

PRZEWODNIK

Banku Gospodarstwa Krajowego
do sporządzania

AUDYTÓW EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ **- projekty efektywności energetycznej** **w zakresie oświetlenia przestrzeni publicznej** (budowa/rozbudowa/przebudowa)

finansowane z funduszy europejskich w ramach
polityki spójności na lata 2021-2027

Warszawa, grudzień 2025 r.

SPIS TREŚCI

1. Ustawy, rozporządzenia i inne materiały	3
2. Definicje i objaśnienia ważniejszych pojęć	5
3. Audyt efektywności energetycznej oświetlenia przestrzeni publicznych.....	6
3.1. Informacje wstępne	6
3.2. Wymagania ogólne dotyczące sporządzania audytów efektywności energetycznej	10
3.3. Audyt efektywności energetycznej – zawartość.....	11
3.4. Uwagi dotyczące sporządzania audytów	21
4. Weryfikacja audytów	22
4.1. Weryfikacja audytu efektywności energetycznej	22
4.2. Weryfikacja efektów	22
Załącznik 1 Karta i spis treści przykładowego audytu efektywności energetycznej	24
Załącznik 2 Karta weryfikacji audytu efektywności energetycznej.....	35
Załącznik 3 Karta zakończenia projektu	40

1. Ustawy, rozporządzenia i inne materiały

Poniżej umieszczono tytuły ustaw, rozporządzeń i innych materiałów wykorzystanych w niniejszych materiałach pomocniczych, które mogą być pomocne przy sporządzaniu oraz weryfikacji audytów i opracowywaniu wniosków o pożyczki przeznaczone na poprawę efektywności energetycznej w oświetleni przestrzeni publicznej.

- 1) Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej
skrót nazwy w dalszej treści: Ustawa o efektywności energetycznej
- 2) Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.
skrót nazwy w dalszej treści: Rozporządzenie o audycie efektywności
- 3) Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 30 listopada 2021 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej
skrót nazwy w dalszej treści: Obwieszczenie o wykazie przedsięwzięć
- 4) Ustawa Prawo budowlane
- 5) Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych
- 6) Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym.
- 7) Ustawa z dnia 16 kwietnia 1993 r. o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji .
- 8) Ustawa z dnia 29 września 1994 r. o rachunkowości.
- 9) Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych oraz o Krajowym Funduszu Drogowym.
- 10) Ustawa z dnia 23 grudnia 1994 r. o Najwyższej Izbie Kontroli.
- 11) Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne.
- 12) Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska.
- 13) Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym
- 14) Ustawa z dnia 19 grudnia 2008 r. o partnerstwie publiczno-prywatnym.
- 15) Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych.
- 16) Ustawa z dnia 15 lipca 2011 r. o krajowym systemie ek zarządzania i audytu (EMAS).
- 17) Ustawa z dnia 11 lipca 2014 r. o petycjach.
- 18) Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne.
- 19) Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2.03.1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
- 20) Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie określenia zróżnicowanych poziomów klasyfikacji dla robót budowlanych oraz dla robót budowlanych polegających na instalacji lub konserwacji urządzeń oświetlenia drogowego..
- 21) Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego..
- 22) Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania

planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym.

- 23) Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 listopada 2022 r. w sprawie sposobu kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną.
- 24) Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego
- 25) Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej, KOBiZE, Warszawa, grudzień 2022

https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskazniki_emisyjnosci/Wska%C5%BAniki_emisyjno%C5%9Bci_dla_energii_elektrycznej_grudzie%C5%84_2022.pdf

skrót nazwy w dalszej treści: KOBiZE, wskaźniki emisji - energia elektryczna

Normy:

- **PKN-CEN/TR 13201-1:2016-02** – Oświetlenie dróg. Część 1: Wytyczne dotyczące wyboru klas oświetlenia. W normie zawarte zostały parametry świetlne pozwalające bez przeszkód dobrać odpowiednią klasę oświetlenia.
- **PN-EN 13201-2:2016-03** – Oświetlenie dróg. Część 2: Wymagania oświetleniowe. Omawia wymagania fotometryczne dla poszczególnych klas oświetleniowych zgodnie z potrzebami dróg i uwarunkowań środowiskowych.
- **PN-EN 13201-3:2016-03** – Oświetlenie dróg. Część 3: Obliczenia oświetleniowe. Zawiera wytyczne dotyczące metod obliczeniowych i oprogramowania, które powinno być użyte podczas projektowania oświetlenia ulicznego.
- **PN-EN 13201-4:2016-03** – Oświetlenie dróg. Część 4: Metody pomiarów parametrów oświetlenia. Zasady wykonywania pomiarów, a także opis warunków, w jakich powinny być przeprowadzane.
- **PN-EN 13201-5:2016-03** – Oświetlenie dróg. Część 5: Wskaźniki efektywności energetycznej. Najnowszy wpis do norm oświetlenia ulicznego. Omawia minimalne wartości efektywności energetycznej nowoczesnych opraw oświetleniowych, które powinny być stosowane w systemach oświetlenia drogowego.

Wiedza techniczna: Normy, Euro kody

WR-D-41-4 Wytyczne projektowania infrastruktury dla pieszych. Część 4: Projektowanie oświetlenia przejść dla pieszych

<https://www.gov.pl/attachment/ecca0d73-0c12-4706-8642-ec2297e1f4e5>

WR-D-72-1 Wytyczne projektowania urządzeń do oświetlenia dróg zamiejskich i ulic. Część 1: Wymagania podstawowe i szczegółowe,

<https://www.gov.pl/attachment/1b0a7a50-d2bf-4d15-909c-77fdd50ee0c7>

2. Definicje i objaśnienia ważniejszych pojęć

Audyt efektywności energetycznej – opracowanie zawierające ocenę stanu technicznego (głównie pod względem energetycznym) *obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji*, które wskazuje przedsięwzięcia służące poprawie efektywności energetycznej (obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji) oraz zawiera ocenę efektywności ekonomicznej a także oszczędności energetyczne możliwe do osiągnięcia w wyniku realizacji tych przedsięwzięć modernizacyjnych. Opracowanie to powinno zostać wykonane zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2022 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. 2022poz. 956).

Oszczędność energii – ilość energii stanowiąca różnicę między energią potencjalnie zużytą przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w danym okresie, przed zrealizowaniem jednego lub kilku przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej, a energią zużytą przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację w takim samym okresie, po zrealizowaniu tych przedsięwzięć i po uwzględnieniu znormalizowanych warunków zewnętrznych wpływających na zużycie energii.

Energia pierwotna – energia zawarta w pierwotnych nośnikach energii, pozyskiwana bezpośrednio ze środowiska.

Nieodnawialna energia pierwotna – różnica pomiędzy energią pierwotną i częścią odnawialną energii pierwotnej; obliczeniowo jest to energia końcowa pomnożona przez współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej zgodnie z obowiązującą metodologią wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej.

Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej – działanie polegające na wprowadzeniu zmian lub usprawnień w obiekcie, urządzeniu technicznym lub instalacji, w wyniku których uzyskuje się oszczędność energii.

Efektywność energetyczna – iloraz wielkości uzyskanego w obiekcie, urządzeniu lub instalacji efektu użytkowego do ilości zużycia energii przez obiekt, urządzenie lub instalację w typowych dla tego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji warunkach eksploatacji.

Audytor – wykonawca audytu energetycznego lub audytu efektywności energetycznej.

3. Audyt efektywności energetycznej oświetlenia przestrzeni publicznych

W przypadku identyfikacji przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej oświetlenia przestrzeni publicznej należy wykonywać audyty efektywności energetycznej.

3.1. Informacje wstępne

Celem modernizacji oświetlenia zewnętrznego jest zmniejszenie zużycia energii elektrycznej w wyniku realizacji przedsięwzięć w zakresie oświetlenia energooszczędnego, a w konsekwencji ograniczenie lub uniknięcie emisji dwutlenku węgla (CO₂), pyłów i uzyskanie efektu ekologicznego.

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

Elementy wchodzące w skład systemu oświetleniowego to punkty świetlne, sieć linii zasilających punkty świetlne, konstrukcje wsporcze odrębne dla punktów świetlnych, systemy sterowania pracą oświetlenia oraz rozliczania zużytej energii elektrycznej. Najczęściej pomijany element systemu oświetleniowego to system eksploatacji i konserwacji, który jest marginalizowany do roli zapewnienia jedynie świecenia źródeł światła.

Zgodnie z definicją punktu świetlnego zalicza się do niego również element nośny, do którego jest on zamocowany. W przypadku sieci oświetlenia skojarzonego z przesyłowymi liniami nn. - abonenckimi (napowietrzne) jest to wysięgnik montowany do słupów linii przesyłowej. Elementy te, często po wieloletniej eksploatacji, znajdują się w różnym stanie technicznym - w większości kwalifikującym je do wymiany. Z uwagi na możliwość zastosowania wysięgników o innych wymiarach niż dotychczas stosowane – można uzyskać większe wartości uzyskiwanego natężenia oświetlenia. Dzięki temu także wymiana wysięgników staje się źródłem uzyskania oszczędności poprzez możliwość instalacji na nich opraw o mniejszej mocy niż przy użyciu wysięgników istniejących.

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

Odpowiednio dobrane i wykonane oświetlenie drogowe jest jednym z najważniejszych zagadnień w technice świetlnej, ponieważ ma one znaczący wpływ na bezpieczeństwo w ruchu drogowym. Odpowiednio zaprojektowana oraz wykonana infrastruktura oświetleniowa zapewnia bezpieczeństwo oraz komfort w ruchu pojazdów i pieszych. Najważniejszym etapem podczas projektowania oświetlenia drogowego jest odpowiedni dobór opraw oraz źródeł

światła, które powinny łączyć energooszczędność oraz niewielkie koszty konserwacji. Od opraw wymaga się aby były specyfikowane do celów oświetlenia dróg, natomiast źródła światła powinny charakteryzować się dużą skutecznością świetlną. Koszty ponoszone na eksploatację oświetlenia drogowego (wymiana zużytych bądź uszkodzonych opraw oświetleniowych i opraw, naprawy interwencyjne i rachunki za energię elektryczną) to najczęściej bardzo znaczące pozycje w budżetach administrujących nim podmiotów, stąd dobrze zaplanowana i wykonana inwestycja może być źródłem poważnych oszczędności.

