# Audyt energetyczny

## Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia

## w Białymstoku

## ul. Kościelna 3

## 15-087 Białystok

Autor:

E4Y Twoja energia Adam Chmielewski

ul. Transportowa 7/39

15-399 Białystok

Listopad 2018 r.

# ZAWARTOŚĆ

I. Dane źródłowe ..... 5
1. Wytyczne Zleceniodawcy ..... 5
2. Dokumentacja obiektów ..... 5
3. Opis techniczny obiektów podlegających audytowi ..... 6
II. Energia elektryczna ..... 7
1. Ogólny opis sposobu zasilania obiektów ..... 7
2. Charakterystyka poboru energii elektrycznej ..... 7
2.1. Profile energetyczny ..... 7
3. Zestawienie danych dotyczących głównych odbiorów ..... 11
3.1. Oświetlenie wewnętrzne ..... 11
4. Propozycja działań ..... 14
4.1. Modernizacja oświetlenia ..... 14
III. Fotowoltaika ..... 20
1. Możliwości wykorzystania dostępnych powierzchni. ..... 20
2. Bilans energetyczny ..... 21
3. Elementy składowe systemu ..... 25
3.1. Moduły fotowoltaiczne ..... 25
3.2. Inwertery fotowoltaiczne ..... 26
3.3. Instalacja elektryczna. ..... 27
4. Możliwości wykorzystania dostępnych powierzchni. ..... 29
IV. Podsumowanie energii elektrycznej ..... 30
V. Ciepło ..... 31
1. Charakterystyka źródła ciepła. ..... 31
2. Charakterystyka instalacji c.o. ..... 31
3. Charakterystyka instalacji c.w.u. ..... 33

4. Możliwe ulepszenia w ramach instalacji grzewczej ..... 34
4.1. Elementy składowe systemu podgrzewu wody. ..... 37
4.2. Ocena efektywności rozwiązania. ..... 37
4.3. Rozwiązanie alternatywne systemu podgrzewu wody. ..... 37
4.4. Ocena efektywności. ..... 38
5. Możliwe usprawnienia systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej. ..... 39
5.1. Elementy składowe systemu podgrzewu wody. ..... 39
5.2. Ocena efektywności rozwiązania. ..... 40
5.3. Rozwiązanie alternatywne systemu podgrzewu wody. ..... 40
5.4. Ocena efektywności. ..... 40
6. Podsumowanie usprawnienia instalacji grzewczej i systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej. 41
VI. Budynek ..... 42
1. Wielkości energetyczne ..... 68
2. Charakterystyka źródeł energii systemu ogrzewania i wentylacji ..... 70
3. Charakterystyka źródeł energii systemu przygotowania ciepłej wody ..... 70
4. Wskaźniki emisji zanieczyszczeń poszczególnych systemów i nośników energii informacje uzupełniające: ..... 72
5. Emisja zanieczyszczeń poszczególnych systemów w budynku ..... 73
6. Bezpośredni efekt ekologiczny ..... 74
VII. Podsumowanie ..... 78
VIII. Karta audytu efektywności energetycznej ..... 80
Spis Tabel ..... 81
Spis Wykresów ..... 82
Spis Rysunków ..... 83
Spis załączników ..... 83

