

AUDYT ENERGETYCZNY
Istniejącego oświetlenia ulicznego na terenie
Miasta Rajgród

Nazwa zamówienia:

Modernizację oświetlenia ulicznego w Gminie Rajgród

Adres obiektu:

Teren Miasta Rajgród

Klasyfikacja robót:

WSPÓLNY SŁOWNIK ZAMÓWIEŃ (CPV)

45316100-6 Instalowanie urządzeń oświetlenia zewnętrznego.

45310000-3 Roboty instalacyjne elektryczne

74232000-4 Usługi inżynierskie w zakresie projektowania

Nazwa Zamawiającego:

Gmina Rajgród
ul. Warszawska 32,
19-206 Rajgród

Opracował:

mgr. inż. Roman Dębowski
ESCO PROJEKT
UL. M. Małachowskiego 1/107
05-270 MARKI

ESCO PROJEKT
Roman Dębowski

05-270 Marki, ul. Małachowskiego 1/107
NIP 748-171-65-68 R-451184344

Rajgród Wrzesień 2017

Spis treści

1.	Wprowadzenie	3
1.1.	Cel niniejszego opracowania	3
1.2.	Syntetyczne podsumowanie Audytu	4
2.	Charakterystyka projektu	7
2.1.	Podstawowe informacje	7
2.2.	Lokalizacja projektu	7
2.3.	Regulacje prawne, specyficzne dla oświetlenia drogowego	7
2.4.	Założenia wariantów modernizacji oświetlenia	8
3.	Ocena jakości oświetlenia dróg	10
3.1.	Metodologia wykonania inwentaryzacji	10
3.2.	Ogólna ocena	10
3.3.	Wnioski inwentaryzacji oświetlenia	15
3.4.	Przeciwdziałanie zjawisku zanieczyszczania środowiska światłem	16
4.	Analiza techniczno-technologiczna pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej	17
4.1.	Sprzęt oświetleniowy - źródła światła	17
4.2.	Sprzęt oświetleniowy - Oprawy	18
4.3.	Analiza możliwości stosowania opraw równoważnych	19
4.4.	System sterowania z możliwością indywidualnego sterowania oprawą	20
5.	Warianty modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Miasta	22
5.1.	ZAŁOŻENIE OGÓLNE DLA ROZPATRYWANYCH WARIANTÓW	22
5.2.	ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA WARIANTÓW MODERNIZACJI OŚWIETLENIA DROGOWEGO	24
	Wariant I:	24
	Wariant II:	26
	Wariant III:	28
6.	Ocena formalna przedstawionych wariantów	30
7.	Ocena ekonomiczna przedstawionych wariantów	31
8.	Wnioski	32
9.	Koncepcja utrzymania oraz zarządzania oświetlenia ulicznego po modernizacji	33
10.	Analiza oddziaływania na środowisko dla Wariantu III	34
11.	Spis załączników	36
11.1.	TABELA NR 1 - INWENTARYZACJA OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD	37
11.2.	TABELA NR 2 - PROJEKT MODERNIZACJI OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD	38
11.3.	SCHEMAT ROZMIESZCZENIA OPRAW OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD	39

1. Wprowadzenie

1.1. Cel niniejszego opracowania

Celem głównym niniejszego Audytu jest zbadanie możliwości zmodernizowanie oświetlenia ulicznego, pod kątem zmniejszenia zużycia energii elektrycznej oraz kosztów utrzymania systemu oświetlenia ulicznego.

Niezależnie od celu priorytetowego, każdy inwestor, chce mieć wiedzę o planowanych inwestycjach, w odniesieniu 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.

Audyt ma na celu ocenę systemu i określenie możliwości zmniejszenia kosztów eksploatacji oraz wskazanie zasadności inwestycji usprawniającej system odbiorników energii, jak również efektywnego sposobu jej realizacji. Niniejsza Audyt ma na celu na tym etapie podejmowania decyzji, odpowiedzieć na zasadnicze pytanie stawiane przez inwestora "Czy jest możliwe zmniejszenie kosztów funkcjonowania oświetlenia ulicznego". Nie istnieje jeszcze projekt techniczny, szczegółowy kosztorys, ani pełny program funkcjonalno-użytkowy dotyczący całości ewentualnej inwestycji. Istnieje jedynie ogólnie zarysowana potrzeba ograniczenia kosztów eksploatacji oświetlenia ulicznego i drogowego oraz wstępne założenia realizacji inwestycji. Inwestor ma świadomość, że może zmniejszyć zużycie energii poprzez zmniejszenie mocy odbiorników.

W analizie przyjęto założenia, dotyczące ewentualnej inwestycji prowadzące do jednego spójnego harmonogramu inwestycyjnego z ostateczną rekomendacją dla Zamawiającego. Opracowywana analiza na tym etapie pozwoli przeprowadzić inwestycję, w sprawny sposób, w stosunkowo krótkim czasie.

Celem niniejszego opracowania jest:

1. Ocena stanu istniejącego system oświetleniowego,
2. Oszacowanie kosztów różnych wariantów modernizacji system oświetlenia ulicznego
3. Oszacowanie wysokości ograniczenia kosztów eksploatacji systemu oświetleniowego
4. Przekazanie Zamawiającemu zaleceń i wskazań, co do:
 - Wyboru optymalnego rozwiązania technicznego, podnoszącego znacząco sprawność systemu,

5. Przekazanie Zamawiającemu ewentualnych ostrzeżeń, co do wykrytych w toku analizy potencjalnych przeszkód w realizacji celu, które mogłyby zakłócić lub przerwać proces zmniejszania kosztów eksploatacji urządzeń energetycznych.

1.2. Syntetyczne podsumowanie Audytu

Zestawienie zbiorcze analizy ekonomicznej wymiany oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród

Zakres inwestycji Wariant III

1. Wymian opraw na terenie Miasta na oprawy typu LED z indywidualnym sterowaniem oporami poprzez sieć internetową

2. Modernizacja systemu sterowania oświetleniem ulicznym

		Wartości
Ilość punktów [szt]	przed wymianą	295
	po wymianie	295
energochłonność punktu świetlnego [W]	przed wymianą	167,96
	po wymianie	36,87
moc zainstalowana [kW]	przed wymianą	49,55
	po wymianie	10,88
	Oszczędności [kW]	38,67
	Oszczędności [%]	78%
Zużycie energii [MWh/rok]	przed wymianą	198,20
	po wymianie	26,10
	Oszczędności [%]	87%
	Oszczędności w MWh/rok	172,10
Ilość zaoszczędzonej nieodnawialnej energii pierwotnej [MWh/rok]		516,29
ograniczenie emisji CO ₂ Mg/rok	wskaźnik emisji CO ₂ 0,798[MgCO ₂ /MWh]	137,33
koszt inwestycji BRUTTO	całkowity	460 000,00 zł
	energia elekt. przed wymianą	80 000,64 zł
	konserwacja przed wymianą	11 500,00 zł
	energia elekt. po wymianie	17 897,86 zł
	konserwacja po wymianie	3 540,00 zł
czas świecenia rocznie [h]	przed wymianą	4000
	po wymianie	4000
oszczędności ekonomiczne		70 062,77 zł
Prosty okres zwrotu [lata]		6,57

Komentarz do Tabeli "Zestawienie zbiorcze analizy ekonomicznej modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród"

Wybrany i przedstawiony powyżej **Wariant III**, to system oparty o oprawy ze źródłami typu LED i indywidualny system zdalnego sterowania poszczególnymi oprawami jak i ich grupami. System ten pozwala również na monitorowanie czasu pracy, zużycia energii, awarii system i opraw. Uzyskane parametry: zmniejszenie zużycia energii i zmniejszenie kosztów utrzymania oświetlenia ulicznego, znacząco przekraczają minimalne wartości, pozwalające na uczestnictwo w konkursach dotyczących poprawy efektywności energetycznej infrastruktury oświetlenia ulicznego. Inwestor bez konieczności zapoznawania się z modelami matematycznymi, prowadzącymi do uzyskanych wyników może na podstawie wyżej załączonej tabeli uzyskać informacje na temat efektywności energetycznej i ekologicznej przedsięwzięcia pod nazwą „modernizacja oświetlenia ulicznego”. Sposób uzyskania wartości jest omówiony szczegółowo w dalszej części Audytu.

Zastosowana metodologia liczenia oszczędności w zużyciu energii, w tabeli powyżej, jest zgodna z metodyką.

W szczególności oparta jest o:

1. Rzeczywistą a nie nominalną moc odbiorników energii,
2. Rzeczywisty roczny czas eksploatacji systemu oświetleniowego, wynoszący 4001 h,
3. Rzeczywistą oszczędnością energii, będącą podstawą wyliczenia oszczędności w zużyciu energii, wyliczaną jako: $\Delta W = \Delta P_{inst} * t$
4. Zmniejszenie kosztów eksploatacji wyliczane, jako:
 $\Delta K = \Delta W * \text{cena.jedn.energii} = \Delta P_{inst} * t * \text{cena.jedn.en.}$

Dane rzeczywiste, w przyszłości nie będą zatem odbiegać od wskazanych, powyżej. Cena energii elektrycznej oraz kosztów konserwacji, użyta w kalkulacji wynika z danych zawartych w obecnie ponoszonych kosztach według dostarczonych przez Inwestora dokumentów księgowych.

Zestawienie planowanych elementów prac i kosztów związanych z montaż/installacją efektywnego energetycznie oświetlenia w Miście Rajgród

lp	Planowane prace	Ilość (szt./kpl/m)	Koszt brutto (zł)
1	Demontaż istniejących opraw i źródeł światła [szt]	295	19 000,00 zł
2	Zakup i montaż opraw oświetlenia ulicznego ze źródłami typu LED [szt]	295	260 000,00 zł
3	Wymiana osprzętu elektrycznego do opraw oświetlenia ulicznego tj. przewody i zabezpieczenia na liniach kablowych [szt]	295	30 000,00 zł
4	Wymiana wysięgników do opraw [szt]	295	51 000,00 zł
5	Modernizacja i uruchomienie systemu sterowania oświetleniem - szafki oświetleniowe [kpl]	11	100 000,00 zł
			460 000,00 zł

2. Charakterystyka projektu

2.1. Podstawowe informacje

Projekt jest opatrzony tytułem:

„Poprawa efektywności energetycznej poprzez modernizację infrastruktury oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród”

2.2. Lokalizacja projektu

Projekt będzie realizowany na terenie Miasta Rajgród, woj. Podlaskie, powiat Grajewski.

