,16 zł	236,16 zł
suma			92 158,55 zł	21 196,47 zł	113 355,02 zł

	IŁOŚĆ	CENA JEDN./ROK/SZT.	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
usługa konserwacji oświetlenia	2 026	12,00 zł	24 312,00 zł	5 591,76 zł	29 903,76 zł

suma kosztów	354 944,08 zł
--------------	---------------

KOSZT UTRZYMANIA SYSTEMU WYNIESIE W SKALI ROKU:	354 944,08 zł	brutto
W ODNIESIENIU DO AKTUALNIE PONOSZONYCH KOSZTÓW W WYSOKOŚCI:	897 089,55 zł	brutto
OSZCZĘDNOŚĆ W SKALI ROKU:	542 145,47 zł	brutto

### Koszty modernizacji

	SUMA NETTO	SUMA BRUTTO
Wymiana opraw wraz z pozostałymi zadaniami	2 409 057,55 zł	2 963 140,79 zł
Projekt techniczny i nadzór inwestorski	81 250,00 zł	99 937,50 zł

SUMA KOSZTÓW BRUTTO	3 063 078,29 zł
OSZCZĘDNOŚĆ BRUTTO/ROK	542 145,47 zł
STOPA ZWROTU [LATA]	5,6

CAŁKOWITA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII	741 907,95	kWh/rok
	56,5%	%
REDUKCJA EMISJI CO2	567,56	Mg / rok

Tabela 13. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 1

Szacowany koszt modernizacji obejmuje demontaż opraw rtęciowych i sodowych i montaż w ich miejsce opraw w technologii LED na tych samych konstrukcjach wsporczych, bez przebudowy istniejących słupów. Zalecane jest, aby w ramach wykonanych prac wymienić tabliczki zabezpieczające wraz z przewodem zasilającym oprawę w słupach zasilanych linią kablową, wymienić wysięgniki na liniach napowietrznych wraz z zaciskami prądowymi i zabezpieczeniami BZO oraz przeprowadzić gruntowne czyszczenie do warstwy zerowej słupów wraz z ich konserwacją i malowaniem.

### Wariant 2 – wymiana opraw na oprawy w technologii LED z redukcją mocy w oprawie

Rozszerzenie wariantu 1 o montaż opraw LED z zaimplementowaną fabrycznie na stałe w oprawie, redukcją mocy według proponowanego harmonogramu:

- Brak redukcji mocy od włączenia oświetlenia do godziny 23 i od godziny 4 do wyłączenia oświetlenia ( 2325 godzin świecenia)
- Redukcja mocy zainstalowanej do poziomu 70% - 5 godziny na dobę: od godz. 23.00 do 04.00 (1 825 godzin świecenia)

Ocena:



Redukcja mocy w oprawie umożliwia pogłębienie oszczędności z wariantu 1 o dodatkowe 13%

Redukcja mocy w oprawie jest zaimplementowana na stałe, brak dodatkowych kosztów utrzymania systemu



Utrudnione zmiany parametrów redukcji mocy z uwagi na potrzebę dojazdu i dostępu bezpośredniego do zainstalowanej oprawy w celu zmiany jej charakterystyki

### Analizy kosztów eksploatacji przed i po modernizacji

W wyniku dodatkowej redukcji mocy nastąpi zmniejszenie mocy pobranej, co jest bezpośrednio związane z zużyciem energii elektrycznej.

REDUKCJA MOCY W OPRAWIE	CZAS PRACY [H]	MOC [KW]	ZUŻYCIE EE [KWH]
0%	2 325	137,64	320 008,35
30%	1 825	96,35	175 832,55
	<b>4150</b>		<b>495 840,90</b>

W wyniku redukcji mocy w oprawie można uzyskać dodatkowe obniżenie mocy systemu oświetlenia w sumie do 62%.

### Koszt utrzymania oświetlenia po modernizacji wariant 2 – zakup energii elektrycznej:

ILOŚĆ PPE	121
Zużycie dzienna [kWh]	148 752,27
Zużycie nocna [kWh]	347 088,63
Moc zamówiona [kW]	200

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
dzienna	0,3013 zł	148 752,27	44 819,06 zł	10 308,38 zł	55 127,44 zł
nocna	0,3013 zł	347 088,63	104 577,80 zł	24 052,89 zł	128 630,70 zł
suma			149 396,86 zł	34 361,28 zł	183 758,14 zł

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121	3 267,00 zł	751,41 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	200	9 840,00 zł	2 263,20 zł	12 103,20 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	148 752,27	35 879,05 zł	8 252,18 zł	44 131,23 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	347 088,63	25 684,56 zł	5 907,45 zł	31 592,01 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	495 840,90	6 892,19 zł	1 585,20 zł	8 477,39 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	495 840,90	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	495 840,90	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	200	192,00 zł	44,16 zł	236,16 zł
suma			81 754,79 zł	18 803,60 zł	100 558,40 zł

	ILOŚĆ	CENA JEDN./ROK/ SZT.	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
usługa konserwacji oświetlenia	2 026	12,00 zł	24 312,00 zł	5 591,76 zł	29 903,76 zł

suma kosztów	314 220,30 zł
--------------	---------------

KOSZT OPŁAT ZA ZAKUP I DYSTRYBUCJĘ ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYNIESIE W SKALI ROKU:	314 220,30 zł	brutto
W ODNIESIENIU DO AKTUALNIE PONOSZONYCH KOSZTÓW W WYSOKOŚCI:	897 089,55 zł	brutto
OSZCZĘDNOŚĆ W SKALI ROKU:	582 869,25 zł	brutto

CAŁKOWITA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII	817 264,76	kWh/rok
	62%	%
REDUKCJA EMISJI CO2	625,21	Mg / rok

Tabela 14. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 2

Szacowany koszt realizacji wariantu 2, jak również koszty aktualnego utrzymania systemu oświetleniowego, jest taki sam jak w przypadku wariantu 1. Ceny zakupu, jak również montażu opraw w technologii LED z redukcją mocy w oprawie jest taki sam jak w przypadku opraw bez redukcji mocy. Stąd szacowana stopa zwrotu skróciła się do 5,3 lat:



SUMA KOSZTÓW BRUTTO	3 063 078,29 zł
OSZCZĘDNOŚĆ BRUTTO/ROK	582 869,25 zł
STOPA ZWROTU [LATA]	5,3

### Wariant 3 – wymiana opraw na oprawy w technologii LED z zastosowaniem Bezprzewodowego Systemu Sterowania Oświetleniem

Rozszerzenie wariantu nr 2 o Bezprzewodowy System Sterowania Oświetleniem. System informatyczny zarządza oprawą oświetlenia za pośrednictwem odpowiedniego protokołu komunikacyjnego.

W zakresie uzyskanych oszczędności wariant 3 może zwiększyć poziom oszczędności z wariantu 2, gdyż Bezprzewodowy System Sterowania Oświetleniem umożliwia utrzymanie redukcji mocy oprawy na wyższym poziomie z uwagi na możliwość kontrolowania mocy opraw w odniesieniu do danej sytuacji drogowej, np. natężenia ruchu, natężenia oświetlenia naturalnego, itp.

Ocena:



Dowolna regulacja strumienia światła emitowanego przez oprawę. Pełne zarządzanie infrastrukturą oświetleniową z centrum dyspozytorskiego.



Podwyższone koszty inwestycji związane z zakupem Bezprzewodowego Systemu Sterowania Oświetleniem

### Analizy kosztów eksploatacji przed i po modernizacji

W wyniku zastosowania Bezprzewodowy System Sterowania Oświetleniem wystąpi dodatkowa redukcja mocy pobranej, co jest bezpośrednio związane ze zużyciem energii elektrycznej:

REDUKCJA MOCY W OPRAWIE	CZAS PRACY [H]	MOC [KW]	ZUŻYCIE EE [KWH]
0%	1960	137,64	269 770,48
30%	1095	96,35	105 499,53
50%	1095	68,82	75 356,81
	<b>4150</b>		<b>450 626,81</b>

W wyniku dodatkowej redukcji mocy, uzyskamy dodatkowe obniżenie zużycia energii elektrycznej do 65,7%.

