

AUDYT OŚWIETLENIA

MODERNIZACJA OŚWIETLENIA

w Szpitalu Grochowskim im. dr med. Rafała Masztaka Sp. z o.o.

Dane podmiotu realizującego przedsięwzięcie:	Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka Sp. z o.o. ul. Grenadierów 51/59, 04-073 Warszawa, NIP: 1132869037
Miejsce lokalizacji przedsięwzięcia:	ul. Grenadierów 51/59, 04-073 Warszawa
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej:	mgr inż. Piotr Piątkowski mgr inż. Marta Sikorska mgr inż. Ilona Wojdyła mgr inż. Marcin Dłużewski mgr inż. Dariusz Koc inż. Jakub Ostrowski Adrian Bugiel

Dane identyfikacyjne			
Zamawiający:	Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka Sp. z o.o.	Adres podmiotu audytowanego:	ul. Grenadierów 51/59, 04-073 Warszawa
Nazwa, adres firmy wykonującej opracowanie:			
<p>KRAJOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A.</p> <p>Centrum LIM al. Jerozolimskie 65/79, 00-697 Warszawa telefon: (+48 22) 626 09 10, 825 86 92, (+48 22) 234 52 42 e-mail: kape@kape.gov.pl, www.kape.gov.pl</p>			
Koordynator audytu:	Kontakt:	Podpis:	
Mgr inż. Piotr Piątkowski	ppiatkowski@kape.gov.pl		
Zespół audytorski Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A.			
Lp.	Imię i nazwisko:		
1.	mgr inż. Piotr Piątkowski		
2.	mgr inż. Marta Sikorska		
3.	mgr inż. Ilona Wojdyła		
4.	mgr inż. Marcin Dłużewski		
5.	mgr inż. Dariusz Koc		
6.	inż. Jakub Ostrowski		
7.	Adrian Bugiel		
Koordynator audytu ze strony Zamawiającego			
Lp.	Imię i Nazwisko:	Kontakt:	
1.	Ryszard Skirzyński	Tel. kom. +48 539 991 221	
Miejscowość:	Warszawa	Data wykonania:	Sierpień 2019 roku

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP _____	7
2. INFORMACJE O PODMIOCIE _____	7
3. STRESZCZENIE POWYKONAWCZE _____	7
4. METODYKA OBLICZEŃ _____	8
5. OCENA STANU TECHNICZNEGO _____	10
5.1. GRANICE BILANSOWE _____	11
5.2. ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII W STANIE PIERWOTNYM _____	11
6. PROPOZYCJE MODERNIZACYJNE _____	12
6.3. ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII PO MODERNIZACJI _____	13
6.4. ANALIZA EKONOMICZNA PROPONOWANEJ MODERNIZACJI _____	13
7. OCENA EFEKTÓW UZYSKANYCH W WYNIKU REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘCIA _____	14
8. WYLICZENIE ŚREDNIOROCZNEGO EFEKTU ENERGETYCZNEGO _____	16
9. WYKAZ WYKORZYSTANYCH PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH _____	16
10. WYKAZ OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW, NORM, DOKUMENTÓW _____	16
11. LITERATURA _____	17
12. SPIS TABEL _____	17

1. WSTĘP

Celem audytu jest ocena efektywności inwestycji polegającej na wymianie starych opraw oświetleniowych na nowe oprawy LED wchodzących w skład budynku Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka Sp. z o.o. W audycie przedstawiono inwentaryzację opraw i źródeł światła przed modernizacją, dane dotyczące wykorzystania energii oraz obliczenia oszczędności energii.

2. INFORMACJE O PODMIOCIE

Kompleks obiektów przy ul. Grenadierów 51/59 w Warszawie – został wybudowany w latach 1948–1952 jako siedziba szkoły i hotelu dla związków zawodowych, w którym były dwa Pawilony hotelowe (nr I i V) oraz Pawilony (nr II, III, IV i VI) jako obiekty szkoleniowo-dydaktyczne wraz z zapleczem stołowo-kuchennym. W 1976 r. Doktor Rafał Masztak – po zaangażowaniu niewielkiego zespołu pracowników przystąpił do ciężkiej pracy, adaptując obiekty szkoły na Szpital.

