



# **Audyt energetyczny oświetlenia ulic i dróg Gmina Stary Brus**

## **SPIS TREŚCI**

<b>1. Karta audytu energetycznego – summaryczna. ....</b>	<b>3</b>
<b>2. Cele opracowania. ....</b>	<b>4</b>
<b>3. Podstawa opracowania audytu. ....</b>	<b>5</b>
<b>4. Analiza stanu aktualnego. ....</b>	<b>6</b>
4.1. Ogólna ocena stanu oświetlenia w Gminie Stary Brus. ....	6
4.2. Wyniki inwentaryzacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Stary Brus. ....	7
4.3. Wnioski z inwentaryzacji oświetlenia, punktów sterowania. ....	9
4.4. Zgodność z normami i standardami oświetlenia z uwzględnieniem klasy drogi, wyznaczenie klas oświetleniowych. ....	10
<b>5. Analiza ekonomiczna. ....</b>	<b>12</b>
5.1. Analiza techniczno-ekonomiczna ....	12
5.2. Koszt funkcjonowania instalacji oświetlenia ulicznego ....	12
5.3. Proponowane rozwiązania mające na celu zmniejszenie kosztów eksploatacji oświetlenia zgodnie z obowiązującymi normami i standardami. ....	13
5.4. Określenie potencjału oszczędności zużycia energii oraz kosztów energii i eksploatacji. ....	15
5.5. Wskazanie możliwych rozwiązań oszczędnościowych, analiza kosztów eksploatacji przed i po modernizacji. ....	15
5.5.1. Rozwiązania oszczędnościowe - obszar Gminy Stary Brus ....	15
5.6. Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej wraz ze wskazaniem kosztów modernizacji oświetlenia. ....	16
5.7. Pozostałe jednostki kosztowe. ....	17
5.8. Analiza ekologiczna. ....	18
<b>6. Spis tabel. ....</b>	<b>19</b>
<b>7. Spis rysunków. ....</b>	<b>19</b>

# 1. Karta audytu energetycznego – sumaryczna.

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ WARIANT I		Data wykonania		
		28 maja 2024 rok		
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		Modernizacja oświetlenia ulicznego i drogowego		
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):		Modernizacja infrastruktury oświetleniowej w Gminie Stary Brus celem zwiększenia jej efektywności.		
Dane podmiotu, u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		Gmina Stary Brus Stary Brus 47a 22-244 Stary Brus		
Data rozpoczęcia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej albo planowana data rozpoczęcia tego przedsięwzięcia*:	Planowana data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej*:	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**:	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:	
...	...	...	...	
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)				
Średnioroczna oszczędność energii finalnej:	44 052,25	[kWh/rok]	3,79	[toe/rok]
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej:	110 130,63	[kWh/rok]	9,47	[toe/rok]
Szacowana wielkość redukcji emisji CO <sub>2</sub> ***:	30,18			[ton/rok]
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej				
Imię i nazwisko:	mgr Adam Dzida			
Nr uprawnień:	nie dotyczy			
Nr telefonu:	+48 512 110 314			
Podpis:				

## 2. Cele opracowania.

Niniejszy audyt ma na celu osiągnięcie optymalnego planu modernizacji oświetlenia ulicznego i drogowego w Gminie Stary Brus. Zakłada się, że przeprowadzona modernizacja przyczyni się do znacznego zmniejszenia zużycia energii elektrycznej przez obecne urządzenia oświetleniowe, równocześnie poprawiając jakość oświetlenia na ulicach i drogach. Oczekuje się, że redukcja zużycia energii elektrycznej przyniesie pozytywny wpływ na środowisko naturalne poprzez ograniczenie emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją energii elektrycznej. Ponadto modernizacja ma potencjał przyniesienia korzyści ekonomicznych w postaci obniżenia kosztów związanych z utrzymaniem i eksploatacją oświetlenia ulicznego.

Audyt zawiera:

1. Analizę stanu aktualnego, w tym:
  - a. wnioski z inwentaryzacji oświetlenia, punktów sterowania,
  - b. ogólną ocenę stanu oświetlenia w gminie,
  - c. zgodność z normami i standardami oświetlenia z uwzględnieniem klasy drogi, wyznaczenie klas oświetleniowych.
2. Analizę ekonomiczną, w tym:
  - a. analizę techniczno-ekonomiczną i proponowane rozwiązania mające na celu zmniejszenie kosztów eksploatacji oświetlenia zgodnie z obowiązującymi normami i standardami,
  - b. określenie potencjału oszczędności zużycia energii oraz kosztów energii i eksploatacji,
  - c. wskazane możliwych rozwiązań oszczędnościowych,
  - d. analizę techniczno-technologiczną pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej wraz ze wskazaniem kosztów modernizacji oświetlenia,
  - e. analizę kosztów eksploatacji przed i po modernizacji,
3. Analizę ekologiczną, w tym:
  - a. analizę modernizacji oświetlenia pod kątem zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>,
  - b. wskazanie zakładanego efektu ekologicznego, stwierdzonego na podstawie stosunku redukcji emisji gazów cieplarnianych do nakładów finansowych.

Przedmiotowy audyt wykonano dla instalacji oświetlenia ulicznego i drogowego składającego się ze 133 punktów świetlnych (opraw) stanowiących majątek Gminy Stary Brus oraz PGE Dystrybucja S.A. Oddział Zamość wskazanych do modernizacji.