2.3. 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), w szczególności § 109 Rozporządzenia.
- Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2012 r., w sprawie wykazu robót, kwalifikujące instalowanie urządzeń oświetlenia drogowego, jako robotę budowlaną. Wcześniej postępowania na wymianę opraw można było przeprowadzać, jako dostawa opraw z instalacją. Obecnie byłoby w sprzecznością z w/w Rozporządzeniem.

Normy:

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

2.4. Założenia wariantów modernizacji oświetlenia

Przedmiotem analizy jest stan systemu oświetlenia ulic Miasta Rajgród, pod kątem poprawy jego efektywności energetycznej oraz zapewnienie zgodności z Polską Normą, przenoszącą normę europejską: PN-EN 13201 (Oświetlenie uliczne). Analiza modernizacji systemu oświetlenia dróg, porównuje z założeniami, następujące warianty działań:

1. Wariant I – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED - z modernizacją systemu sterowania i układów pomiarowo-sterowniczych

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami światła typu LED.
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych poprzez instalację grupowego systemu sterowania oprawami oświetlenia ulicznego

Charakterystyka:

- a. Analizie poddano 295 szt. istniejących punktów świetlnych zainstalowanych na terenie Miasta.
- a. Analizie poddano 11 szt. punktów pomiarowo – sterowniczych oświetlenia ulicznego
- b. Zastosowanie źródeł światła typu sodowego o wydajności minimalnej 130 Lm/W i trwałości minimum 80 000 godzin.
- c. Charakterystyczne parametry oprawy ze źródłami typu LED, przyjętych do analizy
Oprawy o szczelności IP 66, obudowa aluminiowa, klosz ze szkła hartowanego IK08

2. Wariant II – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED – z modernizacją systemu sterowania i układów pomiarowo-sterowniczych oraz zastosowaniem autonomicznego systemu redukcji mocą opraw LED bez możliwości jego zmiany w czasie eksploatacji opraw.

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami typu LED z zaprogramowanym w oprawie harmonogramem redukcji mocy.
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych poprzez instalację grupowego systemu sterowania oprawami oświetlenia ulicznego

Charakterystyka:

- a. Analizie poddano 295 szt. istniejących punktów świetlnych zainstalowanych na terenie Miasta.
- b. Analizie poddano 11 szt. punktów pomiarowo – sterowniczych oświetlenia
- c. Zastosowanie opraw typu LED z możliwością programowania harmonogramu zmniejszania mocy oprawy
- d. Zastosowanie źródeł światła typu LED o wydajności minimalnej 130 Lm/W i trwałości minimum 80 000 tys. godzin.
- e. Charakterystyczne parametry oprawy ze źródłami typu LED, przyjętych do analizy Oprawy o szczelności IP 66, obudowa aluminiowa, klosz ze szkła hartowanego IK08
- f. Oprawy wyposażone w elektroniczny układ zasilający wyposażony w protokół DALI lub 1-10V umożliwiający programowanie redukcji mocy i strumienia strumienia świetlnego oprawy

3. Wariant III – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED – z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania mocą opraw i monitoringiem działania opraw oraz modernizacją układów pomiarowo-sterowniczych z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania czasem pracy i mocą opraw.

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami typu LED z indywidualnym systemem sterowania mocą opraw i monitoringiem działania opraw
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania oprawami
- zainstalowanie i uruchomienie systemu sterowania pozwalającego na indywidualne sterowanie mocą i czasem świecenia każdej oprawy zainstalowaną na terenie Miasta, z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, zużyciu energii wydajności oprawy oraz informowaniem obsługi o awariach zaistniałych w systemie.

Charakterystyka:

- a. Analizie poddano 295 szt. istniejących punktów świetlnych zainstalowanych na terenie Miasta.
- b. Analizie poddano 11 szt. punktów pomiarowo – sterowniczych oświetlenia ulicznego
- c. Zastosowanie źródeł światła typu LED o wydajności minimalnej 130 Lm/W i trwałości

minimum 80 000 tys. godzin.

- d. Charakterystyczne parametry oprawy ze źródłami typu LED, przyjętych do analizy Oprawy o szczelności IP 66, obudowa aluminiowa, klosz ze szkła hartowanego IK08 z systemem regulacji mocy (strumienia świetlnego) i monitoringiem czasu pracy, zużycia energii, awarii system i opraw
- e. Oprawy wyposażone w elektroniczny układ zasilający umożliwiający płynną zmianę strumienia świetlnego oprawy za pomocą sterowania sygnałem DALI lub 1-10V

3. Ocena jakości oświetlenia dróg

3.1. Metodologia wykonania inwentaryzacji

Stan aktualny określony został na podstawie analizy danych, pozyskanych w wyniku inwentaryzacji z natury. Zostało zinwentaryzowanych 295 punkty świetlne na terenie Miasta Rajgród, z czego 2031 szt opraw posiada rtęciowe źródła światła a 264 punkty świetlne posiadające sodowe źródła światła. Lokalizacja punktów została przedstawiona na schemacie sieci oświetlenia ulicznego załączonym w dalszej części opracowania. Badany obszar na którym zainstalowane są obecnie oprawy oświetlenia ulicznego obsługiwany jest przez – PGE Dystrybucja SA Oddział Białystok.

Tabelaryczne zestawienie danych, dotyczących punktów światła i geometrii oświetlonych ulic, które zostały zebrane w wyniku inwentaryzacji, zostały wskazane w „TABELA NR 1 - INWENTARYZACJA OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD”. Stanowi to materiał źródłowy do Audytu. Dane te są kompletne nie mniej jednak powinny być aktualizowane na etapie przygotowania projektu wykonawczego.

3.2. Ogólna ocena

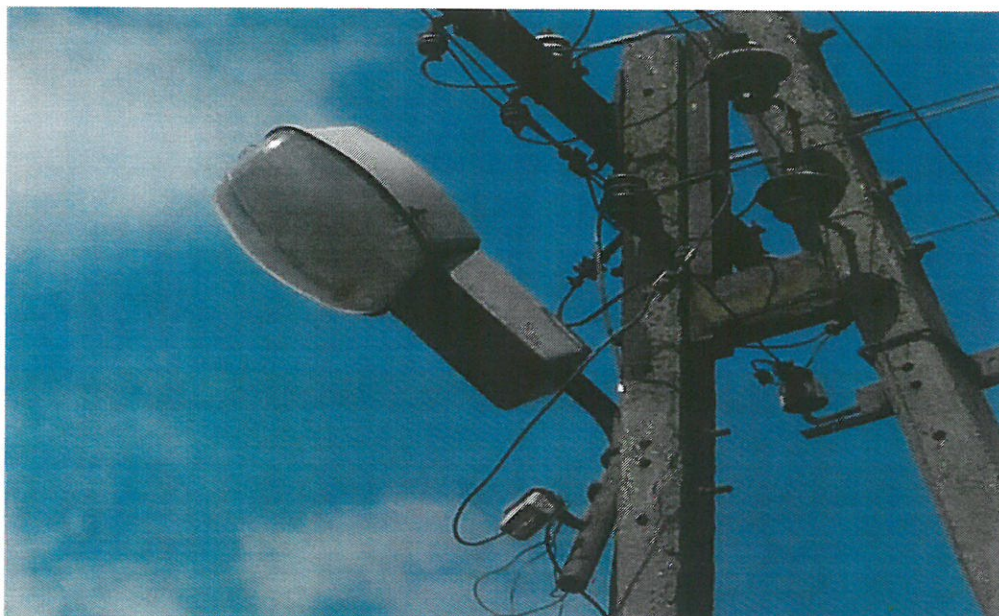
Na terenie Miasta zainstalowane są oprawy, których właścicielem jest Urząd Miasta Rajgród i PGE Dystrybucja oddział Białystok.

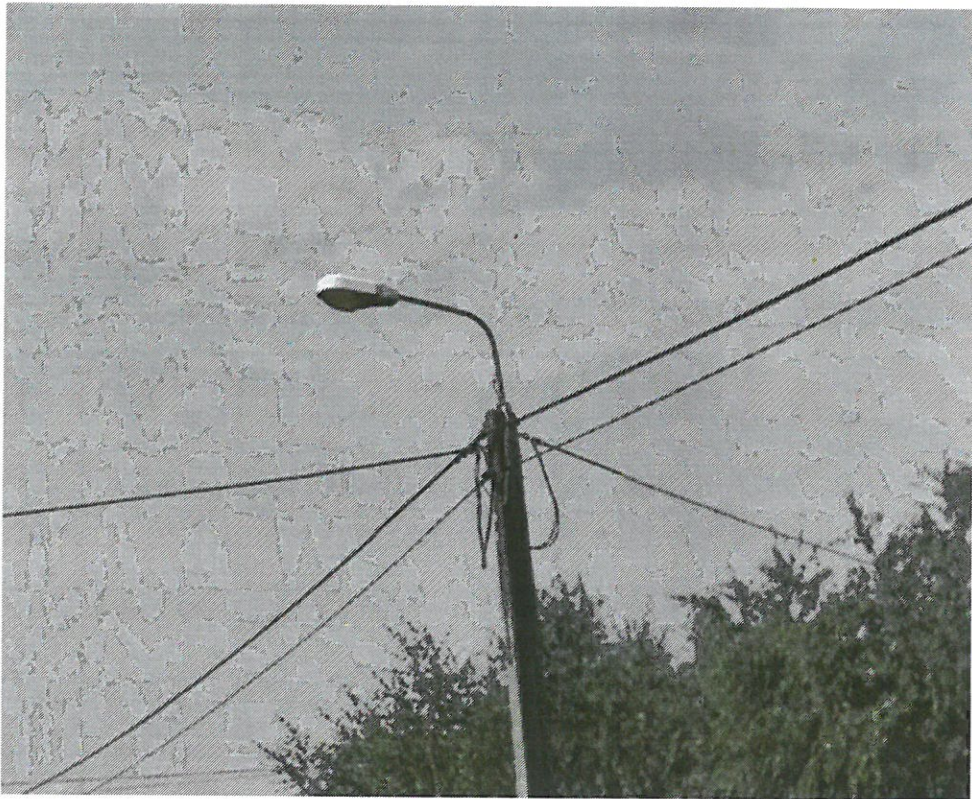
Ostatnie prace modernizacyjne wykonywane sukcesywnie na istniejącym oświetleniu ulicznym zostały przeprowadzone z wykorzystaniem opraw typu sodowego. Stare wyeksploatowane oprawy rtęciowe sukcesywnie zostawały zastępowane oprawami sodowymi nie mniej jednak obecnie zainstalowanych jest jeszcze 31 opraw z rtęciowymi źródłami światła. Podstawowe pytanie brzmi “jakie rozwiązania techniczne należy wybrać” dla modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród. Najtańsze oprawy, po kilku latach eksploatacji, mogą być uciążliwe w konserwacji, a rozwiązania tylko nieco droższe, gwarantują poprawność eksploatacji przez wiele lat. Opis proponowanych rozwiązań znajduje się w dalszej części opracowania.