# I. DANE ŹRÓDŁOWE

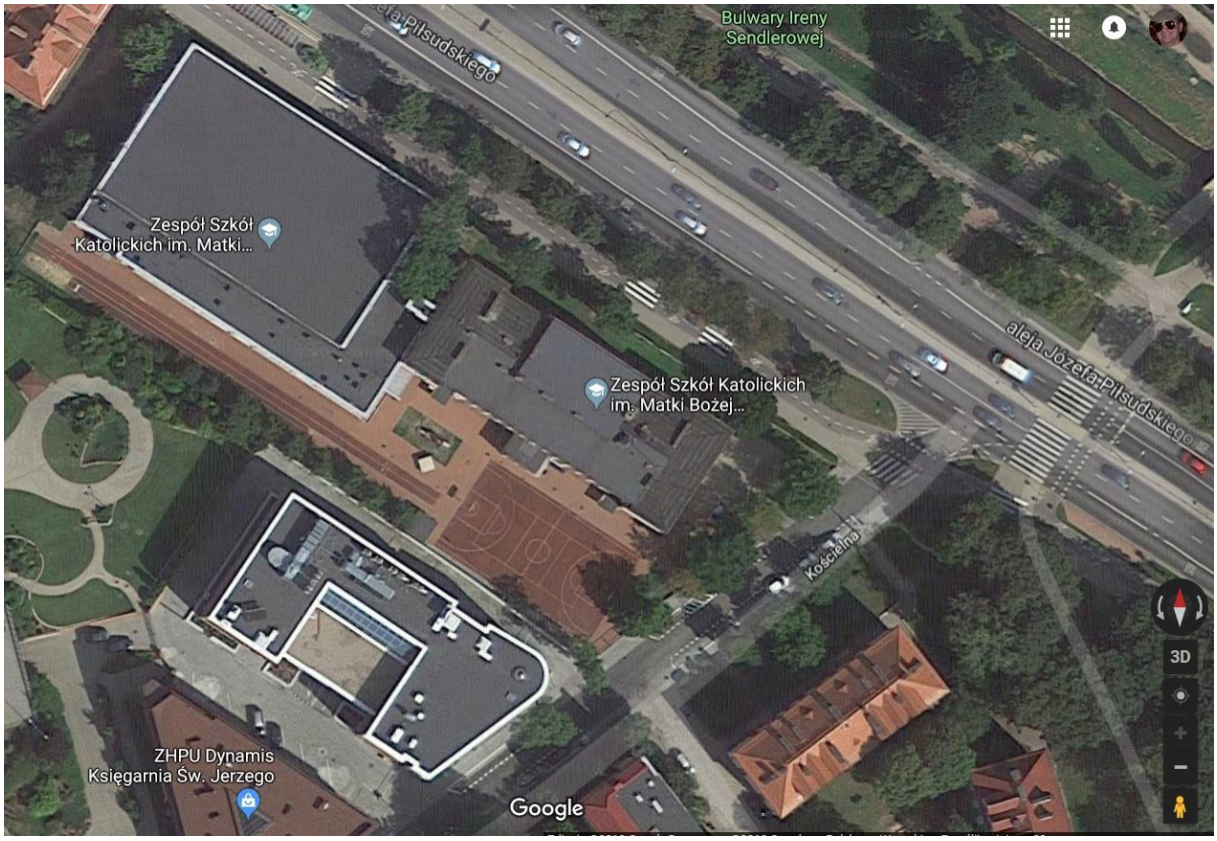
## 1. WYTYCZNE ZLECENIODAWCY

- wskazanie obszarów technicznych umożliwiających obniżenie kosztów związanych z energią elektryczną, wodą ogrzewaniem
- wstępne określenie opłacalności wykonania najefektywniejszych działań we wskazanych obszarach

## 2. DOKUMENTACJA OBIEKTÓW

Dokumentacja techniczno - projektowa obiektów udostępniona przez Zamawiającego

RYSUNEK 1. PLAN SYTUACYJNY



# 3. OPIS TECHNICZNY OBIEKTÓW PODLEGAJĄCYCH AUDYTOWI

Zespół Szkół Katolickich zlokalizowany jest w Białymstoku przy ul. Kościelnej

Obiekt podlegający audytowi jest budynkiem 3 kondygnacyjnym, z użytkowym podpiwniczeniem.

Ciepło dla potrzeb ogrzewania i wentylacji dostarczane jest do obiektu z węzła ciepłowniczego zlokalizowanego w wydzielonym pomieszczeniu w poziomie piwnic.

Energia elektryczna dostarczana jest przez infrastrukturę lokalnego dystrybutora energii elektrycznej za pośrednictwem stacji transformatorowej SN/Nn na poziomie niskiego napięcia.

# II. ENERGIA ELEKTRYCZNA

## 1. OGÓLNY OPIS SPOSOBU ZASILANIA OBIEKTÓW

Obiekty zasilane są ze stacji SN/Nn zasilanej z linii kablowej Nn.

Energia elektryczna dostarczana jest na napięciu 0,4 kV. Obiekt posiada trzy przyłącza. Na dwóch przyłączach moc umowna wynosi 35 kW zaś na trzecim wynosi 8 kW.

## 2. CHARAKTERYSTYKA POBORU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Usługę dystrybucji świadczy PGE Dystrybucja S.A. Oddział w Białymstoku. Stawki taryfowe za dystrybucję energią elektryczną są stawkami regulowanymi przez Urząd Regulacji Energetyki, i jako takie nie podlegają negocjacjom.

Usługę obrotu świadczy obecnie ERGO ENERGY Sp. z o.o. Stawki oferowane przez to przedsiębiorstwo są niższe niż stawki taryfowe Sprzedawcy z Urzędu., co w oczywisty sposób wpływa na realne obniżenie kosztów związanych z energią elektryczna. Jednocześnie należy podkreślić fakt koniecznej cyklicznej analizy rynku sprzedawców energii elektrycznej w celu dalszej optymalizacji kosztów zakupu usług Obrotu energią elektryczną.

Zgodnie z umową przyłączeniową obiekty posiadają trzy układy rozliczeniowe:

P1 - PPE: PL_ZEBB_0000001453_00; $P_{przyłączeniowa}$=35 kW, $E_{roczna,\ szacowana}$=41438 kWh

Energia elektryczna rozliczana jest według taryfy C11.

P2 - PPE: PL_ZEBB_2061005698_06; $P_{przyłączeniowa}$=35 kW, $E_{roczna,\ szacowana}$=28770 kWh

Energia elektryczna rozliczana jest według taryfy C11.