Punktem wyjściowym do sporządzenia audytu efektywności energetycznej jest posiadanie aktualnej, wiarygodnej i pełnej inwentaryzacji oświetlenia drogowego na swoim obszarze. Bez tego efekt modernizacji jest nieprzewidywalny i może wiązać się z przeszacowaniem lub – częściej – niedoszacowaniem inwestycji. Inwentaryzacja powinna zawierać pełną informację o istniejących oprawach (wiek, stopień zużycia wyrażony w skali, typ i moc używanej opraw oświetleniowych oraz określenie producenta), parametrach geometrycznych instalacji oświetleniowych (wysokość montażu, odstęp między słupami, odległość słupa od jezdni, szerokość jezdni i liczba pasów ruchu), aktualnie realizowanych i docelowo projektowanych klasach oświetleniowych, określanych na podstawie pomiarów fotometrycznych (w przypadku aktualnych klas) i według wymagań normatywnych w przypadku klas docelowych. Integralnym elementem planu modernizacji oświetlenia powinna być konfrontacja teoretycznego zużycia energii elektrycznej z listy zamontowanych opraw z realnym zużyciem wynikającym z opomiarowania obwodów. Bardzo często różnica wynikająca z tych dwóch wskaźników jest przyczyną kłopotów z tytułu nieosiągnięcia zakładanej redukcji zużycia energii elektrycznej. W praktyce błąd ten najczęściej bierze się z zaliczenia wygaśniętych lub nieeksploatowanych punktów świetlnych w poczet pracującego zestawu opraw, rzadziej z błędnego określenia mocy całkowitej poszczególnych punktów. Często pomijana jest także planowana przy okazji modernizacji, budowa nowych punktów świetlnych, które w swojej definicji pomniejszają zakładany poziom oszczędności – ich nieuwzględnienie również może prowadzić do mylnego rezultatu.

Potencjał modernizacji dla użytkownika posiadającego młodszy niż 10 lat zestaw opraw sodowych jest niewielki – o ile nie są to oprawy o bardzo słabych układach optycznych. Na obszarach, gdzie pracują wyeksploatowane kilkunastoletnie oprawy sodowe, modernizacja może przynieść obniżenie zużycia energii o ok. 30%. Zestawy 20-letnich czy nawet starszych opraw sodowych w połączeniu z dodatkowym małym udziałem opraw rtęciowych niosą potencjał redukcji zużycia energii na poziomie 40-60%. Do w/w wartości obniżenia zainstalowanej mocy, w części finansowej należy dokończyć dodatkowe 10-30% oszczędności kosztów eksploatacji wynikające z nowej umowy na eksploatację zmodernizowanych punktów świetlnych, które kilka lat po zakończeniu zadania nie wymagają takiej liczby interwencji, jak stare oświetlenie. Należy również pamiętać, że na końcowy efekt modernizacji mają także wpływ wymienione wcześniej czynniki, będące cechą indywidualną poszczególnych projektów.

W świecie opraw trwa obecnie rywalizacja pomiędzy technologią sodową i diodową LED. Pytanie, które zadaje sobie każdy inwestor, to czy już jest dobry moment, żeby postawić na produkty LED. Od strony technicznej nie ma wątpliwości, że odpowiedź powinna brzmieć twierdząco. W chwili obecnej oprawy drogowe LED zdezonizowały już sodowe zarówno w parametrach ilościowych, jak i jakościowych, które uzyskujemy na poziomie produktu i projektu. Oprawy diodowe są lepsze od sodowych we wszystkich najważniejszych cechach, przy czym każda z nich wymaga oceny pozwalającej wyciągać właściwe wnioski.

Efektywność energetyczna

Efektywność energetyczną ocenia się przez policzenie, nakładem jakiej mocy elektrycznej zrealizujemy to samo zadanie oświetleniowe przy porównywalnych założeniach dla dwóch wariantów. Podstawowy parametr, czyli skuteczność świetlna samej oprawy, jest dla opraw oświetleniowych LED w mocach „gminnych” ($P < 100W$) wyższa, dla mocy średnich i wysokich – taka sama lub wyższa. Dodatkową zaletą opraw diodowych są bardzo precyzyjne układy optyczne, które znacząco ograniczają światło rozproszone, trafiające poza jezdnię. Dzięki temu strumień świetlny użyteczny w opcji LED jest wyższy niż w technologii sodowej. Od strony jakościowej bezwzględnie należy zaznaczyć, że nie zawsze jest to zaleta i cecha oczekiwana, gdyż najczęściej budując pole widzenia dla kierowcy nie chcemy ostro odcinać jezdni od otoczenia.

Trwałość użytkowa

Trwałość użytkowa zawsze rozpatrywana jest w kombinacji z planem konserwacji oświetlenia i przyjętym w projekcie współczynnikiem utrzymania gwarantującym, że przez założoną liczbę godzin świecenia parametry fotometryczne na płaszczyźnie roboczej będą zachowane. Dla opraw oświetleniowych sodowych zazwyczaj jest to 16 000 h, co przy średniej liczbie godzin pracy, wynoszącej 4000 na rok, oznacza grupową wymianę opraw oświetleniowych co 4 lata. Trwałość oprawy drogowej, szacowana zazwyczaj na ok. 15 lat, oznacza 60 000 h świecenia i 3 wymiany grupowe opraw oświetleniowych. Wśród opraw diodowych coraz większa liczba dobrej klasy produktów ma trwałości użytkowe rzędu 50 000 h z deklarowanym spadkiem strumienia świetlnego po tym czasie na poziom powyżej 80% wartości początkowej i wskaźnikiem awaryjności mniejszym niż 5% próbki. Pozwala to planować grupową wymianę opraw oświetleniowych diodowych tylko raz w ciągu 15-letniego życia oprawy. Wymiana kompletnego modułu LED wraz z układem optycznym może znacząco przedłużyć czas eksploatacji takiej oprawy. Nierozstrzygnięta natomiast pozostaje sprawa zasilacza LED, który teoretycznie również powinien zostać wymieniony, bo niekoniecznie będzie nadawał się do zasilania modułu LED wyprodukowanego np. w 2025 roku. W aspekcie eksploatacji opraw drogowych diodowych możliwość wymiany całego modułu LED na nowy jawi się jako bardzo pożądana funkcjonalność.

Parametry kolorymetryczne światła

Z reguły, oprawy oświetleniowe sodowe mają bardzo niski ogólny wskaźnik oddawania barw (Ra na poziomie 20) i emitują światło o barwie bardzo ciepłej (CCT ok. 2000 K). Dobrej klasy oprawy oświetleniowe LED gwarantują Ra powyżej 70 i bardzo szerokim wachlarzu CCT – od 3000 do nawet 10 000 K (zazwyczaj z przedziału 4000-6500 K). W kontekście parametru CCT warto wspomnieć o dwóch praktycznych kwestiach. Po pierwsze, w obecnej technologii wytwarzania LED światła białego im wyższa CCT tym znacząco większa skuteczność świetlna (do 20% różnicy dla skrajnych wartości). Po drugie maksimum skuteczności widzenia oka ludzkiego dla widzenia zmierzchowego (tzw. mezopowego) przesuwa się w kierunku fal krótszych, co sprawia, że teoretycznie używając bardziej zimnego światła efektywniej oddziałujemy na proces widzenia. Te dwa aspekty sprawiają, że jest tendencja na rynku do używania wyższych CCT w oprawach diodowych. Należy zwracać uwagę na to, że wprowadzenie do widma niebezpiecznych zakresów UV może skutkować upośledzeniem narządu wzroku osób poddanych takiemu promieniowaniu.

Inne

Takie, jak: natychmiastowy zapłon, brak wpływu liczby włączeń i włączeń na trwałość, brak zawartości rtęci czy ogromna łatwość w sterowaniu. Wśród słabych stron technicznych opraw diodowych oświetlenia drogowego należy wskazać dużą wrażliwość zasilaczy na przepięcia oraz brak standaryzacji dla modułów LED. Dodatkowo, ceny profesjonalnych opraw o dobrych, gwarantowanych i weryfikowalnych parametrach są ciągle jeszcze dość wysokie, co sprawia, że trudno mimo większej redukcji zużycia energii elektrycznej, uzyskać konkurencyjne do opraw sodowych czasy zwrotu inwestycji. Tempo rozwoju technologii LED skutkuje bardzo krótkim cyklem życia produktów LED, które w ciągu kilku miesięcy wypierane są przez nowe generacje, aczkolwiek poziom zmian powoli się stabilizuje. Dlatego bardzo ważna przy planowanej modernizacji oświetlenia drogowego jest ekspercka konsultacja dotycząca proponowanych rozwiązań zarówno na poziomie produktu jak i całego projektu.

W dobie opraw ze źródłami wyładowczymi (rtęciowe i sodowe) przyjmowało się dwa proste systemy „regulacji strumienia świetlnego”: obniżanie napięcia zasilającego do minimalnej granicy podtrzymującej wyładowanie w opraw oświetleniowych i powszechnie znana tzw. redukcja mocy. Obniżanie napięcia realizowane jest obwodowo, tak aby ostatnia oprawa oświetleniowa w obwodzie miała zagwarantowane świecenie. Redukcja mocy polega na użyciu stateczników pozwalających obsługiwać przy pomocy jednego urządzenia oprawy oświetleniowych w mocy nominalnej lub opcjonalnie w mocy zredukowanej o jeden stopień w typoszeregu mocy. Redukcja taka może odbywać się z użyciem dodatkowej żyły sterującej lub bez niej, w zależności od potrzeb. Przyjęta nazwa takiej redukcji – „na 50%”, zupełnie nie odpowiada rzeczywistości. Z uwagi na to, że skok w typoszeregu mocy jest mniejszy niż 50% a także z uwagi nie nieliniową zależność strumienia świetlnego i mocy czynnej opraw oświetleniowych, oszczędności są tu dużo mniejsze. Biorąc pod uwagę, że tryb zredukowany to około połowa całego czasu pracy, dodatkowe oszczędności z do tej pory stosowanych dla

opraw oświetleniowych sodowych metod mieszczą się w przedziale 10-20% w stosunku do zużycia energii dla instalacji operowanej w trybie „0/100%”. Po elektroniczne stateczniki z możliwością regulacji strumienia świetlnego do opraw oświetleniowych sodowych z w/w powodów technicznych sięgano do tej pory bardzo rzadko, co w dużej mierze jest uzasadnione, bo ani oszczędności energii ani komfort użytkowania nie są tu na odpowiednim poziomie.

Oprawy drogowe LED są przełomem w kwestii rozwoju systemów zarządzania oświetleniem. Łatwość w ich sterowaniu jest niesamowita. Płynna regulacja strumienia świetlnego, wzrost skuteczności świetlnej wraz ze spadkiem prądu zasilającego, brak inercji między sygnałem zadawczym a reakcją urządzenia, powszechność i prostota konstrukcji zasilaczy z możliwością regulacji strumienia świetlnego – wszystko to sprawia, że idea stosowania takiego zarządzania przynosi bardzo wymierne korzyści w oszczędzaniu energii elektrycznej i pieniędzy, utrzymaniu oraz komforcie użytkowania. System rozbudowany o urządzenia mierzące strumień pojazdów, stacje pogodowe czy czujniki natężenia oświetlenia może oszczędzić dodatkowo nawet 50% w stosunku do zużycia energii dla instalacji operowanej w trybie „0/100%”. W prostszej formie (bez płynnej regulacji strumienia świetlnego) używając regulacji skokowej (np. kilkustopniowa redukcja mocy) można wygenerować również bardzo istotne oszczędności w ilości zużytej energii elektrycznej, liczone do 35%.

