

Audyt

**energetyczny efektywności energii
elektrycznej oświetlenia ulicznego w
Gminie Sitno**

mgr inż. Jerzy Wiater
Uprawnienia budowlane
UAB-II-7342/48/90

Inwestor:

Gmina Sitno
Sitno 73,
22-424 Sitno
NIP: 922-29-42-612
REGON:
950368575

Autor opracowania:

Spis treści:

1.	Wprowadzenie	4
1.2.	Warunki uczestnictwa w konkursie RPO WL na lata 2014-2020, Działanie 5.5.....	4
1.3.	Definicje skrótów użytych w opracowaniu	5
1.4.	Możliwe do uzyskania efekty rzeczowe i ekologiczne.....	6
	Komentarz do Tabeli efektu ekologicznego:	6
2	Charakterystyka projektu	7
2.1.	Podstawowe informacje.....	7
2.1.1.	Tytuł.....	7
2.2.	Definicja projektu	7
3.	Ocena jakości oświetlenia dróg i terenów użyteczności publicznej oraz wskazanie kierunków działania w celu dostosowania do obowiązujących norm.	8
3.1.	Metodologia wykonania inwentaryzacji.....	8
3.2.1.	Zestawienie opraw (w tym instalacji referencyjnej) przyjęte do obliczeń.....	8
3.3.	Ogólna ocena.....	10
3.3.1.	Analiza typów i modeli opraw.....	10
3.3.2.	Stan systemu oświetlenia drogowego na dzień zakończenia Audytu.....	10
3.3.3.	Zgodność z Normami	10
3.4.	Wnioski z inwentaryzacji oświetlenia.....	11
4.	Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej	12
4.1.	Sprzęt oświetleniowy - źródła światła.....	12
4.1.1.	Półprzewodnikowe źródła światła (SSL - Solid State Lighting)	12
4.2.	Sprzęt oświetleniowy - Oprawy	12
4.2.1.	Przykładowa oprawa nr 1	13
	Korzyści.....	14
	Cechy	14
4.2.2.	Przykładowa oprawa nr 2	14
4.3.	Skrzynki sterujące - pomiarowe oświetlenia	15
4.4.	Przykładowe systemy sterowania	16
4.4.2.	System z kontrolerem oraz analizatorem.....	17
4.4.3.	Analiza rozwiązań układów sterowania	18
4.4.4.	Ryzyka związane z układami sterowania	19
4.5.	System stabilizacji i redukcji napięcia (mocy)	19
4.6.	Słupy oświetleniowe.....	19
5.	Analiza Wariantów technicznych zamierzenia inwestycyjnego	20
2.1.	Warianty –porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji.....	20
	Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie I	20
	Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie II	20
3.	Analiza finansowa proponowanego wariantu realizacji przedsięwzięcia pod względem kosztów konserwacji oświetlenia ulicznego oraz opłat za energię elektryczną.....	21
3.1.	Model kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego	21
6.2.2.	Rozliczenie kosztów energii ex post dla 2019 r., przed modernizacją.....	22

6.2.4.	Wnioski z Analizy kosztów energii elektrycznej oraz czasu eksploatacji oświetlenia ulic.....	23
7.1.	Analiza finansowa proponowanego wariantu realizacji przedsięwzięcia pod względem nakładów koniecznych do poniesienia na inwestycję	23
7.1.1.	Wariant I –LED z redukcją mocy	23
	Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie	23
7.1.2.	Wariant II –LED	24
	Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie	24
7.2.	Wybór wariantu optymalnego	25
	Tabela 18	26
8.	Analiza oddziaływania na środowisko	27
8.1.	Wyliczenie wskaźnika ekologicznego.....	27
	Tabela 19 Efekt ekologiczny dla wariantu optymalnego.....	27

1. Wprowadzenie

1.1. Cel niniejszego opracowania

Celem głównym niniejszego Audytu jest zbadanie możliwości zmodernizowanie oświetlenia ulicznego, przy kryteriach określonych w regulaminie konkursu RPO WL na lata 2014-2020, Oś Priorytetowa 5 Efektywność energetyczna i gospodarka niskoemisyjna, Działanie 5.5 Promocja niskoemisyjności p.t.:

„Ograniczenie emisji zanieczyszczeń komunalnych poprzez modernizację oświetlenia ulicznego w Gminie Sitno”

Niezależnie od celu priorytetowego, każdy inwestor a szczególnie publiczny, chce mieć wiedzę o już wykonanych inwestycjach, jak również tych planowanych, co do sposobu ich realizacji oraz racjonalności wydatkowanych środków.

W prawidłowo zorganizowanym procesie zarządzania infrastrukturą, w tym przygotowania inwestycji, analiza stanu faktycznego, stanowi istotny element potwierdzający lub kwestionujący dotychczasowe kierunki działań jak również pokazuje, w jakim stanie znajduje się badany obiekt po latach eksploatacji.

Analiza pokazuje też, jak dziś oceniamy poczynione inwestycje oświetleniowe, które były realizowane w innym otoczeniu prawnym i normatywnym. Zbiorczy obiekt oświetleniowy, jakim jest zespół lamp ulicznych wraz z ich sterowaniem, budowany był w przeszłości w zgodności z różnymi normami oświetleniowymi. Od 2004 roku, obowiązuje w Polsce europejska norma oświetleniowa **PN-EN 13201**.

Audyt ma na celu przebadanie systemu i określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz wskazanie zasadności (lub – braku zasadności) podjęcia inwestycji usprawniającej system odbiorników energii, jak również efektywnego sposobu jej realizacji.

Celem niniejszego opracowania w szczególności jest:

1. Zdiagnozowanie stanu, w jakim znajduje się system oświetleniowy, przebudowywany, rozbudowywany i modernizowany częściowo z zastosowaniem różnych rozwiązań technicznych;
2. Zbadanie możliwości ograniczenia kosztów eksploatacji systemu oświetleniowego,
3. Przekazanie Zamawiającemu zaleceń i wskazań, co do:
 - Wyboru optymalnego rozwiązania technicznego, podnoszącego znacząco sprawność systemu,
 - Analizy możliwych sposobów finansowania inwestycji, w szczególności w ramach konkursu RPO WL na lata 2014-2020, Oś Priorytetowa 5 Efektywność energetyczna i gospodarka niskoemisyjna, Działanie 5.5 Promocja niskoemisyjności
 - wskazanie możliwości lub jej braku w procesie ubiegania się o środki finansowe z tego Programu.

1.2. Warunki uczestnictwa w konkursie RPO WL na lata 2014-2020, Działanie 5.5

Główne warunki przedmiotów uczestnictwa oraz selekcji wniosków:

Warunki zostały opisane w regulaminie konkursu oraz w zał. nr 6 „, Kryteria oceny projektów działania 5.5 są to między innymi:

1. Zakres projektu wynika z aktualnego planu gospodarki niskoemisyjnej.
2. Spełnienie wymogów szacowanej redukcji CO₂ o min 30 %.
3. Projekt zakłada monitorowanie zmniejszenia zużycia energii w wyniku jego realizacji.
4. Wykonalność wybranego wariantu inwestycyjnego realizacji projektu
5. Zgodność wybranego wariantu inwestycyjnego realizacji projektu z przepisami prawa i politykami horyzontalnymi.
6. Zastosowanie kompleksowego systemu inteligentnego sterowania oświetleniem.

Monitorowanie wielkości emisji

1. Monitorowanie zużycia energii odbywać się będzie wg danych otrzymanych z faktur handlowych, narastająco od początku zakończenia [odbioru końcowego] inwestycji do końca roku budżetowego.
2. Interwał rejestracji [odczytu licznika] jest niezależny od JST. O interwale decyduje OSD. Wartości podawane przez OSD jak również przez dostawcę energii na fakturach, mogą istotnie się różnić od wartości rzeczywistych wskazywanych przez liczniki energii. OSD często, nie czyta liczników w terminach niezbędnych do naliczenia faktury a obciążeń dokonuje na podstawie prognozy lub co gorsza normatywnego profilu zużycia. Stąd wartości miesięczne wolumenu mogą istotnie odbiegać od wartości rzeczywistych. Z naszego wieloletniego doświadczenia wynika, że wartości zużycia energii podawane przez OSD w cyklu 12 miesięcznym nie odbiegają istotnie od ich rzeczywistych wolumenów pobranych przez odbiorcę.
3. Dla obszarów o strukturze mieszanej tj. punktach świetlnych [zwanym dalej pś] modernizowanych i niemodernizowanych wolumen energii z ppe [punkt poboru energii] do celu monitoringu rozliczany będzie w oparciu o model mocy średnioważonej. W przeciwnym razie zaburzony zostanie model kontrolingu a wyniki będą w istocie nieporównywalne.
4. Roczny Raport będzie tworzony wg modelu przedstawionego powyżej. Raport będzie tworzony w systemie Informacji Przestrzennej lub innej bazie danych linkowanej do tego systemu.
5. Pierwszy Raport ma być generowany na koniec pierwszego roku budżetowego, który jest zgodny rokiem kalendarzowym. Kolejne zgodne z budżetowymi [kalendarzowymi]
6. Dokumentowanie zużycia energii. Głównie na podstawie dowodów finansowych [faktur] bądź protokołów z odczytów liczników w przypadku korekt zużycia.
7. Minimalny okres przechowywania to okres monitorowania+1 rok.
8. W przypadku różnicy pomiędzy wartością otrzymaną a planowaną większej niż 30% wymagane jest przedstawić pisemne uzasadnienie zaistniałej różnicy z dowodami źródłowymi w załączeniu.