### Koszt utrzymania oświetlenia po modernizacji wariant 3:

ILOŚĆ PPE	121
Zużycie dzienna [kWh]	135 188,04
Zużycie nocna [kWh]	315 438,77
Moc zamówiona [kW]	200

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
dzienna	0,3013 zł	135 188,04	40 732,16 zł	9 368,40 zł	50 100,55 zł
nocna	0,3013 zł	315 438,77	95 041,70 zł	21 859,59 zł	116 901,29 zł
		suma	135 773,86 zł	31 227,99 zł	167 001,85 zł

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121	3 267,00 zł	751,41 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	200	9 840,00 zł	2 263,20 zł	12 103,20 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	135 188,04	32 607,36 zł	7 499,69 zł	40 107,05 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	315 438,77	23 342,47 zł	5 368,77 zł	28 711,24 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	450 626,81	6 263,71 zł	1 440,65 zł	7 704,37 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	450 626,81	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	450 626,81	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	200	192,00 zł	44,16 zł	236,16 zł
		suma	75 512,54 zł	17 367,88 zł	92 880,42 zł

	ILOŚĆ	CENA JEDN./ROK/ SZT.	KOSZT NETTO	VAT	KOSZT BRUTTO
usługa konserwacji oświetlenia	2 595	12,00 zł	24 312,00 zł	5 591,76 zł	29 903,76 zł

suma kosztów	289 786,03 zł
--------------	---------------

KOSZT OPŁAT ZA ZAKUP I DYSTRYBUCJĘ ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYNIESIE W SKALI ROKU:	289 786,03 zł	brutto
W ODNIESIENIU DO AKTUALNIE PONOSZONYCH KOSZTÓW W WYSOKOŚCI:	897 089,55 zł	brutto
OSZCZĘDNOŚĆ W SKALI ROKU:	607 303,52 zł	brutto

CAŁKOWITA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII	862 478,84	kWh/rok
	65,7%	%
REDUKCJA EMISJI CO2	659,80	Mg / rok

Tabela 15. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 3

Szacowany koszt realizacji wariantu 3 jest to koszt wariantu 1 powiększony o koszt realizacji Bezprzewodowego Systemu Sterowania Oświetleniem dla całego obszaru gminy i miasta.

	SUMA NETTO	SUMA BRUTTO
WYMIANA OPRAW WRAZ Z POZOSTAŁYMI ZADANIAMI	2 409 057,55 zł	2 963 140,79 zł
BEZPRZEWODOWY SYSTEM STEROWANIA OŚWIECENIEM	551 500,00 zł	55 350,00 zł
PROJEKT TECHNICZNY I NADZÓR INWESTORSKI	81 250,00 zł	99 937,50 zł

SUMA KOSZTÓW BRUTTO	3 741 423,29 zł
OSZCZĘDNOŚĆ BRUTTO/ROK	607 303,52 zł
STOPA ZWROTU [LATA]	6,2

## Analiza porównawcza wariantów modernizacji

Na podstawie przeprowadzonej analizy danych uzyskujemy następujące zestawienie:

Wariant	1	2	3	
Moc zainstalowana obecnie	316,41	316,41	316,41	kW
Zużywana energia obecnie	1 313 105,65	1 313 105,65	1 313 105,65	kWh/rok
Obecna emisji CO2	1 004,53	1 004,53	1 004,53	Mg / rok
Moc zainstalowana po wymianie opraw	137,64	137,64	137,64	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	56,5%	56,5%	56,5%	
Średnia moc docelowa opraw	67,94	67,94	67,94	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji oprawy	571 197,70	495 840,90	450 626,81	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	436,97	379,32	344,73	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	741 907,95	817 264,76	862 478,84	kWh/rok
	56,5%	62,2%	65,7%	
Redukcja emisji CO2	567,560	625,208	659,796	Mg / rok

Tabela 16 – Porównanie wariantów modernizacji

Tabela prezentuje podsumowania istotnych pozycji dla wariantów modernizacji od 1 do 3. Realizując inwestycje w wybranym zakresie, **najbardziej uzasadniona jest realizacja wariantu nr 1.**

Wszystkie wskaźniki wariantu 1, w niewielkim stopniu są niższe niż wskaźniki wariantu 2 i 3.

Przedstawienie w analizie, wariantów modernizacji umożliwia porównanie i podjęcie decyzji inwestycyjnych.

Dwudziestoletnia perspektywa użytkowania modernizowanego systemu, narzuca w pierwszej kolejności elastyczność warunków technicznych. Rekomendujemy rozpatrzenie wariantu 1 – wymiana opraw bez zastosowania Bezprzewodowego Systemem Sterowania Oświetleniem.

## 9. Wariant 1 – wymiana opraw na oprawy w technologii LED- wariant modernizacji rekomendowany

### 9.1. Uzasadnienie rekomendowanego wariantu modernizacji

Rekomendowany wariant modernizacji obejmuje obszary najbardziej energochłonne o bardzo dużych możliwościach uzyskania oszczędności. Wyznaczony teren obejmuje maksymalny możliwy zakres proponowanej modernizacji.

Po szczegółowej analizie każdego obszaru Gminy i Miasta Ropczyce zalecamy modernizację 2 026 sztuk opraw. Są to oprawy zainstalowane na sieciach napowietrznych w ilości 1219 sztuk, oprawy parkowe w ilości 253 sztuk oraz 554 oprawy oświetlenia ulicznego sieci kablowej. Szczegółowy podział prezentuje tabela poniżej:

LINIA RODZAJ	PARKOWY	ULICZNY	SUMA
kablowa	253	554	807
napowietrzna		1 219	1 219
Suma	253	1 773	2 026

Dynamiczny rozwój technologii półprzewodnikowej LED w oświetleniu ulicznym umożliwił zapewnienie bardzo dużej wydajności świetlnej (lm/W) przy małym poborze energii elektrycznej. Dodatkowo nastąpił mocny rozwój układów optycznych, które aktualnie zapewniają bardzo dobrą równomierność rozsyłu światła przy odległościach między stanowiskami słupowymi sięgającymi 50 metrów.

Na podstawie inwentaryzacji i przeprowadzonej analizy aktualnej geometrii systemu oświetleniowego

- odległości pomiędzy stanowiskami słupowymi, odległości od krawędzi jezdni, wysokość zawieszenia opraw oraz konfiguracji wysięgników stwierdzono, że jest to geometria optymalna do zastosowania opraw oświetlenia ulicznego w technologii LED bez potrzeby przebudowy infrastruktury oświetleniowej. Do kosztów modernizacji wskazano do wymiany, ze względu na ich zły stan techniczny, wymianę wysięgników, konstrukcji łączących słup z oparą.

Przebudowa konstrukcji wsporczych nie będzie miała wpływu na zwiększenie uzyskanych oszczędności, jednak bardzo stan techniczny słupów poddaje pod wątpliwość trwałość realizowanego projektu. Stąd w analizie finansowej uwzględniono dodatkowo konserwację słupów linii kablowej.

W ramach rekomendowanego wariantu modernizacji przyjęto, że na każdym odcinku modernizowanego oświetlenia może w przyszłości nastąpić przebudowa infrastruktury oświetlenia.

W przypadku przebudowy, nowe oprawy muszą mieć możliwość przeniesienia ze starych konstrukcji wsporczych na nowe konstrukcje. Ma to istotne znaczenie dla wymagań dotyczących zastosowanych

opraw. Należy spełnić dwa podstawowe kryterium: układ optyczny i montażowy zastosowanych opraw musi być dostosowany do różnych geometrii konstrukcji wsporczych.

W ramach doboru mocy i modeli opraw oświetlenia ulicznego przyjęto, że w przypadku przebudowy, geometria konstrukcji wsporczych będzie korzystniejsza niż aktualnie, czyli rozsył i równomierność będzie zachowana. Jednak będzie wymagana odpowiednia regulacja opraw i dostosowanie ich do nowych warunków, np. kąt nachylenia opraw do nawierzchni jezdni.

Modernizacja przyczyni się do obniżenia mocy zainstalowanej o 56,5 %. W zakresie modernizowanego obszaru proponujemy zastosowanie opraw oświetleniowych bez redukcji mocy.

### **Porównanie mocy systemu oświetleniowego przed i po modernizacji – wariant 1**

<b>MOC SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO PO MODERNIZACJI:</b>	137,638	[kW]
<b>MOC SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO PRZED MODERNIZACJĄ:</b>	316,411	[kW]
<b>OBNIŻENIE MOCY SYSTEMU OŚWIETLENIOWEGO:</b>	56,5	%

<b>CAŁKOWITA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII</b>	<b>741 907,95</b>	<b>KWH/ROK</b>
	<b>56,5%</b>	<b>%</b>
<b>REDUKCJA EMISJI CO2</b>	<b>567,56</b>	<b>MG / ROK</b>

Tabela 17. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 1



## 10. Model analityczny kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego dla rekomendowanego wariantu modernizacji

### 10.1. Analiza kosztów dostawy i dystrybucji energii elektrycznej oraz rekomendacja najbardziej optymalnego rozwiązania

Identyfikujemy dwa istotne czynniki utrzymania oświetlenia. Pierwszy to opłaty za zużycie energii elektrycznej z podziałem na zakup energii elektrycznej oraz na opłaty za dystrybucję energii elektrycznej. Drugi czynnik to opłaty za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego.