P3 - PPE: PL_ZEBB_2061140833_00; $P_{przyłączeniowa}$=35 kW, $E_{roczna,\ szacowana}$=1348 kWh

Energia elektryczna rozliczana jest według taryfy C11.

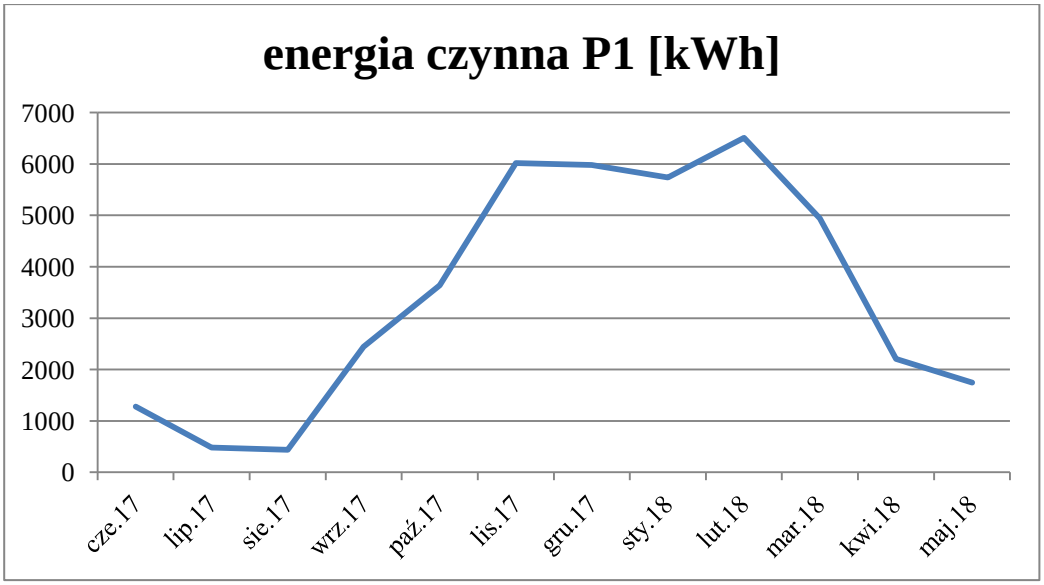
### *2.1. PROFILE ENERGETYCZNY*

#### 2.1.1 Profil roczny

W oparciu o analizę danych fakturowych została opracowana charakterystyka energetyczna analizowanych obiektów.

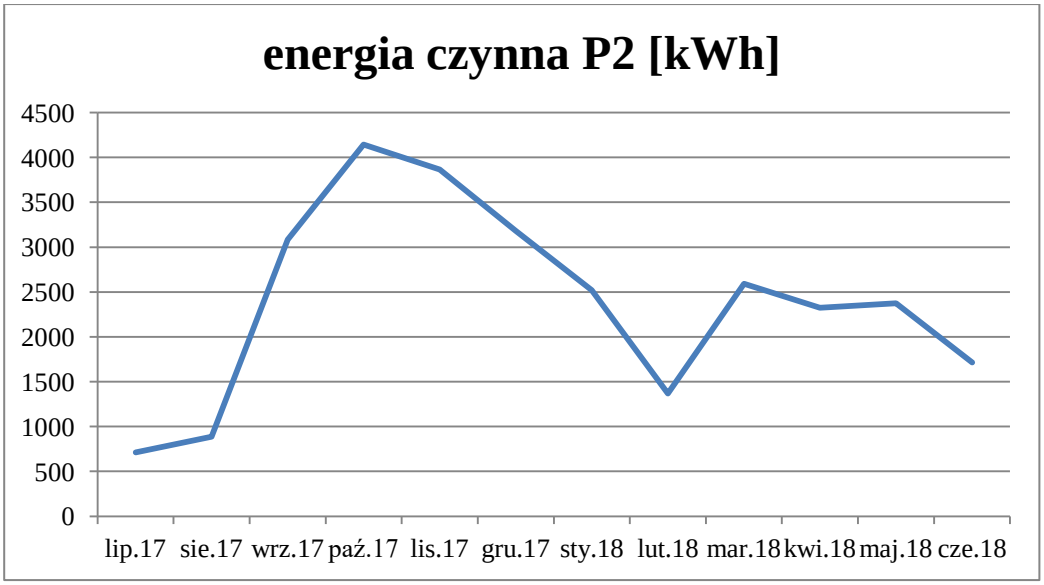
Najogólniejszą informacją jest rozkład poboru energii w skali roku w rozbiciu na poszczególne punkty poboru energii, który to zobrazowany jest na wykresach poniżej.