1.3. Definicje skrótów użytych w opracowaniu

1. HPS - High Pressure Sodium – źródło światła sodowe, wysokopiętne. Skrót może być również używane, jako typ oprawy, która wyposażona jest w źródło sodowe wysokopiętne.
2. HPM – High Pressure Mercury –źródło rtęciowe wysokopiętne. Skrót może być używany, jako typ oprawy wyposażonej w źródło wysokopiętne
3. LED – Light Emitting Diode – Diody emitujące widzialne promieniowanie. Skrót może być użyty również, jako typ oprawy, która wykorzystuje źródła LED do emisji promieniowania widzialnego.
4. PMMA- Poli metakrylan metylu- Tzw. szkło organiczne. Cechą jest wysoka przezroczystość [93%], wysoka odporność na promieniowanie UV [nie żółknie] oraz niestety duża kruchość oraz niska odporność na uderzenia [IK O4].
5. PC- poliwęglan- tworzywo o dużej przezroczystości [89-91%], niższej niż PMMA, mniej odporne na promieniowanie UV [ma tendencje do żółknięcia po kilku latach], odporne na uderzenia [IK 10], oraz wysoką temperaturę.

1.4. Możliwe do uzyskania efekty rzeczowe i ekologiczne

Kluczowe Parametry Projektu	Przed Modernizacją	Po modernizacji	Zmiana	%
Zmniejszenie mocy na skutek modernizacji [kW]	130,86	72,7	58,16	44,44%
Oszczędność energii na oświetlenie uliczne [MWh/rok]	310,53	149	161,77	52,09%
Produkcja energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej [MWh/rok]	0	0	0	0%
Ograniczenie emisji CO2 [Mg]/rok	241,59	115,74	125,86	52,09%
Liczba zmodernizowanych/wybudowanych opraw [szt.]				
Wartość inwestycji [zł] Wariant I	1 171 908,86			
Oszczędność na energii [zł]	228 783	113 991	114 792,36	50,18%
Oszczędność na konserwacji	5 525	5 525,20	0,00	0%
Oszczędność Razem	234 309	119 516,21	114 792,36	49%
SPBT	10,21			
Koszt jednostkowy brutto przypadający na 1 punkt świetlny	1611,98			

Komentarz do Tabeli efektu ekologicznego:

Gmina kwalifikuje się do konkursu, tylko w wariantcie z oprawami LED. W przypadku realizacji wariantu HPS, mimo niższych kosztów realizacji nie osiągniemy wymaganej w konkursie redukcji emisji CO2 o min. 30% . W przypadku LED, zaleca się oprawy o zmiennym profilu obciążenia [redukcji poboru mocy] dostosowanym do zmiennego natężenia ruchu.

Zastosowana metodologia liczenia oszczędności w zużyciu energii, w tabeli powyżej, jest w szczególności oparta jest o:

1. Rzeczywistą a nie nominalną moc odbiorników energii,
2. Rzeczywisty roczny czas eksploatacji systemu oświetleniowego, wynoszący 2373 h/rok,
3. Rzeczywistą oszczędność energii, będącą podstawą wyliczenia oszczędności na zużyciu energii,
4. Rzeczywistą prognozę kosztów technicznych eksploatacji

Dane rzeczywiste, w przyszłości mogą zatem odbiegać od wskazanych powyżej. Wyniki emisyjności, nie mogą być jednak gorsze, niż obliczone i umieszczone w tabeli. Cena energii elektrycznej oraz kosztów konserwacji, użyta w kalkulacji wynika z faktur oraz obserwacji rynku energii. Faktyczne koszty energii, w przyszłości mogą oczywiście się różnić od przyjętej prognozy, ale zgodnie z Regulaminem, nie podlegają monitorowaniu. Monitorowane są takie czynniki, jak: moc zainstalowana - P_{inst} , zużycie - W , których wynikiem jest poziom emisyjności. Czas eksploatacji jest monitorowany jako iloraz wolumenu energii i mocy zainstalowanej.

2. Charakterystyka projektu

2.1. Podstawowe informacje

2.1.1. Tytuł

Projekt jest opatrzony tytułem:

Wykonanie audytu energetycznego oświetlenia publicznego na terenie gminy Sitno.

2.1.2. Lokalizacja projektu

Projekt będzie realizowany w miejscowościach wymienionych w punkcie 3.2.1, woj. lubelskie, powiat zamojski.

2.2. Definicja projektu

2.2.1. Transport i komunikacja

Projektowane oświetlenie uliczne w będzie zlokalizowane przy drogach gminnych, powiatowych i krajowych o zróżnicowanym natężeniu ruchu.

2.2.2. Regulacje prawne, specyficzne dla oświetlenia drogowego

W zakresie zagadnień specyficznych dla oświetlenia drogowego za podstawę opracowania niniejszej Analizy służyły następujące akty prawne, rozporządzenia oraz Polskie Normy:

Ustawy:

- Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. Nr 14, poz. 60, tekst jednolity Dz. U. 2007 nr 19 poz. 115 z późniejszymi zmianami)
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. 2010, nr 243 poz. 1623 z późn. zm.)
- Ustawa z dnia 29 stycznia 2004 r.- Prawo zamówień publicznych (tekst jednolity Dz. U. z 2010 Nr 113, poz. 759 z późn. zmianami)

Rozporządzenia:

- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43 z 1999 z późn. zmianami) § 109. Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2012 r., w sprawie wykazu robót, kwalifikujące instalowanie urządzeń oświetlenia drogowego, jako **robotę budowlaną**.

Normy:

- PN-EN 13201- 2, 3 i 4 Oświetlenie Dróg

2.2.3. Założenia wariantów ewentualnej modernizacji oświetlenia

Przedmiotem analizy jest stan systemu oświetlenia ulic niżej wymienionych miejscowości pod kątem poprawy ich efektywności energetycznej oraz zapewnienie zgodności z Polską Normą, przenoszącą normę europejską: PN-EN 13201 (Oświetlenie uliczne). Analiza modernizacji systemu oświetlenia dróg, porównuje następujące warianty działań (uwzględnione są oprawy, które zostały wskazane przez Gminę Sitno, jako oprawy przeznaczone do modernizacji):

1. Wariant I - zastosowanie oprawy LED z autonomicznym, zmiennym profilem obciążenia

- a. Wymiana **727 szt.** punktów świetlnych

2. Wariant II - zastosowanie oprawy LED

- a. Wymiana **727 szt.** punktów świetlnych

3. Ocena jakości oświetlenia dróg i terenów użyteczności publicznej oraz wskazanie kierunków działania w celu dostosowania do obowiązujących norm.

3.1. Metodologia wykonania inwentaryzacji

Stan aktualny określony został na podstawie analizy danych pozyskanych w wyniku inwentaryzacji z natury. Zostało zinwentaryzowanych 727 punktów świetlnych przeznaczonych do modernizacji .

3.2.1. Zestawienie opraw (w tym instalacji referencyjnej) przyjęte do obliczeń

Lp.	Miejscowość	Ilość	Rodzaj i moc pojedynczej oprawy (W)	Razem moc (W)
1	Boży Dar	31	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1440
2	Sitno	48	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	3780
3	Jarosławiec	180	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	10260
4	Kornelówka	39	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	9180
5	Horyszów Nowa Kol.	30	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1800
6	Wólka Horyszowska	32	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	2160
7	Horyszów Stara Kol.	13	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	6300
8	Czołki	40	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1080
9	Janówka	14	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	720

			statecznika)	
10	Rozdoły	28	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	8640
11	Stabrow	51	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1080
12	Stanisławka	24	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1260
13	Cześniki	70	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	1800
14	Horyszów Polski	37	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	900
15	Cześniki Kolonia	34	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	8280
16	Kolonia Sitno	29	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)	2700
17	Karp	27	Sodowa, 180 W (150 W + 30 W moc statecznika)a	1080
	RAZEM	727		130 860

3.3. Ogólna ocena

Na terenie gminy Sitno zainstalowane są oprawy przeciętnej klasy. Zainstalowane zostały oprawy wielu producentów. Najbardziej zużyte są oprawy montowane przed kilkunastoma laty, klosze opraw są wyraźnie żółknięte i zostały one zaklasyfikowane do wymiany. Należy zastanowić się nad wyborem rozwiązań technicznych - najtańsze oprawy po kilku latach eksploatacji mogą być uciążliwe w konserwacji, a rozwiązania nieco tylko droższe gwarantują poprawność eksploatacji przez wiele lat. Opis proponowanych rozwiązań znajduje się w dalszej części opracowania.

W chwili obecnej stan oświetlenia w wielu miejscach budzi zastrzeżenia pod kątem, jakości oświetlenia. Możliwe jest przeprowadzenie modernizacji w oparciu o technologię LED (opis i koszt znajduje się w dalszej części opracowania) o zmiennym profilu obciążenia.