#### Zestawienie i analiza zużycia i rozliczeń energii elektrycznej i usług przesyłowych

Moc systemu oświetleniowego przed modernizacją, na podstawie danych z inwentaryzacji, wynosi:

$$P = 316,411 \text{ [kW]} \text{ przy } 2\,026 \text{ sztukach opraw do wymiany.}$$

Średnia moc opraw do wymiany to 156,18 W.

Zakładając, że roczny czas eksploatacji/działania systemu  $t = 4150^1$  [h] wyliczamy szacunkowe zużycie energii elektrycznej z wzoru:

$$W = P \cdot t = 316,411 \text{ [kW]} \cdot 4150 \text{ [h]} = 1\,313\,105,65 \text{ [kWh]}$$

#### Analiza parametrów aktualnie zawartych umów na dostawę energii elektrycznej

W drodze przeprowadzonych przetargów na zakup energii elektrycznej Gminy Ropczyce uzyskała następujące stałe stawki, jednakowe dla strefy dziennej i nocnej za 1 kWh, bez opłaty abonamentowej:

NA OKRES	STAWKA ZA 1 MWH NETTO
2020	301,32 zł

Do kalkulacji kosztów przyjęto stawkę za 1 kWh netto na poziomie 0,3013 zł. Zużycie energii elektrycznej przyjęto według wcześniejszych obliczeń i uzyskano następujący koszt roczny zakupu energii elektrycznej:

<sup>1</sup> zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej

	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE [KWH]	KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
dzienna	0,3013 zł	393 931,70	118 691,62 zł	145 990,69 zł
nocna	0,3013 zł	919 173,96	276 947,11 zł	340 644,95 zł
			Suma 395 638,73 zł	486 635,64 zł

Aktualny koszt roczny zakupu energii elektrycznej dla modernizowanego zakresu to kwota:

**486 635,64 zł brutto**

### Weryfikacja wyboru obecnej grupy taryfowej

Punkty poboru energii elektrycznej oświetlenia ulicznego na terenie Gminy i Miasta Ropczyce rozliczane są w taryfie C12B. Jest to taryfa dedykowana dla oświetlenia ulicznego, obejmująca strefy zużycia energii elektrycznej dzienne i nocne. Taryfa C12B jest to taryfa o najniższych stawkach składowych poszczególnych pozycji rozliczeniowych dostępnych w PGE Dystrybucja S.A. i jest rekomendowana do dalszych rozliczeń oświetlenia ulicznego.

### Zestawienie i analiza aktualnych taryf i stawek opłat za energię elektryczną

W zakresie opłat za dystrybucję energii elektrycznej występują składniki cenotwórcze, które są zależne od taryfy Operatora Systemu Dystrybucyjnego zatwierdzonej przez Urząd Regulacji Energetyki. Umowy są objęte taryfą C12b.

Do wyliczenia opłat za dystrybucję energii elektrycznej wymagane są następujące dane wejściowe:

- Zużycie energii elektrycznej w strefie dzienne [kWh] – przyjęto, że w strefie dziennej zużycie obejmuje 30% zużycia całkowitego, proporcja wyliczona na podstawie zużycia zaewidencjonowanego z faktur za dystrybucję energii elektrycznej
- Zużycie energii elektrycznej w strefie nocnej [kWh] - przyjęto, że w strefie nocnej zużycie obejmuje 70% zużycia całkowitego
- Ilość punktów poboru energii objętych modernizacją
- Moc zamówiona wynikająca z umów na dystrybucję energii elektrycznej

Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji energii elektrycznej:

A.	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ STREFA DZIENNA [KWH]	393 931,70
B.	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ STREFA NOCNA [KWH]	919 173,96
C.	IŁOŚĆ PUNKTÓW POBORU ENERGII [SZTUK]	121
D.	MOC ZAMÓWIONA [KW]	550

Tabela 18. Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji

Składniki cenotwórczej opłaty za dystrybucję według taryfy C12B PGE Dystrybucja i przyporządkowane dane wejściowe do poszczególnych pozycji:

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ	DANE WEJŚCIOWE		JEDNOSTKA
opłata abonamentowa	4,56000 zł	C.	121 * 12 m-cy	n/d
sieciowa stała	2,26000 zł	D.	550	kW
sieciowa zmienna dzienna	0,14060 zł	A.	393 931,70	kWh
sieciowa zmienna nocna	0,14060 zł	B.	919 173,96	kWh
opłata kogeneracyjna	0,00158 zł	A.+B.	1 313 105,65	kWh
opłata jakościowa	0,00000 zł	A.+B.	1 313 105,65	kWh
opłata OZE	0,00000 zł	A.+B.	1 313 105,65	kWh
opłata przejściowa	0,08000 zł	D.	550	kW

Tabela 19. Składniki cenotwórczej opłaty za dystrybucję

Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy:

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121 * 12 m-cy	3 267,00 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	550	27 060,00 zł	33 283,80 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	393 931,70	95 016,32 zł	116 870,08 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	919 173,96	68 018,87 zł	83 663,21 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	1 313 105,65	18 252,17 zł	22 450,17 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	1 313 105,65	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	1 313 105,65	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	550	528,00 zł	649,44 zł
Suma			212 142,37 zł	260 935,11 zł

Tabela 20. Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy

Aktualny koszt roczny opłat za dystrybucję energii elektrycznej dla modernizowanego zakresu to kwota:

**260 935,11 zł brutto**

## Opłata za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego

Poza opłatami za zakup i dystrybucję energii elektrycznej istotnymi kosztami utrzymania oświetlenia ulicznego są opłaty za konserwację oświetlenia ulicznego.

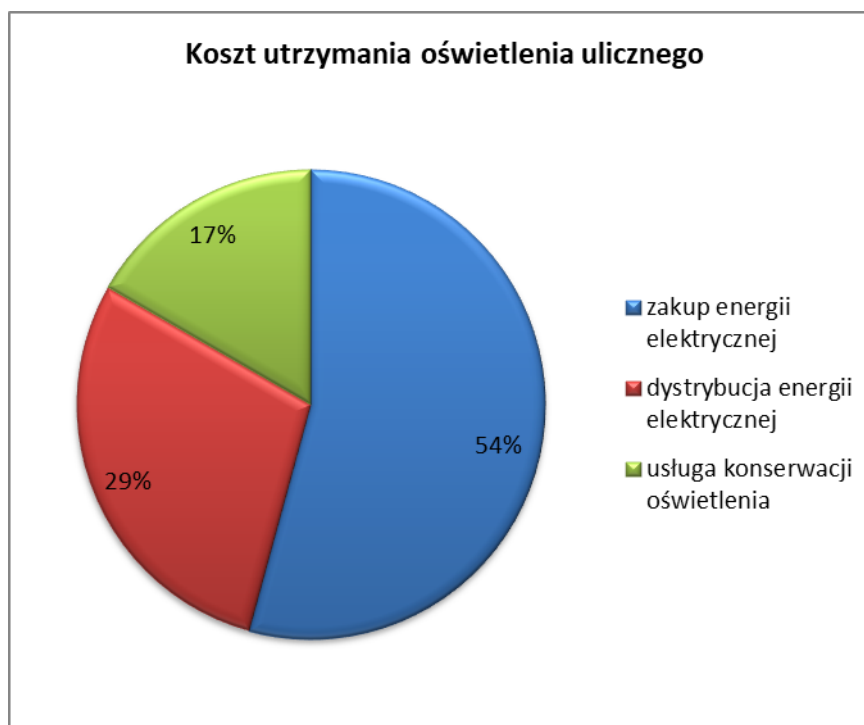
W skali roku przyjęto kwotę średnio 60 zł netto za każdy punkt świetlny. Modernizując 2 026 sztuk punktów świetlnych uzyskujemy następujący aktualny koszt za konserwację:

	IŁOŚĆ	CENA JEDN./ROK/SZT.	KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
usługa konserwacji oświetlenia	2 615	60,00 zł	121 560,00 zł	149 518,80 zł

Aktualny średni koszt roczny opłat za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego dla modernizowanego zakresu to kwota:

**149 518,80 zł brutto**

## Identyfikacja źródeł najwyższych kosztów dla modernizowanego zakresu



Wykres 4. Porównanie aktualnie ponoszonych kosztów

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	486 635,64 zł
DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	260 935,11 zł
USŁUGA KONSERWACJI OŚWIETLENIA	149 518,80 zł
<b>SUMA</b>	<b>897 089,55 zł</b>

Tabela 21. Identyfikacja źródeł najwyższych kosztów dla modernizowanego zakresu

Z przedstawionych wyliczeń wynika, że 83 % są to koszty zakupu i dystrybucji energii elektrycznej. Aktualny roczny koszt utrzymania jednego punktu świetlnego modernizowanego zakresu to kwota:

**442,79 zł brutto**

Największym źródłem kosztów jest zakup i dystrybucja energii elektrycznej i jedynym możliwym czynnikiem umożliwiającym obniżenie tego zakresu jest obniżenie zużycia energii elektrycznej poprzez montaż energooszczędnych opraw oświetleniowych.