### 3. Podstawa opracowania audytu.

1. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. z 2023 r., poz. 1220),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. z 2009 r., nr 43, poz. 346 z późn. zm.),
3. Norma PN-EN 13201 – 2, 3, 4 – Oświetlenie dróg,
4. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz. U. z 2024, poz. 266),
5. Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji – raport KOBiZE,
6. Dane dostarczone przez Zamawiającego,
7. Wyniki inwentaryzacji terenowej, obejmujące szczegółowe dane na temat użytkowanych opraw świetlnych, ich mocy, rozmieszczenia geoprzestrzennego, a także punktów zasilania i sterowania nimi.

## **4. Analiza stanu aktualnego.**

### **4.1. Ogólna ocena stanu oświetlenia w Gminie Stary Brus.**

Na terenie gminy dzięki zaangażowaniu władz lokalnych prowadzona jest bieżąca modernizacja oświetlenia ulicznego, a realizowane inwestycje mające na celu zastąpienie starych opraw świetlnych oprawami w technologii LED zauważyć można na modernizowanych traktach komunikacyjnych (m.in. w miejscowościach Dominiczyn i Lubowierz). Ogólną ocenę oświetlenia na terenie gminy można przyjąć jako zadowalającą, jednakże realizacja zamierzeń inwestycyjnych polegających na wymianie i modernizacji oświetlenia ulicznego i drogowego na jej terenie nieść ze sobą będzie korzyści społeczne, środowiskowe i ekonomiczne.

Modernizacja wykorzystywanych opraw świetlnych powodować będzie zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników dróg, a także innych ciągów komunikacyjnych, takich jak chodniki czy drogi rowerowe.

Należy pamiętać, iż eksploatacja pozostałych w sieci wysokoprężnych lamp sodowych jest obciążona znacznymi kosztami oraz prowadzi do straty strumienia światła, co skutkuje niskim komfortem obserwacji oświetlonych obiektów. Ponadto, oprawy oświetleniowe cechują się niską precyzją w rozpraszaniu światła, co nie gwarantuje optymalnych warunków oświetlenia.

Modernizacja istniejącego oświetlenia w kierunku wysokowydajnych opraw LED-owych umożliwi obniżenie zużycie energii, a co za tym idzie emisji gazów cieplarnianych do powietrza, wpłynie pozytywnie na koszt użytkowania całej instalacji.

Zaleca się, aby prowadzone modernizacje realizowane były zgodnie z obowiązującymi normami, a także klasami oświetlenia dobranymi do poszczególnych dróg. Dzięki temu nowopowstałe punkty świetlne zapewnią komfort i bezpieczeństwo, przy minimalizacji zużycia energii.

## 4.2. Wyniki inwentaryzacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Stary Brus.

W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji zinwentaryzowano 45 sztuk opraw oświetleniowych sodowych oraz 88 opraw rtęciowych. Podział ze względu na moc poszczególnych punktów świetlnych wymagających modernizacji przedstawia poniższa tabela.

**Tabela 1. Wyniki inwentaryzacji opraw oświetleniowych na terenie Gminy Stary Brus.**

Lp.	Moc	Liczba	Oprawy sodowe/rtęciowe
1.	100	9	Sodowe
2.	125	68	Rtęciowe
3.	150	36	Sodowe
4.	250	20	Rtęciowe
<b>SUMA:</b>		<b>133</b>	

źródło: opracowanie własne na podstawie inwentaryzacji terenowej

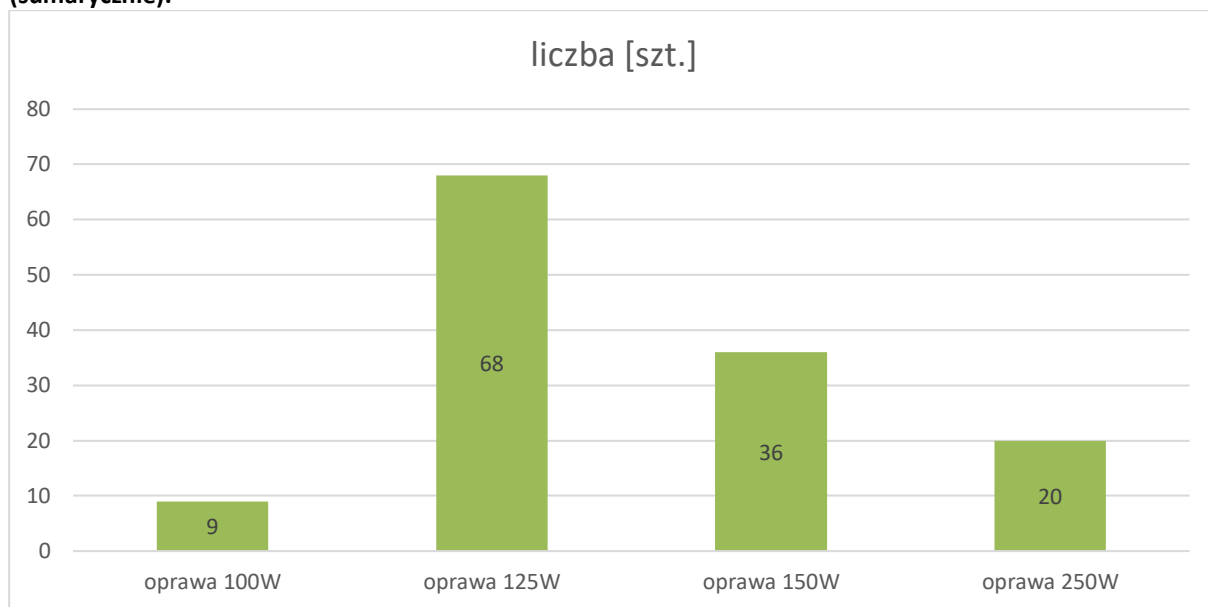
Ogólna liczba opraw wymagających wymiany wynosi 133 szt. Podział ze względu na moc poszczególnych punktów świetlnych wymagających modernizacji wraz z proponowaną redukcją mocy przedstawia poniższa tabela.