WYKRES 1. POBÓR ENERGII PRZYŁĄCZA P1 W SKALI ROKU



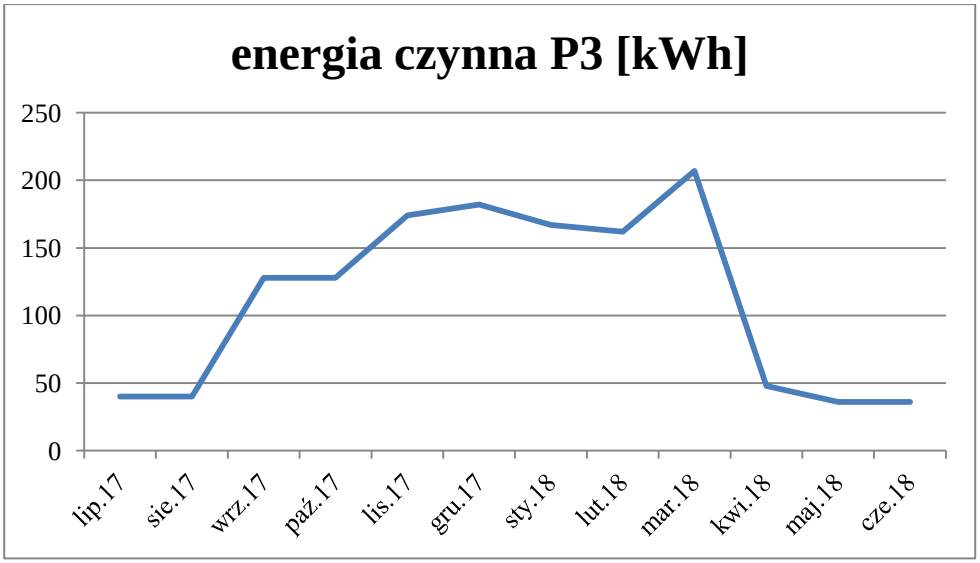

Średniomiesięczny pobór energii elektrycznej oscyluje na poziomie 3453 kWh, przy sumarycznym rocznym zużyciu energii rzędu 41,4 MWh. Maksymalny pobór energii elektrycznej występuje w miesiącach zimowych, zaś minimalny pobór jest na w miesiącach letnich. Brak doliny zimowej można wytłumaczyć tym, że prawdopodobnie z tego przyłącza zasilane są sale lekcyjne i sala gimnastyczna które użytkowane były w czasie ferii zimowych. Jest to typowa charakterystyka w obiektach szkolnych, w których na wielkość zużycia energii elektrycznej wpływa ilość energii elektrycznej zużywanej do oświetlania pomieszczeń.

WYKRES 2. POBÓR ENERGII PRZYŁĄCZA P2 W SKALI ROKU



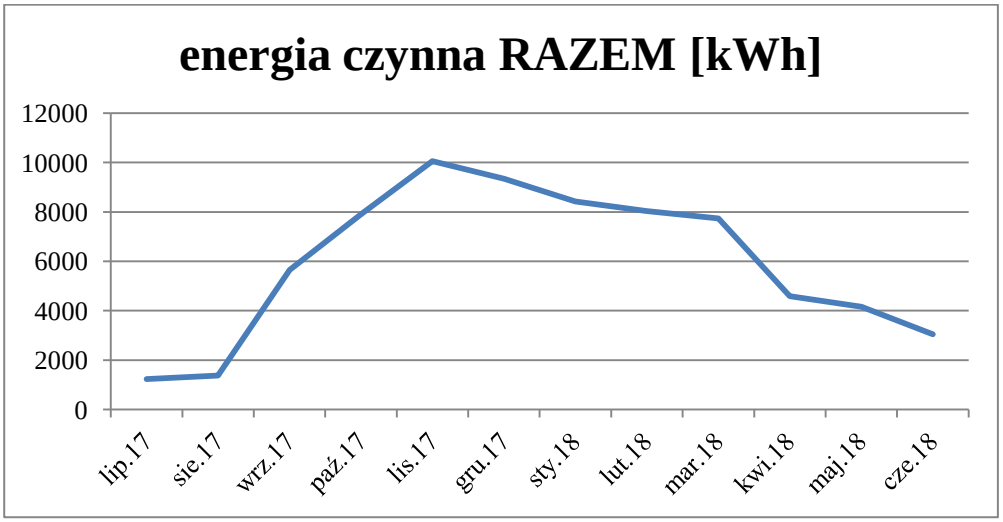
Średniomiesięczny pobór energii elektrycznej oscyluje na poziomie 3977 kWh, przy sumarycznym rocznym zużyciu energii rzędu 28,8 MWh. Maksymalny pobór energii elektrycznej występuje w miesiącach zimowych, zaś minimalny pobór jest na w miesiącach letnich. Jednocześnie wyraźnie widać dolinę zimową związaną z feriami zimowymi. Jest to typowa charakterystyka w obiektach szkolnych, w których na wielkość zużycia energii elektrycznej wpływa ilość energii elektrycznej zużywanej do oświetlania pomieszczeń.