#### **Wskazanie możliwości rozwiązań oszczędnościowych wraz z ich wyceną szacunkową**

Koszt modernizacji jest oszacowany na podstawie uproszczonego zestawienia montażowego przedstawionego w załączonych do audytu kosztorysach inwestorskich. Zestawienie obejmuje listę materiałów wymaganych do przeprowadzenia modernizacji.

Zestawienie opraw LED proponowanych do montażu, podział według ilości i proponowanych mocy:

MOC OPRAWY [W]	LICZBA OPRAW
37	254
38	52
48	42
50	120
54	230
57	311
67	120
71	574
83	52
99	19
106	21
132	35
134	196
Suma	2 026

Tabela 22. Zestawienie opraw energooszczędnych LED proponowanych do montażu

Na podstawie powyższych wyliczeń, cały proces rekomendowanego wariantu modernizacji obejmuje następujące obszary:



LP.	OBSZAR KOSZTÓW	KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
1	Wymiana opraw wraz z pozostałymi zadaniami	2 409 057,55 zł	2 963 140,79 zł
3	Projekt techniczny i nadzór inwestorski	81 250,00 zł	99 937,50 zł
	SUMA		3 063 078,29 zł

Tabela 23. Poszczególne obszary kosztów

Całkowity koszt brutto modernizacji rekomendowanego wariantu to kwota:

**3 063 078,29 zł**

## 10.2. Model analityczny kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego po modernizacji

Tak jak w zakresie kosztów utrzymania przed modernizacją, identyfikujemy dwa istotne czynniki utrzymania oświetlenia po modernizacji. Pierwszy to opłaty za zużycie energii elektrycznej z podziałem na zakup energii elektrycznej oraz na opłaty za dystrybucję energii elektrycznej. Drugi czynnik to opłaty za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego.

### Zestawienie i analiza zużycia i rozliczeń energii elektrycznej i usług przesyłowych

Moc systemu oświetleniowego po modernizacji, na podstawie danych przyporządkowania nowych mocy opraw, wynosi:

$$P = 137,638 \text{ [kW]} \text{ przy } 2\,026 \text{ sztukach opraw zainstalowanych}$$

Średnia moc oprawy to około **67,94 W**

Zakładając, że roczny czas eksploatacji/działania systemu  $t = 4150 \text{ [h]}$  wyliczamy szacunkowe zużycie energii elektrycznej z wzoru:

$$W = P * t = 137,638 \text{ [kW]} * 4150 \text{ [h]} = 571\,197,70 \text{ [kWh]}$$

### Zestawienie i analiza parametrów umów na dostawę energii elektrycznej

Do kalkulacji kosztów przyjęto średnią stawkę za 1 kWh na poziomie 0,3013 zł, zużycie energii elektrycznej według wcześniejszych obliczeń i uzyskano następujący koszt zakupu energii elektrycznej:

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ/KWH	ZUŻYCIE	KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
dzienna	0,3013 zł	171 359,31	51 630,56 zł	63 505,59 zł
nocna	0,3013 zł	399 838,39	120 471,31 zł	148 179,71 zł
		suma	172 101,87 zł	211 685,30 zł

Tabela 24. Koszt zakupu energii elektrycznej

Roczny koszt zakupu energii elektrycznej po modernizacji to kwota:

**211 685,30 zł**

### Analizy mocy umownej dla wybranego wariantu modernizacji

Dla bezpieczeństwa działania systemu, moc umowa jest ustalana na podstawie sumy mocy rzeczywistej modernizowanego systemu powiększona do 200 kW.

Moc rzeczywista po modernizacji, na podstawie danych przyporządkowania nowych mocy opraw, wynosi:  $P = 137,638$  [kW], stąd przyjęto moc umowną na poziomie:

**$P$  (umowna) = 200 [kW]**

### Zestawienie i analiza zużycia i rozliczeń energii elektrycznej i usług przesyłowych

W zakresie opłat za dystrybucję energii elektrycznej występują składniki cenotwórcze, które są zależne od taryfy C12B Operatora Systemu Dystrybucyjnego. Tak jak w przypadku wyliczenia opłat za dystrybucję energii elektrycznej przed modernizacją.

Do wyliczenia opłat za dystrybucję energii elektrycznej wymagane są następujące dane wejściowe:

- A. Zużycie energii elektrycznej w strefie dzienne [kWh] – przyjęto, że w strefie dzienne zużycie obejmuje 30% zużycia całkowitego, proporcja wyliczona na podstawie zużycia zaewidencjonowanego z faktur za dystrybucję energii elektrycznej
- B. Zużycie energii elektrycznej w strefie nocnej [kWh] - przyjęto, że w strefie nocnej zużycie obejmuje 70% zużycia całkowitego
- C. Ilość punktów poboru energii objętych modernizacją
- D. Moc umowna

Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji energii elektrycznej:

A.	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ STREFA DZIENNA [KWH]	171 359,31
B.	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ STREFA NOCNA [KWH]	399 838,39
C.	ILOŚĆ PUNKTÓW POBORU ENERGII [SZTUK]	121
D.	MOC ZAMÓWIONA [KW]	200

Tabela 25. Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji energii elektrycznej

Składniki cenotwórczej opłat za dystrybucję według taryfy PGE Dystrybucja i przyporządkowane dane wejściowe do poszczególnych pozycji:

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	STAWKA ZŁ	DANE WEJŚCIOWE		JEDNOSTKA
opłata abonamentowa	2,25000 zł	C.	121 * 12 m-cy	n/d
sieciowa stała	4,10000 zł	D.	200 * 12 m-cy	kW
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	A.	171 359,31	kWh
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	B.	399 838,39	kWh
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	A.+B.	571 197,70	kWh
opłata jakościowa	0,00000 zł	A.+B.	571 197,70	kWh
opłata OZE	0,00000 zł	A.+B.	571 197,70	kWh
opłata przejściowa	0,08000 zł	D.	200 * 12 m-cy	kW

Tabela 26. Składniki cenotwórczej opłaty za dystrybucję

Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy:

DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	ZŁ/KWH		KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
opłata abonamentowa	2,25000 zł	121 * 12 m-cy	3 267,00 zł	4 018,41 zł
sieciowa stała	4,10000 zł	200 * 12 m-cy	9 840,00 zł	12 103,20 zł
sieciowa zmienna dzienna	0,24120 zł	171 359,31	41 331,87 zł	50 838,19 zł
sieciowa zmienna nocna	0,07400 zł	399 838,39	29 588,04 zł	36 393,29 zł
opłata kogeneracyjna	0,01390 zł	571 197,70	7 939,65 zł	9 765,77 zł
opłata jakościowa	0,00000 zł	571 197,70	0,00 zł	0,00 zł
opłata OZE	0,00000 zł	571 197,70	0,00 zł	0,00 zł
opłata przejściowa	0,08000 zł	200 * 12 m-cy	192,00 zł	236,16 zł
		Suma	92 158,55 zł	113 355,02 zł

Tabela 27. Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy

Koszt roczny opłat za dystrybucję energii elektrycznej po modernizacji to kwota:

**113 355,02 zł brutto**

### Opłata za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego

Poza opłatami za zakup i dystrybucję energii elektrycznej istotnymi kosztami utrzymania oświetlenia ulicznego są opłaty za konserwację oświetlenia ulicznego. Analiza umowy na konserwację jest opisana w osobnym rozdziale.

Z analizy wynika, że średnia stawka za jeden punkt świetlny płacona ryczałtem miesięcznie po wykonaniu modernizacji powinna wynosić ok. 1 zł netto. W skali roku jest to kwota ok. 12 zł za każdy punkt świetlny. Modernizując 2 026 sztuk punktów świetlnych uzyskujemy następujący koszt za konserwację:

	ILOŚĆ	CENA JEDN./ROK/SZT.	KOSZT NETTO	KOSZT BRUTTO
	A	B	A*B	(A*B)+23%
usługa konserwacji oświetlenia	2 026	12,00 zł	24 312,00 zł	29 903,76 zł

Tabela 28. Koszt za konserwację

Koszt roczny opłat za konserwację i utrzymanie oświetlenia ulicznego po modernizacji to kwota:

**29 903,76 zł brutto**

#### **Zestawienie obecnych układów pomiarowych pod kątem dostosowania do uwolnionego rynku energii elektrycznej**

Obecne układy pomiarowe są dostosowane do uwolnionego rynku energii elektrycznej. Gmina Ropczyce przeprowadza procedurę zakupu energii elektrycznej i rozlicza zakup energii na podstawie aktualnie zainstalowanych układów pomiarowych.