**Tabela 2. Oprawy świetlne wymagające modernizacji (sumarycznie).**

Lp.	Moc opraw [W]	liczba [szt.]	Moc całkowita [W]	Moc opraw po modernizacji [W]	Moc całkowita po modernizacji [W]	Zakładany poziom redukcji [%]
1.	100	9	900,00	45	405,00	
2.	125	68	8500,00	60	4080,00	
3.	150	36	5400,00	75	2700,00	
4.	250	20	5000,00	100	2000,00	
<b>Suma:</b>		<b>133</b>	<b>19800,00</b>		<b>9185,00</b>	<b>53,61</b>

źródło: opracowanie własne na podstawie inwentaryzacji terenowej

**Rysunek 1. Udział % opraw oświetleniowych o poszczególnych mocach, wymagających modernizacji (sumarycznie).**

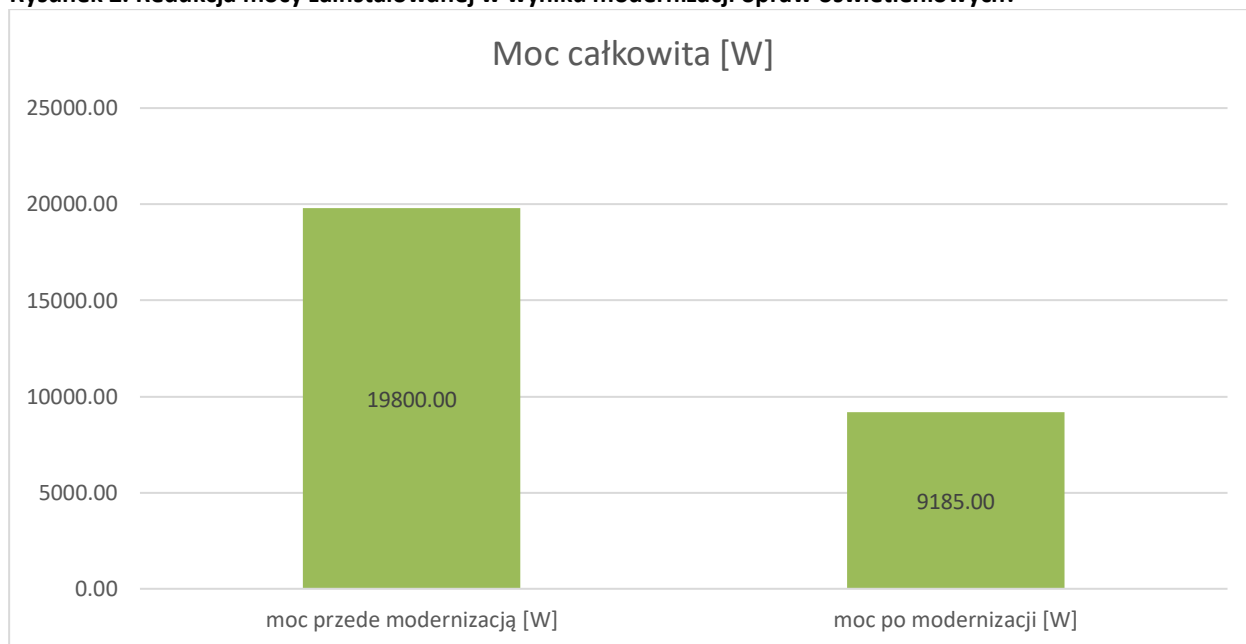


źródło: opracowanie własne, na podstawie inwentaryzacji terenowej

Całkowita moc zainstalowana opraw wskazanych do modernizacji wynosi 19 800,00 W. Zakłada się, zredukowanie mocy zainstalowanych opraw o około 53,61%, co spowoduje spadek mocy całkowitej do poziomu 9185,00 W.

Obniżenie zapotrzebowania energetycznego funkcjonującego systemu oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Stary Brus wpłynie pozytywnie na stan środowiska, a zastosowanie nowoczesnych rozwiązań jego funkcjonowania pozwoli na obniżenie kosztów energii, a także przyczyni się do wzrostu bezpieczeństwa oraz estetyki w gminie.

**Rysunek 2. Redukcja mocy zainstalowanej w wyniku modernizacji opraw oświetleniowych.**



źródło: opracowanie własne, na podstawie inwentaryzacji terenowej



### **4.3. Wnioski z inwentaryzacji oświetlenia, punktów sterowania.**

W Gminie Stary Brus wykorzystywana jest instalacja oświetlenia ulic i dróg wykorzystująca oprawy sodowe, rtęciowe i LED. W celu określenia liczby punktów świetlnych oraz ich mocy przeprowadzono inwentaryzację terenową.

Zgodnie z przeprowadzoną wizją terenową stwierdzić można, iż na terenie gminy przeważają wysokoprężne oprawy rtęciowe i sodowe. Inwentaryzacja wykazała także, że spora część wykorzystywanych opraw oświetleniowych jest w złym stanie – klosze są zmatowione lub brudne, co wynika z wieloletniej pracy przy oddziaływaniu czynników atmosferycznych (opady, silne oddziaływanie promieniowania słonecznego, zapylenia powietrza. Część punktów świetlnych jest zacienionych przez roślinność (drzewa, krzewy).

Większość wykorzystywanych opraw zamontowana jest na słupach betonowych lub stalowych. Część słupów jest współdzielona z napowietrznymi liniami energetycznymi. Stan słupów ocenić można na dobry i dostateczny. W większości przypadków nie ma konieczności wymiany słupów, zdarzają się jednak obszary, gdzie ich stan generować będzie taką potrzebę.