W chwili obecnej stan oświetlenia nie budzi zastrzeżenia za względu na wymagania normatywne, nie mniej jednak w miejscach gdzie obecnie zainstalowane są oprawy rtęciowe i sodowe w wieku powyżej 8 lat, zauważalny jest spadek strumienia świetlnego ze względu na zużycie źródeł światła i mętnienie kloszy opraw. Możliwe jest przeprowadzenie modernizacji w oparciu o technologię LED (opis i koszt znajduje się w dalszej części opracowania) wraz z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania co pozwoli na obniżenie mocy zainstalowanej i zmniejszenie zużycia energii (opis rozwiązania również w dalszej części opracowania).

3.2.1. Analiza typów i modeli opraw na terenie Miasta Rajgród.

Na terenie Miasta Rajgród zainstalowane są oprawy oświetlenia ulicznego wielu producentów tj. oprawy produkcji Elgo typ OUSe, OUS i OUR, oprawy produkcji Philips typu SGP oraz oprawy ORZ. Poniżej zdjęcia opraw .







Zestawienie mocy i typu źródła światła, w stanie istniejącym, zostało przedstawione w TABELI NR 1.

Zainstalowane obecnie oprawy posiadają w większości przypadków kloszy z poliwęglanu „PC” oraz obudowy wykonane z blachy aluminiowej lub tworzywa sztucznego. Poliwęglan stosowany w oprawach oświetleniowych ma niższą przezroczystość do szkła o ok. 5-10%, już na samym początku ich użytkowania. W późniejszym czasie (ok. 5 lat) klosz wykonany z PC, wyraźnie na niekorzyść, odróżnia się od kloszy wykonanych ze szkła. Z tego faktu wynikają znaczne spadki strumienia świetlnego emitowanego z oprawy po kilku latach eksploatacji z powodu żółknięcia klosza poliwęglanowego. Ponadto oprawy o charakterystyce ulicznej, posiadają oznaki nieszczelności klosza co przejawia się pojawieniem wewnątrz opraw bardzo dużego zabrudzenia i zawilgocenia oraz korozji układu optycznego. Zużycie ponad normatywne zainstalowanych opraw powoduje konieczność ich jak najszybszej wymiany lub poddania ich intensywnym pracom konserwacyjnym w postaci wymiany uszczelk klosza, wymiany skorodowanych odbłyśników i czyszczenia opraw od wewnątrz w celu poprawy ich funkcjonalności. Ponadto oprawy ze źródłami rtęciowymi nie posiadają kloszy zupełnie a odbłyśniki są całowicie porzuczone przez co nie spełniają swojej funkcji. Zagroza to bezpieczeństwu użytkowania tych opraw. Powyżej przedstawione elementy zużycia opraw zainstalowanych na terenie Miasta Rajgród powodują, że strumień światła emitowany ze źródła jest ograniczony a przez to oświetlenie na powierzchni jezdni niewystarczające i nieodpowiadające normie. Ponadto należy mieć świadomość, że

obecnie zainstalowane oprawy pobierają niewspółmiernie dużo energii elektrycznej w stosunku do efektów oświetleniowych jakie zapewniają na drodze.

3.2.2. Skrzynki sterujące SO

Układy pomiarowo-rozdzielcze znajdujących się na terenie Miasta Rajgród to układy zainstalowane w szafach typu SO montowanych na żerdzi stacji lub wewnątrz szaf stacyjnych. Sterowanie odbywa się za pomocą zegarów astronomicznych różnego typu. W przypadku podjęcia decyzji o przebudowie systemu oświetlenia, konieczne jest wyniesienie układów sterująco-pomiarowych poza szafy stacyjne, których właścicielem jest operator sieci energetycznej PGE Dystrybucja SA., w celu przystosowania ich do zainstalowania systemu sterowania oprawami LED.

3.2.3. Stan systemu oświetlenia drogowego na dzień zakończenia Audytu

- a. W wyniku przeprowadzonej inwentaryzacji, na obszarze planowanej modernizacji w Miasta Rajgród, zidentyfikowano 295 punktów świetlnych zainstalowanych przy drogach i w miejscach publicznych.
- b. Zainstalowane na terenie Miasta oprawy są oprawami ze źródłami rtęciowymi i wysokoprężnymi źródłami sodowymi, które w obecnych czasach, wypierane są przez bardziej energooszczędne oprawy typu LED. Zainstalowane obecnie oprawy nie spełniają wymogów obecnej normy oświetleniowej PN-EN 13201. Oprawy montowane ponad 8 lat ze względu na spadek przezroczystości kloszy oraz zużycie odbłyśnika i źródła światła zużywają niewspółmiernie dużo energii w porównaniu z oprawami typu LED. Generalnie należy stwierdzić że ze względu na stosunkowo dużą moc zainstalowaną, oprawy rtęciowe i sodowe zostały zakwalifikowane do wymiany.
- c. System sterowania oświetleniem ulicznym wymaga modernizacji, w celu dostosowania go do wymogów energooszczędności i standardów określonych dla zainstalowania indywidualnego sterowania oświetleniem ulicznym oraz monitorowanie czasu pracy, zużycia energii, awarii system i opraw.

3.2.4. Zgodność z Normami

Na analizowanym obszarze, oświetlenie uliczne, było projektowane zgodnie z wymaganiami normy oświetleniowej PN-EN 13201, lecz zważywszy na czas jaki upłynął od zainstalowania opraw i naturalne zużycie, oprawy kwalifikują się do wymiany na energooszczędne oprawy typu LED.

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 oślnienia - TI
- wskaźnik oświetlenia otoczenia – SR

3.3. Wnioski inwentaryzacji oświetlenia

Wybór opraw przeznaczonych do modernizacji wynika z analizy przeprowadzonej w czasie inwentaryzacji oraz z przyjętego wariantu modernizacji i uzgodnień z inwestorem. Zgodnie z zakresem do modernizacji, zostały wybrane oprawy: sodowe i rtęciowe, których stan ze względów jakościowych i efektywności energetycznej kwalifikował je do wymiany. Ze względu na stosunkowo duże odległości między słupami na których instalowane są oprawy, nie ma możliwości zmniejszenia ilości opraw bez naruszenia wartości określonych normą oświetleniową PN-EN 13201

Przeprowadzona analiza pozwala na określenie wniosków dla właściciela oświetlenia ulicznego według poniższych rekomendacji.

Wniosek 1. Istnieje potrzeba opracowania, kompletnego projektu wykonawczego wszystkich podlegających modernizacji odcinków dróg na terenie Miasta Rajgród. Projekt musi spełniać wymagania oświetleniowe, zgodne z aktualnie obowiązującą normą oświetleniową PN-EN 13201. Formalnie stosowanie norm jest dobrowolne, co do zasady. Niemniej dla zamówień publicznych, zgodnie z orzeczeniami Krajowej Izby Odwoławczej (KIO), Prawo zamówień publicznych art. 30, nie pozwala, aby projekt i wykonanie były w sprzeczności z normą. Spełnienie normy oznacza również, że projekt i wykonanie są bezpieczne dla użytkowników. Analogicznie pożądane jest, aby wszystkie nowo projektowane, modernizowane urządzenia oświetlenia drogowego uwzględniały wymagania normy europejskiej PN-EN 13201, gdyż norma ta uwzględnia najnowszy poziom wiedzy i współczesnej techniki oświetleniowej a do jej stosowania zobowiązuje art. 30 Ustawy Pzp.

Wniosek 2. Dopuszczać do stosowania wyłącznie oprawy z obudową aluminiową o szczelności IP 66 oraz kloszem wykonanym ze szkła hartowanego. Nie dopuszczać kloszy opraw z PC, ze względu na jego szybką utratę przezroczystości i żółknięcie.

Wniosek 3. Przy przebudowie, modernizacji lub dobudowie stosować system indywidualnego sterowania oprawami oświetleniowymi w celu wykorzystania możliwości zmniejszenia zużycia energii w porach zmniejszonego ruchu kołowego i pieszych.

Wniosek 4. W trakcie czynności konserwacyjnych dokonywać czyszczenia kloszy a w przypadku zniszczenia dokonywać wymiany.

Uzasadnieniem Wniosków od 1 do 4 jest utrzymanie sprawności system oświetlenia na całym obszarze i minimalizowanie kosztów energii elektrycznej oraz utrzymania oświetlenia ulicznego

Wniosek 5. Należy rozważyć sukcesywną przebudowę linii napowietrznych oświetlenia ulicznego, zainstalowanych na słupach linii nn należących do PGE Dystrybucja S.A., na linie kablowe służącego wyłącznie oświetleniu drogowemu z posadowieniem słupów stalowych bądź aluminiowych. Budowa odrębnych linii kablowych pozwoli na rozdzielenie oświetlenia ulicznego (opraw i obwodów) należącego do Miasta Rajgród od majątku PGE Dystrybucji S.A.

Uzasadnieniem Wniosku 5 jest rozdział majątku PGE Dystrybucji S.A. od majątku związanego z oświetleniem ulicznym a będącym własnością Miasta Rajgród.