3.3.1. Analiza typów i modeli opraw.

Na terenie gminy spotykamy kilka typów opraw oświetleniowych.

Po kilku latach eksploatacji opraw powyższych można zaobserwować:

- a) Przydymiony klosz z PC
- b) Osad pod odparowanej deszczówce
- c) Utleniony klosz
- d) Utratę ok. 30% swojej sprawności.

Poliwęglan stosowany w oprawach oświetleniowych ma niższą przezroczystość w stosunku do szkła lub szkła organicznego - PMMA o ok. 5-10% już na samym początku ich użytkowania. W późniejszym czasie (ok. 3 lat) klosz wykonany z PC wyraźnie na niekorzyść odróżnia się od kloszy wykonanych z PMMA lub szkła.

Z tego powodu nie zalecamy, o ile to możliwe, stosowania kloszy z PC.

3.3.2. Stan systemu oświetlenia drogowego na dzień zakończenia Audytu

- a. W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji, na obszarze planowanej modernizacji w gminie Sitno, zidentyfikowano **727** punktów świetlnych do wymiany.
- b. Istniejące oprawy w są to oprawy HPS - wysokoprężne lampy sodowe, które są w dużym stopniu wyeksploatowane. Ponadto, z powodu ich degradacji technicznej nie zawsze spełniają wymogi obecnej normy oświetleniowej PN-EN 13201.
- c. System sterowania oświetleniem ulicznym wymaga modernizacji w celu dostosowania go do wymogów energooszczędności.

3.3.3. Zgodność z Normami

Na analizowanym obszarze, oświetlenie uliczne, nie było projektowane zgodnie z wymaganiami normy oświetleniowej PN-EN 13201, ze względu na to, że pochodzi z okresu, znacznie wyprzedzającego wprowadzenie tej normy. Norma PN-EN 13201 składa się z czterech części i zawiera wytyczne w zakresie:

- 1. Wyboru klasy oświetleniowej
- 2. Wymagań oświetleniowych
- 3. Obliczenia parametrów oświetleniowych
- 4. Metod pomiarów oświetlenia

Norma bardzo precyzyjnie określa wymagania oświetleniowe dla poszczególnych klas drogi i wskazuje na pakiet parametrów oświetleniowych, które muszą być spełnione przy projektowaniu oświetlenia. Parametrami dla klas luminancyjnych (wszędzie tam, gdzie występuje ruch kołowy, zazwyczaj drogi podlegają tym parametrom) są:

- luminancja nawierzchni drogi (jaskrawość drogi) - L

- równomierność luminancji – U0
- równomierność wzdłużna luminancji (rozpatrywana w kierunku ruchu pojazdu) - UI
- wskaźnik olśnienia - TI
- wskaźnik oświetlenia otoczenia – SR

Spełnienie wszystkich wymagań oświetleniowych nie jest proste i jest praktycznie niemożliwe bez zastosowania profesjonalnych programów wspomagających projektowanie.

W czasach, gdy w mieście instalowane były oprawy oświetleniowe starego typu, obowiązywała norma oświetleniowa PN/76-E-02032. W porównaniu z dziś obowiązującą, była bardziej liberalna. Dopuszczała większą dowolność w przydzielaniu klas oświetlenia i stosowania wymagań oświetleniowych. Ponadto ilość parametrów do spełnienia była mniejsza. Były to:

- luminancja nawierzchni drogi (jaskrawość drogi) - L
- równomierność luminancji – U0
- wskaźnik olśnienia – TI

Poza tym dopuszczalny wskaźnik olśnienia był wyższy, a w niektórych przypadkach łatwiejszy do uzyskania.

3.4. Wnioski z inwentaryzacji oświetlenia

Przeprowadzona analiza pozwala na określenie rekomendacji dla zarządzającego oświetleniem. W szczególności:

Rekomendacja 1. Pożądane jest, aby wszystkie nowo projektowane, modernizowane i realizowane urządzenia oświetlenia drogowego uwzględniały wymagania normy europejskiej PN-EN 13201, gdyż norma ta uwzględnia najnowszy poziom wiedzy i współczesnej techniki oświetleniowej a jej stosowanie narzuca art. 30 Ustawy Pzp.

Rekomendacja 2. Dopuszczać do stosowania wyłącznie oprawy z obudową aluminiową (IP 66) oraz kloszem wypukłym wykonanym ze szkła lub PMMA ewentualnie szklanym płaskim lub oprawy bez kloszy. Nie dopuszczać kloszy opraw z PC, ze względu na jego szybką utratę przezroczystości i żółknięcie.

Rekomendacja 3. W przypadku wymian, modernizacji, przebudów i dobudów stosować się do ogólnej koncepcji oświetlenia, opracowanej dla całej gminy.

Rekomendacja 4. Zastosować nowoczesne inteligentne sterowanie oświetleniem.

Rekomendacja 5. W trakcie czynności konserwacyjnych dokonywać czyszczenia kloszy lub w przypadku zniszczenia lub znacznego żółknięcia - wymiany.

Rekomendacja 6.

Zalecać projektantom oświetlenia wykonanie projektów przy uwzględnieniu normy oświetleniowej, jak również biorąc pod uwagę unikanie zjawiska zanieczyszczania światłem środowiska.

4. Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej

Wynikiem analizy dokonanej w punktach od 3.3 do 3.4 jest poszukiwanie, takich rozwiązań technicznych i technologicznych, które zabezpieczyłyby długoterminowy interes inwestora publicznego tak, aby przy umiarkowanych kosztach inwestycyjnych, uzyskać korzyść w postaci wysokiej energooszczędności urządzeń oraz niskich kosztów konserwacji, przy długotrwałym użytkowaniu

4.1. Sprzęt oświetleniowy - źródła światła

4.1.1. Półprzewodnikowe źródła światła (SSL - Solid State Lighting)

Technologia LED jest coraz szerzej stosowana w oświetleniu, od niedawna również w oświetleniu zewnętrznym. Na rynku pojawia się coraz więcej produktów będących alternatywą dla klasycznego oświetlenia zewnętrznego opartego do tej pory na źródłach wysokoprężnych. Źródła LED mają wiele zalet. Podstawowe to:

- długa żywotność – ok. 80 000 godzin - (dla utraty strumienia światła 30%),
 - nie generują promieniowania ultrafioletowego (UV) i podczerwonego (IR),
 - biała barwa światła,
 - dobra jakość światła,
 - wyeliminowany efekt stroboskopowy,
 - nie zawierają rtęci, metali ciężkich lub innych szkodliwych dla środowiska substancji,
 - natychmiastowy start - osiągnięcie normalnej jasności bezpośrednio po uruchomieniu, bez opóźnienia
- szybki ponowny zapłon źródła światła

Porównując sprawność źródła ze źródłem sodowym (dla mocy 70W) oraz oprawy ze źródłem LED (84W), uzyskujemy:

Oprawa LED: sprawność świetlna 140 lm/W,

Oprawa sodowa: sprawność świetlna 74 lm /W

Technologia LED jest ciągle udoskonalana i wciąż trwają prace nad wyprodukowaniem źródła LED o wyższej skuteczności. Pojawiają się na rynku konstrukcje uznanych producentów sprzętu oświetleniowego, które są alternatywą dla klasycznego oświetlenia. Oprawy te są w pełni policzalne (producenci udostępniają dane fotometryczne opraw), lecz ich mankamentem jest relatywnie wysoka cena.

Dla mocy nominalnych poniżej 600 W źródła LED wykazują przewagę sprawności oświetleniowej nad źródłami wyładowczymi wysokoprężnymi sodowymi. Dla mocy ok. 70 W, ponad dwukrotnie większą sprawność oświetleniową mają źródła LED.

Biorąc pod uwagę bardzo dynamiczny rozwój tej gałęzi przemysłu oświetleniowego, na rynku pojawiają się konstrukcje, które mogą być rozsądną alternatywą dla oświetlenia sodowego. Inną kwestią jest znaczna poprawa sprawności opraw LED, poprawa ich skuteczności oświetlania (nie mylić ze skutecznością świetlną źródła) pozwalającą efektywniej oświetlać konkretny fragment powierzchni. Innymi słowy strumień świetlny lamp LED jest lepiej wykorzystany i trafia tam gdzie powinien.