Zasilanie lamp odbywa się poprzez instalacje napowietrzne (zazwyczaj w przypadku lamp montowanych na słupach napowietrznej linii energetycznej).

Zalecenia początkowe po przeprowadzeniu inwentaryzacji terenowej obejmują konieczność pilnej wymiany przeważającej części lamp ze względu na ich nieefektywne oświetlenie.

Nieefektywność ta jest rezultatem kilku czynników:

- zabrudzenie i zmatowienie kloszów – zatrzymywanie światła przez słabo przepuszczalne materiały,
- wysokie moce źródeł światła zamontowane w starych oprawach o niskiej skuteczności rozsyłu światła,
- zacienianie lamp przez roślinność – drzewa i krzewy,
- nieprawidłowy montaż nad oświetlanymi powierzchniami – złe ukierunkowanie opraw.

Na podstawie powyższych wniosków zaleca się:

- zastąpienie obecnych źródeł światła energooszczędnymi lampami typu LED, zamontowanymi w efektywnych oprawach oświetleniowych, które posiadają nowoczesne odbłyśniki,
- przycięcie lub usunięcie roślinności celem eliminacji zacienienia,
- optymalne ustawienie opraw oświetleniowych w stosunku do oświetlanej powierzchni przy wykorzystaniu odpowiednich wysięgników.

#### **4.4. Zgodność z normami i standardami oświetlenia z uwzględnieniem klasy drogi, wyznaczenie klas oświetleniowych.<sup>1</sup>**

Podział dróg dokonuje się na następujące klasy:

A - autostrada,

S - droga ekspresowa,

GP - droga główna ruchu przyspieszonego,

G - droga główna,

Z - droga zbiorcza,

L - droga lokalna,

D - droga dojazdowa.

Przydzielanie klasy danej drodze zależy od jej kategorii i jest określone w następujący sposób:

- Drogi kategorii krajowej standardowo otrzymują klasę A, S lub GP, a w trudnych warunkach może być przydzielona klasa G,
- Drogi kategorii wojewódzkiej standardowo otrzymują klasę G, ale dopuszcza się przydzielenie klasy GP, a w trudnych warunkach klasa Z,
- Drogi kategorii powiatowej standardowo otrzymują klasę Z, ale dopuszcza się przydzielenie klasy G lub GP, a w trudnych warunkach klasa L,
- Drogi kategorii gminnej standardowo otrzymują klasę D lub L, ale dopuszcza się przydzielenie klasy Z, G lub GP.

Należy zaznaczyć, iż ulica to droga o klasach GP, G, Z, L lub D, otoczona terenami zabudowy lub terenami przeznaczonymi pod zabudowę, pełniąca funkcje komunikacyjne oraz inne funkcje związane z jej otoczeniem. Natomiast droga, która nie spełnia kryteriów określonych dla ulicy, uważana jest za drogę zamiejską.

W trakcie realizacji prac inwentaryzacyjnych stwierdzono, iż na terenie Gminy Stary Brus zlokalizowana jest droga krajowa nr 82, droga wojewódzka nr 819, drogi powiatowe oraz drogi gminne.

W przypadku dróg istniejących, pomiary luminancji, natężenia oświetlenia oraz natężenia ruchu umożliwiają przypisanie poszczególnym odcinkom dróg poszczególnych klas oświetleniowych.

Klasy oświetleniowe, które można wyodrębnić, to:

1. Klasa M - obejmuje kierowców pojazdów silnikowych oraz trasy komunikacyjne o średniej i wysokiej prędkości ruchu.
2. Klasa C - odnosi się do obszarów konfliktowych wynikających z obecności pojazdów, pieszych i rowerzystów, a także stref o zmiennej geometrii drogi oraz dróg o podwyższonym ryzyku kolizji.
3. Klasa P - obejmuje pieszych i rowerzystów poruszających się po uliczkach osiedlowych, chodnikach oraz kierowców poruszających się z niskimi prędkościami.

---

<sup>1</sup> źródło: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/rodzaje-drog-w-polsce>

4. Klasa EV - jest klasą dodatkową, opisującą miejsca, w których konieczne jest zapewnienie widoczności powierzchni pionowych.
5. Klasa HS - to kolejna klasa dodatkowa, która klasyfikuje pieszych, drogi dla pieszych, miejsca postojowe, powierzchnie ruchu oddzielone od jezdni oraz drogi osiedlowe, ciągi piesze i parkingi.
6. Klasa SC - została stworzona w celu identyfikacji osób, obiektów i powierzchni drogowych, na których istnieje wyższe ryzyko naruszenia przepisów ruchu drogowego.
7. Klasa PC - stanowi uzupełnienie klas oświetleniowych i jest przeznaczona do oświetlania przejść dla pieszych za pomocą specjalnych, nisko zawieszonych lamp, które zapewniają doskonałą widoczność sylwetki pieszego z każdego kierunku ruchu. W zależności od wymienionych powyżej klas poszczególnych dróg w wynikach inwentaryzacji dobrano im odpowiednie oznaczenia, pozwalające na dobór klas oświetlenia zgodnie z normą PN-EN 13201:2016.

Rysunek 3. Charakterystyka klas oświetleniowych M1 – M6.