Sam system zarządzania oświetleniem drogowym w podstawowej formie jest atrakcyjną inwestycją, ponieważ nie wymaga żadnych zmian w okablowaniu (standard komunikacji Powerline). Wymaga jedynie zakupu kontrolerów do wszystkich opraw oraz jednostki centralnej i stacji roboczej PC.

3.2. Wymagania ogólne dotyczące sporządzania audytów efektywności energetycznej

Forma audytu

Audyt efektywności energetycznej wykonać należy zgodnie z wymaganiami szczegółowymi opisanymi w Rozporządzeniu o audycie efektywności. W **Załączniku 1** zamieszczono obowiązujący wzór karty audytu efektywności energetycznej oraz przykładowy spis treści tego typu audytu

- a. Audyt powinien być sporządzony w języku polskim, w formie pisemnej, stosując oznaczenia graficzne i literowe określone w Polskich Normach lub inne oznaczenia graficzne i literowe objaśnione w legendzie audytu.
- b. Wszystkie strony (arkusze) audytu oraz załączniki powinny być oznaczone kolejnymi numerami.
- c. Audyt powinien być oprawiony w okładkę formatu A-4, w sposób uniemożliwiający zdekompletowanie.
- d. Audyt powinien zawierać stronę tytułową oraz kartę audytu wg. wzoru stanowiącego załącznik nr 1 do niniejszych wytycznych.

- e. Audyt powinien zawierać wykaz dokumentów, danych źródłowych oraz wytycznych, z których korzystał audytor przy jego sporządzaniu.

Audyt efektywności energetycznej jest dokumentem przygotowującym inwestycję a w przypadku gdy do wykonania inwestycji niezbędny jest projekt, audyt stanowi założenia i zawiera dane do projektu czyli jest to dokument wykonywany przed (ex ante) modernizacją.

W przypadku zrealizowanej inwestycji mogą być wykonywane audyty po modernizacji (ex post) czyli podsumowujące inwestycję po jej wykonaniu. Celem wykonywania audytu ex post jest stwierdzenie czy wykonana (działająca) inwestycja pozwala na osiąganie efektów energetycznych zaplanowanych w audycie ex ante. Gdy inwestycja zrealizowana została dokładnie tak jak zapisano w audycie ex ante wykonanie audytu ex post nie jest uzasadnione. W takim przypadku audyt ex post jest zastępowany dokumentem potwierdzającym zgodność wykonania inwestycji z audytem ex ante.

3.3. Audyt efektywności energetycznej – zawartość

Głównym aktem prawnym dotyczącym efektywności energetycznej jest Ustawa o efektywności energetycznej. Na podstawie art. 29 tej ustawy wydane zostało Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 roku w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. z 2017 roku, poz. 1912).

W Rozporządzeniu o audycie efektywności energetycznej zostały określone następujące elementy mające wpływ na audyt efektywności energetycznej:

1. szczegółowy zakres i sposób sporządzania audytu efektywności energetycznej;
2. wzór karty audytu – Załącznik nr 3 do rozporządzenia;
3. szczegółowy sposób i tryb wyrywkowej weryfikacji audytu, o której mowa w art. 26 ust. 1 ustawy o efektywności energetycznej;
4. dane i metody, które mogą być wykorzystywane przy określaniu i weryfikacji uzyskanych oszczędności energii – Załącznik nr 2 do rozporządzenia;
5. sposób sporządzania oceny efektywności energetycznej dostarczania ciepła, o której mowa w art. 25 ust. 3 ustawy o efektywności energetycznej – Załącznik nr 1 do rozporządzenia;
6. współczynniki sprawności procesów przetwarzania energii pierwotnej w energię finalną – Załącznik nr 4 do rozporządzenia;
7. sposób przeliczania jednostek energii na porównywalne jednostki – Załącznik nr 5 do rozporządzenia.”

W § 2 Rozporządzenia o audycie efektywności określone są zakresy wymaganych części audytu:

Część 1:

Ocena stanu technicznego oraz analiza zużycia energii przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, która powinna obejmować:

- a. inwentaryzację techniczną tego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, (w tym dane obiektu, ogólne dane techniczne, dokumentację lub opis techniczny obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji),
- b. wyniki pomiarów wielkości fizycznych i parametrów pracy obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji zawierające (czynniki wpływające na zużycie energii, charakterystykę sprzętu pomiarowego, dokumentację pomiarów i czas wykonywania),
- c. wyniki oszacowań zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację,
- d. ocenę błędów,
- e. uzgodnienie wyników pomiarów z oszacowaniami analitycznymi – w przypadku wykonania czynności, o których mowa w pkt. b i c,
- f. określenie czynników wpływających na zużycie energii przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację uwzględniając: usytuowanie budynku i jego zasiedlenia, warunki eksploatacyjne; całkowitą, bazową wielkość zużycia energii przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację (stanowi dane referencyjne dla planowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia lub przedsięwzięć tego samego rodzaju służących poprawie efektywności energetycznej),
- g. wykaz obowiązujących przepisów, norm, dokumentów i danych źródłowych oraz specjalistycznych opracowań w zakresie najlepszych dostępnych technologii lub dobrych praktyk wykorzystanych podczas wykonywania audytu;

Część 2:

Analiza efektów planowanych do uzyskania albo uzyskanych w wyniku realizacji przedsięwzięcia lub przedsięwzięć tego samego rodzaju służących poprawie efektywności energetycznej, stosownie do sposobu sporządzania audytu. Powinna ona obejmować:

- a. wskazanie przedsięwzięć tego samego rodzaju służących poprawie efektywności energetycznej, wraz z opisem usprawnień,
- b. określenie sposobu wykonania analizy danych, metod obliczeniowych i zastosowanych modeli matematycznych, opis użytych symboli, wskaźników i współczynników; wskazanie źródeł danych do obliczeń oszczędności energii,
- c. wyniki obliczeń, w szczególności średniorocznej oszczędności energii oraz łącznej redukcji kosztów eksploatacji obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, wraz z uzasadnieniem wyboru przedsięwzięcia,
- d. wykaz programów komputerowych użytych do obliczeń energetycznych,
- e. określenie podstawowych parametrów finansowych wraz z analizą wariantową wyboru najkorzystniejszego rozwiązania z uzasadnieniem.

Audyt efektywności energetycznej, rozpatrywany jako całościowy proces identyfikacji i oceny wykonalności techniczno-ekonomicznej inwestycji i jej efektów ma wspomagać działania zmierzające do obniżenia kosztów energii i obniżeniem presji środowiskowej. Koszty środowiskowe definiują gospodarkę energetyczną.

Audyt powinien określać:

- co warto modernizować, ażeby osiągnąć z tego korzyści,
- jakie zastosować rozwiązania techniczne, jakie materiały i urządzenia, jaką przyjąć kolejność realizacji,
- Jakie będą korzyści i efekty energetyczne, ekonomiczne oraz ekologiczne modernizacji.

Realizacja celów audytu energetycznego wymaga działań prowadzonych zgodnie z określoną kolejnością. Rzetelne wykonanie audytu jest wynikiem badania całości analizowanej instalacji oświetleniowej wraz z urządzeniami pomocniczymi i określenie możliwości podniesienia efektywności energetycznej oraz zmniejszenia kosztów użytkowania energii, a także określenie celowości podjęcia inwestycji modernizacyjnej. Audyt oświetlenia przestrzeni publicznej jest trudny, gdyż może być przeprowadzony na terenie bardzo rozległym (tj. na obszarze całych miast bądź nawet gmin).

Proces prowadzący do sporządzenia audytu efektywności energetycznej można podzielić na kilka etapów. Pierwszym etapem jest **inwentaryzacja** obejmująca zgromadzenie niezbędnego zbioru danych wraz z ich uporządkowaniem i oceną jakości – jest on kluczowy w wykonaniu bilansu energetycznego. Niezbędne jest wykonanie inwentaryzacji majątku oświetleniowego na terenie objętym zakresem modernizacji z uwzględnieniem opraw, słupów, punktów załączania, a także szaf oświetleniowych. Taka inwentaryzacja ma na celu przede wszystkim określenie liczby, parametrów i stanu technicznego wszystkich urządzeń oświetleniowych.

Wymagane elementy inwentaryzacji

Poprawnie przeprowadzone inwentaryzacja powinna zawierać co najmniej:

- nazwa miasta/gminy/dzielnicy,
- klasyfikacja klas oświetleniowych jezdni dróg oraz innych części drogi,
- analiza stanu technicznego słupów oświetleniowych,
- odległość między słupami,
- wysokość, rodzaj oraz moc zamontowanych opraw oświetlenia drogowego,
- długość wysięgnika,
- szerokość drogi, jej typ oraz rodzaj i stan nawierzchni,
- dane techniczne punktów zasilania,
- liczbę obwodów transformatora,
- analiza stanu i parametrów technicznych linii kablowych i napowietrznych,
- rodzaj i numer licznika,

- istnienie układu sterowania i realizowane funkcjonalności, istnienie harmonogramu pracy instalacji oświetlenia drogowego,
- lokalizację GIS słupów i innych elementów instalacji elektroenergetycznej i oświetleniowej,
- zdjęcia obrazujące stan instalacji elektroenergetycznej i oświetleniowej.
- wiedza o kosztach eksploatacyjnych całej instalacji i poszczególnych jej obwodów,
- informacja o spełnieniu wymagań oświetleniowych, zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie – **wykonanie (w zależności od kategorii obszarów oświetlenia przestrzeni publicznej) pomiarów wartości luminancji lub natężenia oświetlenia i sprawdzenie wyników pomiarów z wymaganiami norm EN 13201.**

Zakończeniem inwentaryzacji powinno być podsumowanie zawierające uwagi i wnioski na temat stanu technicznego instalacji elektrycznej i oświetleniowej.

W przypadku niezgodności z wymaganiami norm EN 13201 należy zlecić wykonanie wstępnych projektów oświetlenia używając opraw oświetleniowych co najmniej 3 producentów. Projekty wstępne należy wykonać w czterech wariantach: a) wykorzystując istniejącą instalację elektroenergetyczną – „wymiana opraw 1 do 1”, b) opracowując hipotetyczny wariant podstawowy z wykorzystaniem istniejących opraw ale w uzupełnieniu do wymagań normatywnych, c) proponując dostawienie, usunięcie lub zmianę lokalizacji latarni, d) całkowicie nowe rozmieszczenie słupów a także pozostałych elementów instalacji elektroenergetycznych (przewody/kable, szafki itp.).