Od października 1973 do maja 1990 roku Szpital Grochowski funkcjonował w strukturze organizacyjnej ZOZ-u Praga Południe. Następnie do 30 września 2013 roku Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka był Samodzielnym Publicznym Zakładem Opieki Zdrowotnej. Od 1 października 2013 Szpital Grochowski im. dr med. Rafała Masztaka funkcjonuje w formule spółki z ograniczoną odpowiedzialnością.

Budynek Szpitala

Obiekt został wybudowany w latach 1948 - 1952 r. Budynek składa się z 8 pawilonów. Łączna powierzchnia użytkowa to ok. 19 073 m². W obiekcie znajdują się poradnie: kardiologiczna, alergologiczna, chirurgii ogólnej, leczenia bólu, diabetologiczna, chirurgii onkologicznej, okulistyczna; pracownie: zakład radiologii, USG, histopatologii i cytodiagnostyki, elektrofizjologii klinicznej, badań czynnościowych przewodu pokarmowego, diagnostyczne laboratorium analityczne, pracownia endoskopowa, hemodynamiki, elektroencefalografii i elektromiografii, tomografii komputerowej, oddziały: izba przyjęć, wewnętrzny, kardiologii, terapii i rehabilitacji neurologicznej, chirurgii ogólnej i onkologicznej, chorób wewnętrznych, intensywnej terapii i anestezjologii.

3. STRESZCZENIE POWYKONAWCZE

W audycie przeanalizowano zamontowany obecnie sprzęt oświetleniowy. Obliczono efekty energetyczne i ekonomiczne z tytułu użytkowania oświetlenia oraz zaproponowano propozycję modernizacji oświetlenia. Podsumowanie efektów proponowanej modernizacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Podsumowanie efektów proponowanej modernizacji oświetlenia

Nazwa wielkości	Stan pierwotny	Stan po modernizacji
Sumaryczna moc zainstalowana [kW]	204,727	133,048
Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	497 192,216	323 802,416
Cena jednostkowa [zł brutto/kWh]	0,55	0,55
Roczny koszt energii elektrycznej [zł brutto/rok]	273 455,72	178 091,33
Roczne oszczędności energii [%]	-	34,87%
Roczne oszczędności [zł brutto]	-	95 364,39
Szacowany koszt inwestycji [zł brutto]	-	834 859,05
SPBT [lat]	-	8,75
Średnioroczna oszczędność energii finalnej [MWh]	-	173 389,800
Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe]	-	14,909
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej [MWh]	-	520 169,400
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej [toe]	-	44,727
Szacowana wielkość redukcji emisji CO ₂ [MgCO ₂ /rok]	-	134,897
PN [W/m ²]	10,73	6,98
LENI [kWh/(m ² ·rok)]	26,07	16,98

Źródło: Opracowanie własne

4. METODYKA OBLICZEŃ

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii i zapisem § 4 pkt 2 audyt dla przedsięwzięcia służącego poprawie energetycznej, określonego w Załączniku nr 1 do rozporządzenia, może być sporządzony w sposób uproszczony.

Modernizacja opraw oświetleniowych lub źródeł światła znajduje się na liście Załącznika nr 1 do Rozporządzenia, jako pozycja 6 wśród przedsięwzięć, dla których audyt może być wykonany w sposób uproszczony według metodologii określonej w Rozporządzeniu w § 6 pkt 1. Do sporządzenia audytu w sposób uproszczony wykorzystuje się dane i metody określania ilości energii zaoszczędzonej, określone w Załączniku nr 2 do Rozporządzenia.

Modernizacja opraw oświetleniowych:

$$\Delta Q_0 = T_U(M_0 - M_1)/1000 \quad (1)$$

gdzie:

ΔQ_0 - ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażonej w [kWh/rok],

T_U - czas użytkowania źródła światła, wyrażony w [h/rok],

M_0 - łączna moc znamionowa istniejących (starych) opraw oświetleniowych wyrażona w [W],

M_1 - łączna moc znamionowa nowych opraw oświetleniowych po modernizacji, wyrażona w [W].

Redukcję emisji CO₂ oblicza się 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.

Redukcję emisji CO₂ wyznaczono wykorzystując poniższą zależność:

$$\Delta E = WE \cdot \Delta Q_0 / 1000 \quad (3)$$

gdzie:

ΔE - obliczona wielkość redukcji emisji CO₂ $\left[\text{Mg} \frac{\text{CO}_2}{\text{rok}} \right]$,

ΔQ_0 - ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażonej w [kWh/rok],

WE - wskaźnik emisji CO₂ publikowany przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za dany rok. Do obliczeń przyjęto ostatnio opublikowany wskaźnik (grudzień, 2018): 0,778 [Mg CO₂/MWh].