3.4. Przeciwdziałanie zjawisku zanieczyszczania środowiska światłem

Zanieczyszczania środowiska światłem występuje wszędzie tam, gdzie oświetlenie zamiast służyć celowi, dla którego zostało zbudowane, oświetla również inne obiekty, a w szczególności niebo. Regulacje Unijne w tym zakresie są opracowywane. Zanieczyszczanie światłem, z pewnością nawet w Polsce narusza standardy dobrego projektowania oświetlenia. Zjawisko zanieczyszczenia światłem występuje w szczególności wszędzie tam, gdzie:

- Oprawy instalowane są pod kątem większym niż 20°
- Wszędzie tam, gdzie zainstalowane są oprawy typu "Kula" bez układu optycznego kierującego strumień świetlny w dolną półprzestrzeń.

Zalecenie 1

Stosowanie opraw typu "Kula" winno być ograniczane, a już zainstalowane oprawy winne być sukcesywnie wymieniane, na oprawy o budowie uniemożliwiającej „zaśmiecanie” środowiska światłem.

Zalecenie 2

Ścieżki, alejki lub ciągi piesze, jeśli nie są oświetlane oprawami ozdobnymi, winne być oświetlane specjalistycznymi oprawami zaprojektowanymi do tego celu, o rozsyle

strumienia światła silnie asymetrycznym, wąskim i długim wzdłuż ciągu pieszego.

Zalecenie 3

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 stanu istniejącego jest poszukiwanie, takich rozwiązań technicznych i technologicznych, które zabezpieczyłyby długoterminowy interes Zamawiającego, 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

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 wyładowczych źródłach wysokoprężnych. Źródła LED mają wiele zalet. Podstawowe, to:

- długa żywotność – ok. 80 000 godzin - (dla utraty strumienia światła 20%),
- 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

Technologia LED jest ciągle udoskonalana i wciąż trwają prace nad wyprodukowaniem źródła LED o wyższej skuteczności. Są na rynku konstrukcje uznanych producentów sprzętu oświetleniowego (Philips, Osram, Schreder), które są alternatywą dla do tej pory powszechnie stosowanych opraw ze źródłami sodowymi wysokoprężnymi.

Można stwierdzić, że dopiero dziś oświetlenie drogowe LED staje się realną alternatywą dla klasycznego oświetlenia sodowego, w szczególności dla opraw o mocy mieszczących się w przedziale od **50 do 250 W**, które najczęściej stosowane są w oświetleniu ulicznym.

Podstawową zaletą opraw ze źródłami LED jest ich łatwość sterowania. Obecnie rozpowszechniane są systemy umożliwiające sterowanie pojedynczą oprawą w dowolny sposób tzn. jej załączanie, wyłączenie oraz ustalanie dowolnego poziomu strumienia świetlnego odpowiedniego do sytuacji oświetlanej powierzchni. Oprawy można grupować w dowolne obszary funkcjonalne i zadawać im dowolne harmonogramy świecenia pozwalające na uzyskiwanie dodatkowych oszczędności w zużyciu energii poprzez obniżenie mocy oprawy w porach najmniejszego natężenia ruchu lub na obszarach o mniejszym znaczeniu komunikacyjnym. Zastosowanie odpowiedniego systemu sterowania oświetleniem typu LED może pozwolić na uzyskanie dodatkowych oszczędności w zużyciu energii na poziomie do 35%. Systemy sterowania oprawami LED nie wymagają dodatkowego przewodowania tzn. że komunikacja pomiędzy systemem a oprawą prowadzona jest najczęściej drogą radiową lub poprzez obwód zasilający co eliminuje konieczność prowadzenia dodatkowych obwodów sterujących.

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 olśnienia. Poniżej zestawiono wymagane parametry techniczno-użytkowe, jakim winny się charakteryzować oprawy ze źródłami typu LED:

- Oprawa wyposażona w panel z diodami LED który w razie uszkodzenia można wymienić bez konieczności wymiany całej oprawy.
- Panel LED wyposażony w kostkę przyłączeniową, która w razie jego awarii umożliwi jego wymianę.
- Każda dioda na panelu LED powinna posiadać indywidualny element optyczny o takiej samej charakterystyce, żeby w przypadku przepalenia się którejś z diod zmienił się jedynie strumień świetlny emitowany przez oprawę a nie jej rozsył światła (powinna być zachowana równomierność oświetlenia na całej powierzchni oświetlanej drogi).
- korpus i obudowa oprawy wykonane z wysokociśnieniowego odlewu aluminiowego,
- oprawa o szczelności komory optycznej IP 66, komory osprzętu elektrycznego IP 66, lub dla opraw jednokomorowych szczelność IP 66
- budowa oprawy pozwala na wymianę modułu zasilającego,
- klosz oprawy wykonany ze szkła hartowanego o odporności na uderzenia min. IK 08,
- oprawy wyposażone w uchwyt o średnicy $\varnothing 48-60\text{mm}$ pozwalający na montaż zarówno na wysięgniku jak i bezpośrednio na słupie, a także na zmianę kąta nachylenia oprawy
- temperatura barwowa użytych diod z zakresu barwy neutralny biały 4000K +/-10%,

- wymagany wskaźnik oddawania barw minimum LED $Ra \geq 70$,
- skuteczność świetlna oprawy (stosunek strumienia świetlnego wychodzącego z oprawy do mocy całkowitej oprawy) nie mniejsza niż 130lm/W
- utrzymanie strumienia świetlnego w czasie: 80% po 80 000h
- układy optyczne opraw powinny spełniać wymagania normy PN-EN 62471:2010 „Bezpieczeństwo fotobiologiczne lamp i systemów lampowych.”,
- oprawy wykonane w I lub II klasie ochronności elektrycznej,
- napięcie znamionowe 230V 50Hz, współczynnik mocy oprawy $\cos \phi \geq 0,90$ (przy maksymalnym obciążeniu),
- Zasilacz programowalny za pomocą wejścia DALI – możliwość zaprogramowania funkcji redukcji mocy, możliwość współpracy z systemami zarządzania oświetleniem za pomocą sieci GSM;
- Zasilacz realizuje funkcję utrzymania stałego strumienia świetlnego w całym czasie użytkowania
- ochrona przed przepięciami minimum 10kV,
- zakres temperatury pracy oprawy: od -30°C do $+35^{\circ}\text{C}$,
- oprawy muszą posiadać deklaracje zgodności CE oraz certyfikacje na znak ENEC, jest to ogólnoeuropejskie oznakowanie potwierdzające zgodność produktu z europejską normą EN dotyczącą bezpieczeństwa sprzętu elektrycznego, oraz świadczące o stosowanym w produkcji systemie zarządzania jakością,

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 takie firmy LUG Light, Schreder Lighting, Philips, Disano, Thorn lub równoważne innych producentów.

4.3. Analiza możliwości stosowania opraw równoważnych

Przy rozważaniu stosowania opraw równoważnych należy w pierwszej kolejności sprawdzić parametry techniczne oprawy wskazane powyżej

Kolejnym bardzo istotnym parametrem jest charakterystyka fotometryczna tzw. krzywa rozsyłu światłości oprawy. Powinna być taka, aby na już istniejących konstrukcjach wsporczych można było osiągnąć spełnienie normy oświetleniowej PN-EN 13201.

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.

4.4. System sterowania z możliwością indywidualnego sterowania oprawą

Najbardziej zaawansowanym systemem sterowania oprawami typu LED jest indywidualne ich sterowanie przy pomocy transmisji bezprzewodowej. System ten oparty jest na komunikacji bezprzewodowej prowadzonej z każdą zainstalowaną oprawą niezależnie. Oznacza to, że operator system ma możliwość komunikowania się z każdą oprawą i wprowadzenia dla niej dowolnych parametrów związanych z jej załączeniem, wyłączeniem oraz przypisywanie harmonogramów regulacji strumienia świetlnego w czasie pracy oprawy. Oczywiście oprawy można łączyć w dowolne grupy funkcjonalne związane np. z konkretną ulicą, skrzyżowaniem lub obszarem funkcjonalnym dla którego można realizować podobne harmonogramy redukcji mocy. Można również ustalać wyjątki związane z konkretnym dniem tygodnia, świętami lub imprezami okolicznościowymi. System również pozwala monitorować na bieżąco zużycie energii, czas świecenia oraz sygnalizuje uszkodzenia punktów świetlnych z natychmiastowym powiadomianiem użytkownika o powstałych awariach i nieprawidłowościach w działaniu opraw.

Poniżej opisano szczegółowo funkcje jakie powinien spełniać system sterowania indywidualnego:

Funkcjonalność systemu i aplikacji sterowania oświetleniem

Zarządzanie harmonogramem i trybem świecenia

System umożliwia przypisanie każdemu punktowi świetlnemu lub grupie punktów świetlnych indywidualnych kalendarzy świecenia. Kalendarz pozwala na określanie oddzielnych krzywych redukcji dla dni pracujących oraz weekendów, a także swobodne definiowanie dni charakterystycznych (np. dzień wolny od pracy, Sylwester czy Nowy Rok). Ponadto, system umożliwia sterowanie oświetleniem w oparciu o informacje zewnętrzne o ruchu drogowym i stanie pogody.

Możliwe jest także ręczne załączenie / wyłączenie oraz regulacja strumienia świetlnego pojedynczych punktów świetlnych oraz grup tych punktów. System zapewnia zdalną zmianę konfiguracji oraz kalendarzy świecenia w dowolnym momencie.

Kontrola zużycia energii

System umożliwia kontrolę zużycia energii przez pojedyncze punkty świetlne, grupy punktów świetlnych jak i przez całą instalację. Ponadto, umożliwia prezentację graficzną i liczbową energii zużytej w zdefiniowanym okresie, a także ich porównanie dla wybranych punktów lub kilku obszarów. System zapewnia możliwość generowania raportów zużycia energii oraz raportów błędów.

Nadzór i monitorowanie sprawności infrastruktury oświetleniowej

System zapewnia bieżący podgląd na stan sprawności urządzeń oraz niezwłoczne zgłaszanie alarmów związanych z uszkodzeniem elementów oprawy oświetleniowej. Ponadto, system

umożliwia pomiar czasu pracy źródeł światła, co wpływa na ułatwienie planowania grupowej wymiany źródeł światła.