WYKRES 3. POBÓR ENERGII PRZYŁĄCZA P3 W SKALI ROKU




Średniomiesięczny pobór energii elektrycznej oscyluje na poziomie 112 kWh, przy sumarycznym rocznym zużyciu energii rzędu 1,3 MWh. Maksymalny pobór energii elektrycznej występuje w okresie jesienno-wiosennym, zaś minimalny pobór jest na w miesiącach letnich. Z przyłącza tego zasilany jest węzeł cieplny, co w oczywisty sposób wpływa na charakterystykę poboru energii elektrycznej.

WYKRES 4. POBÓR ENERGII RAZEM W SKALI ROKU



Średniomiesięczny pobór energii elektrycznej oscyluje na poziomie 5963 kWh, przy sumarycznym rocznym zużyciu energii rzędu 71,6 MWh. Maksymalny pobór energii elektrycznej występuje w miesiącach zimowych, zaś minimalny pobór jest na w miesiącach letnich. Jest to typowa charakterystyka w obiektach szkolnych, w których na wielkość zużycia energii elektrycznej wpływa ilość energii elektrycznej zużywanej do oświetlania pomieszczeń.

### 2.1.2 Profil taryfowy

Analizie poddano profil taryfowy zastosowany do rozliczeń poboru energii elektrycznej dla wszystkich przyłączy.

Obecnie zastosowany profil taryfowy C11, wraz z zastosowanymi stawkami obrotowymi generują całościowe koszty za 12 miesięcy.

TABELA 1. KOSZTY ZMIENNE

| | Energia | Stawki zmienne | | Koszt | | Razem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dystrybucja | Obrót | Dystrybucja | Obrót | |
| | kWh | zł/kWh | zł/kWh | zł | zł | zł |
| energia całodobowo | 71 566,00 | 0,226225792 | 0,315682441 | 16 190,07 | 22 592,13 | 38 782,20 |

Jednocześnie, w związku z tym iż decydującym o kosztach energii elektrycznej jest pobór energii związany z użytkowaniem oświetlenie, przeanalizowano koszty generowane przez oświetlenie.

TABELA 2. KOSZTY ZMIENNE OŚWIETLENIA

| | Energia | Stawki zmienne | | Koszt | | Razem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dystrybucja | Obrót | Dystrybucja | Obrót | |
| | kWh | zł/kWh | zł/kWh | zł | zł | zł |
| energia całodobowo | 54 561,60 | 0,226225792 | 0,315682441 | 12 343,24 | 17 224,14 | 29 567,38 |

Jak widać, koszty generowane przez oświetlenie stanowią 76 % kosztów całkowitych ponoszonych na energię elektryczną. Jednocześnie kosztami które można optymalizować (np. poprzez użytkowanie energii z OZE) są jedynie koszty zmienne energii elektrycznej.

| | |
|---|---|
| zużycie energii | 71 556,00 kWh |
| koszty zmienne | 38 782,20 zł |
| koszty stałe | 6 317,22 zł |
| koszty inne | 1 849,91 zł |
| Razem | 46 949,34 zł |

Jak widać koszty zmienne stanowią około 83 % kosztów ogółem. Jest to zatem koszt znaczący.

# 3. ZESTAWIENIE DANYCH DOTYCZĄCYCH GŁÓWNYCH ODBIORÓW

## *3.1. OŚWIETLENIE WEWNĘTRZNE*

### 3.1.1. Zestawienie liczbowe

TABELA 3. ZESTAWIENIE OPRAW W PIWNICY

| | Piwnica | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba źródeł w oprawie | Liczba źródeł | Moc |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] | [W] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 47 | 2 | 94 | 3 760 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 3 | 2 | 6 | 120 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 6 | 4 | 24 | 480 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 22 | 1 | 22 | 880 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |

TABELA 4. ZESTAWIENIE OPRAW NA PARTERZE

| | Parter | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba źródeł w oprawie | Liczba źródeł | Moc |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] | [W] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 75 | 2 | 150 | 6 000 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 3 | 4 | 12 | 240 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 19 | 1 | 19 | 760 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |

TABELA 5. ZESTAWIENIE OPRAW NA I PIĘTRZE

| | I Piętro | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba źródeł w oprawie | Liczba źródeł | Moc |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] | [W] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 88 | 2 | 176 | 7 040 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 19 | 4 | 76 | 1 520 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 11 | 1 | 11 | 440 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 0 | 2 | 0 | 0 |

TABELA 6. ZESTAWIENIE OPRAW NA II PIĘTRZE

| | II Piętro | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba źródeł w oprawie | Liczba źródeł | Moc |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] | [W] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 115 | 2 | 230 | 9 200 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 0 | 2 | 0 | 0 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 0 | 4 | 0 | 0 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 5 | 1 | 5 | 200 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 16 | 2 | 32 | 8 000 |

TABELA 7. ZESTAWIENIE OPRAW RAZEM

| | Razem | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba źródeł w oprawie | Liczba źródeł | Moc |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] | [W] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 325 | 2 | 650 | 26 000 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 3 | 2 | 6 | 120 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 28 | 4 | 112 | 2 240 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 57 | 1 | 57 | 2 280 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 16 | 2 | 32 | 8 000 |