4.2. Sprzęt oświetleniowy - Oprawy

Oprócz źródeł światła, o jakości oświetlenia decyduje także w dużym stopniu, jakość zastosowanej oprawy oświetleniowej. Powinna się ona charakteryzować wysokimi parametrami technicznymi, gwarantującymi wysoką szczelność układu optycznego i elektrycznego oraz ograniczać powstawanie oślnienia. Poniżej zestawiono wymagane parametry techniczno-użytkowe, jakim winny się charakteryzować oprawy:

- stopień ochrony komory zespołu optycznego nie niższy niż IP 66 i komory osprzętu elektrycznego nie niższy niż IP 66,

- oprawy wykonane w II klasie ochronności przeciwporażeniowej,
- klosz opraw musi być wykonany z materiału odpornego na promieniowanie UV (szkło) o wytrzymałości mechanicznej $IK \geq 0,8$, w uzasadnionych przypadkach dopuszczone jest PMMA o IK min. 0,4
- energooszczędny układ zasilający, odporny na przepięcia oraz harmoniczne w sieci,
- źródło światła galwanicznie odseparowane od sieci zasilającej,
- obudowa oprawy wykonana z odlewu aluminium,
- oprawy muszą posiadać zabezpieczenie termiczne, przed wzrostem niekontrolowanym źródeł światła
- oprawy i źródła światła muszą posiadać deklarację zgodności CE wystawioną przez producenta dopuszczającą je do obrotu w Polsce lub znak B wystawiony przez uprawnioną jednostkę certyfikującą, najlepiej o podwyższonej trwałości 55 tysięcy godzin (14 lat trwałości i gwarancji)
- oprawy muszą zapewniać mikrowentylację, pomiędzy komorami,
- Oprawy muszą spełniać wymagania bezpieczeństwa, zawarte w PN-EN 60598-2-3: 2006, (EN 60598-2-3: 2003) oraz PN-EN 60598-1: 2005 (EN60598-1:2004)
- Wymagana gwarancja minimum 5 lat. W przypadku usterkowości większej niż 10% rocznie Inwestor ma prawo postawić wszystkie zainstalowane oprawy do dyspozycji wykonawcy. [Warunki umowne]
- Utrata strumienia w całym okresie objętym gwarancją, nie większa niż 5%
- Utrata strumienia w dziesięcioletnim okresie eksploatacji, nie większa niż 10%

Na rynku, dostępnych jest wiele opraw spełniających, wymagania techniczne i użytkowe określone powyżej. W przypadku kompleksowej modernizacji oświetlenia drogowego, można zastosować na przykład oprawy oświetleniowe produkowane przez uznanych producentów lub równoważne innych producentów.

4.2.1. Przykładowa oprawa nr 1

To przystępna cenowo oprawa do oświetlania dróg, oferująca znacznie niższe zużycie energii w porównaniu z rozwiązaniami konwencjonalnymi. Dzięki prostym, opływowym kształtom nie rzuca się w oczy i umożliwia integrację z dowolnym otoczeniem. Technologia LEDGINE zapewnia efektywne i jednolite rozpraszanie światła oraz ogromną elastyczność możliwych zastosowań. Instalacja i konserwacja są niezwykle proste dzięki bezpośredniemu dostępowi do złącz i zasilacza — bez użycia narzędzi!

W oprawach zastosowano technologię LEDGINE. Ta specjalna technologia oświetlenia wielowarstwowego zapewnia płynny i równomierny rozsył światła. Dzięki źródłom LED o barwie neutralnej bieli (4000 K) oprawa oferuje najlepsze połączenie jakości światła i wydajności.

Płaska szyba oprawy zapobiega zjawiskom olśnienia i zanieczyszczenia światłem (pod kątem 90° światłość oprawy wynosi 0 kandel) oraz maksymalnie ułatwia czynności konserwacyjne.

Oprawa pozwala ograniczyć zużycie energii o 70% w porównaniu do starych instalacji HPL i jest prawie o 40% bardziej wydajna niż oprawy SON-TTP w przypadku modernizacji.

Oprawy gwarantują znacznie krótszy okres zwrotu kosztów inwestycji w porównaniu z konwencjonalnymi rozwiązaniami - od 2 do 4 lat przy zastąpieniu starej instalacji HPL oraz od 4 do 8 lat przy zastąpieniu instalacji z wysokoprężnymi lampami sodowymi.

Dokładne wartości zależą od konkretnej konfiguracji i cen energii. Zastosowanie dodatkowych urządzeń sterujących, np. wbudowanego sterownika, może jeszcze bardziej skrócić okres zwrotu.

Prosta konstrukcja oprawy sprawia, że oprawa jest bardzo łatwa w instalacji i konserwacji:

Nasada oprawy jest obrotowa. Możliwość jej ustawienia w jednym z trzech nachyleń zapewnia niezbędną elastyczność przy modernizowaniu dotychczasowego układu oświetlenia. Nasada jest przystosowana do średnic słupów i wsporników w przedziale od 48 do 60 mm:

Przewód zasilający jest podłączany przez złącze z wtyczką i gniazdem.

Wbudowany sterownik

Wbudowany sterownik to autonomiczne, fabrycznie zaprogramowane urządzenie zmieniające natężenie oświetlenia. Pozwala obniżyć rachunki za energię nawet o 50%. Dostępne są trzy standardowe programy o trzech różnych poziomach przyciemnienia (DDF1, DDF2 i DDF3)

Korzyści

- Niskie nakłady początkowe
- Bardzo wysoka jakość światła
- Znaczne obniżenie zużycia energii (do ok. 30%)
- Standardowo wbudowany autonomiczny system redukcji mocy, pozwalający oszczędzić dodatkowo od 32 do 50% energii

Cechy

- Zaprojektowane z myślą o technologii LED
- Długi okres eksploatacji
- Niskie zużycie energii w porównaniu z konwencjonalnymi oprawami

4.2.2. Przykładowa oprawa nr 2

Oprawy oferują zoptymalizowaną wydajność fotometryczną przy minimalnych kosztach inwestycyjnych. Jest to narzędzie do poprawy poziomów natężenia oświetlenia w dużych i małych miastach, przy jednoczesnym oszczędzaniu energii i zredukowanym wpływie opraw na środowisko. Oprawy występują w dwóch rozmiarach. 1 może posiadać aż do 48 LEDów, przez co jest idealnie dopasowanym rozwiązaniem do oświetlenia ulic osiedlowych, dróg miejskich, ścieżek rowerowych oraz parkingów, podczas gdy 2 mogące posiadać do 144 LEDów jest idealne do dużych dróg i autostrad. Oprawa jest wyposażona w system optyczny drugiej generacji. Rodzina opraw zapewnia wysoką wydajność fotometryczną zoptymalizowaną dla konkretnego zastosowania oraz minimalne zużycie energii. Oprawy oferują szeroki wybór modułów LED, prądu sterującego oraz opcje ściemniania w celu dalszej maksymalizacji oszczędności energii i zapewnienia najbardziej opłacalnego rozwiązania. Istnieje możliwość zastosowania oprawy na słupie w wersji z dodatkowym dolnym

wysięgnikiem, dzięki czemu ulice, boczne uliczki oraz duże powierzchnie mogą być oświetlone przy zastosowaniu tego samego typu opraw. Wysięgnik montowany do ściany umożliwia oświetlanie wąskich uliczek oraz innych słabo oświetlonych powierzchni.

Oprawy są wyposażone w system optyczny drugiej generacji, bazujący na różnorodności specjalnych soczewek. System ten znajduje zastosowanie w przestrzeni miejskiej, gdzie innowacyjne zastosowania są wyznacznikiem jakości. LensoFlex2 działa na zasadzie dodawania krzywych fotometrycznych. Każda dioda jest połączona z konkretną soczewką generując kompletną krzywą fotometryczną oprawy. Strumień oprawy zmienia się w zależności od ilości zastosowanych diod.

Wydajność i elastyczność

Oprawy są wyposażone w system optyczny oparty na modułowej ilości LED, dzięki czemu oferują szeroki zakres wyboru strumienia świetlnego. Mogą być również wyposażone w różnorodne zasilacze oraz opcje ściemniania. Dzięki uniwersalnemu uchwytowi montażowemu oprawa może być zainstalowana pod kątem, co pozwala uzyskać optymalną wydajność fotometryczną. Taka elastyczność zapewnia odpowiednie dopasowanie rozsyłu fotometrycznego do rzeczywistych potrzeb oświetleniowych konkretnej powierzchni.

Zalety

- Zoptymalizowane zużycie energii oraz kosztów utrzymania
- Właściwe oświetlenie, zapewniające wysoką wydajność fotometryczną, komfort i bezpieczeństwo
- Elastyczny system optyczny o modułowej ilości LED
- Szybki demontaż i wymiana optyki lub modułu zasilającego po zakończeniu okresu użytkowania
- Zachowują wydajność oprawy w miarę upływu czasu
- Trwałe i przetwarzalne materiały

Oprawa jednokomorowa z korpusem wykonanym, jako ciśnieniowy odlew aluminiowy. Zwarta, kompaktowa budowa i opływowy kształt sprawiają, że oprawy doskonale komponują się z każdym otoczeniem. Klosze w postaci płaskiej, hartowanej szyby, odbłyśnik z tworzywa sztucznego metalizowany. Wysoki stopień ochrony (IP66) przed wnikaniem wilgoci i zanieczyszczeń. Gniazdo mocowania oprawy jest częścią korpusu i pozwala na płynną regulację kąta zawieszenia. Źródłem światła są diody LED, trwałość eksploatacyjna 50 000h pracy, CRI=70. Oprawa przeznaczona do: oświetlenia ulic, chodników, placów, parkingów, terenów przemysłowych, itp.