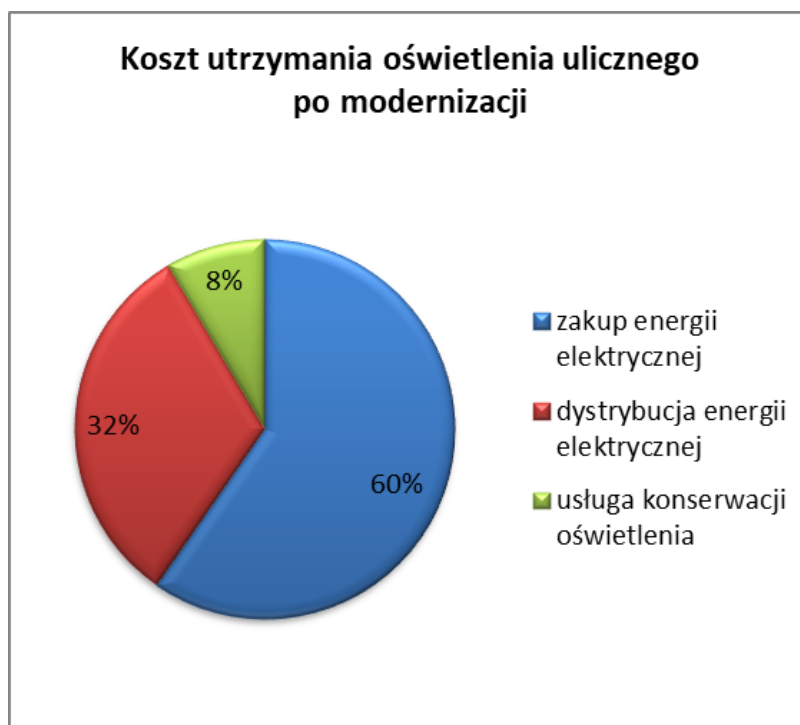
#### **Propozycja rozwiązań i modernizacji układów pomiarowych wraz z oszacowaniem kosztów zalecanych zmian**

Układy pomiarowe są własnością Operatora Systemu Dystrybucyjnego, który zarządza i odpowiada za majątek własny. Prawnie nie ma możliwości przejęcia w zarządu układów pomiarowych, stąd oszacowanie i zalecanie zmian jest bezcelowe.

#### **Weryfikację dokumentów niezbędnych do realizacji zalecanych zmian (warunki przyłączenia, umowy o przyłączenie, wnioski o zmianę parametrów umowy itp.)**

W zakresie modernizacji zostanie przeprowadzona wymiana opraw istniejących na oprawy nowe w technologii LED. W związku z tym, nie będą zmieniane warunki przyłączeniowe i nie zachodzi potrzeba korzystania z odpowiednich dokumentów.

Wnioski z analizy kosztów dostawy i dystrybucji energii elektrycznej oraz rekomendacje najbardziej optymalnego rozwiązania



Wykres 5. Planowe koszty po modernizacji

ZAKUP ENERGII ELEKTRYCZNEJ	211 685,30 zł
DYSTRYBUCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	113 355,02 zł
USŁUGA KONSERWACJI OŚWIETLENIA	29 903,76 zł
SUMA	354 944,08 zł

Tabela 29. Koszty utrzymania po modernizacji oświetlenia

Z przedstawionych wyliczeń wynika, że 92% są to koszty zakupu i dystrybucji energii elektrycznej. Natomiast zmniejszy się udział kosztów konserwacji do poziomu 8%.

Roczny koszt utrzymania jednego punktu świetlnego po modernizacji to kwota:

**175,19 zł brutto**

#### Podsumowanie kosztów utrzymania systemu przed i po modernizacji

KOSZT OPŁAT ZA UTRZYMANIE OŚWIETLENIA WYNIESIE W SKALI ROKU:	354 944,08 zł	brutto
W ODNIESIENIU DO AKTUALNIE PONOSZONYCH KOSZTÓW W WYSOKOŚCI:	897 089,55 zł	brutto
OSZCZĘDNOŚĆ W SKALI ROKU:	542 145,47 zł	brutto

Tabela 30. Podsumowanie kosztów utrzymania systemu przed i po modernizacji



W wyniku przeprowadzonej modernizacji zalecanego wariantu oświetlenia ulicznego uzyskamy oszczędności ponad jeden 500 tysięcy złotych w skali roku i zostaną obniżone koszty utrzymania o ponad 60%.

Koszt jednostkowy utrzymania jednego punktu świetlnego zmniejszy się z kwoty 442,79 zł brutto do kwoty 175,19 zł brutto.

## 11. Analiza konserwacji systemu oświetleniowego po modernizacji

### Analiza dotyczy wszystkich proponowanych wariantów modernizacji

W wyniku analizy techniczno-technologicznej zaproponowano najbardziej optymalne rozwiązanie: oprawę oświetlenia ulicznego w technologii LED wraz ze standaryzowanym złączem zewnętrznym, współpracującymi z Bezprzewodowym Systemem Sterowania Oświetleniem umożliwiającym zdalne, zarządzanie parametrami oprawy. Takie rozwiązanie przekłada się bezpośrednio na obniżenie kosztów i wydłużenie czasu eksploatacji systemu.

Konserwacja systemu po modernizacji ogranicza się:

- Do mycia i czyszczenia opraw w okresach 5-6 letnich
- Do demontażu/montażu oprawy w przypadku uszkodzenia i przekazaniu do naprawy do specjalistycznego serwisu
- Do zdalnego kontrolowania parametrów oprawy za pośrednictwem systemu informatycznego

Następujące czynności nie będą wykonywane na stanowisku słupowym:

- wymiana źródła światła
- wymiana zasilacza i innych elementów oprawy oświetleniowej

Określenie powyższego zakresu czynności konserwacyjnych powoduje wydzielenie prac dotyczących samych opraw i przekazanie ich wykonawcy, który udzieli gwarancji na wykonane usługi i zamontowane oprawy. Jest to istotne w przypadku sporu, kto odpowiada za naprawy gwarancyjne i utrzymanie parametrów oświetleniowych modernizowanego systemu. Bezwzględnie wykonawca udzielający gwarancji musi zapewnić prace konserwacyjne, przynajmniej w okresie gwarancji, które powinny być ustalone na okres min. 5 do 10 lat.

Natomiast prace konserwacyjne związane z zasilaniem opraw w energię elektryczną, z uwagi na ścisłe powiązanie tego zakresu z zasilaniem w energię elektryczną innych obiektów typu odbiorcy indywidualni, przedsiębiorstwa, powinny być nadal utrzymywane przez Operatora Systemu Dystrybucyjnego. Jest to bardzo duża odpowiedzialność związana z zapewnieniem ciągłości zasilania pozostałych odbiorców w energię elektryczną. Aktualnie część sieci zasilającej oświetlenia ulicznego jest ściśle powiązana z siecią zasilającą innych odbiorców, m.in. poprzez wykorzystanie tych samych szaf pomiarowych i stacji transformatorowych.

## **Wnioski**

Należy rozdzielić usługę konserwacji na dwa obszary: pierwszy obszar dotyczący konserwacji samych opraw, a drugi obszar dotyczący utrzymania sieci zasilającej, wraz ze szczegółową ewidencją wykonywanych czynności i interwencji. Podział taki zapewni wykonywanie specjalistycznych prac. W ramach obszaru pierwszego wyróżniają się prace, które są związane z techniką świetlną, zapewniają najwyższą jakość oświetlenia dróg i ulic. W ramach obszaru drugiego są wykonywane prace typowo elektryczne, mianowicie utrzymanie i kontrola zasilania, przeglądy i badanie sieci elektrycznej, jak również zapewnienie dobrego stanu stanowisk słupowych.

## 12. Analiza czasu eksploatacji systemu oświetleniowego

### Analiza dotyczy wszystkich proponowanych wariantów modernizacji

Oprawa LED posiada na stałe zainstalowane źródło światła. Taka konstrukcja ma istotny wpływ na trwałość oprawy z uwagi na brak konieczności otwierania i zamykania oprawy w celu np. wymiany źródła światła. Jedną z przyczyn skrócenia żywotności opraw sodowych są uszkodzenia występujące podczas wymiany źródła światła lub innych czynności serwisowych.