Zgodnie z normą PN-EN 151193, oznaczoną skrótem PN, wyznaczono gęstość mocy oświetlenia zainstalowanego w budynku, wyrażoną w W/m².

$$PN = P / A_f$$

gdzie:

P – moc zainstalowanych źródeł oświetlenia [W],

A_f – całkowita powierzchnia użytkowa budynku [m²].

Nowa metodologia dotycząca świadectw energetycznych w zakresie obliczeń oświetlenia opiera się na tzw. wskaźniku LENI. Jest to liczbowy wskaźnik energii oświetlenia wyrażony w kWh/(m² * rok).

$$LENI = W / A_f$$

gdzie:

W – oznacza całkowitą ilość energii do oświetlenia [kWh/rok],

A_f – całkowita powierzchnia użytkowa budynku [m²].

5. OCENA STANU TECHNICZNEGO

Ocenę stanu sprzętu oświetleniowego przeprowadził audytor KAPE na podstawie wizji lokalnej przeprowadzonej w dniu 4 września 2019 roku. Inwentaryzacja została oparta na projektach instalacji oświetleniowych przekazanych przez zamawiającego. W obiekcie zainstalowano różnorodny sprzęt oświetleniowy.

W budynku wykorzystywane są przede wszystkim oprawy na świetlówki liniowe T8 4x18W oraz 2x36W. Szerokie zastosowanie znajdują również oprawy na świetlówki kompaktowe 2x26W. Część opraw znajdujących się w budynku wyposażona jest w bardziej nowoczesne świetlówki T5. Dodatkowo występują oprawy z tradycyjnymi źródłami żarowymi o mocy 60W i 100W. W pawilonie V wykorzystywane są wyłącznie oprawy i źródła LED. Szczegółowy wykaz ilościowy zainstalowanego oświetlenia w obiekcie przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Rodzaj i ilość zainstalowanego oświetlenia w obiekcie przed modernizacją

Rodzaj oprawy	Ilość [szt.]
LED 18W	1
LED 24W	125
LED 28W	4
LED 32W	3
LED 35W	3
LED 37W	248
LED 44W	32
LED 71W	78
LED 9W	30
Oprawa downlight świetlówka niezintegrowana 1x32W	62
Oprawa kompaktowa 2x26W	223
Oprawa kompaktowa typu downlight 2x18W	81
Oprawa na żarówki 100W	84
Oprawa na żarówki 15W	5
Oprawa na żarówki 40W	116
Oprawa na żarówki 60W	75
Oprawa świetlówkowa T5 1x14W	70
Oprawa świetlówkowa T5 1x35W	42
Oprawa świetlówkowa T5 1x49W	3
Oprawa świetlówkowa T5 2x24W	18
Oprawa świetlówkowa T5 3x14W	52
Oprawa świetlówkowa T5 3x24W	84
Oprawa świetlówkowa T5 3x28W	42
Oprawa świetlówkowa T5 4x14W	52
Oprawa świetlówkowa T8 1x18W	1
Oprawa świetlówkowa T8 1x24W	44
Oprawa świetlówkowa T8 1x35W	25
Oprawa świetlówkowa T8 1x36W	7
Oprawa świetlówkowa T8 1x55W	61

Rodzaj oprawy	Ilość [szt.]
Oprawa świetłówkowa T8 1x8W	2
Oprawa świetłówkowa T8 2x18W	4
Oprawa świetłówkowa T8 2x36W	258
Oprawa świetłówkowa T8 2x58W	10
Oprawa świetłówkowa T8 4x18W	1297
Panel LED 50W	2
Panel LED 59W	13
Plafoniera 2x18W	6
Plafoniera 2x26W	43

Źródło: Opracowanie własne

Łączna ilość opraw wynosi 3306 szt.

Zainstalowane obecnie oświetlenie w większości jest przestarzałe. W związku z wiekiem instalacji odbłyśniki i klosze są zabrudzone przez co zmniejszona jest emisja światła. Modernizacja obecnego oświetlenia na nowoczesne oświetlenie LED może przynieść wymienne oszczędności energii i poprawić warunki świetlne panujące w obiekcie.