### 3.1.2. Charakterystyka stanu opraw

TABELA 8. ZESTAWIENIE JAKOŚCI OPRAW RAZEM

| | Razem | | |
|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba opraw stan dobry | Liczba opraw stan zły |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 325 | 184 | 141 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 3 | 3 | 0 |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 28 | 28 | 0 |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 57 | 24 | 33 |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 16 | 0 | 16 |
| | 429 | 239 | 190 |

W ujęciu procentowym powyższej zebrane ilości przedstawiono w tabeli poniżej

TABELA 9. ZESTAWIENIE JAKOŚCI OPRAW RAZEM W UJĘCIU PROCENTOWYM

| | Razem | | |
|---|---|---|---|
| | Liczba opraw | Liczba opraw stan dobry | Liczba opraw stan zły |
| | [szt.] | [szt.] | [szt.] |
| Oprawy jarzeniowe długie podwójne | 325 | 57% | 43% |
| Oprawy jarzeniowe krótkie podwójne | 3 | 100% | 0% |
| Oprawy jarzeniowe krótkie poczwórne | 28 | 100% | 0% |
| Oprawy żarówkowe typ 1 | 57 | 42% | 58% |
| Oprawy żarówkowe typ 2 | 16 | 0% | 100% |
| | 429 | 56% | 44% |

Oprawy jarzeniowe długie zainstalowane na wszystkich kondygnacjach ogółem wymagają wymiany w około 40 %. Zdecydowana większość lamp pochodzi z lat 90 ubiegłego stulecia. Klosze są mocno zażółcone, praktycznie nieprzezroczyste. Występują duże braki zaczepów kloszy, stan oprzewodowania wewnętrznego lamp wskazuje na zaawansowany stopień starzenia przewodów. Część lamp nie posiada kloszy.

Należy jednak zwrócić uwagę, iż oprawy te zainstalowane w piwnicy aż w prawie 80 % nadają się jedynie do wymiany. Jeszcze gorzej wygląda sprawa jakości opraw tego typu w sali gimnastycznej, gdzie 100 % opraw wymaga wymiany. Również na korytarzach stan opraw można określić na zły, gdyż prawie 60 % z nich wymaga wymiany.

Również w oświetleniu żarowym problem opraw jest na tyle istotny, że prawie 60 % z nich wymaga wymiany, z czego większość zainstalowana jest w piwnicy (20 z 22 zainstalowanych wymaga wymiany).

Natomiast odrębną sprawą są oprawy żarówek halogenowych o dużej mocy w sali gimnastycznej – tam 100 % musi być wymieniona.

Taki stan wynika z faktu, że oświetlenie w salach dydaktycznych i pomieszczeniach biurowych było w międzyczasie modernizowane, a przynajmniej wymieniano oprawy nie nadające się do dalszej eksploatacji. Obiektem gdzie nie przeprowadzono dotychczas żadnej modernizacji jest sala gimnastyczna. Podobnie jest z pomieszczeniami w piwnicy – tam praktycznie większość opraw , niezależnie od typu, wymaga wymiany.

# 4. PROPOZYCJA DZIAŁAŃ

## *4.1. MODERNIZACJA OŚWIETLENIA*

### 4.1.1. Opis

Zainstalowane oświetlenie fluoroscencyjne wewnętrzne w budynku stanowi 83 % ogólnej liczby źródeł światła, przy czym w ujęciu mocowym stanową one 73 % (w tym świetlówki 120 cm stanowią 91 % ogólnej liczby świetlówek, zaś świetlówki 60 cm stanowią 9 % ogólnej liczby świetlówek) oraz odpowiednia świetlówki 120 cm pobierają 67 % a świetlówki 60 cm 6 % mocy pobieranej ogółem. Charakteryzuje się ono małą funkcjonalnością („świetlówki" mają długi czas zapłonu, efekt migotania), sporą awaryjnością i niewłaściwym stopniem doświetlenia. W związku z powyższym zachodzi konieczność jego wymiany na nowoczesne spełniające kryteria polskich i europejskich norm.

Natomiast oświetlenie żarowe, stanowiące 7 % ogólnej liczby źródeł światła w ujęciu mocowym pobiera 6 % mocy ogółem pobieranej przez oświetlenie. Jest to źródło światła o niskiej efektywności energetycznej. W związku z powyższym zachodzi uzasadniona konieczność wymiany oświetlenia żarowego na nowoczesne spełniające kryteria polskich i europejskich norm.

W niniejszym opracowaniu ograniczono się jedynie do analizy wymiany punktów świetlnych bez uwzględnienia wymiany przewodów, włączników, tablic elektrycznych i zabezpieczeń.

Mając na uwadze powyższe uwarunkowania zakłada się wymianę starych świetlówek fluorescencyjnych na świetlówki energooszczędne typu LED o długościach standardowych świetlówek stanowiące ich zamienniki. Jednocześnie w analizie uwzględniono realizację założenia wymiany oświetlenia żarowego na źródła LED.