Klasa	Luminancja jezdni przy suchej drodze			Oświetlenie przeszkadzające	Oświetlenie poboczy
	L [eksploatacyjne minimum] - cd/m <sup>2</sup>	Uo [minimum]	UI [minimum]	TI [maksimum] - %	REI [minimum]
M1	2	0,4	0,7	10	0,35
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,35
M3	1	0,4	0,6	15	0,30
M4	0,75	0,4	0,6	15	0,30
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,30
M6	0,3	0,35	0,4	20	0,30

źródło: <https://perfandled.pl/klasy-oswietlenia-opraw-oswietleniowych/>

gdzie:

**L** - równomierność wzdłużna rozkładu luminancji jezdni,

**Uo** - równomierność ogólną rozkładu natężenia oświetlenia na powierzchni jezdni – wartość minimalna),

**UI** - równomierność wzdłużna rozkładu luminancji jezdni,

**TI** - przyrost wartości progowej luminancji, związany z poziomem olśnienia przeszkadzającego,

**REI** - współczynnik oświetlenia poboczy jezdni.

Do producentów oświetlenia ulicznego, których produkty spełniają powyższe wymagania zaliczyć można takie jak:

- Signify Sp. z o.o.,
- Ledolux Poland Sp. z o.o.,
- GL Sp. z o.o.

Zgodnie z danymi katalogowymi oszacowano, iż koszt zakupu oprawy oświetleniowej w technologii LED w zależności od modelu i producenta wahać się może od 900-1200 zł netto.

## 5. Analiza ekonomiczna.

### 5.1. Analiza techniczno-ekonomiczna

Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji punktów oświetleniowych użytkowanych na terenie Gminy Stary Brus, sporządzono analizę zużycia energii elektrycznej instalacji oświetleniowej ulic i dróg, która wymaga modernizacji. Podczas obliczeń nie brano pod uwagę opraw już zmodernizowanych, funkcjonujących w technologii energooszczędnej (w tym technologii LED, technologii hybrydowej etc.).

**Tabela 3. Moce całkowite lamp przewidzianych do modernizacji.**

Lp.	Moc opraw [W]	liczba [szt.]	Moc całkowita [W]
1.	100	9	900,00
2.	125	68	8500,00
3.	150	36	5400,00
4.	250	20	5000,00
<b>Suma:</b>		<b>133</b>	<b>19800,00</b>

źródło: opracowanie własne na podstawie inwentaryzacji terenowej.

Biorąc pod uwagę liczbę opraw świetlnych, a także ich moc, obliczono moc całkowitą funkcjonującej na terenie gminy instalacji oświetleniowej, a także określono średnią energochłonność jednej oprawy wymagającej modernizacji. Obliczeń dokonano na podstawie poniższego wzoru:

$$\frac{\text{moc całkowita}}{\text{liczba opraw}} = \frac{19800 \text{ W}}{133 \text{ szt.}} = 148,87 \text{ kW/oprawę} = 145 \text{ W/oprawę}$$

### 5.2. Koszt funkcjonowania instalacji oświetlenia ulicznego

Do wyznaczenia rocznego zużycia energii elektrycznej przyjęto czas świecenia lamp równy 4150 godzin (zegar astronomiczny). Następnie przeliczono czas świecenia opraw przez ich moc. W wyniku tego działania otrzymano roczne zużycie energii, które przedstawiono w poniższej tabeli.

**Tabela 4. Roczne zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia ulic i dróg Gminy Stary Brus – przed modernizacją.**

Rodzaj opraw	Moc oprawy	Moc całkowita	Czas użytkowy	Roczne zużycie energii
	W	kW	h	kWh/rok
Sodowe	100	0,90	4150	3 735,00
Rtęciowe	125	8,50	4150	35 275,00
Sodowe	150	5,40	4150	22 410,00
Rtęciowe	250	5,00	4150	20 750,00
<b>SUMA DLA OPRAW PRZEZNACZONYCH DO MODERNIZACJI</b>		<b>19,80</b>		<b>82 170,00</b>

źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z powyższej tabeli, roczne zużycie energii w kWh/rok z tytułu zinwentaryzowanego oświetlenia ulicznego wynosi **82 170,00 kWh/rok (dla oprav przeznaczonych do modernizacji)**.

Biorąc pod uwagę koszty funkcjonowania oświetlenia pod uwagę wziąć należy koszty dotyczące:

- sprzedaży energii elektrycznej,
- opłaty sieciowej,
- opłaty jakościowej,
- opłaty kogeneracyjnej,
- opłaty przesyłowej stałej,
- opłaty przejściowej i abonamentu.

Koszty **zakupu energii elektrycznej (wraz z kosztami dystrybucji)** zużywanej na potrzeby zinwentaryzowanego oświetlenia w skali roku wynoszą **127 363,50 zł brutto**.

### **5.3. Proponowane rozwiązania mające na celu zmniejszenie kosztów eksploatacji oświetlenia zgodnie z obowiązującymi normami i standardami.**

Analizując możliwości podjęcia działań mających na celu zmniejszenie kosztów eksploatacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Stary Brus zgodnie z obowiązującymi normami i standardami zaproponowano następujące działania:

- modernizacja oprav oświetleniowych,
- modernizacja systemu sterowania oświetleniem,
- modernizacja systemu zasilania oświetlenia.

#### **Modernizacja oprav oświetleniowych**

W tym punkcie proponuje się wymianę oprav sodowych na energooszczędne oprawy LED. Technologia LED (light emitting diode) stosowana może być w opravach oświetlenia zewnętrznego.