System zapewnia możliwość wyszukiwania alarmów według:

- Nazwy komponentu;
- Typu komponentu systemu;
- Modelu komponentu systemu;
- Kategorii awarii;
- Daty wystąpienia problemu;
- Opisie błędu.

Wszystkie dane historyczne dotyczące parametrów pracy systemu są archiwizowane i użytkownik ma możliwość dostępu do nich w dowolnym momencie. Monitoringiem będą objęte również wszystkie punkty zasilania (szafy oświetleniowe).

Graficzny interfejs użytkownika

Graficzny interfejs użytkownika platformy jest dostępny w postaci strony WWW, gdzie na umieszczonej mapie zlokalizowane są wszystkie punkty oświetleniowe należące do systemu.

Graficzny interfejs użytkownika umożliwia:

- graficzną prezentację pracy poszczególnych elementów systemu na mapie przestrzennej zgodnie z ich współrzędnymi geograficznymi wskazanymi bezpośrednio ze sterowników w oprawach lub wpisanymi do systemu;
- tworzenie struktury sterowania opartej na strukturze drzewa;
- grupowanie punktów świetlnych;
- automatyczne dostosowanie się wyświetlanego obszaru mapy do wyboru miejsca w nawigacji;
- zmianę języka interfejsu (z dostępnym językiem polskim);
- wysyłanie informacji mailem lub SMS o zmianach zachodzących w systemie na wskazane adresy e-mail użytkowników.

Bezpieczeństwo platformy

Logowanie do platformy następuje za pomocą indywidualnego loginu i hasła. Platforma posiada system dwuczynnikowej autentykacji (2FA) zapobiegający przypadkowemu lub celowemu użyciu konta użytkownika, minimalizującemu ryzyko włamań na konta przez hakerów. Wszystkie interakcje użytkowników z platformą są zabezpieczone za pomocą 128-bitowego szyfrowania SSL (zabezpieczenie na poziomie banków). Platforma jest regularnie testowana pod względem bezpieczeństwa, ze szczególnym uwzględnieniem zachowania bezpieczeństwa przed włamaniem przez strony trzecie, co zapewnione jest przez autoryzowanego zewnętrznego audytora. Oprogramowanie platformy jest na bieżąco (w

okresach nie dłuższych jak 1 miesiąc) aktualizowane przez dostawcę. Gromadzone na platformie dane będą stanowić własność Zamawiającego oraz będą regularnie zachowywane w kopiach zapasowych w celu ich odtworzenia w przypadku awarii serwera głównego platformy.

Kluczowe założenia architektury systemu i aplikacja sterowania oświetleniem

Każda oprawa wyposażona jest w sterowniki lokalne komunikujące się bezpośrednio z serwerami umieszczonymi w tzw. „chmurze internetowej”. Sterownik pełni jednocześnie funkcje sterownika lokalnego i sterownika segmentowego. Posiada wyjście interfejsu DALI do komunikacji z układem zasilającym oprawy oraz z innymi urządzeniami, wyłącznik do sterowania oprawą oraz licznik energii elektrycznej. Ponadto, sterownik jest wyposażony w funkcje lokalizatora GPS.

Po zainstalowaniu, oprawa wyposażona w sterownik automatycznie pojawia się w systemie w odpowiednim miejscu na mapie systemu. Co więcej, wszystkie punkty zasilania wyposażone są w sterowniki realizujące funkcje inteligentnego zegara astronomicznego i analizatora sieci.

Sterownik w zaproponowanej konfiguracji, kontroluje poziom napięcia zasilania, oraz inne jego parametry. W przypadku ich niedotrzymania wysyła informacje za pomocą SMS/e-mail do wskazanych użytkowników. Sterownik kontroluje otwarcie szafy, oraz poziom napięć zasilających. W przypadku awarii zasilania niezwłocznie wysyła informacje do obsługi.

5. Warianty modernizacji oświetlenia ulicznego na terenie Miasta

Przedmiotem analizy jest modernizacja systemu oświetlenia dróg Miasta w celu poprawy jego efektywności energetycznej oraz zapewnienie zgodności z Polską Normą przenoszącą normę europejską PN-EN 13201.

5.1. ZAŁOŻENIE OGÓLNE DLA ROZPATRYWANYCH WARIANTÓW

5.1.1. Wariant I – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED z modernizacją systemu sterowania i układów pomiarowo-sterowniczych

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami światła typu LED.
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych poprzez instalację grupowego systemu sterowania oprawami oświetlenia ulicznego

5.1.2. Wariant II – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED – z modernizacją systemu sterowania i układów pomiarowo-sterowniczych oraz zastosowaniem autonomicznego systemu redukcji mocą opraw LED bez możliwości jego zmiany w czasie eksploatacji opraw.

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami typu LED z zaprogramowanym w oprawie harmonogramem redukcji mocy.
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych poprzez instalację grupowego systemu sterowania oprawami oświetlenia ulicznego

5.1.3. Wariant III – Wymiana istniejących opraw ze źródłami światła typu rtęciowego i sodowego na oprawy ze źródłami typu LED – z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania mocą opraw i monitoringiem działania opraw oraz modernizacją układów pomiarowo-sterowniczych z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania czasem pracy i mocą opraw.

Zakres inwestycji:

- Modernizacja wyeksploatowanych lamp rtęciowych i sodowych na nowoczesne oprawy ze źródłami typu LED z indywidualnym systemem sterowania mocą opraw i monitoringiem działania opraw
- Modernizacja układów pomiarowo-sterowniczych z zainstalowaniem indywidualnego systemu sterowania oprawami
- zainstalowanie i uruchomienie systemu sterowania pozwalającego na indywidualne sterowanie mocą i czasem świecenia każdej oprawy zainstalowaną na terenie Miasta, z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, zużyciu energii wydajności oprawy oraz informowaniem obsługi o awariach zaistniałych w systemie.

5.2. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA WARIANTÓW MODERNIZACJI OŚWIETLENIA DROGOWEGO

Wariant I:

Podstawowym założeniem „Wariantu I” jest zmniejszenie energochłonności oświetlenia ulicznego poprzez zastosowanie opraw wykonanych w technologii LED przy minimalnych dla tego zakresu kosztach inwestycyjnych. Do przebudowy zastosować należy oprawy wykonane w technologii LED w ilości 295 szt., co znacznie zmniejszy moc systemu przy jednoczesnym uzyskaniu parametrów oświetleniowych na poziomie zgodnym z normą PN-EN13201, na ciągach świetlnych z oprawami zainstalowanymi na każdym słupie wzdłuż drogi. W niniejszym wariantcie nie zakłada się możliwości sterowania oprawami oświetlenia ulicznego tzn. nie będzie możliwości ingerowania w zmniejszenie mocy oprawy, a w konsekwencji obniżenia jej strumienia świetlnego w porze nocnej przy zmniejszeniu się natężenia ruchu.

W zakresie inwestycji jest przebudowa 11 układów pomiarowo-sterowniczych systemu oświetlenia ulicznego z zainstalowaniem grupowego sterowania czasem pracy systemu oświetlenia ulic. Zakres robót dotyczących układów pomiarowych obejmują wyniesienie obecnie zainstalowanych wewnątrz szaf stacyjnych układów pomiarowo – sterowniczych i umieszczenie ich w wydzielonych szafach SO. Dodatkowo planuje się wymianę aparatów elektrycznych w celu dostosowania ich do zmniejszenia mocy zainstalowanej opraw oraz ujednoczenia sterowania oświetleniem. W celu ujednoczenia systemu sterowania zakłada się zainstalowanie zegarów astronomicznych wyposażonych w komunikację bezprzewodową, radiową która umożliwi zmianę nastaw zegara bez konieczności otwierania szafy oświetleniowej. Zastosowanie komunikacji radiowej spowoduje obniżenie kosztów eksploatacji poprzez brak konieczności wykonywania zmiany nastaw zegara przez osobę posiadającą odpowiednie kwalifikacje do obsługi urządzeń elektrycznych kategorii „E”. Po zainstalowaniu zegarów z komunikacją radiową nie będzie konieczności zbliżania się i otwierania szafy SO.

Zestawienie wyników analiza ekonomiczno-techniczna poniżej.

**Zestawienie zbiorcze analizy ekonomicznej wymiany oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród
Zakres inwestycji Wariant I**

1. Wymian opraw na terenie Miasta na oprawy typu LED bez sterowania

2. Modernizacja systemu sterowania oświetleniem ulicznym

		Wartości
Ilość punktów [szt]	przed wymianą	295
	po wymianie	295
energochłonność punktu świetlnego [W]	przed wymianą	167,96
	po wymianie	36,87
moc zainstalowana [kW]	przed wymianą	49,55
	po wymianie	10,88
	Oszczędności [kW]	38,67
	Oszczędności [%]	78%
Zużycie energii [MWh/rok]	przed wymianą	198,20
	po wymianie	43,51
	Oszczędności [%]	78%
	Oszczędności w MWh/rok	154,70
Ilość zaoszczędzonej nieodnawialnej energii pierwotnej [MWh/rok]		464,09
ograniczenie emisji CO ₂ Mg/rok	wskaźnik emisji CO ₂ 0,798[MgCO ₂ /MWh]	123,45
koszt inwestycji BRUTTO	całkowity	390 000,00 zł
	energia elekt. przed wymianą	80 000,64 zł
Koszty energii i konserwacji	konserwacja przed wymianą	11 500,00 zł
	energia elekt. po wymianie	27 326,46 zł
	konserwacja po wymianie	7 080,00 zł
czas świecenia rocznie [h]	przed wymianą	4000
	po wymianie	4000
oszczędności ekonomiczne		57 094,18 zł
Prosty okres zwrotu [lata]		6,83

Wariant II:

Podstawowym założeniem „Wariantu II” jest zmniejszenie zużycia energii elektrycznej w stosunku do mocy zainstalowanej oświetlenia ulicznego poprzez zastosowanie opraw w technologii LED oraz umożliwienie zaprogramowania krzywych redukcji mocy zainstalowanych w procesie modernizacji opraw. Zastosowanie zaprogramowanego harmonogramu redukcji mocy (ściemniania oprawy) pozwoli ograniczyć zużycie energii o dodatkowe 10%-20% w stosunku do zużycia energii opraw bez redukcji. Do modernizacji zastosować należy oprawy wykonane w technologii LED w ilości 245 szt z zasilaczami wyposażonymi w sterowniki DALI pozwalające na zaprogramowanie harmonogramu ściemniania oprawy przed jej instalacją. Wariant ten zakłada, że właściciel/operator systemu oświetlenia ulicznego będzie miał możliwość ustalenia poziomów mocy oprawy w czasie jej świecenia i zaprogramowanie tego harmonogramu przed instalacją oprawy. Możliwość ta będzie odbywała się poprzez układ zasilający zainstalowany w oprawie po uprzednim podłączeniu oprawy przewodem dwu-żyłowym do sterownika zewnętrznego podłączonego do komputera. W celu określenia zużycia energii w niniejszym wariantcie posłużono się harmonogramem według poniższego schematu:

1. Oprawy od zachodu słońca do godziny 22:00 pracują z mocą nominalną
2. Oprawy od godziny 22:00 do godziny 24:00 pracują z mocą obniżoną o 15%
3. Oprawy od godziny 24:00 do godziny 04:00 pracują z mocą obniżoną o 30%
4. Oprawy od godziny 04:00 do wschodu słońca pracują z mocą nominalną

Z tabeli wschodów i zachodów słońca oraz poprawek wprowadzanych w zegarach astronomicznych związanych z załączaniem oświetlenia ulicznego 15 min. po zachodzie słońca i wyłączaniem oświetlenia 20 min. przed wschodem słońca wyznaczono czasy w jakich oprawy będą pracowały z obniżoną mocą.

Zakres modernizacji układów pomiarowo-sterowniczych systemu oświetlenia ulicznego w tym wariantcie jest identyczny jak w Wariantcie I

Zestawienie wyników analiza ekonomiczno-techniczna poniżej

Zestawienie zbiorcze analizy ekonomicznej wymiany oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród

Zakres inwestycji Wariant II

1. Wymian opraw na terenie Miasta na oprawy typu LED ze sterowaniem

zaprogramowanym w oprawie

2. Modernizacja systemu sterowania oświetleniem ulicznym

		Wartości
Ilość punktów [szt]	przed wymianą	295
	po wymianie	295
energochłonność punktu świetlnego [W]	przed wymianą	167,96
	po wymianie	36,87
moc zainstalowana [kW]	przed wymianą	49,55
	po wymianie	10,88
	Oszczędności [kW]	38,67
	Oszczędności [%]	78%
Zużycie energii [MWh/rok]	przed wymianą	198,20
	po wymianie	34,80
	Oszczędności [%]	82%
	Oszczędności w MWh/rok	163,40
Ilość zaoszczędzonej nieodnawialnej energii pierwotnej [MWh/rok]		490,19
ograniczenie emisji CO ₂ Mg/rok	wskaźnik emisji CO ₂ 0,798[MgCO ₂ /MWh]	130,39
koszt inwestycji BRUTTO	całkowity	415 000,00 zł
	energia elekt. przed wymianą	80 000,64 zł
	konserwacja przed wymianą	11 500,00 zł
	energia elekt. po wymianie	23 267,22 zł
	konserwacja po wymianie	7 080,00 zł
czas świecenia rocznie [h]	przed wymianą	4000
	po wymianie	4000
oszczędności ekonomiczne		61 153,41 zł
Prosty okres zwrotu [lata]		6,79

Wariant III:

Podstawowym założeniem „Wariantu III” jest zmniejszenie zużycia energii elektrycznej w stosunku do mocy zainstalowanej oświetlenia ulicznego poprzez umożliwienie indywidualnego sterowania zainstalowanymi oprawami typu LED oświetlenia ulicznego. Zastosowanie takiego sposobu sterowania pozwoli ograniczyć zużycie energii o dodatkowe 25% - 40% w stosunku do zużycia energii według „Wariantu I” oraz umożliwi precyzyjne dostosowanie oświetlenia ulicznego do panującego na drogach ruchu jak też indywidualnego zapotrzebowania na oświetlenie miejsc wrażliwych takich jak skrzyżowania, przejścia dla pieszych czy przystanki komunikacji. Do modernizacji zastosować należy oprawy wykonane w technologii LED w ilości 295 szt. z zasilaczami wyposażonymi w sterowniki DALI i moduły komunikacyjne pozwalające na sterowanie oprawą zdalnie przez system kontroli. Wariant ten zakłada, że właściciel/operator systemu sterowania będzie miał możliwość zmiany mocy opraw oświetlenia ulicznego poprzez wprowadzenie indywidualnych harmonogramów redukcji mocy (strumienia świetlnego) oprawy/grupy opraw, w zależności od pory nocy i poziomu natężenia ruchu. Możliwość ta będzie odbywała się poprzez system sterowania zainstalowany w centrum dyspozytorskim lub poprzez aplikację zainstalowaną w tzw. chmurze z dostępem z dowolnego urządzenia (komputer, tablet, smartfon) połączonego z siecią internetową. W zakresie inwestycji jest modernizacja 11 układów pomiarowo sterowniczych system oświetlenia ulicznego z zainstalowanie i uruchomienie systemu sterowania pozwalającego na indywidualne sterowanie mocą i czasem świecenia każdej oprawy, z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, zużyciu energii, wydajności oprawy oraz informowaniem obsługi o awariach zaistniałych w systemie. Informacje o nieprawidłowym działaniu systemu oświetlenia ulicznego jakie otrzyma operator systemu spowodują zmniejszenie kosztów eksploatacji oraz skrócenie czasu reakcji na awarie.

Zestawienie wyników analiza ekonomiczno-techniczna poniżej

Zestawienie zbiorcze analizy ekonomicznej wymiany oświetlenia ulicznego na terenie Miasta Rajgród
Zakres inwestycji Wariant III

1. Wymian opraw na terenie Miasta na oprawy typu LED z indywidualnym

sterowaniem oprawami poprzez sieć internetową

2. Modernizacja systemu sterowania oświetleniem ulicznym

		Wartości
Ilość punktów [szt]	przed wymianą	295
	po wymianie	295
energochłonność punktu świetlnego [W]	przed wymianą	167,96
	po wymianie	36,87
moc zainstalowana [kW]	przed wymianą	49,55
	po wymianie	10,88
	Oszczędności [kW]	38,67
	Oszczędności [%]	78%
Zużycie energii [MWh/rok]	przed wymianą	198,20
	po wymianie	26,10
	Oszczędności [%]	87%
	Oszczędności w MWh/rok	172,10
Ilość zaoszczędzonej nieodnawialnej energii pierwotnej [MWh/rok]		516,29
ograniczenie emisji CO ₂ Mg/rok	wskaźnik emisji CO ₂ 0,798[MgCO ₂ /MWh]	137,33
koszt inwestycji BRUTTO	całkowity	460 000,00 zł
	energia elekt. przed wymianą	80 000,64 zł
	konserwacja przed wymianą	11 500,00 zł
	energia elekt. po wymianie	17 897,86 zł
	konserwacja po wymianie	3 540,00 zł
czas świecenia rocznie [h]	przed wymianą	4000
	po wymianie	4000
oszczędności ekonomiczne		70 062,77 zł
Prosty okres zwrotu [lata]		6,57

6. Ocena formalna przedstawionych wariantów

Wariant I: zakładający, zainstalowanie w procesie przebudowy opraw ze źródłami światła w technologii LED, oraz modernizację układów pomiarowo- sterowniczych z zainstalowaniem grupowego system sterowania oprawami z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, pozwala osiągnąć 78% zmniejszenie mocy zainstalowanej i zużycia energii elektrycznej. Roczne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej wyniosą ponad 154,70 MWh/rok, a oszczędności roczne w kosztach ponoszonych na energię elektryczną, dystrybucję oraz konserwację, wyniosą 57,09 tys złotych. Tak więc inwestycja przebudowie oświetlenia ulicznego według Wariantu I odpowiada minimalnym wskaźnikom rezultatu zawartym w programach wsparcia określanym najczęściej jako minimalne zmniejszenie mocy zainstalowanej powyżej 30%. Koszt inwestycji dla założeń wyżej wymienionego wariantu I jest równy 390 000,00 zł

Wariant II: zakładający, zainstalowanie w procesie modernizacji opraw ze źródłami światła w technologii LED z redukcją mocy i strumienia świetlnego zaprogramowaną w oprawie oraz modernizację układów pomiarowo-sterowniczych z zainstalowaniem grupowego system sterowania oprawami z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, pozwala osiągnąć 78% zmniejszenie mocy zainstalowanej i 82% zmniejszenie zużycia energii elektrycznej. Roczne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej wyniosą 163,40 MWh/rok a oszczędności roczne w kosztach ponoszonych na energię elektryczną, dystrybucję oraz konserwację, wyniosą 61,15 tys złotych. Tak więc inwestycja modernizacji oświetlenia ulicznego według Wariantu II odpowiada minimalnym wskaźnikom rezultatu zawartym w programach wsparcia określanym najczęściej jako minimalne zmniejszenie mocy zainstalowanej powyżej 30%. Koszt inwestycji dla założeń wyżej wymienionego Wariantu II jest równy 415 000,00 zł

Wariant III: zakładający, zainstalowanie w procesie modernizacji opraw ze źródłami światła w technologii LED z pełnym indywidualnym sterowaniem mocą i strumieniem świetlnym oprawy wraz z jej monitoringiem oraz modernizację układów pomiarowo sterowniczych z zainstalowanie i uruchomienie systemu sterowania pozwalającego na indywidualne sterowanie mocą i czasem świecenia każdej oprawy, z możliwością zbierania danych dotyczących czasu pracy, zużyciu energii, wydajności oprawy oraz informowaniem obsługi o awariach zaistniałych w systemie, pozwala osiągnąć 78% zmniejszenie mocy zainstalowanej i

87% zmniejszenie zużycia energii elektrycznej. Roczne oszczędności w zużyciu energii elektrycznej wyniosą 172,10 MWh/rok a oszczędności roczne w kosztach ponoszonych na energię elektryczną, dystrybucję oraz konserwację, wyniosą 70,06 tys złotych. Tak więc inwestycja modernizacji oświetlenia ulicznego według Wariantu III odpowiada minimalnym wskaźnikom rezultatu zawartym w programach wsparcia określanym najczęściej jako minimalne zmniejszenie mocy zainstalowanej powyżej 30%. Koszt inwestycji dla założeń wyżej wymienionego wariantu III jest równy 460 000,00zł

Biorąc powyższe pod uwagę wszystkie warianty zaproponowane w Audycie mogą zostać dofinansowane z programów wsparcia ponieważ spełniają minimalne kryteria dotyczące zmniejszenia zużycia energii.