Analiza możliwości stosowania opraw równoważnych

Przy rozważaniu stosowania opraw równoważnych należy w pierwszej kolejności sprawdzić parametry techniczne oprawy jak:

- Stopień szczelności oprawy [np. IP 66 dla komory lampy, oraz wentylowana komora osprzętu]
- Konstrukcję korpusu [wymagany odlew aluminiowy. Nie dopuszczone konstrukcje nitowane lub blaszane]
- Stopień odporności klosza oprawy na uderzenia [IK 0,9 lub większe]
- Materiał z jakiego jest wykonany klosz [szkło lub PMMA, niedopuszczane PC]

Kolejnym bardzo istotnym parametrem jest charakterystyka światłości tzw. Fotometria oprawy. Powinna być taka, aby na już istniejących konstrukcjach wsporczych można było osiągnąć spełnienie normy oświetleniowej PN-EN 13201, przy mocy rzeczywistej oprawy nie większej niż opawie zastosowanej w przykładowych obliczeniach, załączonych do PFU

Oprawę uznaje się za równoważną, w rozumieniu art. 27 Ustawy Prawo zamówień publicznych, po spełnieniu kryteriów jak powyżej, na podstawie wykonanych obliczeń wykazujących spełnienie normy, przy analogicznym współczynniku utrzymania oraz identycznej geometrii obszaru oświetlanego.

4.3. Skrzynki sterująco - pomiarowe oświetlenia

Proponujemy stosowanie szaf sterowniczych SON [Napowietrzne] lub SOK [Kablowe], zgodnych z załączonym schematem elektrycznym. Obudowy szaf, wykonane powinny być z żywicy poliestrowych wzmocnianych włóknem szklanym.

Z wieloletnich doświadczeń producentów obudów na świecie wiadomo, że żywica poliestrowa SMC wzmocniona włóknem szklanym najbardziej nadaje się pod względem technicznym i cenowym do produkcji obudów do użytku zewnętrznego.

Żywica poliestrowa SMC wzmocniona włóknem szklanym jest odporna na warunki atmosferyczne, uszkodzenia mechaniczne i odporna na promienie UV. Jest trudno palna i dzięki swoim mechanicznym i elektrycznym właściwościom stwarza stabilną i w pełni izolowaną konstrukcję.

Materiał ten jest odporny na działanie środowiska naturalnego, środków biologicznych, chemicznych zawartych w gruncie (mocz, kał, nawozy sztuczne, sól, benzyna, olej napędowy, kwas solny 10%, kwas siarkowy 10%, kwas mrówkowy 10%, kwas octowy, alkohol, etery, woda morska i inne).

Podajemy cechy żywicy poliestrowej SMC wzmocnionej włóknem szklanym wykorzystywanej do produkcji prasowania obudów EBG.

Cech obudów innych firm nie podajemy, jednak są one podobne i mają potwierdzenie, że wyrób spełnia wymagania dotyczące obudów do rozdzielni w normach EN60439-1 1994; PN-IEC 439-1+AC: 1994 lub PN-92/E-08106

Cechy fizyczne	
Trwałość temperaturowa	II a
Trwałość na zdeformowanie	200° C
Trwałość na topnienie	2a
Trwałość na zapalenie	K1 F1
Trwałość na wchłanianie wody	60mg/4d
Cechy elektryczne	
Rezystancja powierzchniowa	1*10 ¹¹
Rezystancja skośna	1*10 ¹⁴
Wytrzymałość udarowa	300 KV/cm
Odporność na prądy pełzające	CTI 600
Cechy mechaniczne	
Wytrzymałość na zgięcie	130-140 N/mm ²
Wytrzymałość uderzeniowa	58 KJ/m ²
Wytrzymałość ciśnieniowa	220-250 N/mm ²
Wytrzymałość na ciągnięcie	53 N/mm ²

4.4. Przykładowe systemy sterowania

4.4.1. System z zegarem czasu z możliwością internetowej transmisji

Jako element załączający oraz sterujący oświetleniem ulicznym proponujemy zastosowanie zegarów astronomicznych typu CPA.

Zegar CPA 6.0 to sterownik przeznaczony do pracy w szafach oświetlenia ulicznego. Przygotowany do montażu na szynie DIN 35 mm, zajmuje 6 modułów. Po zainstalowaniu wystarczy wprowadzić współrzędne geograficzne, sprawdzić poprawność daty i godziny oraz wprowadzić poprawki i parametry przerwy nocnej, jeśli jest wymagana. Można to zrobić za pomocą znajdujących się na płycie czołowej przycisków lub wcześniej przygotowany komplet nastaw wpisać przy użyciu bezprzewodowego pilota.

Od tego momentu sterownik pracuje praktycznie bezobsługowo. Godziny wschodów i zachodów słońca są obliczone na podstawie położenia geograficznego i daty. Sterownik wyposażony jest w czytelny wyświetlacz LCD zawierający dwie linie po osiem znaków.

Pozwala to na identyfikację bieżącego stanu pracy, wprowadzonych nastaw oraz dodatkowych informacji takich jak łączny czas załączania lub godziny najbliższego załączenia lub wyłączenia.

Dzięki wyposażeniu sterownika w łącze RS232 możliwa jest jego współpraca z dedykowanym modemem (dostarczany osobno). Możliwa jest wtedy obsługa sterownika przez stronę www z dowolnego komputera podłączonego do Internetu.

Właściwości urządzenia:

- 2 niezależne wyjścia sterujące oświetleniem oraz dodatkowe wyjście sterowania licznikiem dwutaryfowym
- współpraca z wyłącznikiem zmierzchowym (nie jest wymagany)
- łatwe wprowadzanie poprawek z klawiatury
- współpraca z pilotem zdalnego wprowadzania nastaw przez łącze w podczerwieni
- automatyczna zmiana czasu lato / zima
- możliwość ograniczenia przerw nocnych w soboty, niedziele i święta

Parametry techniczne:

- ilość obwodów: 2 niezależne
- sterowanie licznikiem dwutaryfowym
- obciążalność prądowa wyjść 4A/230V



- zasilanie 230 V +5/-10% 50 Hz
- temperaturowy zakres pracy -30/+50 °C
- podtrzymanie 5 lat
- dokładność zegara 16 sek./miesiąc
- wymiary 105/90/75 (szerokość 6 modułów)
- obudowa do montażu na szynie DIN 35 mm

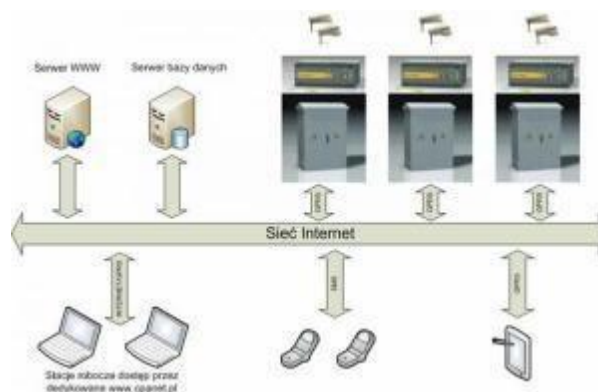
4.4.2. System z kontrolerem oraz analizatorem

CPA net to system zdalnego monitorowania i zarządzania oświetleniem przez stronę www w czasie rzeczywistym z pozycji komputera oraz urządzenia mobilnego. Umożliwia inteligentne sterowanie oświetleniem w zależności od warunków pogodowych i natężenia ruchu ulicznego. W skład systemu CPA net wchodzi:

1. Zegar astronomiczny CPA net
2. Analizator sieci DMK52
3. 3 przekładniki, antena

CPA net posiada wbudowany odbiornik **GPS**, dzięki czemu urządzenie oblicza optymalne czasy wschodu i zachodu słońca w zależności od położenia geograficznego.

Z **GPS** pobierany jest dokładny czas, co eliminuje konieczność okresowej korekty zegara w urządzeniu. Po zamontowaniu go w szafie oświetleniowej następuje automatyczna lokalizacja sterownika na mapie strony **www**. Schemat poniżej przedstawia zasadę działania systemu **CPA net**:



Każdy użytkownik po zalogowaniu się na swoje konto pod adresem www.cpanet.pl ma wgląd we własną strukturę oświetleniową na interesującym go obszarze (miast, gmin).

Korzystając z **CPA net** mamy możliwość przeprowadzania wszelkich analiz dotyczących: poboru mocy, zużycia energii, sytuacji alarmowych oraz parametrów sieci.

Możliwość zastosowania funkcji „zapal oświetlenie SMS-em”

CPA net współpracuje z reduktorami mocy oraz sygnałami wejściowymi typu: fotokomórka, kaskada itp.