Do podstawowych zalet oświetlenia LED zaliczyć można:

- długa żywotność, która wynosi około 50 000 godzin, przy utracie tylko 30% strumienia światła – to 2÷5 razy dłuższa trwałość w porównaniu do lamp sodowych (przy 4150 godzinach świecenia rocznie daje to żywotność wynoszącą 12 lat),
- wysoka jakość oświetlenia,
- brak emisji promieniowania UV i IR,
- eliminacja efektu stroboskopowego,
- lampy nie zawierają rtęci ani metali ciężkich, co sprawia, że są znacznie bardziej przyjazne dla środowiska niż obecnie stosowane źródła światła,
- skuteczne kontrolowanie kierunku rozsyłu strumienia świetlnego,
- mniejsze zapotrzebowanie energetyczne (odciążenie obwodów zasilających).

Głównym mankamentem oświetlenia LED pozostaje nadal wyższa cena w porównaniu do tradycyjnych oprav oświetleniowych. Niemniej jednak, w kontekście długotrwałego użytkowania,

można zaobserwować zmniejszone częstotliwość występowania konieczności wymiany opraw, co może prowadzić do redukcji kosztów eksploatacyjnych.

Obecnie na rynku dostępne są oprawy LED wielu różnych producentów. Wybór mocy opraw na potrzeby przeprowadzonego audytu został dokonany zgodnie z normą PN-EN 13201-2,3,4:2016-03 dotyczącą oświetlenia dróg oraz przy wykorzystaniu katalogu opraw zewnętrznych LED firmy Philips. Warto zaznaczyć, że wybrane moce opraw mogą być porównywalne z produktami innych producentów. Przeprowadzono analizę mocy świetlnej opraw różnych producentów w stosunku do ich zużycia mocy elektrycznej, a uzyskane wyniki wykazały podobieństwo. W celu montażu zaleca się wykorzystanie źródeł światła o mocy **45 W, 60W, 75W oraz 100 W**.

Sumaryczna moc opraw po wymianie na nowe w technologii LED stanowi **9,19 kW** co stanowi około **46,4 %** mocy zainstalowanej dotychczas.

### **Modernizacja systemu sterowania oświetleniem**

System inteligentnego sterowania oświetleniem ulicznym to zaawansowane rozwiązanie, które ma na celu optymalizację zarządzania oświetleniem na ulicach i drogach publicznych. Taki system wykorzystuje różne technologie i czujniki, aby dostosować jasność oświetlenia do zmieniających się warunków, co pozwala na znaczne oszczędności energii i lepsze bezpieczeństwo na drogach. Oto kilka kluczowych elementów takiego systemu:

1. Czujniki światła: Czujniki monitorują poziom naturalnego światła, tak aby oświetlenie uliczne mogło dostosować się do zmieniających się warunków oświetlenia w ciągu dnia. W ciągu dnia, gdy jest wystarczająco jasno dzięki naturalnemu światłu, system może obniżyć jasność lub wyłączyć oświetlenie, oszczędzając energię.
2. Czujniki ruchu: Czujniki te wykrywają ruch na ulicach. Jeśli nie ma ruchu, system może obniżyć jasność oświetlenia, a gdy wykryje ruch, oświetlenie może się zwiększyć. To pozwala na oszczędzanie energii w godzinach o niewielkim ruchu.
3. Sterowanie czasowe: Systemy inteligentnego sterowania oświetleniem ulicznym mogą być zaprogramowane do dostosowywania jasności w określonych godzinach dnia lub pory roku. Na przykład, można zaprogramować system, aby jasność była wyższa w godzinach wieczornych i nocnych.
4. Monitorowanie i zarządzanie zdalne: Administratorzy mogą zdalnie monitorować i zarządzać oświetleniem ulicznym, dostosowując je do bieżących potrzeb. To pozwala na reagowanie na awarie, zmiany warunków pogodowych lub sytuacje awaryjne.
5. Integracja z systemami zarządzania ruchem: Systemy inteligentnego oświetlenia ulicznego mogą być zintegrowane z systemami zarządzania ruchem, takimi jak sygnalizacje świetlne, aby poprawić ogólne bezpieczeństwo na drogach.
6. Energia słoneczna: Niektóre systemy inteligentnego oświetlenia ulicznego wykorzystują źródła energii odnawialnej, takie jak panele słoneczne, aby zasilać oświetlenie, co dodatkowo przyczynia się do oszczędności energii.
7. Analiza danych: Dane zbierane przez systemy mogą być analizowane w celu optymalizacji zarządzania energią i utrzymania optymalnej wydajności oświetlenia.

Systemy inteligentnego sterowania oświetleniem ulicznym przyczyniają się do redukcji zużycia energii, obniżenia kosztów utrzymania oświetlenia i poprawy bezpieczeństwa na ulicach. Są one coraz bardziej popularne w miastach na całym świecie jako element inteligentnych systemów zarządzania miastem (Smart City).

Zaleca się zatem uwzględnienie opisanych powyżej rozwiązań podczas projektowania nowych instalacji oświetlenia ulicznego w gminie.

#### **Modernizacja systemu zasilania oświetlenia**

Punkty zasilania oświetlenia na terenie Gminy Stary Brus wykonane są w różnej technologii, co powodować może problemy z ich eksploatacją w latach następnych. Niektóre z obwodów oświetleniowych są znacznie przeciążone, a wykorzystywane okablowanie jest bardzo stare i nieefektywne.

Zaleca się, aby podczas planowania modernizacji oświetlenia brać pod uwagę ten aspekt, aby nie doprowadzić do sytuacji, gdzie nowoczesne oświetlenie nie będzie kompatybilne ze systemem zasilania. Może to generować sytuacje, iż pomimo poniesienia znacznych nakładów finansowych na modernizację opraw świetlnych dochodzić będzie do awarii, a w efekcie braku oświetlenia.