Oprawy oświetlenia ulicznego zaproponowane do montażu w modernizowanych obszarach lub oprawy równoważne, posiadają deklarację czasu pracy na poziomie 100 000 godzin.

Istotnym elementem przy tak długim deklarowanym czasie pracy oprawy są jej parametry techniczne w trakcie eksploatacji. Deklaracje parametrów oprawy przez renomowanych producentów są również znakomite. Na rynku są już dostępne oprawy oświetlenia ulicznego LED o parametrach L90 B10. L – oznacza trwałość znamionową utrzymaną na poziomie 90% strumienia świetlnego po 100 000 godzin oraz B przekroczenie stopniowej utraty zadeklarowanego strumienia świetlnego (L90) tylko dla 10% ilości opraw na koniec trwałości znamionowej.

Zwracana jest uwaga na żywotność układu zasilającego oprawy LED. Pojawia się pytanie, czy układ zasilający będzie tak trwały jak źródło światła? Aktualnie renomowani producenci deklarują czas życia zasilacza również na 100 000 godzin. Czas życia zasilacza jest zależny od temperatury jego pracy. Przy ciągłej temperaturze pracy powyżej 85 stopni Celsjusza czas życia zasilacza spada do 50 000 godzin. W przypadku oprawy LED temperatura pracy nie powinna przekraczać 40-50 stopni Celsjusza.

Jakie jest prawdopodobieństwo, że oprawa według deklaracji producentów będzie działać po 20 latach pracy?

Na podstawie istniejących instalacji renomowanych producentów udzielających gwarancji min. 5 lat zaobserwowano, że w pierwszym roku od uruchomienia nowej instalacji około 0,5% opraw wymaga wymiany/naprawy gwarancyjnej. Czyli na tysiąc zainstalowanych opraw pięć sztuk w pierwszy roku może wymagać wymiany gwarancyjnej. Jest to znikomy procent opraw podlegających wymianie w skali całej instalacji. **Ważne, aby gwarancją był również objęty demontaż i montaż oprawy.** Natomiast pozostałe oprawy działają bez zarzutu od kilku lat i spełniają swoją rolę oświetleniową, a w szczególności przynoszą konkretne oszczędności finansowe.

Czas życia opraw dochodzący do 20 lat będzie w dużej mierze zależny od:

- prawidłowego utrzymania stanu opraw, w szczególności regularnego oczyszczania z zanieczyszczeń zewnętrznych (minimum, co 5-6 lat)



Fot. 7. Przykład oprav kwalifikujące się do naprawy lub wymiany

Zabrudzenia lub brak elementów ochronnych będą zwiększać temperaturę pracy oprawy, co ma bezpośrednie przełożenie na czas życia oprawy, który może zmniejszyć się nawet o 50%.

- prawidłowego stanu sieci zasilającej, m.in. okresowe przeglądy

Wyższa jakość energii elektrycznej zasilającej oprawę, przekłada się na większą żywotność oprawy i brak uszkodzeń.

- monitorowania i raportowania stanu oprav

Oprawa oświetlenia ulicznego LED staje się majątkiem trwałym, który będzie przynosić oszczędności przez wiele lat. Z uwagi na jej dużą trwałość należy bezwzględnie kontrolować miejsce instalacji, czas pracy i parametry oprawy za pośrednictwem profesjonalnego i dedykowanego systemu sterowania i monitorowania.

## **Wnioski**

Czas życia modernizowanego systemu należy szacować na okres 20 lat, niezależnie od proponowanego wariantu modernizacji, przy zachowaniu wszystkich powyższych warunków eksploatacji i konserwacji.



## 13. Analiza środowiskowa i oddziaływania na środowisko

*Analiza dotyczy wszystkich proponowanych wariantów modernizacji*

Analizowany projekt jest wymieniony w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Ropczyce, jako jeden z głównych przedsięwzięć do wdrożenia w zakresie gospodarki niskoemisyjnej Tab. 66. Inwestycje sektora publicznego: Wymiana oświetlenia ulicznego na lampy LED.

Biorąc pod uwagę analizowany w ramach niniejszego audytu rekomendowany wariant 1 modernizacji oświetlenia zewnętrznego Gminy i Miasta Ropczyce uzyskujemy wyniki emisji CO<sub>2</sub> wyższy do planów określonych w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej (400,5 Mg CO<sub>2</sub>/rok):

**567,56 Mg CO<sub>2</sub>/rok**

Modernizacja oświetlenia ulicznego polega na wymianie przestarzałych lamp sodowych na nowocześniejsze i zarazem oszczędniejsze lampy LED. W wyniku modernizacji zostanie zmniejszony pobór mocy na cele oświetleniowe. Za pośrednictwem zmniejszenia mocy zainstalowanej zmniejszy się zużycie węgla na jej wyprodukowanie, a co za tym idzie zmniejszą się ilości szkodliwych czynników wydalanych podczas spalania węgla.

Dla każdego wariantu modernizacji wartość redukcji emisji CO<sub>2</sub> została wyznaczona, jako różnica emisji bazowej przed modernizacją i emisji docelowej CO<sub>2</sub> po wykonaniu inwestycji. Emisja CO<sub>2</sub> jest iloczynem zużycia energii elektrycznej i wskaźnika o wartości 0,765 Mg CO<sub>2</sub>/MWh emisji CO<sub>2</sub> wyliczony na podstawie informacji będących w posiadaniu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE).

Dodatkowo projekt jest w pełni spójny z celami oraz podstawowymi kierunkami zawartymi w Polityce energetycznej Polski do 2030 roku, zakładającymi m.in. zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych oraz poprawę efektywności energetycznej, w tym wzrost efektywności końcowego wykorzystania energii.

Redukcja emisji gazów cieplarnianych oraz poprawa efektywności energetycznej gospodarki wchodzi również w skład kierunków działań zawartych w Polityce Klimatycznej Polski.

W Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju zmniejszenie obciążenia środowiska powodowanego emisjami zanieczyszczeń do wód, atmosfery i gleby jest jednym z kierunków działań wspierających osiągnięcie i utrzymanie wysokiej, jakości środowiska przyrodniczego i walorów krajobrazowych Polski.

W ramach przeprowadzonej modernizacji oświetlenia ulicznego uzyskamy następujące efekty ekologiczne:

- Zmniejszenie zużycia energii elektrycznej
- Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wynikających ze zmniejszenia zużycia energii elektrycznej

- Zmniejszenie wprowadzanych szkodliwych substancji związane z eliminacją źródeł światła zawierających rtęć, ołów itd.
- Zmniejszenie emisji światła w górną półprzestrzeń, zapobieganie Light Pollution

Poniższa mapa prezentuje poziom zanieczyszczenia światłem w górną półprzestrzeń na terenie Gminy i Miasta Ropczyce. Montaż opraw w technologii LED umożliwi znaczne ograniczenie emisji światła w górną półprzestrzeń i efektywne wykorzystanie energii elektrycznej.



Ryc. 5. Poziom zanieczyszczenia światłem w górną półprzestrzeń na terenie Gminy i Miasta Ropczyce (Źródło: [www.lightpollutionmap.info](http://www.lightpollutionmap.info))

W zakresie oddziaływania wzajemnego obiektów inwestycji i otoczenia, znajdują się znaczące czynniki wpływające w sposób istotny na właściwości modernizowanego systemu oświetlenia ulicznego, jego eksploatację i parametry. Z uwagi na obiekty znajdujące się na terenie Gminy i Miasta Ropczyce, zanieczyszczenia powietrza upatruje się w środkach lokomocji indywidualnych i zbiorowych o dość dużej intensywności i dużym skupieniu oraz zakładach produkcyjnych. Drugim czynnikiem pojawiającym się okresowo jest emisja zanieczyszczeń związana ze spalaniem paliw dla celów podgrzewania w budynkach (emisja niska). W tym przypadku z uwagi na rozproszenie na dużych terenach źródeł emisji, uznano je, jako wpływającą na system oświetlenia ulicznego w sposób niewielki. Czynniki te przełożone zostały na ustalenie wskaźnika utrzymania dla celów wyliczeniowych parametrów oświetleniowych, jako pogarszające emisję światła – zabrudzenia opraw.

Prace związane z montażem opraw będą miały niewielki wpływ na stan zanieczyszczenia powietrza (typowe prace budowlane). W trakcie prowadzenia prac wystąpi nieznaczna emisja zanieczyszczeń pyłowych.