7. Ocena ekonomiczna przedstawionych wariantów

Najczęściej spotykanym statycznym kryterium oceny efektywności ekonomicznej jest prosty okres zwrotu nakładów (SPBP, SPBT). Jest on definiowany jako czas potrzebny do odzyskania nakładów inwestycyjnych poniesionych na realizację danego przedsięwzięcia. Jest liczony od momentu uruchomienia inwestycji do chwili, gdy suma korzyści uzyskanych w wyniku realizacji inwestycji zrównoważy poniesione nakłady. Wartość SPBP zostało obliczona dla całości kosztów inwestycji w poszczególnych wariantach, Wyniki przedstawia tabela poniżej:

SPBP wariantów modernizacji oświetlenia ulicznego

nr wariantu	całkowity koszty inwestycji	roczne oszczędności	SPBP (1)
I	390 000,00	57 094,18	6,83
II	415 000,00	61 153,41	6,79
III	460 000,00	70 062,77	6,57

8. Wnioski

Po przeprowadzonej analizie, okazuje się, że warianty I, II, III wskazane w Audycie są możliwe do zrealizowania. Najkorzystniejszym wariantem do realizacji modernizacji oświetlenia ulicznego jest Wariant III. Wariant ten zapewnia wysoki poziom oszczędności ekonomicznych, jak również pozwala ograniczyć do minimum zużycie energii elektrycznej oraz znacznie ograniczyć przyszłe koszty konserwacji oświetlenia ulicznego. Moc zainstalowana w tym wariantcie spadnie z 49,55 kW do 10,88 kW co stanowi 78% oszczędności. Wykorzystanie najbardziej zaawansowanej techniki oświetleniowej jaka jest obecnie dostępna tzn. technologii typu LED o trwałości użytkowej powyżej 80 000 godzin, pozwala użytkować zastosowane oprawy przez okres ponad 20 lat bez konieczności ich wymiany. Wariant ten chociaż kapitałochłonny to biorąc pod uwagę okres zwrotu inwestycji jest najbardziej opłacalny. Na uwagę zasługuje również fakt, że w tym wariantcie inwestycji, modernizacji podlegają oprawy zainstalowane na terenie Miasta Rajgród, co pozwoli ujednoczyć system oświetleniowy i doprowadzić oświetlenie do wymogów zgodnych z obecnie obowiązującą normą PN-EN13201. Wszystko to poprawi bezpieczeństwo użytkowników dróg na terenie Miasta oraz podniesie walory estetyczne oświetlenia ulicznego. Zastosowanie opraw w technologii LED o temperaturze barwowej 4000K tzn. neutralnej białej o współczynniku oddawania barw $R_a > 70$ spowoduje lepsze postrzeganie kolorów na drodze i w jej pobliżu co w sposób naturalny zwiększy bezpieczeństwo pieszych. Ponadto zastosowanie jednolitego oświetlenia ulic opartego na oprawach jednego typu zainstalowanych w jednym czasie pozwoli ograniczyć koszty konserwacji. Ma to ogromne znaczenie gdyż wymiany opraw lub źródeł światła w instalacjach oświetlenia ulicznego, ze względu na pracę na wysokości i w pobliżu czynnych urządzeń elektrycznych oraz w granicach pasa ruchu pojazdów, generuje największe koszty konserwacji. Zastosowanie zaawansowanego systemu sterowania oprawami oświetleniowymi pozwala dodatkowo ograniczyć zużycie energii o około 87%, co wprost przekłada się na zmniejszenie kosztów ponoszonych na energię elektryczną. Roczne oszczędności w kosztach ponoszonych na energię elektryczną i pręsył oraz kosztach konserwacji to 70,06 tys zł

9. Koncepcja utrzymania oraz zarządzania oświetlenia ulicznego po modernizacji

Oświetlenie uliczne po modernizacji będzie wymagało minimalnych kosztów związanych z utrzymaniem jego sprawności i zarządzaniem. Zastosowanie zegarów astronomicznych do sterowania oświetleniem ulicznym, eliminuje koszty związane z regulacją czasów włączania i wyłączenia oświetlenia a dodatkowy system sterowania i kontroli oświetlenia ulicznego zminimalizuje czas potrzebny na lokalizację uszkodzeń. Wykorzystanie najbardziej zaawansowanej techniki oświetleniowej jaka jest obecnie dostępna tzn. technologii typu LED o trwałości użytkowej powyżej 80 000 godzin, pozwala użytkować zastosowane oprawy przez okres ponad 20 lat bez pogorszenia właściwości świetlnych oraz konieczności ich wymiany. W okresie pierwszych 10 lat po zakończeniu inwestycji, obowiązywać będzie gwarancja Wykonawcy na zainstalowane urządzenia i wykonane prace. Koszty eksploatacyjne ograniczać się będą do usuwania awarii związanych ze zdarzeniami losowymi takimi jak:

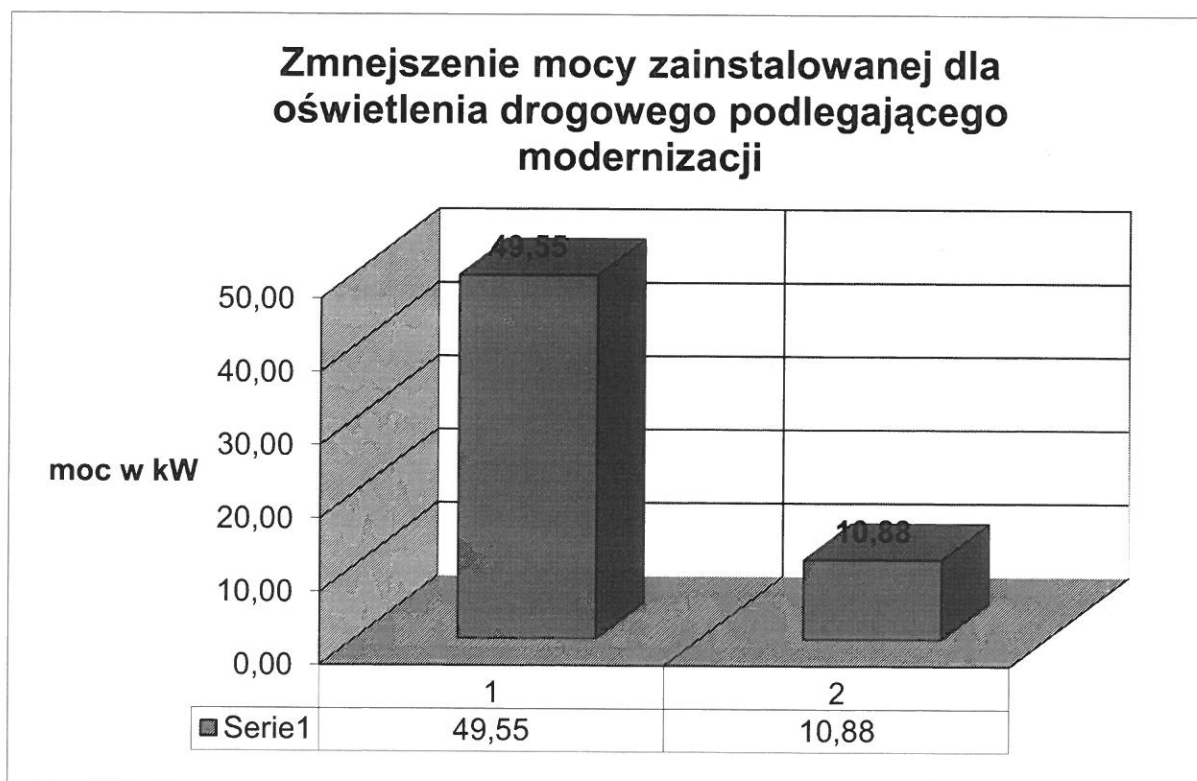
- uszkodzenia mechaniczne opraw oświetlenia ulicznego na przykład w wyniku uszkodzeń słupów w następstwie wypadków komunikacyjnych
- awarie wynikające z przepięć elektrycznych w sieci, będących następstwem wyładowań atmosferycznych lub awaryjną pracą sieci elektrycznej (zwarcia, doziemienia itp.)