Projekt wymiany oświetlenia obejmuje wymianę istniejących opraw oświetleniowych na oprawy ze źródłami LED o odpowiednich parametrach (mocy, optyki, rozsyłu światłości, budowy, konstrukcji) oraz zastosowanie układów sterowania; wykonanie kosztorysów i specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót. Projekt powinien być wykonany oddzielnie dla każdej sytuacji oświetleniowej i powinien zawierać:

- wymianę dotychczas eksploatowanych opraw oświetleniowych na oprawy ze źródłami LED;
- zastosowanie układu sterowania umożliwiającego efektywne sterowanie oświetleniem drogowym i redukcję mocy opraw przede wszystkim przy zmniejszonym natężeniu ruchu pojazdów, zmianie luminancji jezdni i jasności otoczenia. System sterowania powinien obejmować również monitoring funkcjonowania oświetlenia – szafek i pojedynczych opraw wraz z ich wizualizacją na mapie;
- utrzymanie zgodności parametrów oświetleniowych z wymaganiami norm EN 13201:2016;
- rozbudowę istniejących szaf oświetleniowych pod kątem przystosowania do nowych wymagań (np. zabezpieczenia przeciwprzepięciowe, sterowanie itp.);
- wykonanie obliczeń parametrów oświetleniowych dla przyjętych rozwiązań technicznych dla każdej sytuacji oświetleniowej przyjętej na drodze (w formie elektronicznej) i przyjętych klas oświetleniowych przed i po redukcji mocy;
- uwzględnienie prawidłowego doświetlenia przejść dla pieszych, zgodnie z wytycznymi

WR-D-41-4;

- opis metodologii i sposobu wykonania analizy danych, metod obliczeń i zastosowanych modeli, wzorów, wskaźników oraz współczynników użytych w tych obliczeniach;
- określenie kosztów eksploatacji systemu oświetleniowego po modernizacji w perspektywie rocznej oraz 10 letniej;
- sporządzenie szczegółowych specyfikacji technicznych wykonania i odbioru;
- opis możliwości sterowania poszczególnymi obwodami instalacji oświetleniowej (redukcja mocy, pory włączeń i wyłączeń);
- sporządzenie topologii instalacji oświetleniowej i panowanie nad jej modyfikacjami.
- planowanie rozbudowy, remontów i procesu konserwacji instalacji oświetleniowej,
- wariantowość rozwiązania w zależności od stanu instalacji elektrycznej, jej lokalizacji i potrzeb użytkowników drogi i terenów zewnętrznych,
- możliwość sprawowania logicznej kontroli nad rozproszoną instalacją oświetleniową w podmiocie ubiegającym się o dotacje.

Bilans energii

Kolejnym etapem jest sporządzenie zestawienia bilansu energii, który powinien dotyczyć roku uznanego za typowy a najlepiej zebrać informacje o zużyciu energii z okresu co najmniej dwóch ostatnich lat. Zebrane dane powinny również dotyczyć jednostkowych kosztów energii, wraz z dodatkową informacją o stosowanych taryfach opłat i umowach na dostawę energii oraz określenie mocy umownej (zamówionej) w stosunku do rzeczywistej zainstalowanej.

Modernizacja instalacji oświetleniowych drogowych zazwyczaj uwzględnia wymianę opraw oświetleniowych klasyfikowanych obecnie jako źródła światła. Oszczędność energii przy wymianie opraw oświetleniowych wyliczamy ze wzoru (1):

$$\Delta Q_0 = \frac{T_U(M_0 - M_1)}{1000} \quad (1)$$

gdzie:

ΔQ_0 – ilość zaoszczędzonej energii finalnej [kWh/rok],

T_U – czas użytkowania źródła światła [h/rok],

M_0 – łączna moc znamionowa istniejących (starych) opraw oświetleniowych [W],

M_1 – łączna moc znamionowa nowych opraw oświetleniowych po modernizacji [W].

Ponadto należy dokonać obliczenia wskaźnika gęstości mocy DP i rocznego wskaźnika zużycia energii DE.

Wskaźnik gęstości mocy dla analizowanego obszaru dla danego stanu pracy instalacji oświetleniowej oblicza się według wzoru:

$$D_P = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i \cdot A_i)} \quad (2)$$

gdzie:

D_P – wskaźnik gęstości mocy, [$W \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$];

P – moc instalacji oświetleniowej wykorzystywanej do oświetlenia rozważanego obszaru, [W];

\bar{E}_i – wartość średniego poziomego natężenia oświetlenia podobszaru „i-tego”, [lx];

A_i – pole powierzchni „i-tego” obszaru oświetlanego przez instalację oświetleniową, [m^2];

n – liczba oświetlanych obszarów.

Jeżeli wymagana klasa oświetlenia zmienia się w nocy i/lub w trakcie pór roku (na przykład obniżenie klasy oświetlenia z powodu zmniejszonego natężenia ruchu, zmian w środowisku wizualnym lub innych istotnych parametrów), gęstość mocy (DP) należy obliczyć oddzielnie dla każdej z klas oświetlenia. Alternatywnie, jeżeli w nocy lub w ciągu roku stosuje się wiele klas oświetlenia, gęstość mocy (DP) można obliczyć jako średnią z tego okresu. W obliczeniach należy wyraźnie wskazać założenia zastosowane do obliczenia gęstości mocy (DP) oraz sposób oszacowania tej wartości. Wartości wskaźnika gęstości mocy (DP) należy zawsze przedstawiać i stosować razem ze wskaźnikiem rocznego zużycia energii (DE) do oceny charakterystyki energetycznej danego systemu oświetleniowego.

Dla klas oświetlenia oparte na natężeniu oświetlenia (C i P) utrzymywane średnie poziome natężenie oświetlenia (E) stosowane do obliczenia gęstości mocy (DP) oblicza się zgodnie z wymaganiami normy EN 13201-3. W przypadku klas oświetlenia opartych na luminancji (M) utrzymywane średnie poziome natężenie oświetlenia (E) stosowane do obliczenia gęstości mocy (DP) jest średnią wartości natężenia oświetlenia obliczonych na tej samej siatce punktów, które są wykorzystywane do obliczania luminancji zgodnie z wymaganiami normy EN 13201-3.

Moc systemu (P) oblicza się na podstawie sumy mocy czynnej źródeł światła, osprzętu sterującego i wszelkich innych urządzeń elektrycznych (jednostki sterujące punktem świetlnym, wyłączniki, ogniwo fotoelektryczne (s) itp.), które są bezpośrednio związane z oświetleniem obszaru, który ma być oświetlony i zainstalowany w celu obsługi lub regulacji instalacji. Moc systemu (P) należy obliczyć dla całej instalacji oświetleniowej lub reprezentatywnego odcinka zastosowanego podczas projektowania oświetlenia według wzoru:

$$P = \sum_{k=1}^{n_{lp}} P_k + P_{ad} \quad (3)$$

gdzie:

P – całkowita moc systemu instalacji oświetleniowej lub jej reprezentatywnej części, [W];

P_k – moc czynna „k-tego” punktu oświetleniowego (źródło światła, osprzęt, wszelkie inne urządzenia, takie jak jednostka sterująca punktem oświetleniowym, wyłącznik lub

fotokomórka i komponent, które są związane z punktem oświetleniowym i niezbędne do jego działania), [W];

Pad – całkowita moc czynna wszystkich urządzeń nieuwzględnionych w Pk ale niezbędnych do działania instalacji drogowej, takich jak zdalny włącznik lub fotokomórka, kontroler scentralizowanego strumienia świetlnego lub scentralizowany system zarządzania itp. [W]. Jeżeli moc systemu jest obliczana dla reprezentatywnego obszaru, całkowita moc czynna Pad powinna być proporcjonalna do liczby opraw użytych do oświetlenia terenu – opraw zasilanych z urządzeń reprezentowanych przez Pad.

nlp – liczba punktów oświetleniowych związanych z instalacją oświetleniową lub reprezentatywną sekcją, w zależności od tego, która z tych wartości jest używana w obliczeniach.

Jeżeli źródła światła (i inne urządzenia elektryczne) pracują ze stałą mocą, moc tę należy wykorzystać do obliczenia mocy systemu (P). Jeżeli klasa oświetlenia zmienia się w nocy i/lub w określonych porach roku (na przykład obniżenie klasy oświetlenia w nocy z powodu zmniejszonego natężenia ruchu, zmian w otoczeniu wizualnym lub innych istotnych parametrów), moc systemu (P) odpowiadająca wymaganemu oświetleniu klasa w tym okresie powinna być obliczona.

W przypadku gdy strumień świetlny źródła światła zmienia się w celu skompensowania zmian strumienia świetlnego w całym okresie eksploatacji źródeł światła (na przykład źródła światła wykorzystują sterowniki o stałej wartości strumienia świetlnego), średnia moc systemu związana z tymi zmianami powinna być użyta do obliczenia gęstości mocy (DP).

Jeżeli obliczenia dla klasy oświetlenia głównego opierają się na pojedynczym obliczeniu dla odcinka drogi, tj. dla typowego rozmieszczenia i rozstawu, to w obliczeniach mocy systemu (P) uwzględnia się sumę mocy wszystkich opraw i mocy elektrycznej urządzenia (urządzenia) związane z oprawami, punktami i segmentami oświetleniowymi, które znajdują się wewnątrz i na krawędziach obszaru obliczeniowego właściwego dla tego typowego układu, zgodnie z wymaganiami normy EN 13201-3.

Jeżeli obliczenia przeprowadza się dla obszaru o nieregularnym kształcie, obliczenie mocy systemu (P) obejmuje sumę mocy każdej oprawy i urządzeń elektrycznych związanych z oprawami, punktami oświetleniowymi i segmentami, które są potrzebne do oświetlenia obszaru.

Moc systemu (P) nie powinna obejmować mocy związanej z urządzeniami niesłużącymi do realizacji funkcji oświetleniowej, nawet jeśli są podłączone do tej samej sieci. Typowymi przykładami są podświetlane reklamy i świeteczne oświetlenie.

Obszar użyty do obliczenia wskaźnika gęstości mocy (DP) musi być identyczny z obszarem wykorzystywanym w projektowaniu oświetlenia do obliczania parametrów oświetlenia zgodnie z wymaganiami normy EN 13201-2 i opisanymi w normie EN 13201-3.