5.1. GRANICE BILANSOWE

W audycie bilansowano zużycie energii przed modernizacją i po modernizacji oświetlenia na podstawie mocy opraw i czasu pracy dla 12 miesięcy pracy. Energia elektryczna dostarczana jest z krajowej sieci elektroenergetycznej. Czas pracy oświetlenia w budynku został określony przez audytora na podstawie normy PN-EN-15193: 2010, Rozporządzenia Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii, a także własnego doświadczenia.

Do obliczeń ekonomicznych w dalszej części opracowania przyjęto jednostkową cenę za energię elektryczną, sprzedaż i dystrybucję łącznie na poziomie 0,55 zł brutto. Cena ta została określona na podstawie przedstawionych przez zleceniodawcę faktur. Wszystkie kwoty przedstawione w opracowaniu są kwotami brutto.

5.2. ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII W STANIE PIERWOTNYM

Po przeprowadzeniu inwentaryzacji na podstawie udostępnionych projektów technicznych oraz przyjęciu odpowiednich czasów pracy poszczególnych pomieszczeń oszacowano sumaryczną moc zainstalowaną w budynku szpitala na poziomie 204,727 kW, a roczne zużycie energii elektrycznej wynosi 497 192,216 kWh. Poniżej (tabela 3) zostało przedstawione sumaryczne zużycie energii oraz koszty eksploatacji sprzętu oświetleniowego w stanie obecnym.

Tabela 3. Analiza eksploatacji oświetlenia w stanie pierwotnym

Nazwa wielkości	Stan pierwotny
Sumaryczna moc zainstalowana [kW]	204,727
Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	497 192,216
Cena jednostkowa [zł brutto/kWh]	0,55
Roczny koszt energii elektrycznej [zł brutto/rok]	273 455,72
PN [W/m ²]	10,73
LENI [kWh/(m ² ·rok)]	26,07

Źródło: Opracowanie własne

6. PROPOZYCJE MODERNIZACYJNE

Modernizacja polega na wymianie starych opraw żarowych i świetlówkowych na nowe oprawy LED. Zastosowanie oświetlenia LED daje wiele korzyści m.in. zmniejszenie zużycia energii elektrycznej dzięki wysokiej skuteczności świetlnej diod, rzadszą konieczność wymiany źródeł światła i konserwacji opraw oświetleniowych (trwałość diod to od ok. 50 000h do 80 000h pracy), brak efektu stroboskopowego, natychmiastowe załączanie i brak wrażliwości na częstotliwość załączeń. Oprawy LED, projektowane jako zintegrowane urządzenia oświetleniowe, charakteryzują się dokładnym dopasowaniem zastosowanych źródeł światła do układów optycznych i rozpraszających, zapewniając najbardziej efektywne połączenie. Zaproponowano dwa warianty modernizacji oświetlenia obejmujące wymianę opraw oświetleniowych w modelu 1:1 na oprawy LED.

Oba warianty modernizacyjne nie zakładają wymiany oświetlenia w pawilonach II i III na polecenie Zamawiającego. Dodatkowo w pawilonie V znajdują się już oprawy typu LED, których wymiana także nie jest uwzględniona w audycie.

Wariant 1: W tabeli 4 przedstawiono ilość i rodzaj proponowanego sprzętu oświetleniowego do zastosowania w budynku w przypadku przeprowadzenia modernizacji wg wariantu 1.

Tabela 4. Proponowany sprzęt oświetleniowy w wariantcie 1 po modernizacji

Rodzaj oprawy	Ilość [szt.]
Panel LED 10W 1300lm	114
Panel LED 20W 2600lm	330
Panel LED 25W 3150lm	278
Panel LED 40W 5200lm	1501
Panel LED 60W 7800lm	10
Plafoniera LED 5W 650lm	2

Źródło: Opracowanie własne

Łączna ilość proponowanych opraw wg wariantu 1 wynosi 2 235 szt.

Wariant 2: W tabeli 5 przedstawiono ilość i rodzaj proponowanego sprzętu oświetleniowego do zastosowania w budynku w przypadku przeprowadzenia modernizacji wg wariantu 2.

Tabela 5. Proponowany sprzęt oświetleniowy w wariantcie 2 po modernizacji

Rodzaj oprawy	Ilość [szt.]
Panel LED 10W 1300lm	114
Panel LED 20W 2600lm	330
Panel LED 30W 3000lm	278
Panel LED 50W 6500lm	1501
Panel LED 80W 5600lm	10
Plafoniera LED 5W 650lm	2

Źródło: Opracowanie własne

Łączna ilość proponowanych opraw wg wariantu 2 wynosi 2 235 szt.