Właściwości CPA net z Analizatorem sieci:

- Pełna kontrola i zarządzanie przez stronę www w czasie rzeczywistym
- Komunikacja: GPRS, SMS, CSD
- Synchronizacja czasu GPS
- Automatyczna konfiguracja sterownika w zależności od położenia geograficznego
- Zapis i odczyt wszystkich parametrów
- Analiza parametrów sieci typu: prąd, napięcie, moc, energia...
- Analiza sytuacji alarmowych
- Archiwizacja danych alarmowych i pomiarowych
- System raportowania
- Bezpieczeństwo danych - połączenie szyfrowane HTTPS

- Autoryzacja użytkowników (login, hasło) oraz nadawania różnych uprawnień
- Wybór wersji językowej (Google Translator)
- Zdalna wizualizacja urządzenia
- Zdalna wymiana oprogramowania i ustawień po GPRS (darmowa przez 24 m-ce)
- Możliwość załączania oświetlenia z SMS (z telefonu komórkowego, stron www) dla pojedynczych sterowników lub grup jednocześnie
- Automatyczne wyliczanie strefy czasowej oraz automatyczna zmiana czasu Zima/Lato
- Opcjonalne uwzględnienie warunków pogodowych i natężenia ruchu na proces sterowania wyjść
- Lokalizacja sterowników na mapie (np. Google maps)
- Zarządzanie grupami sterowników
- Darmowy dostęp do oprogramowania na stronie WWW

Parametry techniczne:

- zasilanie 85-264 VAC, 47-440 Hz
- 8 wyjść (4 wyjścia zwierne + 4 wyjścia przełączne)
- 8 wejść zwiernych (konfigurowane niezależnie, jako alarmowe/informacyjne/nadzorujące)
- obciążalność prądowa wyjść 1A
- wymiary gł/szer/wys. 110/142/102 (9 modułów)
- stopień ochrony IP-20
- temperatura otoczenia -20/70 °C
- awaryjne zasilanie z wbudowanego akumulatora
- wskaźniki LED na panelu czołowym: wejścia, wyjścia, GSM, GPRS, GPS, Zasięg sieci, Akumulator
- instalacja sterowników typu "Plug & Play"
- prosty montaż przy pomocy złącz typu Fenix
- zarządzanie systemem ze strony web on-line, (PC, PDA, iPhone)
- połączenie szyfrowane HTTPS
- wyjścia konfigurowane niezależnie (6 trybów pracy: astronomiczny, dobowy, kaskada, serwis, redukcja, pogodowy)
- możliwość wprowadzenia do 10 wyjątków profili sterujących
- synchronizacja czasu i położenia z GPS (odbiornik wbudowany SiRF III)
- odrębne poprawki w schematach sterowania poszczególnych profili dla Lata i Zimy
- współpraca z Analizatorem sieci/licznikiem energii po MODBUS RS485
- Analiza parametrów sieci (napięcie, prąd, moc: czynna, bierna, pozorna, współczynnik mocy)
- natychmiastowe raportowanie i analizowanie sytuacji alarmowych (zanik napięcia zasilania, zanik poszczególnych faz, przekroczenie/obniżenie mocy, alarmy: wejść i wyjść)
- raportowanie alarmów do serwera web oraz na predefiniowane numery telefonów zintegrowana Analiza raportów (wszelkie sytuacje alarmowe zgrupowane w dobowe / miesięczne ramy czasowe)
- zarządzanie grupami sterowników (wcześniej predefiniowanych)
- współpraca z reduktorami mocy oraz sygnałami wejściowymi typu: kaskada, fotokomórka, inne
- możliwość współpracy z systemami SCADA

4.4.3. Analiza rozwiązań układów sterowania

Przykładowe propozycje umieszczone w analizie, pokazują w istocie trendy panujące w sterowaniu oświetleniem ulicznym. Pierwsze rozwiązanie, prostsze, bo nie zawierające analizatora sieci jest dostępne od pewnego czasu, ale w części internetowej transmisji danych [zdalne sterowanie parametrami oświetlenia jak np. czasem załączania i wyłączania] nie jest praktycznie używane przez inwestorów. Inwestorzy nie zamawiają modemów do transmisji, pozostawiając tylko funkcjonalność podstawową. W obu przedstawionych systemach, dostęp do danych jest możliwy przez stronę www, która zarządzana jest przez producenta urządzeń, co wiąże się z dodatkowymi opłatami na jego rzecz, miesięcznie w wysokości około 10-20 zł od punktu sterowania. Dodatkowo należy wносить opłatę miesięczną na rzecz operatora sieci komórkowej, w wysokości od 10 do 20 zł od punktu sterowania. Jako projektanci systemów sterowania, preferujemy rozwiązania, w których

koncentracja danych oraz panel sterowania jest lokalizowany w siedzibie inwestora. Koszty ograniczone są wtedy do pokrywania abonamentu M2M transmisji danych tj. 10-15 zł miesięcznie od punktu sterowania a wszystkie dane są na serwerze inwestora. Oznacza to oszczędność roczną ok. 10-20 tys. złotych.

4.4.4. Ryzyka związane z układami sterowania

Skomplikowane kontrolery sterujące narażone są na przebiecia, harmoniczne oraz niekorzystne warunki atmosferyczne. W przypadku zastosowania układów prototypowych, producentów bez doświadczenia, może spowodować, więcej szkód niż pożytku z zastosowania takich urządzeń. Częste awarie sterowania, załączanie się systemu w dzień i nie załączanie w nocy, destrukcja kontrolerów na skutek przebiec w sieci to są najczęstsze sytuacje awaryjne spotykane w przypadku zaawansowanego sterowania. Stąd bardzo istotne jest takie dobranie tych urządzeń oraz opisanie kryteriów równoważności, aby nie spotkać się z taką niemiłą niespodzianką. Do czasu wykonania inwestycji pozostaje na tyle dużo czasu, że na skutek postępu technologicznego, urządzenia dostępne na rynku będą na tyle dopracowane, że awaryjność ich będzie mniejsza niż dzieje się to obecnie.

4.5. System stabilizacji i redukcji napięcia (mocy)

- Stabilizuje robocze napięcie pracy na 230 V (w sieci występuje obecnie często napięcie 240 V. Skutkuje to dodatkowym poborem w wysokości około 8 %)
- Pozwala zmniejszyć napięcie zasilania o 35 V do 195 V, ze skokiem, co 2,5 V
- Zmniejsza moc maksymalnie o 35%



Reduktor jednofazowy 1x10A



Reduktor trójfazowy 3x 30A-125 A

4.6. Słupy oświetleniowe

Na terenie gminy oświetlenie drogowe i uliczne realizowane jest w oparciu o konstrukcje wsporcze:

- oświetlenie drogowe, wykorzystujące napowietrzne linie abonenckie.

Słupy linii napowietrznych pozostają bez zmian. Są to słupy typu ŻN i EPV. Zaleca się natomiast wymianę osprzętu napowietrznego na osprzęt izolowany, oraz wymianę linii przesyłowych z linek gołych AL., na przewody napowietrzne izolowane, typu AsXSn. Przewody typu AsXSn należy dobierać zgodnie z normami i przepisami energetycznymi w zależności od planowanej mocy instalowanej na poszczególnych obwodach. Linie napowietrzną, oświetleniową powinien stanowić oddzielny przewód AsXSn minimum 2x25mm². Oprawy oświetleniowe na liniach napowietrznych powinny być zabezpieczone bezpiecznikami oraz iskrownikami w skrzynkach napowietrznych typu SV 19.25 .

5. Analiza Wariantów technicznych zamierzenia inwestycyjnego

Wybrane, najkorzystniejsze w uznaniu audytora rozwiązania z rodziny przedstawianych rozwiązań w rozdziale 4, stanowią podstawę konstruowania wariantów modernizacji oraz ich dalszej analizy. Stanowią również podstawę do przygotowania PFU modernizacji. Warianty, które podlegają analizie ze względów opisanych w p. 1.4, to:

1. Wariant I - w oparciu o technologię opraw ze źródłami LED ze zmiennym profilem obciążenia
2. Wariant II - w oparciu o technologię opraw ze źródłami LED

2.1. Warianty –porównanie mocy systemów oświetleniowych przed i po modernizacji

Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie I

- Demontaż wyeksploatowanych opraw
- Wymiana w razie potrzeby wysięgników, wraz z instalacją zabezpieczeń oraz opraw LED na słupach będących własnością OSD
- Sterowanie w oparciu o zegary astronomiczne z telemanagement i analizą parametrów sieci.
- Zastosowanie układów redukcji mocy dla opraw, instalowanych w oprawach wymienianych
- Zastosowanie źródeł światła o trwałości 80 tys. Godzin

Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie II

- Demontaż wyeksploatowanych opraw
- Wymiana w razie potrzeby wysięgników, wraz z instalacją zabezpieczeń oraz opraw LED na słupach będących własnością OSD
- Sterowanie w oparciu o zegary astronomiczne
- Zastosowanie źródeł światła o trwałości 80 tys. godzin

Tabela 1

Lp	Oprawa	Przed modernizacją oprawy istniejące plus instalacja referencyjna oprawa HPS i HPM			Po modernizacji wersja LED z redukcją mocy		
		ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]	ilość	Moc jedn. [W]	Moc razem [kW]
1	LED 100 W	727	180/280	130,86	727	100 /30	72,70
	RAZEM:	727		133,38	727		72,70

Analiza porównawcza mocy zainstalowanej wykonana jest w następnym punkcie

Tabela 2 Porównanie wersji LED oraz LED z redukcją

Lp		ilość	Stan istniejący	Wersja klasyczna	Wersja z redukcją
1	ilość punktów świetlnych	szt.	727	727	727
2	Pobór mocy	kW	130,86	72,700	62,69
3	Redukcja mocy	%		-44,44%	-52,10%

- **moc rzeczywista** po wykonaniu modernizacji będzie wynosiła **62,69 kW**. Zmniejszenie mocy zainstalowanej będzie wynosiło **68,17 kW**, czyli **52,1 %** .