Jeśli jezdnia drogi nie jest otoczona innymi obszarami (na przykład inną jezdnią, chodnikiem, ścieżką rowerową lub parkingami itp., które mają swoje własne, określone wymagania dotyczące oświetlenia), współczynnik oświetlenia krawędziowego (EIR) jest obliczany zgodnie z EN 13201-2 otaczające obszary wykorzystywane do obliczania EIR nie są uwzględniane przy obliczaniu wskaźnika gęstości mocy.

Roczne zużycie energii elektrycznej przez instalację oświetlenia drogowego zależy od:

- okres czasu, na jaki zapewnione jest oświetlenie,
- klasa oświetlenia określona przez odpowiednią normę oświetleniową dla każdego okresu oświetlenia,
- sprawność instalacji oświetleniowej przy zapewnieniu niezbędnego oświetlenia na każdy okres,
- sposób, w jaki system zarządzania oświetleniem podąża za zmianą potrzeb wizualnych użytkowników dróg,
- pasożytnicze zużycie energii przez urządzenia oświetleniowe w okresie, gdy oświetlenie nie jest potrzebne.

Do celów porównania i monitorowania charakterystyki energetycznej instalacji oświetleniowej wskaźnik zużycia energii uwzględnia roczne skumulowane zużycie energii przez oświetlenie drogowe oświetlające ulicę lub teren publiczny, jednak rzeczywiste potrzeby oświetleniowe mogą zmieniać się w ciągu roku z następujących powodów:

- sezonowe wahania godzin dziennych i nocnych: zależy to od położenia geograficznego obszaru,
- zmieniające się warunki pogodowe, które wpływają na postrzeganą wydajność wizualną (np. sucha lub mokra nawierzchnia drogi),
- zmieniające się natężenie ruchu na ulicy lub w obszarze publicznym w nocy (tj. różne schematy czasowe użytkowania, takie jak zwiększone użytkowanie w „godzinach szczytu”) lub w następstwie fluktuacji aktywności społecznej (np. terminy szkolne, okresy świąt państwowych),
- zmieniająca się funkcjonalność ulicy lub obszaru publicznego (tj. drogi są zamykane na pewien czas lub zamieniane w strefy dla pieszych w okresach świątecznych).

Wskaźnik rocznego zużycia energii (AECI) oblicza się według następującego wzoru:

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A} \quad (4)$$

gdzie:

D_E roczny wskaźnik zużycia energii dla instalacji oświetlenia drogowego, [Wh m⁻²];

P_j jest mocą czynną związaną z j-tym okres eksploatacji, [W];

t_j to czas trwania j-tego okresu pracy, gdy moc P_j zużywa się w ciągu roku [h];

A to wielkość obszaru oświetlanego przez ten sam układ oświetleniowy, [m²];

m jest liczbą okresów o różnej mocy czynnej P_j . m uznają również okres za zakończony której zużywana jest energia spoczynkowa. Okres ten byłby na ogół czasem, w którym oświetlenie nie działa, tj. godzinyienne i okresy nocne, kiedy oświetlenie nie jest włączone.

Jeżeli strumień świetlny źródła światła ma być stały, ale pobór mocy przez to źródło światła (lub inne urządzenia elektryczne) zmienia się w czasie (na przykład w przypadku zastosowania sterowników o stałym strumieniu świetlnym, średni pobór mocy w przewidywanym okresie użytkowania należy uwzględnić w obliczeniach. W obliczeniach należy wyraźnie wskazać założenia dotyczące okresu użytkowania zastosowane do obliczenia średniego zużycia oraz sposób oceny tej wartości.

Roczny wskaźnik zużycia energii (DE) należy zawsze przedstawiać i stosować wraz z wartościami wskaźnika gęstości mocy (DP) do oceny charakterystyki energetycznej danego systemu oświetleniowego.

Wybrany wariant realizacji – działania powinien:

- wynikać z audytu oświetleniowego oraz musi być podane uzasadnienie dla przyjętego rozwiązania.
- zapewnić wykonalność techniczną (w tym: poprawny dobór technologii zapewniający trwałość rzeczową inwestycji, realistyczny harmonogram wdrażania rozwiązania).
- wykazać efekt ekologiczny (w tym: wiarygodność założeń i danych, efekt ekologiczny możliwy do osiągnięcia i możliwy do utrzymania w ciągu 5 lat po zakończeniu przedsięwzięcia),
- zawierać analizę kosztów (w tym: nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne oszacowane w oparciu o wiarygodne dane i racjonalne założenia).

Miarą selekcji rozwiązania oświetleniowego jest efektywność kosztów opisywana wskaźnikiem DGC, czyli dynamicznym kosztem jednostkowym równym cenie, która pozwala na uzyskanie zdyskontowanych przychodów, równych zdyskontowanym kosztom. Innymi słowy wskaźnik DGC pokazuje, jaki jest techniczny koszt uzyskania jednostki efektu ekologicznego. Koszt ten jest wyrażony w złotych na jednostkę efektu ekologicznego. Im niższa jest wartość wskaźnika, tym przedsięwzięcie jest bardziej efektywne. Wskaźnik DGC wylicza się z zależności (4):

$$DGC = p_{EE} = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{KIt - \Delta KE_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{t=n} \frac{EE_t}{(1+i)^t}} \quad (4)$$

gdzie:

KIt – kwalifikowane koszty inwestycyjne poniesione w danym roku – t; ΔKE_t – różnica kosztów eksploatacyjnych ponoszonych przed modernizacją i poniesionych w danym roku – t (koszty eksploatacyjne przed modernizacją dotyczą roku poprzedzającego rozpoczęcie prac modernizacyjnych przynoszących oszczędności); i – stopa dyskontowa (w postaci ułamka dziesiętnego); t – rok, przyjmuje wartości od 0 do n, gdzie 0 jest rokiem, w którym ponoszone są pierwsze koszty, natomiast n jest ostatnim rokiem działania instalacji; EE_t – miara efektu ekologicznego w jednostkach fizycznych uzyskiwanego w poszczególnych latach (w tym przypadku jest on sprowadzony do redukcji CO₂); p_{EE} – cena za jednostkę fizyczną efektu ekologicznego (EE - efekt ekologiczny powinien zostać sprowadzony do redukcji emisji dwutlenku węgla).

Koszty kwalifikowane KI związane są z takimi elementami struktury finansowej jak:

- prace przygotowawcze (w tym koncepcje techniczne, audyty, raport o oddziaływaniu na środowisko, projekty budowlane i wykonawcze);
- koszt nabycia lub koszt wytworzenia nowych środków trwałych (sprzętu oświetleniowego i innego);
- koszt montażu i uruchomienia środków trwałych; - koszt nabycia materiałów lub robót budowlanych;
- nabycie wartości niematerialnych i prawnych dotyczących zarządzania oświetleniem, np. oprogramowanie komputerowe, licencje;

- koszty utylizacji zdemontowanych elementów oświetlenia (np. rtęciowych źródeł światła);
- koszt nadzoru.

Do kosztów eksploatacyjnych KE należy zaliczyć koszty poniesione na energię elektryczną (za energię zużytą, opłaty stałe, za moc zamówioną, inne opłaty) oraz koszty związane z utrzymaniem inwestycji (koszty usług serwisowych, konserwacji, ubezpieczenia i innych). Dla energii elektrycznej pochodzącej z polskiej sieci elektroenergetycznej, wskaźniki emisji obliczane dla danego roku rozliczeniowego podawany są w [25]. Należy więc efekt ekologiczny odnieść do zaoszczędzonej energii elektrycznej, czyli redukcji CO₂ i pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} wynikającej z modernizacji systemu oświetleniowego. W ten sposób można również wyliczyć procent redukcji zanieczyszczeń atmosfery będący wynikiem realizacji energooszczędnego systemu oświetleniowego.

Dokonana analiza pozwoli na wybór działań usprawniających użytkowanie energii, przy wykorzystaniu informacji uzyskanych wcześniej oraz na podstawie otrzymanych wyników obliczeń.

Etap ten jest realizowany głównie w trzech krokach:

- określenie przedsięwzięć racjonalizujących użytkowanie energii,
- analiza możliwości technicznych wykonania przedsięwzięć,
- analiza wpływu proponowanych przedsięwzięć na warunki środowiska pracy i środowisko zewnętrzne.

Można wyróżnić trzy podstawowe rodzaje działań prowadzących do zmniejszenia zużycia energii:

- bezpośrednie przedsięwzięcia oszczędnościowe, czyli np. zmniejszenie liczby punktów świetlnych (wymiana 1 do 1 z zastosowaniem opraw oświetleniowych o odpowiednich krzywych rozsyłu światłości pozwalających na zmniejszenie liczby punktów świetlnych) lub też całkowita przebudowa instalacji oświetleniowej. Przedsięwzięcie to w przypadku oświetlenia drogowego jest trudne do zrealizowania, ponieważ wiązałoby się ze zmianą punktów posadowienia słupów oświetleniowych oraz pozostałych elementów instalacji elektroenergetycznych. Z punktu widzenia ustawy prawo budowlane, należałoby dokonać stosownych uzgodnień, wykonać projekt budowlany oraz rozpocząć procedurę administracyjną;
- odzyskiwanie energii - mogą to być systemy redukcji mocy, kompensatory, - propozycja zastosowania narzędzi pozwalających w zależności od potrzeb zmniejszać zużycie energii. W zależności od możliwości finansowych mogą to być skomplikowane systemy inteligentnego sterowania oświetleniem ulicznym lub proste reduktory montowane w oprawie;
- substytucja nośników energii (zastępowanie droższych nośników energii tańszymi) – w przypadku oświetlenia drogowego sama zamiana nośnika energii jest raczej niewykonalna (pomijając pojedyncze rozwiązania oświetleniowe w postaci zasilania z instalacji fotowoltaicznej). Natomiast należy wziąć pod uwagę zasadę dostępu strony trzeciej (TPA), która zgodnie z zapisem w art. 18 ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo energetyczne, umożliwia właścicielowi instalacji oświetleniowej, służącej do wykonywania zadań gminy, kupowanie energii bezpośrednio w wybranym przedsiębiorstwie wytwarzającym dany nośnik energii.

Po zakończeniu procesu audytu otrzymuje się także takie informacje jak:

- obecny stan wiedzy o nowoczesnym sprzęcie oświetleniowym i systemach regulacji oraz sterowania,
- propozycję modernizacji oświetlenia oraz plan takiej modernizacji,
- szczegółową analizę techniczną optymalizacji kosztów oświetlenia,
- szacowany kosztorys zmian.

3.4. Uwagi dotyczące sporządzania audytów

Audyt sporządza się zgodnie z metodyką określoną w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii. Modernizowany zbiorczy obiekt oświetleniowy, czyli zespół opraw oświetleniowych użytkowanych w przestrzeni publicznej wraz z ich sterowaniem, powinien dążyć do spełnienia wymogów zgodności z normą PN EN 13201.