TABELA 10. LICZBA I MOC ZAINSTALOWANYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

| | LICZBA | MOC |
|---|---|---|
| ŚWIETLÓWKI DŁUGIE | 650 | 26 000 |
| ŚWIETLÓWKI KRÓTKIE | 118 | 2 360 |
| ŻARÓWKI | 57 | 761 |
| | 825 | 29 121 |

Jak widać łączna moc źródeł fluorescencyjnych (28 360 W) stanowi 97 % mocy zainstalowanej

Uwzględniając kompletną wymianę źródeł światła uzyskano poniższe dane.

TABELA 11. LICZBA I MOC PO WYMIANIE ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA NA ENERGOOSZCZĘDNE

| | LICZBA | MOC |
|---|---|---|
| ŚWIETLÓWKI DŁUGIE | 650 | 11 700 |
| ŚWIETLÓWKI KRÓTKIE | 118 | 1 062 |
| ŻARÓWKI | 57 | 570 |
| | 825 | 12 844 |

W wyniku wymiany wszystkich źródeł światła uzyskuje się zmniejszenia mocy zainstalowanej oświetlenia o **15 789 W, czyli o około 54 %**, przy czym rozbijając tę wielkość na świetlówki i żarówki otrzymujemy:

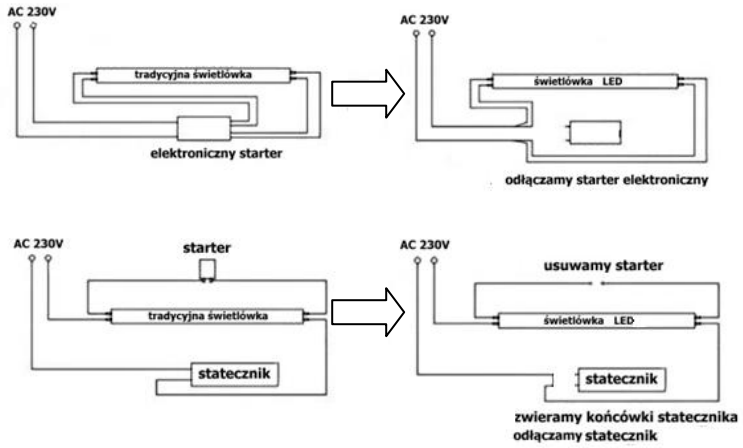
- redukcję mocy w świetlówkach: 15 598 W – 99 %
- redukcja mocy w żarówkach: 191 W – 1 %

Jednocześnie wartość redukcji mocy w wysokości około 16 kW daje nam w stosunku do mocy umownej wynoszącej łącznie z 2 przyłączy 70 kW redukcję mocy zainstalowanej o około 23 %.

### 4.1.2. Założenia techniczno ekonomiczne.

Wymiana świetlówki fluorescencyjnej na świetlówkę LED wymaga prostej przeróbki oprawy polegającej na usunięciu startera i odłączeniu statecznika.

RYSUNEK 2. SPOSÓB PODŁĄCZENIA ŚWIETLÓWKI LED W OPRAWACH JARZENIOWYCH




Zakłada się konieczność całkowitej wymiany części opraw ze względu na techniczny, brak możliwości wykorzystania starych opraw pod potrzeby oświetlenia LED dla co najmniej 44 % opraw. W tych

przypadkach przewiduje się zakup specjalnych opraw świetlówkowych LED z paskami led lub instalację opraw bez osprzętu niezbędnego dla opraw fluorescencyjnych i montaż zamiennych rur LED.

Na podstawie analizy ofert firm produkujących osprzęt elektryczny wywodzących się z Unii Europejskiej oraz kosztów dostawy i wymiany przyjęto do obliczeń następujące ceny jednostkowe:

TABELA 12. ZESTAWIENIE KOSZTÓW WYMIANY ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

| | Koszt lampy [zł] | Koszt wymiany [zł] | Razem [zł] |
|---|---|---|---|
| wymiana 1 świetlówki 120 cm | 33 | 25 | 57 |
| wymiana 1 świetlówki 60 cm | 19 | 25 | 44 |
| wymiana 1 żarówki | 6 | 7 | 13 |

TABELA 13. ZESTAWIENIE KOSZTÓW WYMIANY OPRAW ŚWIETLÓWKOWYCH NA OPRAWY ŚWIETLÓWKOWE LED

| | Koszt lampy [zł] | Koszt wymiany [zł] | Razem [zł] |
|---|---|---|---|
| opraw 2 x 18 W LED | 82 | 37 | 119 |
| oprawa kanałowa | 25 | 37 | 62 |
| oprawa rtęciowa | 74 | 62 | 135 |

Czas użytkowania oświetlenia w ciągu roku przyjęto, dla poszczególnych pomieszczeń, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 10.08.2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej:

Kuchnie - 1200 h/rok

Hale i korytarze - 1080 h/rok

Pomieszczenia mieszkalne - 2200 h/rok

Pomieszczenia biurowe - 1800 h/rok

Oświetlenie zewnętrzne - 2200 h/rok

Pozostałe - 540 h/rok

### 4.1.3. Analiza ekonomiczna

Uwzględniając poczynione założenia przeprowadzono symulację kosztów modernizacji oświetlenia.