6.3. ANALIZA ZUŻYCIA ENERGII PO MODERNIZACJI

Na podstawie zaprezentowanych wcześniej wzorów i danych obliczono zużycie energii według obu propozycji modernizacyjnych.

Wariant 1: 323 802,416 kWh/rok

Wariant 2: 365 369,916 kWh/rok

6.4. ANALIZA EKONOMICZNA PROPONOWANEJ MODERNIZACJI

Dla proponowanej modernizacji przeprowadzona została analiza kosztów. Ceny sprzętu oświetleniowego (jednostkowe) zostały przyjęte na podstawie cen rynkowych sprzętu oświetleniowego. W koszcie modernizacji uwzględniono koszt robót na poziomie 30% kosztu sprzętu oświetleniowego oraz montaż 21 liczników z funkcją bezprzewodowego przesyłu danych (850 zł brutto za sztukę). W tabeli 6. Przedstawiono koszty całkowitej modernizacji oświetlenia według obu proponowanych

wariantów oraz wskaźniki energetyczno-ekonomiczne. Do obliczeń wskaźników PN i LENI przyjęto powierzchnię użytkową wynoszącą 19 073,20m².

Tabela 6. Analiza ekonomiczna propozycji modernizacyjnej

Nazwa wielkości	Stan pierwotny	Stan po modernizacji wg wariantu 1	Stan po modernizacji wg wariantu 2
Sumaryczna moc zainstalowana [kW]	204,727	133,048	149,648
Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	497 192,216	323 802,416	365 369,916
Cena jednostkowa [zł brutto/kWh]	0,55	0,55	0,55
Roczny koszt energii elektrycznej [zł brutto/rok]	273 455,72	178 091,33	200 953,45
Roczne oszczędności energii [%]	-	34,87%	26,51%
Roczne oszczędności [zł brutto]	-	95 364,39	72 502,27
Szacowany koszt inwestycji [zł brutto]	-	834 859,05	970 885,98
SPBT [lat]	-	8,75	13,39
PN [W/m ²]	10,73	6,98	7,85
LENI [kWh/(m ² ·rok)]	26,07	16,98	19,16

Źródło: Opracowanie własne

W oparciu o znaczną redukcję zużycia energii elektrycznej oraz SPBT zaleca się zastosowanie wariantu 1.

Przyjęty model modernizacyjny ma na celu pokazanie potencjału oszczędności możliwych do wygenerowania na skutek modernizacji. Dokładna analiza możliwości modernizacji oświetlenia w obiekcie powinna zostać oparta na projektach fotometrycznych oświetlenia.

Następny rozdział i wszelkie zawarte tam obliczenia odnoszą się już tylko do wybranego wariantu modernizacyjnego nr 1.

7. OCENA EFEKTÓW UZYSKANYCH W WYNIKU REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘCIA

Efekt energetyczny wynikający z przeprowadzonych przedsięwzięć modernizacyjnych służących poprawie efektywności energetycznej wyznaczono na podstawie zaprezentowanej metodyki.

$$\Delta Q_0 = Q_{1,finalna} - Q_{2,finalna} = 497\,192,216 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right] - 323\,802,416 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right] = 173\,389,800 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

$Q_{1,finalna}$ ilość zużytej energii finalnej przed modernizacją, wyrażona w [kWh/rok]

$Q_{2,finalna}$ ilość zużytej energii finalnej po modernizacji, wyrażona w [kWh/rok]

ΔQ_0 ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażona w [kWh/rok]

W celu określenia oszczędności energii pierwotnej skorzystano z poniższej zależności:

$$\Delta Q_p = w_{el} \cdot \Delta Q_0 = 3 \cdot 173\,389,800 = 520\,169,400 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right]$$

gdzie:

- ΔQ_p ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej wyrażonej w paliwie pierwotnym w [kWh/rok]
 ΔQ_0 ilość zaoszczędzonej energii finalnej, wyrażona w [kWh/rok]
 w_{el} współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej odpowiedni dla danego nośnika energii finalnej, stosownie do wykorzystywanego paliwa lub źródła energii, określony na podstawie tabeli nr 1 załącznika nr 1 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzenia i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej; przyjęto $w_1 = 3,0$ dla energii elektrycznej dostarczanej z sieci elektroenergetycznej systemowej.