3. Analiza finansowa proponowanego wariantu realizacji przedsięwzięcia pod względem kosztów konserwacji oświetlenia ulicznego oraz opłat za energię elektryczną.

3.1. Model kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego

Koszt energii, można wyrazić za pomocą równania regresji, jak poniżej:

$$K_e = \sum_{i=1}^n P_{ui} * (StDys + OP) * 12 + (P_{zi} * t_i) * (En + Dys + JAK) + (OH_i + A_i) * 12 \text{ dla strefy dzień lub noc taryfa C12b}$$

$$K_e = K_{edzień} + K_{enoc}$$

Gdzie:

K_e - koszt energii w zł

P_{zi} - moc użytkowana 60 w kW suma mocy obwodów

P_{ui} - moc umowna i-tego obwodu oświetleniowego (rozliczeniowego) w kW

P_u – całkowita moc umowna, wyliczona jako suma P_{ui} , razem to 60 kW

t_i – czas świecenia i-tego obwodu -> zależy od czasu astronomicznego zachodu i wschodu-> zakłada się na podstawie informacji od użytkownika ok. 2373 h rocznie.

En - zmienna stawka taryfowa ceny energii czynnej-> koszt zależy od energii-> kWh*0,374 dzień, kWh*0,374 noc

Dys - zmienna stawka taryfowa dystrybucji -> koszt zależy od energii-> = kWh*0,1713 dzień, kWh*0,1713 noc

$StDys$ – opłata przesyłowa stała, zależy od mocy umownej -> Stawka stała dystrybucji = $P_u * StDys * 12 \Rightarrow 60 * 3,87 \text{ zł} * 12 \text{ mies.}$

JAK - Jakościowa dystrybucja-> koszt zależy od wolumenu energii-> $JAK * kWh$. Występuje u tego operatora w wysokości: 0,013 zł/kWh

i – ilość obwodów oświetleniowych od 1

A - Abonament dystrybucyjny od każdej umowy-> koszt zależy od ilości umów-> 4,50 zł netto * 12 mies. * ilość Umów.

OP - opłata przejściowa-> koszt zależy od mocy umownej-> $0,08 \times 60 \text{ kW} * 12$

OH - opłata handlowa- koszt zależy od ilości umów-> 0 zł/mc

$P_{zi} * t_i$ - energia w kWh- ilość zależy od mocy rzeczywistej pomnożonej przez czas

Koszt całkowity utrzymania oświetlenia ulicznego to:

$$K_c = K_e + K_k + VAT 23\%$$

K_e - koszt energii netto w tym akcyza 0,5% liczona od kWh

K_k - koszt konserwacji netto

Tabelaryczne zestawienie głównych czynników, mającym wpływ na zmniejszenie lub podwyższenie kosztów eksploatacji [energii i konserwacji] systemu oświetleniowego, które będą podlegały analizie, przedstawione jest w tabeli 7, poniżej.

Tabela 7

Oszczędność energii		
Lp		
1	zmniejszenie mocy zainstalowanej	Tak
2	zmniejszenie mocy umownej	Nie
3	zmiana taryfy rozliczeniowej	Nie
4	zmniejszenie kosztów konserwacji	Tak
5	zmniejszenie liczby obwodów oświetleniowych	Nie
6	zastosowanie redukcji mocy	Tak

3.2. Analiza kosztów eksploatacji systemu przed i po modernizacji

6.2.1. Założenia modernizacji.

1. Taryfa C11 przed i po modernizacji.
2. Czas eksploatacji 2373
3. Inteligentne systemy sterowania zam.
4. Źródła światła o 60 tys. godzin gwarancji.
5. Oprawy aluminiowe IP66 ze szklanym lub PMMA kloszem.
6. Konserwacja przez podmiot dokonujący modernizacji (w okresie gwarancji)

6.2.2. Rozliczenie kosztów energii ex post dla 2019 r., przed modernizacją

1. Stan przed modernizacją
2. Taryfa C11,
3. Ceny 2019, podstawą rozliczenia roczne zużycie energii 310 531 kWh. Koszt energii 228 783,37 zł
4. Dostawca energii w 2019 PGE,
5. Moc zainstalowana 130,86 kW
6. Moc Umowna 130,86 kW, dla czasu faktycznego 2373 h/rocznie

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Usl. Dyst.	Jakościowa Dyst.	Dyst. Stała	OZE	Oplata przejściowa	Abonament	Netto	Brutto
130,86	DzienC11	949,2	124 212	46455,40	21277,57	1614,760	6 077,14	490,64	125,63	5940	81 981,14	100 836,80
130,86	Noc C11	1423,8	186 318	69683,11	31916,35	2422,140					104 021,60	127 946,57
Rzeczywisty czas eksploatacji		2373	310 531	Średnioważona cena MWh brutto							186 002,74	228 783,37
				736,75								

6.2.3. Symulacja wariantu I – modernizacja oprawami LED z redukcją

1. Stan po modernizacji z inteligentnymi oprawami LED z układami zmiennego profilu obciążenia,
2. Taryfa C11 dla wszystkich obwodów rozliczeniowych,
3. Ceny 2019,
4. Moc zainstalowana statyczna 72,70 kW, średnioważona dynamiczna 62,69 kW,
5. Umowna 72,70 kW,
6. Zużycie energii 148 763 kWh, przy czasie eksploatacji 2373 h rocznie.

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Usl. Dyst.	Jakościowa Dyst.	Dyst. Stała	OZE	Oplata przejściowa	Abonament	Netto	Brutto
72,7	DzienC11	949,2	59 505	22255,00	10193,27	773,570	3 376,19	235,05	69,79	3942	40 844,86	50 239,18
72,7	Noc C11	1423,8	89 258	33382,50	15289,90	1160,354					49 832,75	61 294,29
Rzeczywisty czas eksploatacji		2373	148 763	Średnioważona cena MWh brutto							90 677,62	111 533,47
				749,74								

7. Symulacja wariantu II – modernizacja oprawami LED

8. Stan po modernizacji z oprawami LED,
9. Taryfa C11 dla wszystkich obwodów rozliczeniowych,
10. Ceny 2019,
11. Moc zainstalowana statyczna 72,7 kW,
12. Umowna 72,7 kW,
13. Zużycie energii 172 517 kWh, przy czasie eksploatacji 2373 h rocznie.

Moc [kW]	Taryfa	Czas [h]	Energia [kWh]	Energia	Ust. Dyst.	Jakościowa Dyst.	Dyst. Stała	OZE	Oplata przejściowa	Abona-ment	Netto	Brutto
72,7	DzienC11	949,2	69 007	25808,56	11820,87	897,089	3 376,19	272,58	69,79	3942	46 187,08	56 810,10
72,7	Noc C11	1423,8	103 510	38712,84	17731,31	1345,633					57 789,78	71 081,43
Rzeczywisty czas eksploatacji		2373	172 517	Średnioważona cena MWh brutto							103 976,85	127 891,53
				741,33								

6.2.4. Wnioski z Analizy kosztów energii elektrycznej oraz czasu eksploatacji oświetlenia ulic

1. System eksploatowany jest średnio przez 58 % nominalnego czasu.
2. Wylonienie nowego dostawcy energii może przynieść istotne obniżenie kosztów energii.
3. Czas eksploatacji systemu oświetleniowego mieści się w tolerancji przewidzianej dla położenia geograficznego gminy.

Porównanie wariantów zamierzenia inwestycyjnego oraz wybór wariantu optymalnego

7.1. Analiza finansowa proponowanego wariantu realizacji przedsięwzięcia pod względem nakładów koniecznych do poniesienia na inwestycję

7.1.1. Wariant I –LED z redukcją mocy

Wariant I polega na wymianie 727 opraw istniejącego systemu oświetleniowego na oprawy LED z modelem umożliwiającym redukcję mocy na istniejących słupach będących własnością OSD . System ma zostać wyposażony w najbardziej efektywne energetycznie źródła światła, oparte na źródłach półprzewodnikowych LED, ze zmiennym profilem obciążenia.

Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana wyścięgników (w razie potrzeby), zabezpieczeń i opraw na inteligentne oprawy LED 727 szt
- Montaż systemu sterowania oświetleniem ulicznym dla wszystkich 727 opraw

Wycena nakładów inwestycyjnych w wariantcie I na podstawie kosztorysów inwestorskich :

952 771,43 + 219 137,43 = 1 171 908,86 zł brutto

SPBT=1171908,86/(228783,37-111533,47)=10,21

7.1.2. Wariant II –LED

Wariant II polega na wymianie 727 opraw istniejącego systemu oświetleniowego na oprawy LED na istniejących słupach będących własnością OSD . System ma zostać wyposażony w najbardziej efektywne energetycznie źródła światła, oparte na źródłach półprzewodnikowych LED, ze zmiennym profilem obciążenia.