### **5.4. Określenie potencjału oszczędności zużycia energii oraz kosztów energii i eksploatacji.**

Największy potencjał związany z uzyskaniem oszczędności związanych z ograniczenia zużycia energii oraz kosztów eksploatacji instalacji oświetlenia ulicznego wynikać będzie z podjęcia działań modernizacyjnych dotyczących wykorzystywanych opraw świetlnych.

Oszczędności wynikające z modernizacji systemu sterowania oraz zasilania generować będą głównie oszczędności związane z obniżeniem kosztów eksploatacji instalacji i jej serwisowania. Zwraca się uwagę również na fakt, iż dobry stan infrastruktury towarzyszącej gwarantuje właściwe działanie całej instalacji, dlatego jej stan powinien być stale monitorowany i modernizowany w ramach potrzeby.

Opisane modernizacje przyczynić się będą również do ograniczenia ubytków energii w postaci mocy biernej (tj. iloczynu wartości skutecznego napięcia i prądu, a także sinusa kąta przesunięcia fazowego pomiędzy prądem a napięciem). W przypadku braku podjęcia działań modernizacyjnych warto dokonać pomiarów wielkości ww. mocy oraz zastosować rozwiązania mające na celu kompensację mocy biernej w układzie.

### **5.5. Wskazanie możliwych rozwiązań oszczędnościowych, analiza kosztów eksploatacji przed i po modernizacji**

#### **5.5.1. Rozwiązania oszczędnościowe - obszar Gminy Stary Brus**

Dotychczasowy koszt zakupu energii elektrycznej na cele funkcjonowania zinventaryzowanej części instalacji oświetleniowej gminy wynosi **127 363,50 zł brutto** w skali roku.

Wdrożenie działań polegających na modernizacji 133 sztuk opraw oświetleniowych sodowych i rtęciowych na terenie całego analizowanego obszaru umożliwi osiągnięcie redukcji mocy zainstalowanej o 53,61 %, co istotnie przeniesie się na wysokość poniesionych kosztów z tytułu eksploatacji oświetlenia ulicznego. Szczegółowe dane umożliwiające wyliczenie tych oszczędności zebrano poniżej.

**Tabela 5. Roczne zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia ulic i dróg Gminy Stary Brus.**

Rodzaj opraw	Moc oprawy	Moc całkowita przed modernizacją	Moc całkowita po modernizacji	Czas użytkowy	Roczne zużycie energii przed modernizacją	Roczne zużycie energii po modernizacji
	W	kW	kW	h	kWh/rok	kWh/rok
Sodowe	100	0,90	0,41	4150	3 735,00	1 680,75
Rtęciowe	125	8,50	4,08	4150	35 275,00	16 932,00
Sodowe	150	5,40	2,70	4150	22 410,00	11 205,00
Rtęciowe	250	5,00	2,00	4150	20 750,00	8 300,00
<b>SUMA DLA OPRAW PRZEZNACZONYCH DO MODERNIZACJI</b>		<b>19,80</b>	<b>9,19</b>		<b>82 170,00</b>	<b>38 117,75</b>

źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z przedstawionych danych zużycie energii przed modernizacją przez oprawy oświetleniowe sodowe i rtęciowe wynosi **82 170,00 kWh/rok** i generuje koszt **127 363,50 zł brutto**.

Ograniczenie zatem mocy zainstalowanej, a w konsekwencji ograniczenie energochłonności instalacji pozwoli na obniżenie zapotrzebowania energetycznego o **44 052,25 kWh/rok**, co przełoży się na oszczędności w wysokości **68 280,99 zł brutto**.

## **5.6. Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej wraz ze wskazaniem kosztów modernizacji oświetlenia.**

W celu oszacowania kosztów modernizacji oświetlenia, pod uwagę wzięto najbardziej kosztochłonną kwestię, która związana jest z wymianą niskosprawnych opraw świetlnych na oprawy LED. Jak wynika z danych wskazywanych w poprzednich podrozdziałach audytu, na terenie Gminy Stary Brus wciąż eksploatowane są 133 oprawy sodowe i rtęciowe wymagające wymiany.

Oprócz samego zakupu nowych opraw oświetleniowych, do całego kosztu realizacji zadania doliczyć należy koszt prac montażowych, a także instalację zdalnego systemu sterowania.

W celu określenia kosztów zakupu opraw świetlnych w technologii LED, spełniające wymagania i normy prawne, a także umożliwiające instalację zdalnego sterowania, dokonano szacunkowego rozeznania cen wśród producentów urządzeń oraz usługodawców.



Poniżej przedstawiono oszacowane koszty modernizacji opraw świetlnych na terenie gminy. Koszty realizacji zadania zestawiono z korzyściami wynikającymi z ograniczenia energochłonności wykorzystywanych opraw świetlnych, które przekładają się na obniżenie kosztów funkcjonowania instalacji.

Opłacalność przedsięwzięcia modernizacyjnego określono w postaci prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT).

**Tabela 6. Szacowany koszt modernizacji opraw świetlnych na terenie Gminy Stary Brus wraz z montażem oraz instalacją zdalnego systemu sterowania.**

Koszt zakupu opraw LED [zł netto]	Koszty montażu opraw [zł netto]	Suma inwestycji [zł netto]	Suma inwestycji [zł brutto]
159 173,43	33 390,00	192 563,43	207 968,50

źródło: opracowanie własne

Jak wynika z powyższej tabeli, całkowity koszt modernizacji opraw oświetleniowych na terenie całej gminy wynosi **192 563,43 zł netto**. Na całkowity koszt realizacji zadania składa się koszt zakupu opraw LED, ich montażu oraz instalacji systemu sterowania. Koszt brutto inwestycji wynosi **207 968,50 zł brutto**.