Niemniej jednak po wykonaniu modernizacji należy ogłosić przetarg nieograniczony na świadczenie usługi konserwacji oświetlenia ulicznego w zakresie, który nie pokrywa się z zakresem gwarancji udzielonej przez Wykonawcę modernizacji

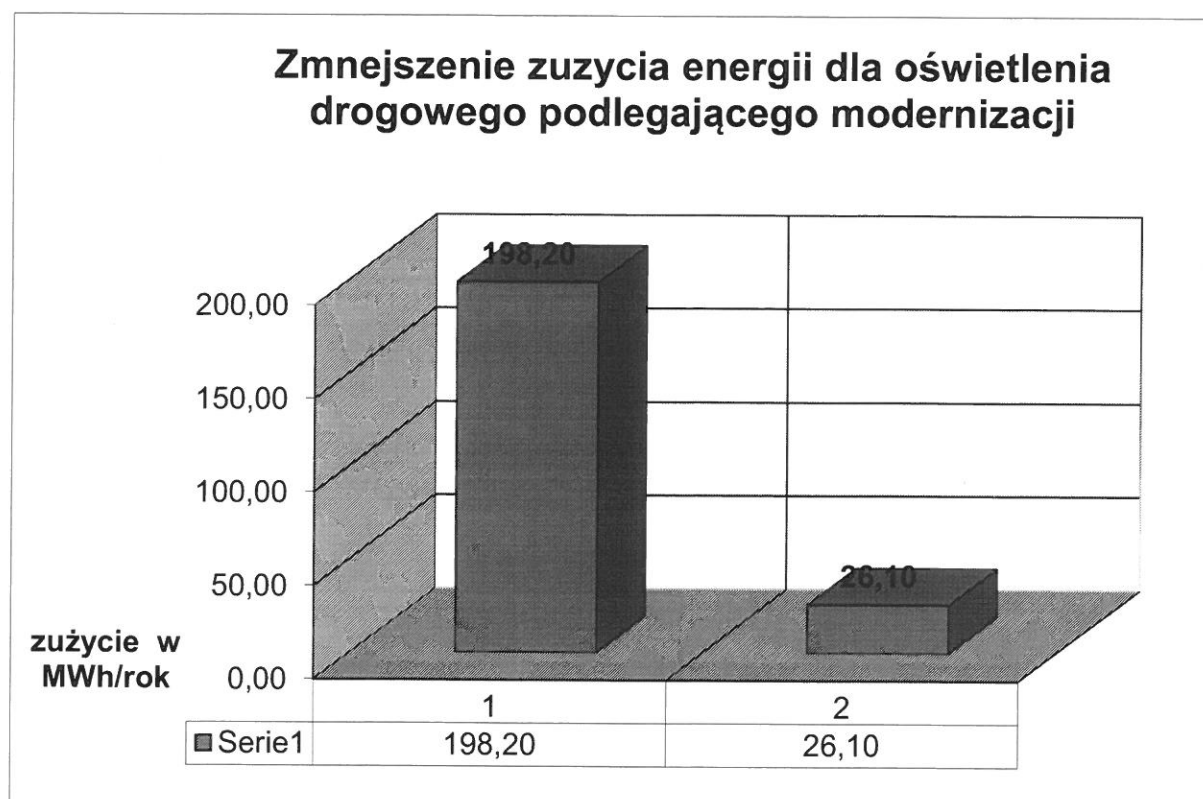
10. Analiza oddziaływania na środowisko dla Wariantu III

Inwestycja przebudowie oświetlenia ulicznego nie jest zaliczana do rodzaju przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko oraz przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko zgodnie z ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko¹ (Dz. U. z dnia 12 listopada 2010 r.)

W związku ze zmniejszeniem mocy zainstalowanej systemu oświetlenia ulicznego po wykonaniu przebudowy, zmniejszy się również zużycie energii do celów oświetlania ulic a w konsekwencji, ograniczona zostanie emisja spalin związana z produkcją energii elektrycznej. Obecnie całkowita moc zainstalowana podlegających przebudowie opraw oświetlenia ulicznego równa się 49,55 kW po przebudowie istniejącego oświetlenia ulic według Wariantu III moc całkowita zainstalowana spadnie do 10,88 kW. Oszczędności w mocy zainstalowanej wyniosą 38,67 kW. Moc oprawy typu LED jest podawana przez producentów jako moc całkowita pobierana przez oprawę tak więc dla określenia mocy obliczeniowej tych opraw przyjęto moc nominalną podawaną przez producenta.



Obniżenie mocy zainstalowanej na oświetleniu ulicznym wiąże się ze zmniejszeniem zużycia energii elektrycznej. Zakładając, że czas użytkowania mocy zainstalowanej przed i po przebudowie będzie taki sam tzn. około 4000 godzin rocznie, możemy określić zużycie energii elektrycznej przed i po modernizacji. Jak wcześniej zostało już wspomniane zmniejszenie zużycia energii ma bezpośredni wpływ na zmniejszenie emisji spalin w związku z produkcją energii elektrycznej w energetyce zawodowej. Opierając się na wytycznych dotyczących wskaźnika emisji CO₂ określanych zgodnie z wytycznymi KOBiZE, tj. 0,798 MgCO₂/MWh możliwe jest wyznaczenie emisji przed i po realizacji inwestycji.



Obecnie system oświetlenia ulicznego zużywa 198,20 MWh/rok energii elektrycznej co odpowiada bazowej emisji CO₂ w wysokości 158,16 tonCO₂/rok. Po przebudowie zużycie energii elektrycznej do celów oświetlenia ulic spadnie do poziomu 26,10 MWh/rok co odpowiada emisji CO₂ w wysokości 20,83 tonCO₂/rok. Tak więc ograniczenie emisji CO₂ obliczany jako różnica pomiędzy emisją bazową a emisją po realizacji inwestycji jest równe 137,33 tonCO₂/rok. Spadek zużycia energii jest większe niż procentowy spadek zmniejszenia mocy zainstalowanej i jest to podyktowane użyciem systemu sterowania oświetleniem ulicznym, który powoduje obniżenie zużycia energii elektrycznej poprzez zmniejszenie mocy opraw w okresach późnonocnych przy zanikaniu ruchu samochodowego i ruchu pieszych. Tak więc oszczędność w zużyciu energii to 172,10 MWh/rok.

11. Spis załączników

1. TABELA NR 1 - INWENTARYZACJA OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD
2. TABELA NR 2 - PROJEKT MODERNIZACJI OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD
3. SCHEMAT ROZMIESZCZENIA OPRAW OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD

TABELA NR 1 - INWENTARYZACJA OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD

LP	miasto	ulica	kategoria drogi	nawierzchnia	chodnik	klasa oświetlenia	szerokość drogi	moduł typ słupa	odłód krawędzi	wysokość słupa	wys. zamont. oprawy	montaż oprawy	typ linii	ilość opraw	oprawa sodowa 70	oprawa sodowa 100	oprawa sodowa 150	oprawa sodowa 250	oprawa ręc 125	oprawa ręc 250	oprawa parkowa 70	oprawa parkowa 100	MOC [kW]		
1	Rajgród	Warszawska	D.W.	asfalt	TAK	ME3c	9	40	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	57	1	21	35					13,440		
2	Rajgród	Odczep od Warszawskiej przy cmentarzu	lokalna	asfalt	NIE	ME6	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	6					6				1,680	
3	Rajgród	Stanki	D.G.	asfalt	NIE	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	10	10								0,784	
4	Rajgród	Trojdena	D.G.	Zwir	NIE	ME6	4	35	betonowy	2	8	9	nad linia	napowietrzna	3		3							0,504	
5	Rajgród	Gielguda	D.G.	Zwir	NIE	ME6	4	35	betonowy	2	8	9	nad linia	napowietrzna	4	4								0,314	
6	Rajgród	Jacówka	D.G.	asfalt	TAK	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	22	4	7		7	4				3,590	
7	Rajgród	Fr. Zabieńskiego	D.G.	asfalt	TAK	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	25		13		7	5				4,564	
8	Rajgród	Piastowska	D.G.	asfalt	NIE	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	2		1		1					0,308	
9	Rajgród	Powstańców	D.G.	asfalt	NIE	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	4		3		1					0,644	
10	Rajgród	1-go Maja	D.G.	asfalt	TAK	ME5	5	35	betonowy	1	8/4	9/4	nad linia	napowietrzna	15							8		2,587	
11	Rajgród	Piac 100-lecia	D.G.	asfalt	TAK	ME5	6	35	betonowy	1	9/5	9/5	nad linia	napowietrzna	22		1	7				14		3,226	
12	Rajgród	Szkołna	D.G.	asfalt	TAK	ME5	5	35	betonowy	0,5	8	9	nad linia	napowietrzna	16	1	15							2,598	
13	Rajgród	Rajgródzik	D.G.	asfalt	NIE	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	11		11							1,848	
14	Rajgród	Piaski	D.G.	asfalt	TAK	ME5	5	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	14		14							2,352	
15	Rajgród	Zabia	D.G.	asfalt	TAK	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	13		13							2,184	
16	Rajgród	Planciki	D.G.	Zwir	NIE	ME5	3	40	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	15		15							2,520	
17	Rajgród	Ostejki	D.G.	asfalt	NIE	ME5	4	35	betonowy	1	8	9	nad linia	napowietrzna	16	1	15							2,598	
18	Rajgród	Ciąg pieszy nad jeziorem	lokalna	kostka/NU	koszka	S4	2	50	ozdobny	1	5	5	nad linia	napowietrzna	40						20	20		3,808	
															295	20	1	132	49	16	15	42	20	49,549	
																							295	295	

TABELA NR 2 - PROJEKT MODERNIZACJI OŚWIETLENIA ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD

LP	miasto	ulica	ilość opraw							MOC [kW]				MOC [kW]							
			70	100	150	250	oprawa sodowa	oprawa rtęcz	oprawa parkowa	oprawa parkowa	oprawa parkowa	MOC	TYP OPRAWY		oprawa LED	oprawa LED	oprawa LED park				
1	Rajgród	Warszawska		1	21	35									57			3,819			
2	Rajgród	Odczep od Warszawskiej przy cmentarzu					6									6		0,162			
3	Rajgród	Stanki	10													10		0,270			
4	Rajgród	Trojdena	3		3											3		0,060			
5	Rajgród	Giełguda	4	4													4	0,160			
6	Rajgród	Jaćwieska	22	4	7	7	4									22		0,594			
7	Rajgród	Fr. Zabiejskiego	25		13	7	5									25		0,675			
8	Rajgród	Piastowska	2		1	1										2		0,054			
9	Rajgród	Powstańców	4		3	1										4		0,108			
10	Rajgród	1-go Maja	15			7					8					7		0,469			
11	Rajgród	Plac 100-lecia	22		1	7				14							8	0,810			
12	Rajgród	Szkolna	16	1	15											16		0,432			
13	Rajgród	Rajgródzik	11		11											11		0,297			
14	Rajgród	Piaski	14		14											14		0,378			
15	Rajgród	Żabia	13		13											13		0,351			
16	Rajgród	Planciki	15		15											15		0,405			
17	Rajgród	Ostejki	16	1	15											16		0,432			
18	Rajgród	Ciąg pieszy nad jeziorom	40								20	20					40	1,400			
			295	20	1	132	49	16	15	42	20	20	49,549			3	161	12	57	62	10,876
			295										295					78%			

**11.3. SCHEMAT ROZMIESZCZENIA OPRAW OŚWIETLENIA
ULICZNEGO NA TERENIE MIASTA RAJGRÓD**