Norma oświetlenia PN-EN 13201 podzielona została na pięć części :

Część - 1 - wybór klas oświetlenia

Część - 2 - wymagania oświetlenia

Część - 3 - obliczenia oświetlenia

Część - 4 - metody pomiarów oświetlenia

Część - 5 - wskaźniki efektywności energetycznej

Zgodnie z PN EN CEN_TR-13201-1 określa się klasy oświetlenia dla poszczególnych regularnych odcinków dróg i ulic. Badanie sytuacji oświetleniowych przeprowadza się dla poszczególnych ulic podmiotu w celu sprawdzenia (obliczeniowego), czy zostaną zachowane podane w normie 13201-1 i 13201-2 parametry oświetleniowe ulic. Dla wykonania obliczeń fotometrycznych wykorzystuje się możliwości programu do symulacji np. oprogramowanie DIALUX z uwzględnieniem uśrednionych wartości geometrii dróg i parametrów konstrukcji wsporczych dla opraw oświetlenia jak wysokość i położenie słupa, parametry wysięgnika czy rozstaw pomiędzy słupami oświetleniowymi.

W audycie efektywności energetycznej należy przedstawić obliczone wartości emisji CO₂ oraz pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} i redukcję tych zanieczyszczeń. Obliczenia należy wykonać wykorzystując źródło [32] wymienione w pkt 1 niniejszego opracowania. Należy stosować do obliczeń:

- emisji dla energii elektrycznej – poz. [32] pkt 1; *KOBiZE, wskaźniki emisji - energia elektryczna*
https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/wskaźniki_emisji_nosci/Wska%C5%BAniki_emisyjno%C5%9Bci_dla_energii_elektrycznej_grudzie%C5%84_2022.pdf

4. Weryfikacja audytów

4.1. Weryfikacja audytu efektywności energetycznej

Weryfikacja audytu efektywności energetycznej polega na sprawdzeniu w szczególności:

- a. Spełnienia wymagań, o których mowa w art. 25 ustawy o efektywności energetycznej
- b. Prawdliwości oceny stanu technicznego oraz analizy zużycia energii przez obiekt, urządzenie techniczne lub instalację będących przedmiotem audytu;
- c. Poprawność opisu możliwych rodzajów przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej oraz oceny opłacalności ekonomicznej tych przedsięwzięć, a także możliwości do uzyskania oszczędności energii;
- d. Prawdliwość analizy efektów planowanych do uzyskania w wyniku wdrożenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej, w szczególności określenia średniorocznej oszczędności energii (uzasadnione moce i czasy pracy urządzeń technologicznych z uwzględnieniem wydajności nowych urządzeń);
- e. Dokumentowania parametrów modernizowanych urządzeń, linii technologicznych, instalacji w stanie istniejącym i po modernizacji
- f. Prawdliwość wykonanych obliczeń efektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych.

W **Załączniku nr 2** zamieszczono kartę weryfikacyjną audytu efektywności energetycznej.

4.2. Weryfikacja efektów

Potwierdzeniem uzyskania efektów zaplanowanych w audycie efektywności energetycznej (ex ante) jest złożenie przez Inwestora dokumentów wymienionych w pkt a i b lub a, c i d (omówionych poniżej) zależnie od tego czy inwestycja została przeprowadzona dokładnie wg audytu ex ante, czy były wprowadzane zmiany. Dokumenty wymagane w obu sytuacjach opisano poniżej:

- a. Potwierdzenie osoby odpowiedzialnej (uprawnionej, np. projektanta) o zgodności projektu budowlanego z pozytywnie zweryfikowanym audytem efektywności energetycznej dołączonym do wniosku o pożyczkę (tj. audytem ex ante).
- b. Potwierdzenie osoby odpowiedzialnej (uprawnionej, np. projektanta/inspektora nadzoru inwestorskiego), że przedsięwzięcie zrealizowane zostało zgodnie z projektem budowlanym; w przypadku, gdy przedsięwzięcie poprawiające efektywność energetyczną zostało wykonane zgodnie z pozytywnie zweryfikowanym audytem efektywności energetycznej (ex ante), nie występuje wówczas konieczność wykonywania audytu ex post, chyba że taki obowiązek wynika z Metryki Instrumentu Finansowego.

albo

- c. Informacja/zaświadczenie osoby odpowiedzialnej (uprawnionej, np. projektant/inspektor nadzoru inwestorskiego) o zmianach dokonanych podczas przeprowadzania inwestycji w stosunku do założeń audytu efektywności energetycznej (tj. audytu ex ante); w przypadku, gdy przedsięwzięcie poprawiające efektywność energetyczną zostało wykonane niezgodnie z audytem ex ante konieczne jest wykonanie audytu efektywności energetycznej ex post. W w/w informacji/zaświadczeniu powinny być wymienione wszelkie zmiany w inwestycji w stosunku do założeń pozytywnie zweryfikowanego audytu efektywności energetycznej ex ante.
- d. Audyt ex post – zgodnie z pkt c, tj. w przypadku wystąpienia rozbieżności w zakresie wykonanych prac, czy przyjętych rozwiązań, mogących potencjalnie spowodować pogorszenie efektów energetyczno-ekologicznych, bądź gdy Metryka Instrumentu Finansowego wymaga obligatoryjnego złożenia audytu ex post w ramach weryfikacji efektów zrealizowanego przedsięwzięcia.

Audyt efektywności energetycznej ex post wykonuje się analogicznie do audytu ex ante lecz z pominięciem wariantowości wykonania poszczególnych usprawnień. Audyt ex post dotyczy wyłącznie ostatecznie przyjętego w audycie ex ante wariantu realizacyjnego inwestycji modernizacyjnej. W audycie ex post należy przyjmować jako parametry charakteryzujące obiekt, urządzenie technologiczne lub instalację, rzeczywiste dane obiektu, urządzenia, instalacji (na przykład z kart katalogowych, dokumentacji techniczno-ruchowej, dokumentacji powykonawczej itp.). W podsumowaniu audytu ex post należy porównać uzyskane wskaźniki, wyznaczone dla wykonanej inwestycji ze wskaźnikami wyznaczonymi i zapisanymi w audycie ex ante.

Potwierdzenia dotyczące wykonania przedsięwzięcia zgodnie z założeniami audytu ex ante (pkt 4.2 a i b) lub informacja o zmianach w zakresie inwestycji w stosunku do zakresu wynikającego z audytu ex ante (pkt 4.2 c) oraz audyt ex post (pkt 4.2 d) stanowią podstawę weryfikacji przez Partnera Finansującego osiągnięcia celu przedsięwzięcia na etapie rozliczania pożyczki i poniesionych przez Ostatecznego Odbiorcę wydatków.

Załącznik 1 Karta i spis treści przykładowego audytu efektywności energetycznej

WZÓR KARTY AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ		Data wykonania	
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej			
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:			
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):			
Dane podmiotu lub podmiotu upoważnionego u którego będzie realizowane/zostało zrealizowane* przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL albo nazwa):			
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**:	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**:	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:	
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej			
Średnioroczna oszczędność energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:**		[kWh/rok]	[toe/rok]
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**		[kWh/rok]	[toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej:***		[kWh/rok]	[toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:**		[kWh/rok]	[toe/rok]
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej			
Imię i nazwisko:			
Nr telefonu:			
Podpis:			

*W przypadku przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej jeszcze niezrealizowanego.

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

***Na podstawie wskaźników emisji CO₂ zawartych w tabeli nr 2 w załączniku nr 1 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 września 2008 r. w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnotowym systemem handlu uprawnieniami do emisji (Dz. U. Nr 183, poz. 1142) oraz publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za dany rok.

Audyt oświetlenia przestrzeni publicznej powinien składać się z:

- a) analizy stanu istniejącego na podstawie w/w inwentaryzacji,
 - oprawy oświetlenia ulicznego,
 - słupy,
 - kable i przewody sieci napowietrznej,
 - stacje transformatorowe i szafy sterowania oświetleniem ulicznym.
- b) doboru nowych opraw z uwzględnieniem wymogów w oparciu o kategorie dróg ze wskazaniem co najmniej 3 różnych i niezależnych producentów opraw (zaakceptowanych przez Zamawiającego),
- c) porównanie opcji zamierzenia inwestycyjnego w odniesieniu do efektywności energetycznej:
 - opcja 1 – wymiana istniejących opraw (oprawy bez redukcji mocy),
 - opcja 2 – wymiana istniejących opraw (oprawy z redukcją mocy),
 - opcja 3 – wymiana całej instalacji wraz ze sterowaniem (oprawy z dynamiczną redukcją mocy).
- d) tabelarycznego zestawienia stanu istniejącego, stanu projektowanego, analizy ekologicznej przed i po modernizacji,
- e) obliczeń fotometrycznych – projekt oświetlenia,
- f) szczegółowa analiza wyników pomiarów oświetlenia dróg i ulic w odniesieniu do wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową,
- g) kart katalogowych i raportów z badań proponowanych opraw,
- h) analiza techniczno-technologiczna proponowanych opraw,
- i) analizę pod kątem mocy biernej z uwzględnieniem jej kompensacji w punktach sterujących,
- j) karty audytu efektywności energetycznej,
- k) analiz finansowych – parametrów aktualnie zawartych umów oraz dostaw energii elektrycznej,
- l) kosztorysu inwestorskiego,
- m) analizy możliwości obniżenia i czasu obowiązywania poszczególnych klas oświetleniowych na danym obszarze na podstawie informacji o ruchu drogowym.

Projekt fotometryczny:

- A. zgodny z aktualnie obowiązującą normą EN 13201, wykonany we wskazanych czterech wariantach dla co najmniej opraw oświetleniowych 3 różnych producentów.
- B. w przypadku, kiedy nie będzie możliwe spełnienie normy (np. zbyt duże odległości pomiędzy słupami) zostanie zaproponowana konfiguracja, która jest zbliżona do normy (ale jej nie spełnia),
- C. wykonanie projektu fotometrycznego z uwzględnieniem redukcji o jedną i dwie klasy oświetleniowe, dla trzech producentów. Dla jednej sytuacji oświetleniowej wymagane

jest przekazanie 9 różnych projektów fotometrycznych (3 producentów * 3 klasy oświetleniowe) z uwzględnieniem zapisów dla różnych wariantów.

W ramach topologii instalacji oświetleniowej powinna być wykonana platforma informatyczna zawierająca dane inwentaryzacyjne i projektowe do zarządzania oświetleniem w formie cyfrowej Bazy Danych obiektów w systemie GIS.