W celu oszacowania wielkości redukcji CO₂ skorzystano ze wzoru:

$$\Delta E = WE \cdot \Delta Q_0 = 0,778 \cdot 173,389 = 134,897 \text{ [Mg CO}_2\text{/rok]}$$

gdzie:

- WE wskaźnik emisji CO₂ *
 ΔQ_0 ilość zaoszczędzonej energii finalnej w [MWh/rok].

*Redukcję emisji CO₂ oblicza się 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. Do obliczeń przyjęto ostatnio opublikowany wskaźnik (grudzień, 2018): 0,778 [Mg CO₂/MWh].

Obliczono także wskaźnik poniesionych nakładów finansowych na gigadżul zaoszczędzonej energii pierwotnej według poniższego wzoru:

$$p = \frac{K}{\Delta Q_p} = \frac{834\,859,05}{1\,872,610} = 445,83 \text{ [zł/G]}$$

gdzie:

- K Koszt inwestycji [zł brutto]
 ΔQ_p ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej w [GJ/rok].

8. WYLICZENIE ŚREDNIOROCZNEGO EFEKTU ENERGETYCZNEGO

Powyższa analiza wykazała uzyskanie oszczędności energii w efekcie modernizacji oświetlenia. W poniższej tabeli (tabela 7.) zaprezentowano wyliczone oszczędności energii finalnej, energii pierwotnej oraz redukcję emisji CO₂.

Dokonano także odpowiednich przeliczeń przy założeniu iż 1 toe = 11630 kWh.

Tabela 7. Łączny średnioroczny efekt energetyczny

Średnioroczna oszczędność energii finalnej	173 389,800	kWh
	14,909	toe
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej	520 169,400	kWh
	44,727	toe
Szacowana wielkość redukcji emisji CO ₂	134,897	MgCO ₂ /rok

Źródło: Opracowanie własne

9. WYKAZ WYKORZYSTANYCH PROGRAMÓW KOMPUTEROWYCH

Microsoft Excel – autorskie arkusze kalkulacyjne służące do wyliczania oszczędności energii

10. WYKAZ OBOWIĄZUJĄCYCH PRZEPISÓW, NORM, DOKUMENTÓW

Źródła danych wskazano każdorazowo w miejscu ich przywołania. Wykonujący audyt korzystał ponadto z następujących norm i przepisów:

- POLSKA NORMA PN-EN 15193 pt. „Charakterystyka energetyczna budynków, Wymagania energetyczne dotyczące oświetlenia”;
- POLSKA NORMA PN-EN 12363 -1 pt. „Światło i oświetlenie miejsc pracy, cz. 1; Miejsca pracy we wnętrzach”;
- Ustawa z 10.04.1997 Prawo energetyczne (Dz.U. nr 54 poz. 348);
- Ustawa z 15.04.2011 o efektywności energetycznej (Dz.U.nr 94 poz.551);
- Rozporządzenie z 10 sierpnia 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii.
- Rozporządzenie z 4 września 2012 r. w sprawie sposobu obliczania ilości energii pierwotnej odpowiadającej wartości świadectwa efektywności energetycznej oraz wysokości jednostkowej opłaty zastępczej (Dz.U. 2012 nr 0 poz. 1039);
- Obwieszczenia z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie szczegółowego wykazu przedsięwzięć służących poprawie efektywności energetycznej (Dz.U. z 2013 r. poz.15);

- Opracowanie Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami "Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO tps dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2015 rok".

11. LITERATURA

- *Audyt energetyczny*. Praca zbiorowa pod redakcją J. Norwisza: Gliwice 1999

12. SPIS TABEL

<i>Tabela 1. Podsumowanie efektów proponowanej modernizacji oświetlenia</i>	8
<i>Tabela 2. Rodzaj i ilość zainstalowanego oświetlenia w obiekcie przed modernizacją</i>	10
<i>Tabela 3. Analiza eksploatacji oświetlenia w stanie pierwotnym</i>	12
<i>Tabela 4. Proponowany sprzęt oświetleniowy w wariantcie 1 po modernizacji</i>	13
<i>Tabela 5. Proponowany sprzęt oświetleniowy w wariantcie 2 po modernizacji</i>	13
<i>Tabela 6. Analiza ekonomiczna propozycji modernizacyjnej</i>	14
<i>Tabela 7. Łączny średnioroczny efekt energetyczny</i>	16