Opis zakresu prac przewidzianych w tym wariantcie

- Wymiana wyścięgników (w razie potrzeby), zabezpieczeń i opraw na inteligentne oprawy LED 727 szt

Wycena nakładów inwestycyjnych w wariantcie II na podstawie kosztorysów inwestorskich :

$897\,771,43 + 206\,487,43 = 1\,104\,258,86$ zł brutto

$SPBT=1104258,86/(228783,37-127891,53)=10,94$

7.1.3. Porównanie stanu obecnego (z uwzględnieniem instalacji referencyjnej) i proponowanego wariantu pod względem technicznym i finansowym

Tabela 14 Porównanie

Lp		Stan obecny	Wariant I
1	Moc Umowna [kW]	130,86	72,7
2	Moc zainstalowana [kW]	130,86	72,7
3	Moc zainstalowana [%]	100	56%
4	Czas eksploatacji	2373	2373
5	Moc zainstalowana użytkowa	130,86	62,69
6	Wolumen energii [kWh]	310 531	148 763
7	Dostawca	PGE	PGE
8	Taryfy	C11	C11
9	Wartość brutto	228 783,37	113 991,01
10	Korzyść-/strata+	0	114792,36
11	Różnice %	0	50%
12	Inwestycja	0	1171908,86

Wnioski:

1. Wartością referencyjną kosztów energii, oświetlenia ulicznego modernizowanego zakresu, dla Gminy Sitno jest wartość: **228 783,37 zł** rocznie dla cen 2019 r.
2. Możliwa do uzyskania jest redukcja kosztów energii dla oświetlenia ulicznego o **50,0 %** w stosunku do **modelu kosztów** (prognozy) bez działań mających na celu ich obniżenie.
3. Korzyść na energii to maksymalnie ok. **114 792,36** złotych rocznie.

7.2. Wybór wariantu optymalnego

Optymalność, rozumiana przez Audytorów, to jest kompromis pomiędzy kosztami inwestycji, a jej wynikami poprawienia efektywności energetycznej. Przyjęty przez regulamin wskaźnik redukcji emisji CO₂ jest w tym względzie jednoznaczny, z punktu widzenia konkursu. Czym innym jest, wariant optymalny z punktu widzenia inwestora, uwzględniający takie kryteria jak możliwości budżetowe, wizerunek miejscowości, kwestie własnościowe i szereg innych parametrów. Jedynie wariant na diodach LED spełnia minimalne, procentowe obniżenie emisji CO₂. Stąd jedyny, najbardziej optymalny, z punktu widzenia inwestora jest wariant najbardziej energooszczędny, mieszczący się kwotach, jakie Zamawiający może przeznaczyć na zadanie inwestycyjne, czyli Wariant I. Jest to powodem, że najbardziej energooszczędny wariant I, oparty na oprawkach LED ze zmiennym profilem obciążenia został wybrany, jako optymalny.

7.2.1. Analiza porównawcza kosztów eksploatacyjnych przed i po modernizacji dla Wariantu I - optymalnego

Koszty energii i konserwacji porównanie przed i po modernizacji

Tabela 18

Tytuł	Bez modernizacji	Różnica	Po modernizacji
Oплата za energię	228 783,37	-50%	113 991,01
Konserwacja	5 525,20	0%	5 525,20
RAZEM	234 308,57	-49%	119 516,21
Remonty oświetlenia	0		0
RAZEM	234 308,57	-49%	119 516,21
Średni koszt jed. kons. pkt. Św.	7,6		7,6
Liczba oprav	727		727
Oszczędność			114 792,36

Wnioski:

1. W przypadku wykonania modernizacji wraz z przebudową systemu sterowania na inteligentny, koszty utrzymania systemu oświetlenia ulicznego będą niższe o ok. 114 792,36 zł rocznie w stosunku do roku 2019.
2. O 50,0 % spadnie koszt energii elektrycznej
3. O 9% może zostać obniżony koszt konserwacji
4. Koszt oświetlenia dróg może zostać obniżony o ok. 49 %
5. Symulacja powyższa nie uwzględnia oszczędności, które mogą wynikać ze zmiany dostawcy energii.

Wyjaśnienie obniżenia kosztów konserwacji o 9 %

1. Zastosowanie źródeł światła o 5 letniej GWARANCJI PRODUCENTA spowoduje oszczędność na:
 - Kosztach wymiany samych źródeł 3 x 40 zł (w tym czasie powinny standardowe źródła powinny być wymienione trzykrotnie przy cenie jednostkowej z około 40 zł za źródło). Przez 5 lat źródła światła są na GWARANCJI PRODUCENTA.
 - Kosztach robocizny wymiany źródeł (Koszty te są trudne do oszacowania. Wymiana pojedynczego źródła może sięgać 300-500 zł. Wymiana grupowa źródeł to kwota około 20-40 zł za jedną wymianę).
 - Źródła światła w trakcie długotrwałej eksploatacji zamieniają się w diody, powodując tym wystąpienie składowej stałej prądu w obwodzie z układem indukcyjnym, w efekcie doprowadza to do uszkodzenia układu indukcyjnego za około 40-60 zł plus koszt wymiany w wysokości 250-500 zł.
 - W przypadku braku wymiany uszkodzonego układu indukcyjnego (zwarcia między zwojowe) na nowy, nowe źródło światła ulega przedwczesnemu uszkodzeniu, zwiększając ilość usterek systemu. Tym samym rosną koszty.
2. Inteligentne kontrolery sterujące systemem oświetleniowym rejestrują faktyczne interwencje konserwatora, prądy, napięcia, cos φ, czas pracy systemu oraz energię. Łatwiej zdalnie diagnozować pracę systemu. Działania konserwatora są monitorowane przez system komputerowy. Można zmienić system rozliczania z konserwatorem z ryczałtowego od punktu świetlnego na kosztorysowy od faktycznie wykonanych czynności plus kwota za gotowość.

8. Analiza oddziaływania na środowisko

8.1. Wyliczenie wskaźnika ekologicznego

Modernizacja oświetlenia ma na celu oszczędność zużycia energii elektrycznej. W wyniku tych oszczędności zmniejszają się wielkości emisji do atmosfery i ilości popiołów produkowanych przez elektrownie węglowe. Do wyprodukowania 1 MWh energii elektrycznej zużywa się ok. **500 kg** węgla. W związku z tym do atmosfery wyemitowane zostają następujące ilości CO₂ (na podstawie publikacji KOBiZE dla raportowania za 2019 r) . Dla celu rozliczenia emisji CO₂ wskaźnik emisji, średnioważony dla całego kraju przyjęto w wysokości **0,778 ton CO₂/MWh** . W skali roku, do atmosfery zostaną wyemitowane następujące ilości zanieczyszczeń:

Tabela 19 Efekt ekologiczny dla wariantu optymalnego

OBLICZENIA PLANOWANEGO EFEKTU EKOLOGICZNEGO PROJEKTU - OGRANICZENIA LUB UNIKNIĘCIA EMISJI CO ₂ I PYŁÓW								
Nośnik energii	WSPÓŁCZYNNIKI NAKŁADU NIEODNAWIALNEJ ENERGII PIERWOTNEJ ³	WSKAŹNIK EMISJI ⁴⁾⁵⁾ kgCO ₂ /GJ lub MgCO ₂ /MWh	Rok bazowy - stan przed modernizacją (przed realizacją projektu)		Okres eksploatacji - stan po modernizacji (po realizacji projektu)			% Redukcji emisji
			Zapotrzebowanie na energię końcową (GJ/rok lub MWh/rok)	Wielkość emisji Mg CO ₂ /rok	Zapotrzebowanie na energię końcową ¹⁾ (GJ/rok lub MWh/rok)	Wielkość emisji /rok	Redukcja emisji ⁷⁾ Mg CO ₂ /rok	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Energia elektryczna zużyta na potrzeby oświetlenia (podawać w MWh/rok)		0,778	310,53	241,59	148,76	115,74	125,86	
Energia elektryczna wyprodukowana w miejscu, zużyta na potrzeby oświetlenia (podawać w MWh/rok ze znakiem minus)		0,778		0,00		0,00	0,00	
CO₂ ton / %				241,59		115,74	125,86	52,09%
Pył PM 10 gram / %	wsk. emisji	0	0	9 509,69	34,00	4 555,73	4 953,97	52,09%
Pył PM 2,5 gram / %	wsk. emisji	0	0	4 153,66	33,00	1 989,86	2 163,80	52,09%
¹⁾ Wartości zapotrzebowania na energię końcową w okresie eksploatacji (po modernizacji) należy przyjmować dla stanu docelowego, czyli roku następnego po zakończeniu okresu inwestowania (po								
⁷⁾ w tym emisja uniknięta								

Do rozliczenia przyjęta została wartość rzeczywista mocy użytkowanej z uwzględnieniem dla stanu po modernizacji układu inteligentnego sterowania oświetleniem .

Koncepcja kompleksowej modernizacji oświetlenia drogowego na terenie miejscowości zakłada zastąpienie, istniejącego, wyeksploatowanego oświetlenia sodowego na oświetlenie lampami LED o mniejszej mocy i trwałości użytkowej min. 80 000 h. Zatem wymiana i utylizacja źródeł będzie zachodziła trzy razy rzadziej niż obecnie.

Z tabeli nr 19, wyliczenia efektu ekologicznego, wynika, że nowa instalacja oświetlenia znacznie przekracza wartość minimalną uczestnictwa w programie. W przypadku modernizacji ze zmiennym profilem obciążenia spełniony jest warunek 30% zmniejszenia emisji CO₂ .