Zysk finansowy z tytułu oszczędności energii po modernizacji wszystkich opraw oświetleniowych na terenie Gminy Stary Brus wynosić powinien **68 280,99 zł brutto rocznie**, dlatego wskaźnik SPBT wynosi tu **3,0** co oznacza, że zwrot inwestycji nastąpi po ok 3 latach.

## 5.7. Pozostałe jednostki kosztowe

W wyniku prowadzonych prac inwentaryzacyjnych na terenie Gminy Stary Brus zidentyfikowano infrastrukturę towarzyszącą, wpływającą na efektywność funkcjonowania instalacji oświetlenia ulicznego.

Zaliczyć do niej należy słupy oświetleniowe, które w przeważającej ilości stanowią miejsce montażu opraw oświetleniowych, a także stacje transformatorowe wraz ze skrzynkami sterującymi (punktami zapalania oświetlenia). Jak wynika z przeprowadzonej inwentaryzacji część użytkowanych słupów oświetleniowych wymaga lub wymagać będzie modernizacji.

**Rysunek 4. Szacowany koszt modernizacji infrastruktury towarzyszącej.**

Lp.	Działanie	Koszt zł netto
1.	Budowa nowej stacji transformatorowej	od 240 tys. do 500 tys.
2.	Budowa nowego punktu sterowania oświetleniem	od 10 tys.
3.	Przegląd i wycena modernizacji stacji transformatorowej	od 4 tys.

4.	Naprawa wraz z wymianą osprzętu stacji transformatorowej	od 20 tys.
----	--	------------

źródło: opracowanie własne na podstawie szacowania wartości.

## 5.8. Analiza ekologiczna

Montaż energooszczędnych opraw LED przynosi wiele korzyści, jednak najważniejszą z nich jest ograniczenie zużycia energii. Redukcja zużycia energii elektrycznej jest istotna, zwłaszcza w Polsce, gdzie większość energii wytwarzana jest w oparciu o technologie konwencjonalne, takie jak spalanie paliw kopalnych. To z kolei pozytywnie wpływa na środowisko, ponieważ zmniejsza emisję szkodliwych gazów. Wartości wskaźnikowych emisji zanieczyszczeń podczas produkcji 1 MWh energii elektrycznej w polskim systemie przedstawiono w tabeli wynoszą :

Tabela 7. Wskaźniki emisji dla energii elektrycznej przyjęte w opracowaniu.

substancja	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pył całkowity
jednostka	kg/MWh	kg/MWh	kg/MWh	kg/MWh	kg/MWh
wartość	685,0	0,436	0,456	0,261	0,018

Źródło: Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok, KOBIZE

Stosując powyższe wskaźniki emisyjności, określone przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE), w poniższej tabeli zestawiono wielkości emisji poszczególnych zanieczyszczeń do powietrza przed i po modernizacji oświetlenia ulicznego.

Tabela 8. Wielkości emisji w całej całej sieci oświetlenia tylko dla opraw sodowych i rtęciowych wskazanych do wymiany.

	Zużycie energii elektrycznej	Emisja				
		CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	pył całkowity
	MWh/rok	kg/rok	kg/rok	kg/rok	kg/rok	kg/rok
Przed modernizacją	82,17	56286,45	35,83	37,47	21,45	1,48
Po modernizacji	38,12	26110,66	16,62	17,38	9,95	0,69
<b>Redukcja</b>	<b>44,05</b>	<b>30175,79</b>	<b>19,21</b>	<b>20,09</b>	<b>11,50</b>	<b>0,79</b>
<b>53,61</b>						

źródło: obliczenia własne

Realizacja zadania polegającego na modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Gminy Stary Brus przyczyni się do ograniczenia emisji zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych do powietrza.

Wdrożenie zaproponowanych rozwiązań spowoduje ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o 30,18 **Mg**, SO<sub>2</sub> o 19,21 kg, NO<sub>x</sub> o 20,09 kg, CO o 11,50 kg oraz pyłu całkowitego o 0,79 kg rocznie. Realizacja przedmiotowego zadania nie tylko jest uzasadniona ekonomicznie, ale także przynosi wymierne korzyści środowiskowe.

## 6. Spis tabel

Tabela 1. Wyniki inwentaryzacji oprav oświetleniowych na terenie Gminy Stary Brus.....	7
Tabela 2. Oprawy świetlne wymagające modernizacji (sumarycznie). ....	7
Tabela 2. Moce całkowite lamp przewidzianych do modernizacji. ....	12
Tabela 3. Roczne zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia ulic i dróg Gminy Stary Brus – przed modernizacją.....	12
Tabela 4. Roczne zużycie energii elektrycznej na potrzeby oświetlenia ulic i dróg Gminy Stary Brus. .	16
Tabela 5. Szacowany koszt modernizacji oprav świetlnych na terenie Gminy Stary Brus wraz z montażem oraz instalacją zdalnego systemu sterowania.....	17
Tabela 6. Wskaźniki emisji dla energii elektrycznej przyjęte w opracowaniu.....	18
Tabela 7. Wielkości emisji w całej całej sieci oświetlenia tylko dla oprav sodowych i rtęciowych wskazanych do wymiany.....	18

## 7. Spis rysunków

Rysunek 1. Udział % oprav oświetleniowych o poszczególnych mocach, wymagających modernizacji (sumarycznie). ....	8
Rysunek 2. Redukcja mocy zainstalowanej w wyniku modernizacji oprav oświetleniowych. ....	8
Rysunek 3. Charakterystyka klas oświetleniowych M1 – M6. ....	11
Rysunek 4. Szacowany koszt modernizacji infrastruktury towarzyszącej. ....	17