Wymiana opraw na oprawy typu LED wiąże się z wycofaniem źródeł światła wyładowczych, które w składzie konstrukcyjnym posiadają (zarówno rtęciowe jak i sodowe oprawy) związki niebezpieczne takie jak

rtęć czy ołów. Wycofanie ich z eksploatacji wpłynie na zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska globalnego. Oprawy oraz źródła światła zdemontowane ze słupów zostaną zutylizowane.

## 14. Analiza prawna

### **Analiza dotyczy wszystkich proponowanych wariantów modernizacji**

Projekt jest w pełni wykonalny pod względem prawnym. Zgodnie z ustawą Prawo Energetyczne, finansowanie oświetlenia ulic, placów i dróg znajdujących się na terenie gminy, należy do zadań samorządu. Projekt:

- realizowany będzie na podstawie Projektów budowlanych/wykonawczych opracowanych osobno dla każdego układu sterowania,
- posiada uregulowany status prawny gruntu,
- posiada uregulowane kwestie własnościowe/prawne związane z korzystaniem z modernizowanej infrastruktury oświetleniowej,
- jest zgodny z Planem Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Ropczyce.

Właścicielem wykonanej inwestycji w ramach projektu, będzie Gminy Ropczyce. Projekt będzie realizowany i rozliczany zgodnie z prawem zamówień publicznych oraz wszelkimi uregulowaniami prawnymi w tym zakresie.

## 15. Analiza ryzyka

### Analiza dotyczy wszystkich proponowanych wariantów modernizacji

Przedmiotowy projekt z uwagi na swoją skalę oraz znaczenie ekonomiczno–społeczne w sposób istotny będzie wpływał na działalność Gminy Ropczyce w najbliższych latach. Biorąc pod uwagę skalę przedsięwzięcia oraz jego wpływ na przyszłość miasta, przeprowadzono na etapie przygotowawczym szereg wieloaspektowych analiz mających na celu identyfikację kluczowych czynników ryzyka oraz sposobów zabezpieczenia projektu przed możliwym negatywnym wpływem ich aktywacji.

Przeprowadzone analizy wykazały, że projekt jest możliwy do realizacji pod względem:

1. **Technicznym** – Dokonano inwentaryzacji technicznej instalacji objętej projektem modernizacji oraz opracowano audyt oświetlenia ulicznego,
2. **Ekonomicznym** – Gminy Ropczyce posiada kosztorysy oraz audyt przedstawiające koncepcje modernizacji oświetlenia ulicznego, możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz zasadności podjęcia inwestycji,
3. **Finansowym** – Gminy Ropczyce będzie posiada środki własne lub pozyska ze źródeł zewnętrznych na realizację projektu.

Dodatkowo zidentyfikowano potencjalne zagrożenia i ryzyka dla realizacji projektu:

#### 1. Czynniki ryzyka: Nieprawidłowości w realizacji projektu.

Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka: małe  
Oddziaływanie ryzyka na realizację projektu: średnie

Plan zarządzania/przeciwdziałania: Gminy Ropczyce wdroży wypracowany na bazie dotychczasowego doświadczenia w realizacji projektów system zarządzania i monitoringu. Bieżące spotkania zespołu projektowego i regularne raporty o stanie prac zapewnią dostęp do aktualnych informacji o postępach w projekcie. Pozyskane informacje zwrotne, pozwolą na bieżąco kontrolować i oceniać wartość wykonywanej pracy oraz stwierdzać, w jakim stopniu, osiągane są wyznaczone cele. W przypadku jakichkolwiek odchyłeń, możliwe będzie natychmiastowe podjęcie działań korygujących.

#### 2. Czynniki ryzyka: Zmiany w prawie krajowym.

Prawdopodobieństwo: średni  
Oddziaływanie: średnie

Plan zarządzania/przeciwdziałania: Bieżące monitorowanie wytycznych i strony prawnej realizacji projektu. Gminy Ropczyce uwzględni te zadania w zakresie obowiązków zespołu projektowego odpowiedzialnego za wdrożenie projektu.

#### 3. Czynniki ryzyka: Zmiany cen towarów i usług na rynku.

Prawdopodobieństwo: małe

Oddziaływanie: średnie

Plan zarządzania/przeciwdziałania: Budżet projektu opracowany na podstawie doświadczenia Urzędu Miasta oraz analiz prognoz dotyczących cen towarów i usług na rynku. Bieżąca analiza płynności finansowej realizowana w ramach obsługi finansowo-księgowej projektu.

4. Czynniki ryzyka: Napięty harmonogram.

Prawdopodobieństwo: małe

Oddziaływanie: średnie

Plan zarządzania/przeciwdziałania: Gmina Ropczyce zaplanuje wystarczający okres przygotowawczy realizacji projektu, biorąc pod uwagę czynniki zewnętrzne. Do realizacji przyjęty został wariant przeciętny realizacji projektu. Ponadto w harmonogramie wskaże terminy kontrolne realizacji zadań w celu weryfikowania postępu prac i zapewnienia ciągłości oceny rezultatów.

Wyznaczenie punktów kontrolnych będzie kluczowe ze względu na uniknięcie sytuacji braku informacji zwrotnej o pojawiających się problemach. W przypadku zaistnienia ryzyka Wykonawca będzie informował Gminę Ropczyce o powstałych problemach, a jednocześnie przedstawi do akceptacji propozycję rozwiązania powstałego zagrożenia.



## 16. Analiza finansowa zawartych umów na zakup energii elektrycznej

### Dotyczy każdego wariantu modernizacji

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wszystkie umowy na dostawę energii elektrycznej są rozdzielone, tzn. są zawarte osobno umowy na dystrybucję energii elektrycznej i na zakup energii elektrycznej.

### Wskazania możliwości zmian w umowach

Umowa na zakup energii elektrycznej jest optymalna i posiada najkorzystniejsze warunki dostępne aktualnie na rynku. Na chwilę obecną nie ma możliwości wskazania obszarów, które umożliwią zmniejszenie kosztów zakupu energii elektrycznej.

Dodatkowo Gmina Ropczyce przeprowadził procedurę zmiany sprzedawcy i zakupu energii na wolnym rynku na podstawie Prawa Zamówień Publicznych i uzyskał następujące najkorzystniejsze na rynku, stałe stawki, w każdej strefie, za zużycie 1 kWh, bez żadnych opłat dodatkowych:

- Na rok 2020 – 301,32 zł za 1 MWh

### Dystrybucja energii elektrycznej

Umowy na dystrybucję energii elektrycznej rozliczane są w taryfie C12B. Jest to taryfa o najniższych stawkach składowych poszczególnych pozycji rozliczeniowych dostępnych w PGE Dystrybucja S.A. i jest rekomendowana do dalszych rozliczeń oświetlenia ulicznego.

### Wnioski z analizy kosztów energii elektrycznej

Na podstawie powyższych informacji przedstawionych w niniejszym rozdziale, wynikających z analizy kosztów energii elektrycznej stwierdzamy, że koszty zakupu energii elektrycznej na dzień dzisiejszy, są najniższe z możliwych do osiągnięcia.

## 17. Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że oszczędności możliwe do osiągnięcia kształtują się na poziomie ponad pół miliona złotych brutto w skali roku.

Tabela – porównanie wskaźników dla poszczególnych wariantów modernizacji:

Wariant	1	2	3	
Moc zainstalowana obecnie	316,41	316,41	316,41	kW
Zużywana energia obecnie	1 313 105,65	1 313 105,65	1 313 105,65	kWh/rok
Obecna emisji CO2	1 004,53	1 004,53	1 004,53	Mg / rok
Moc zainstalowana po wymianie opraw	137,64	137,64	137,64	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	56,5%	56,5%	56,5%	
Średnia moc docelowa opraw	67,94	67,94	67,94	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji oprawy	571 197,70	495 840,90	450 626,81	kWh/rok
Emisji CO2 po wykonaniu inwestycji	436,97	379,32	344,73	Mg / rok
Całkowita oszczędność energii	741 907,95	817 264,76	862 478,84	kWh/rok
	56,5%	62,2%	65,7%	
Redukcja emisji CO2	567,560	625,208	659,796	Mg / rok

Tabela 31 – Porównanie wskaźników dla poszczególnych wariantów modernizacji

### 17.1. Zbiór zaleceń i wniosków przedstawionych w audycie

Aktualnie funkcjonujący system oświetlenia ulicznego jest dostosowany do przeprowadzenia kompleksowej modernizacji oświetlenia ulicznego. Modernizacja może być przeprowadzona w formie prostej wymiany oprawy za oprawę. Wymiana taka nie wymaga ingerowania w system zasilania opraw i najszybciej realizuje efekt oszczędnościowy. Stosowanie wymiany oprawy za oprawę nie zwalnia inwestora od wykonania projektów oświetlenia w oparciu o zapisy norm serii 13201.