Baza danych powinna obejmować:

a) punkty świetlne:

- unikalny identyfikator latarni,
- lokalizacja GIS posadowienia słupa tj. długość i szerokość geograficzna w systemie odniesienia WGS84 EPSG:4326,
- wysokość słupa oświetleniowego,
- odległość między słupami,
- odległość słupa od krawędzi jezdni,
- wysokość mocowania oprawy oświetleniowej,
- długość wysięgnika,
- rodzaj oprawy,
- liczba opraw na słupie.

b) atrybuty dotyczące drogi:

- nawierzchnia (asfalt, grunt, kostka...),
- szerokość drogi,
- klasa oświetleniowa (wg aktualnie obowiązującej normy).

c) szafki sterujące SON:

- jednolity, niepowtarzalny numer skrzynki sterującej,
- lokalizacja GIS tj. długość i szerokość geograficzna w systemie odniesienia WGS84 EPSG:4326.

Wymagania dotyczące platformy internetowej:

a) edytowalna, interaktywna mapa elektroniczna, dostępna na stronie internetowej za pomocą przeglądarki internetowej bez konieczności instalacji dodatkowego oprogramowania, z uwzględnieniem możliwości wyświetlania i edycji następujących informacji:

- punkty świetlne (położenie geograficzne posadowienia słupa, odległość od krawędzi jezdni, wysokość, azymut wysięgnika, długość wysięgnika, nachylenie wysięgnika, kąt montażu oprawy, nachylenie oprawy, typ oprawy, moc oprawy, etykieta słupa, etykieta szafki sterującej, oznaczenie punktu zasilania/szafki oraz obwodu zasilającego),
- oświetlane obszary (nazwa drogi, typ drogi, współczynnik Q0 nawierzchni, liczba pasów jezdni, szerokość pasa, szczegółowa geolokalizowana geometria drogi, dopuszczalna prędkość, natężenie ruchu, uczestnicy ruchu, rozdzielanie pasów, gęstość skrzyżowań, obecność zaparkowanych samochodów, oświetlenie tła,

trudność nawigacji, klasa oświetleniowa, informacja o chodnikach: strona prawa/ lewa, szerokość, odległość, geolokalizacja przejść dla pieszych),

- automatyczny podział obszarów na segmenty oświetleniowe, jednorodne pod względem geometrii (szerokość drogi, liczba pasów, kształt), wymagania oświetleniowe (klasa oświetleniowa) oraz charakterystyka infrastruktury (odstęp słupów, układ geometryczny, itd.), z wyróżnieniem obszarów specjalnych takich jak przejścia dla pieszych oraz wymaganych obszarów przejściowych,
 - przypisanie opraw do oświetlanych przez nie obszarów z możliwością łatwej, wizualnej zmiany przypisania oraz funkcjami automatycznie przypisującymi oprawy do pobliskich obszarów i vice versa z możliwością korekty ręcznej,
 - udostępniona aplikacja powinna umożliwić użytkownikowi edycję danych w zakresie:
 - modyfikacji przebiegu dróg, poprzez edycję ścieżki wektorowej bezpośrednio na mapie,
 - łatwą modyfikację szerokości segmentów drogowych w sposób wizualny, bez konieczności edycji obwiedni wielokątów,
 - tworzenia nowych segmentów liniowych (drogowych) oraz takich o dowolnym kształcie,
 - dzielenia i łączenia segmentów drogowych w celu wydzielenia odcinków o odrębnej charakterystyce lub powiązania sąsiadujących odcinków o zbliżonych parametrach,
 - dodawania, zmiany położenia oraz usuwania słupów oraz przyporządkowanych do nich wysięgników i opraw oświetleniowych,
 - przypisywania i usuwania przypisania opraw do poszczególnych segmentów w sposób wizualny, bezpośrednio na mapie,
 - wiązania opraw w grupy, np. w celu określenia szeregu opraw oświetleniowych, które ze względów wizualnych powinny mieć zbliżoną geometrię i/lub typy opraw, przypisywania segmentów do grup, pozwalających wydzielić na zainicjalizowanym obszarze te segmenty które są objęte poszczególnymi planami inwestycyjnymi,
 - automatycznego przypisania wybranej oprawy/opraw do najbliższego jej/im segmentu,
 - automatycznego przypisania do segmentu opraw znajdujących się w podanej od niego odległości (np. 10 metrów),
 - wyświetlania co najmniej dwóch podkładów mapowych (np. Google Maps, Google Satellite, OSM, Bing).
- b) aplikacja powinna pozwolić na eksport danych do postaci arkusza kalkulacyjnego w celu sporządzania zestawień i raportów dot. infrastruktury oświetleniowej,
- c) możliwość prezentacji projektu fotometrycznego po wybraniu segmentu na mapie,
- d) dostęp do platformy elektronicznej:
- wdrożenie platformy,

- dostęp jest możliwy jedynie z wykorzystaniem odpowiednich danych dostępowych tj. nazwy użytkownika i hasła,
- wymagane jest zapewnienie różnych poziomów dostępu definiowanych dla każdego użytkownika z osobna m.in. pełny dostęp oraz dostęp tylko do odczytu.

e) udostępnienie aplikacji:

- aplikacja winna być udostępniona przez Wykonawcę na zasobach Wykonawcy,
- aplikacja typu Open Source (otwarte oprogramowanie) z dostępem nieograniczonym czasowo.

Przykładowe tabele

Tabela 2. Zestawienie modernizowanych punktów świetlnych z rzeczywistym poborem mocy przed modernizacją i po modernizacji

<i>Lp.</i>	<i>Nr punktu</i>	<i>Istniejąca oprawa</i>	<i>Rzeczywista moc oprawy [W]</i>	<i>Moc oprawy po modernizacji [W]</i>	<i>Uwagi</i>
1.					

Regulacje prawne, specyficzne dla oświetlenia drogowego

Analiza wyników wykonanych obliczeń fotometrycznych metodą komputerową – program DIALux

Projekty doboru opraw wykonane w programie DIALUX

Warianty modernizacji oświetlenia drogowego

Tabela 3. Zestawienie mocy (przykład)

STAN BAZOWY			
	Oprawy ze źródłami wyładowczymi		
MOC NOMINALNA OPRAWY	LICZBA	SUMA MOCY NOMINALNEJ OPRAW	ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW
[W]	[szt.]	[W]	[kW]
...
...
MOC NOMINALNA OPRAWY	LICZBA	SUMA MOCY NOMINALNEJ OPRAW	ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW
[W]	[szt.]	[W]	[kW]
...
...

Tabela 4. Zestawienie zużywanej energii elektrycznej

STAN BAZOWY			
	Oprawy ze źródłami wyładowczymi		
ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW	LICZBA	CZAS EKSPLOATACJI	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ
...
...
ŁĄCZNA MOC CAŁKOWITA OPRAW	LICZBA	CZAS EKSPLOATACJI	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

...
...

Charakterystyka opraw LED oraz opis techniczny minimalnych parametrów jakościowych modernizowanych opraw

Wariant I – wymiana opraw ze źródłami wyładowczymi na oprawy w technologii LED

Tabela 5. Porównanie wartości mocy stan projektowany (bez redukcji)

Oprawy ze źródłami LED			
MOC CAŁKOWITA OPRAWY	LICZBA	SUMA MOCY NOMINALNEJ OPRAW	ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW
[W]	[szt.]	[W]	[kW]
...
...
bez redukcji			...

Wariant II – wymiana opraw ze źródłami wyładowczymi na oprawy w technologii LED z redukcją mocy

Tabela 6. Porównanie wartości mocy stan projektowany (z redukcją)

Oprawy ze źródłami LED			
MOC CAŁKOWITA OPRAWY	LICZBA	SUMA MOCY NOMINALNEJ OPRAW	ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW
[W]	[szt.]	[W]	[kW]
...
...
z redukcją			...

Ocena różnych wariantów

Tabela 7. Porównanie wartości zużycia energii elektrycznej

	Oprawy ze źródłami LED			
MOC CAŁKOWITA OPRAWY	LICZBA	ŁĄCZNA MOC NOMINALNA OPRAW	CZAS EKSPLOATACJI	ZUŻYCIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ
[W]	[szt.]	[W]	[h]	[kWh]
...
...
	bez redukcji	...	...	...
	z redukcją	...	...	...

Analiza oddziaływania na środowisko, kalkulacja efektu ekologicznego dla wybranego na podstawie audytu wariantu

Obliczenia

Tabela 8. Przedstawienie zużycia energii i wielkość emisji CO₂ przed modernizacją

Stan Bazowy					
MOC OPRAWY	LICZBA	Suma mocy	CZAS ŚWIECENIA	Zużycie energii [kWh]	Emisja CO ₂
...
...
			SUMA	...	...

Tabela 9. Przedstawienie zużycia energii i wielkość emisji CO₂ po modernizacji

Stan po modernizacji					
<i>MOC OPRAWY</i>	<i>LICZBA</i>	<i>Suma mocy z redukcją</i>	<i>CZAS ŚWIECENIA</i>	<i>Zużycie [kWh]</i>	<i>Emisja CO2</i>
...
...
			SUMA	...	...

Tabela 10. Założenia do obliczeń

Ilość godzin świecenia w ciągu roku		
<i>roku</i>	<i>miesiącu</i>	<i>na dobę</i>
...

Tabela 11. Koszty związane z zużyciem energii elektrycznej przed modernizacją

Zużycie energii [kWh]	Koszt [kWh]*	Koszt oświetlenia
...
...
Suma		...

Tabela 12. Koszty związane z zużyciem energii elektrycznej po modernizacji

Zużycie energii [kWh]	Koszt [kWh]*	Koszt oświetlenia
...
...
Suma		...

Tabela 13. Efekt ekologiczny – wielkości emisji CO₂ i procentowa redukcja

<i>Emisja CO₂ [Mg]</i>	...
<i>Emisja CO₂ Po modernizacji [Mg]</i>	...
<i>Redukcja emisji [%]</i>	...

Tabela 14. Efekt ekologiczny – wielkość emisji pyłów PM₁₀ i procentowa redukcja

<i>Emisja pyłu PM₁₀ [Mg]</i>	...
<i>Emisja pyłu PM₁₀ pPo modernizacji [Mg]</i>	...
<i>Redukcja emisji [%]</i>	...

Tabela 15. Efekt ekologiczny – wielkość emisji pyłów PM_{2,5} i procentowa redukcja

<i>Emisja pyłu PM_{2,5} [Mg]</i>	...
<i>Emisja pyłu PM_{2,5} po modernizacji [Mg]</i>	...
<i>Redukcja emisji [%]</i>	...

Tabela 16. Określenie wartości wskaźników

<i>Oszczędność energii przy wymianie opraw oświetleniowych</i>			
T_U	M_0	M_1	ΔQ_0
[h/rok]	[W]	[W]	[kWh/rok]
...
<i>Wskaźnik gęstości mocy</i>			
P	\bar{E}_l	A_i	D_P
[W]	[lx]	[m ²]	[W·lx ⁻¹ ·m ⁻²]
...
<i>Wskaźnik rocznego zużycia energii</i>			
P	t_j	A	D_E
[W]	[lx]	[m ²]	[W·h·m ⁻²]
...
<i>Wskaźnik DGC - efektywność kosztów, czyli dynamiczny koszt jednostkowy</i>			
DGC	KI_t	ΔKE_t	EE_t
[zł]	[zł]	[zł]	[-]
...

Załącznik 2 Karta weryfikacji audytu efektywności energetycznej

Numer Wniosku o pożyczkę (wypełnia Weryfikator)

.....

Karta weryfikacji audytu efektywności energetycznej

WOJEWÓDZTWO

Pożyczka na

(nazwa projektu)

Po zakończeniu postępowania weryfikacyjnego stwierdzam/y, że Audyt:

.....
.....

(nazwa Projektu, nazwa Wnioskodawcy)

został zweryfikowany:

☐ **pozytywnie;** szczegółowe ustalenia zawarte zostały w poniższej tabeli

☐ **negatywnie;** uzasadnienie:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

KARTA ZAŁOŻEŃ WERYFIKACJI AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ INSTALACJI OŚWIETLENIOWEJ ZEWNĘTRZNEJ

	tak/nie
Czy zostały wykonane wymagane elementy inwentaryzacji /jak poniżej/ ?	
Prawidłowo przeprowadzona inwentaryzacja powinna zawierać co najmniej:	
nazwa miasta/gminy/dzielnicy,	
klasyfikacja klas oświetleniowych jezdni dróg oraz innych części drogi,	
analiza stanu technicznego słupów oświetleniowych,	
odległość między słupami,	
wysokość, rodzaj oraz moc zamontowanych opraw oświetlenia drogowego,	
długość wysięgnika,	
szerokość drogi, jej typ oraz rodzaj i stan nawierzchni,	
dane techniczne punktów zasilania,	
liczbę obwodów transformatora,	
analiza stanu i parametrów technicznych linii kablowych i napowietrznych,	
rodzaj i numer licznika,	
istnienie układu sterowania i realizowane funkcjonalności, istnienie harmonogramu pracy instalacji oświetlenia drogowego,	
lokalizację GIS słupów i innych elementów instalacji elektroenergetycznej i oświetleniowej,	
zdjęcia obrazujące stan instalacji elektroenergetycznej i oświetleniowej,	
wiedza o kosztach eksploatacyjnych całej instalacji i poszczególnych jej obwodów,	
informacja o spełnieniu wymagań oświetleniowych, zgodnie z obowiązującymi przepisami w tym zakresie - wykonanie (w zależności od kategorii obszarów oświetlenia przestrzeni publicznej) pomiarów wartości luminancji lub natężenia oświetlenia i sprawdzenie wyników pomiarów z wymaganiami norm EN 13201.	
jeśli na pytanie powyższe odpowiedź brzmi nie to należy wykonać : W przypadku niezgodności z wymaganiami norm EN 13201 należy zlecić wykonanie wstępnych projektów oświetlenia używając opraw oświetleniowych co najmniej 3 producentów. Projekty wstępne należy wykonać w czterech wariantach: a) wykorzystując istniejącą instalację elektroenergetyczną – „wymiana opraw 1 do 1”, b) opracowując hipotetyczny wariant podstawowy z wykorzystaniem istniejących opraw ale w uzupełnieniu do wymagań normatywnych, c) proponując dostawienie, usunięcie lub zmianę lokalizacji latarni, d) całkowicie nowe rozmieszczenie słupów a także pozostałych elementów instalacji elektroenergetycznych (przewody/kable, szafki itp.).	
<u>Podsumowanie zawierające uwagi i wnioski na temat stanu technicznego instalacji elektrycznej i oświetleniowej.</u>	
Czy projekt został wykonany oddzielnie dla każdej sytuacji oświetleniowej i zawiera:	
wymianę dotychczas eksploatowanych opraw oświetleniowych na oprawy ze źródłami LED;	
zastosowanie układu sterowania umożliwiającego efektywne sterowanie oświetleniem drogowym i redukcję mocy opraw przede wszystkim przy zmniejszonym natężeniu ruchu pojazdów, zmianie luminancji jezdni i jasności otoczenia. System sterowania powinien obejmować również monitoring funkcjonowania oświetlenia – szafek i pojedynczych opraw wraz z ich wizualizacją na mapie;	
utrzymanie zgodności parametrów oświetleniowych z wymaganiami norm EN 13201:2016;	
rozbudowę istniejących szaf oświetleniowych pod kątem przystosowania do nowych wymagań (np. zabezpieczenia przeciwprzepięciowe, sterowanie itp.);	

wykonanie obliczeń parametrów oświetleniowych dla przyjętych rozwiązań technicznych dla każdej sytuacji oświetleniowej przyjętej na drodze (w formie elektronicznej) i przyjętych klas oświetleniowych przed i po redukcji mocy;	
uwzględnienie prawidłowego doświetlenia przejść dla pieszych, zgodnie z wytycznymi WR-D-41-4;	
opis metodologii i sposobu wykonania analizy danych, metod obliczeń i zastosowanych modeli, wzorów, wskaźników oraz współczynników użytych w tych obliczeniach;	
określenie kosztów eksploatacji systemu oświetleniowego po modernizacji w perspektywie rocznej oraz 10 letniej;	
sporządzenie szczegółowych specyfikacji technicznych wykonania i odbioru;	
opis możliwości sterowania poszczególnymi obwodami instalacji oświetleniowej (redukcja mocy, pory włączeń i wyłączeń);	
sporządzenie topologii instalacji oświetleniowej i panowanie nad jej modyfikacjami.	
planowanie rozbudowy, remontów i procesu konserwacji instalacji oświetleniowej,	
wariantowość rozwiązania w zależności od stanu instalacji elektrycznej, jej lokalizacji i potrzeb użytkowników drogi i terenów zewnętrznych,	
możliwość sprawowania logicznej kontroli nad rozproszoną instalacją oświetleniową w podmiocie ubiegającym się o dotacje.	
Czy został wykonany bilans energii i wyznaczone mierników/wskaźników stanu jego realizacji?	
Oszczędność energii przy wymianie opraw oświetleniowych	
Wskaźnik gęstości mocy	
Wskaźnik rocznego zużycia energii (AECI)	
Efektywność kosztów wskaźnik DGC	
Czy został wykonany obliczenia zgodnie z tabelami od 2 do 16	
Czy uzyskano efekty oszczędności energii pierwotnej co najmniej 30%	
Wynik oceny (pozytywna/negatywna)	

Dane podsumowujące audyt w zakresie wskaźników rezultatu		
I.	Opis wskaźnika rezultatu	Wartość
1.	Roczne zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej przed inwestycją [MWh/r]	
2.	Roczne zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej po inwestycji [MWh/r]	
3.	Oszczędność nieodnawialnej energii pierwotnej [%]	
4.	Zużycie energii elektrycznej przed inwestycją [MWh/r]	
5.	Zużycie energii elektrycznej po inwestycji [MWh/r]	
6.	Ilość zaoszczędzonej energii elektrycznej [MWh]	

7.	Liczba nowych i zmodernizowanych punktów świetlnych [szt.]	
8.	Szacowana emisja gazów cieplarnianych przed inwestycją [tona ekwiwalentna CO ₂ /rok]	
9.	Szacowana emisja gazów cieplarnianych po inwestycji [tona ekwiwalentna CO ₂ /rok]	
10.	Redukcja szacowanej emisji gazów cieplarnianych [tona ekwiwalentna CO ₂ /rok]	
11.	Szacowana emisja pyłów PM 10 przed inwestycją [Mg/rok]	
12.	Szacowana emisja pyłów PM 10 po inwestycji [Mg/rok]	
13.	Redukcja szacowanej emisji pyłów PM 10 [Mg/rok]	
14.	Szacowana emisja pyłów PM 2,5 przed inwestycją [Mg/rok]	
15.	Szacowana emisja pyłów PM 2,5 po inwestycji [Mg/rok]	
16.	Redukcja szacowanej emisji pyłów PM 2,5 [Mg/rok]	
WERYFIKATOR		Data
		Podpis

Załącznik 3 Karta zakończenia projektu**KARTA ZAKOŃCZENIA PROJEKTU**

Pożyczka udzielona w ramach Umowy Operacyjnej (PF zamieszcza dane identyfikujące UO)

1.	Numer Umowy Inwestycyjnej		
2.	Nazwa wnioskodawcy		
3.	Pomoc publiczna	<input type="checkbox"/> tak: pomoc de minimis / publiczna ¹ <input type="checkbox"/> nie	
4.	Preferencje	<input type="checkbox"/> tak <input type="checkbox"/> nie <input type="checkbox"/> umorzenie % kapitału pożyczki z tytułu ... <input type="checkbox"/> dotacja na pokrycie wydatków poniesionych na ... <input type="checkbox"/> obniżone oprocentowanie o p.p. z tytułu ... <input type="checkbox"/> wydłużony okres spłaty o ... miesięcy z tytułu ... <input type="checkbox"/> inne (wymienić):	
5.	Wartość inwestycji [zł brutto]		
6.	Kwota udzielonej pożyczki [zł brutto]		
7.	Wartość wydatków kwalifikowalnych [zł brutto] na podstawie przedłożonej PF dokumentacji (faktury, rachunki, zestawienia dokumentów jeśli dotyczy)		
8.	Kwota udzielonej i wypłaconej dotacji/Wartość zastosowanego umorzenia	<input type="checkbox"/> wartość wypłaconej dotacji: ... zł (jeśli dotyczy) <input type="checkbox"/> wartość zastosowanego umorzenia na podstawie rozliczenia: ... % wartości pożyczki ... czyli ... zł (jeśli dotyczy)	
9.	Wynik rozliczenia Umowy Inwestycyjnej	<input type="checkbox"/> pożyczkę rozliczono w 100% <input type="checkbox"/> wydatki nierozliczone: ... zł <input type="checkbox"/> wydatki niekwalifikowalne: ... zł <input type="checkbox"/> środki do zwrotu: ... zł <input type="checkbox"/> uwagi/komentarz: ...	
10.	Osiągnięte wskaźniki nie są gorsze niż deklarowane we wniosku o pożyczkę	TAK/NIE*	
11.	Uwagi/komentarz PF (jeśli dotyczy)	TAK/NIE	

¹ Niepotrzebne skreślić

* W przypadku oceny negatywnej konieczny opis/komentarz/uzasadnienie.

Sporządził:

Podpis Przedstawiciela PF

Data

.....

.....

Sprawdził/zatwierdził:

Podpis Przedstawiciela PF

Data

.....

.....