Należy uwzględnić najważniejszy element planowanej modernizacji oświetlenia, perspektywę czasową działania systemu w okresie 20 lat.

Do przeprowadzenia analizy szczegółowej wariantów modernizacji zostały przyjęte oprawy uliczne energooszczędne w technologii LED.

Takie rozwiązanie ograniczy prace konserwacyjne do:

- Mycia opraw w odpowiednio zaplanowanych okresach
- Montażu i demontażu opraw w celach serwisowych w autoryzowanym punkcie naprawy

Nie przewiduje się napraw i wymiany podzespołów opraw bezpośrednio na stanowisku słupowym.

Projekt jest wymieniony w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Ropczyce, jako główne przedsięwzięcie do wdrożenia w zakresie gospodarki niskoemisyjnej (Tab. 66. Inwestycje sektora publicznego: Wymiana oświetlenia ulicznego na lampy LED)

MOC ZAINSTALOWANA OBECNIE (ZAKRES MODERNIZOWANY)	316,41	kW
ZUŻYWANA ENERGIA OBECNIE (ZAKRES MODERNIZOWANY)	1 313 105,65	kWh/ROK
OBECNA EMISJA CO <sub>2</sub> (ZAKRES MODERNIZOWANY)	1 004,53	Mg / ROK
Suma mocy opraw po wymianie opraw	137,64	kW
Oszczędność- zmniejszenie mocy	56,5%	
Średnia energochłonność docelowa opraw	67,94	W/oprawę
Zużycie energii po wykonaniu inwestycji, oprawy z redukcją mocy	571 197,70	kWh/rok
Emisji CO <sub>2</sub> po wykonaniu inwestycji	436,97	Mg / rok
CAŁKOWITA OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII	741 907,95	kWh/ROK
	56,5%	
REDUKCJA EMISJI CO <sub>2</sub>	567,56	Mg/ROK

I	Ograniczenie emisji zanieczyszczeń w skali roku (Mg/rok)	Przed realizacją zadania (Mg/rok)	Po realizacji zadania (Mg/rok)	Efekt ekologiczny (Mg/rok) <i>efekt ekologiczny to ograniczenie lub uniknięcie emisji</i>
1	Pył	0,047	0,021	0,027
2	SO <sub>2</sub>	0,894	0,389	0,505
3	NO <sub>x</sub>	0,829	0,360	0,468
4	CO	0,361	0,157	0,204
5	CO <sub>2</sub>	1 004,526	436,966	567,560
6	inne (podać jakie)	-	-	-
7	Zużycie paliwa/energii	Rzeczywiste roczne zużycie paliwa/energii uśrednione za okres trzech kolejnych lat	Planowane roczne zużycie paliwa/energii	Zmniejszenie zużycia paliwa/energii
		MWh/rok	MWh/rok	MWh/rok
		1 313,106	571,198	741,908

Tabela 32 – Podsumowanie dla Wariantu 1 - rekomendowanego

## 18. Spis rycin:

Ryc. 1. Szafy sterowania oświetleniem ulicznym - opracowanie własne (Źródło podkładu: OpenStreetMap) .....	6
Ryc. 2. Punkty oświetleniowe - opracowanie własne (Źródło podkładu: OpenStreetMap).....	7
Ryc. 3. Słupy zasilane siecią kablową i napowietrzną. Opracowanie własne. (Źródło podkładu: OpenStreetMap) .....	16
Ryc. 4. Instrukcja obsługi - Programowalny przełącznik astronomiczny - ttc seria A01, 2010).....	20
Ryc. 5. Poziom zanieczyszczenia światłem w górną półprzestrzeń na terenie Gminy i Miasta Ropczyce (Źródło:www.lightpollutionmap.info) .....	69

## 19. Spis wykresów:

Wykres 1. Podział procentowy oprawy według mocy znamionowej (oprawy sodowe i rtęciowe) .....	10
Wykres 3. Podział procentowy słupów według rodzaju .....	13
Wykres 3. Podział procentowy słupów według typów .....	14
Wykres 4. Porównanie aktualnie ponoszonych kosztów .....	55
Wykres 5. Planowe koszty po modernizacji .....	61

## 20. Spis fotografii:

Fot. 2. Stan słupów do wymiany.....	15
Fot. 3. Obudowy szaf sterowania oświetleniem.....	21
Fot. 4. Styczniki występujące w szafach sterowania oświetleniem.....	21
Fot. 5. Zegary astronomiczne występujące w szafach sterowania oświetleniem .....	21
Fot. 6. Zabezpieczenia występujące w szafach sterowania oświetleniem .....	22
Fot. 7. Układy geometrii słupów oświetlenia ulicznego .....	27
Fot. 8. Przykład opraw kwalifikujące się do naprawy lub wymiany .....	66



## 21. Spis tabel:

Tabela 1. Podział opraw według mocy znamionowej z wyłączeniem opraw energooszczędnych typu LED – inwentaryzacja.....	10
Tabela 3. Ilość słupów dla każdego z typów .....	13
Tabela 4. Ilość słupów dla każdego z typów .....	13
Tabela 5. Skala ocen stopnia zużycia technicznego.....	14
Tabela 6. Podział procentowy słupów według stanu .....	15
Tabela 7 - Taryfa C12b - godziny w strefie dziennej i nocnej w odniesieniu do oświetlenia ulicznego .....	19
Tabela 8 - Taryfa C12b - prezentacja w formie tabeli.....	20
Tabela 9. Moce rzeczywiste .....	23
Tabela 10. Zalecane parametry oświetlenia ulicznego.....	25
Tabela 11. Podział ilościowy modernizowanego zakresu.....	40
Tabela 12. Podział ilościowy modernizowanego zakresu na moce opraw.....	42
Tabela 13. Porównanie mocy systemu oświetleniowego przed i po modernizacji.....	42
Tabela 14. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 1.....	44
Tabela 15. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 2.....	46
Tabela 16. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 3.....	48
Tabela 17 – Porównanie wariantów modernizacji .....	49
Tabela 18. Oszczędność energii i redukcja emisji - wariant 1.....	51
Tabela 19. Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji.....	53
Tabela 20. Składniki cenotwórczej opłaty za dystrybucję .....	54
Tabela 21. Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy.....	54
Tabela 22. Identyfikacja źródeł najwyższych kosztów dla modernizowanego zakresu.....	55
Tabela 23. Zestawienie opraw energooszczędnych LED proponowanych do montażu.....	56
Tabela 24. Poszczególne obszary kosztów .....	57
Tabela 27. Koszt zakupu energii elektrycznej .....	57
Tabela 28. Dane wejściowe do wyliczenia kosztów dystrybucji energii elektrycznej .....	58
Tabela 29. Składniki cenotwórczej opłaty za dystrybucję .....	59
Tabela 30. Wyliczenia końcowe dla 12 miesięcy .....	59
Tabela 31. Koszt za konserwację .....	60
Tabela 32. Koszty utrzymania po modernizacji oświetlenia.....	61
Tabela 33. Podsumowanie kosztów utrzymania systemu przed i po modernizacji .....	61
Tabela 34 – Porównanie wskaźników dla poszczególnych wariantów modernizacji .....	75
Tabela 35 – Podsumowanie dla Wariantu 1 - rekomendowanego .....	76

<b>KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ</b>			Data wykonania	
			12.02.2021 r.	
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		Modernizacja oświetlenia ulicznego na terenie Gminy i Miasta Ropczyce		
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):		Wymiana opraw oświetlenia ulicznego na energooszczędne oprawy LED		
Dane podmiotu, u którego będzie realizowane/ <del>zostało zrealizowane</del> * przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej, lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL albo nazwa):		Gmina Ropczyce ul. Krisego 1, 39-100 Ropczyce		
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:**		Data zakończenia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:***		Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:
IV kw. 2021 r.		n/d		5
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:**	741 907,95	kWh/rok	63,79 ****	toe/rok
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**	1 854 769,88	kWh/rok	159,47 ****	toe/rok
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej:***	n/d	kWh/rok	n/d	toe/rok
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:***	n/d	kWh/rok	n/d	toe/rok
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej				
Imię i nazwisko:	Jarosław Filas			
Nr telefonu:	32 700 02 44			
Podpis:				

\* Niepotrzebne skreślić.

\*\* W przypadku planowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

\*\*\* W przypadku zrealizowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

\*\*\*\* Zgodnie z rozporządzeniem (Dz. U. 2017 poz. 1912) współczynnik przeliczeniowy dla jednostek energii toe - 1 MWh energii elektrycznej - 0,08598, dla energii pierwotnej współczynnik 2,5