W pierwszej kolejności został określony koszt wymiany istniejących źródeł światła na oświetlenie LED

TABELA 14. KOSZT WYMIANY ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

| | Liczba [szt] | Cena [zł] | Koszt [zł] |
|---|---|---|---|
| świetlówki 120 cm | 650 | 57 | 37 305 |
| świetlówki 60 cm | 118 | 44 | 5 200 |
| żarówki | 57 | 13 | 763 |
| | | | 43 268 |

Następnie został określony koszt wymiany opraw.

TABELA 15. KOSZT WYMIANY OPRAW ŚWIETLÓWKOWYCH NA OPRAWY ŚWIETLÓWKOWE LED

| | Liczba [szt] | Cena [zł] | Koszt [zł] |
|---|---|---|---|
| opraw 2 x 18 W LED | 141 | 119 | 16 767 |
| oprawa kanłowa | 33 | 62 | 2 030 |
| opraw rtęciowa | 16 | 135 | 2 165 |
| | | | 20 962 |

Łączny koszt wymiany opraw i źródeł światła wynosi: 64 229 zł

*Koszt zakupu energii elektrycznej*

Roczne zużycie energii zostało określone na podstawi analizy faktur za okres 12 miesięcy

TABELA 16. ROCZNE ZUŻYCIE ENERGII – ZA OKRES OD 01.01.2014 DO 31.12.2014

| | Ilość |
|---|---|
| | kWh |
| energia całodobowo | 71 566 |

Roczne zużycie energii posłużyło do określenia rocznych kosztów zmiennych energii elektrycznej. Stawki określono na podstawie faktur uśredniając koszty zmienne obrotu i koszty zmienne dystrybucji w stosunku do łącznej zafakturowanej ilości energii elektrycznej.

TABELA 17. ROCZNY KOSZT ENERGII ELEKTRYCZNEJ (WG. STAWEK ZMIENNYCH)

| | | Stawki zmienne | | Koszt | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Energia | Dystrybucja | Obrót | Dystrybucja | Obrót | Razem |
| | kWh | zł/kWh | zł/kWh | zł | zł | zł |
| energia całodobowo | 71 566,00 | 0,226225792 | 0,315682441 | 16 190,07 | 22 592,13 | 38 782,20 |

TABELA 18. KOSZTY ROCZNE NA POTRZEBY OŚWIETLENIA

| | Energia | Stawki zmienne | | Koszt | | Razem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dystrybucja | Obrót | Dystrybucja | Obrót | |
| | kWh | zł/kWh | zł/kWh | zł | zł | zł |
| energia całodobowo | 54 561,60 | 0,226225792 | 0,315682441 | 12 343,24 | 17 224,14 | 29 567,38 |

*Oszczędności*

TABELA 19. KOSZTY ROCZNE UZYSKANE W WYNIKU WYMIANY OŚWIETLENIA NA LED

| | Energia | Stawki zmienne | | Koszt | | Razem |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dystrybucja | Obrót | Dystrybucja | Obrót | |
| | kWh | zł/kWh | zł/kWh | zł | zł | zł |
| energia całodobowo | 26 168,40 | 0,226225792 | 0,315682441 | 5 919,97 | 8 260,90 | 14 180,87 |

Uwzględniając, że zrealizowane zostaną wszystkie zaproponowane działania w zakresie redukcji zużycia energii elektrycznej otrzymamy redukcję zużycie energii elektrycznej pokazaną w tabeli poniżej

TABELA 20. SUMARYCZNA REDUKCJA ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ

| Obszar modernizacji | Energia elektryczna [kWh] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | przed modernizacją | po modernizacji | Oszczędność | |
| oświetlenie | 54 561,60 | 26 168,40 | 28 393,20 | 52% |

Z kolei podsumowanie efektów ekonomicznych zobrazowano w tabeli poniżej

TABELA 21. NAKŁADU I ROCZNE OSZCZĘDNOŚCI

| Obszar modernizacji | Nakłady [zł] | Roczne oszczędności [zł] | Okres zwrotu [lat] |
|---|---|---|---|
| oświetlenie | 64 229 | 15 387 | 4,2 |

Uzyskana średnioroczna oszczędność zużycia energii wynosi około **28,4 MWh**, co daje około **52 %** redukcję zużycia energii w skali roku.

Podsumowując uzyskane wyniki, można stwierdzić, iż wymian źródeł oświetlenia przynosi następujące roczne oszczędności kosztów energii elektrycznej w wysokości około 12,5 tys. złoty.

Zestawiając uzyskane roczne oszczędności z nakładami możemy określić efektywność inwestycji.

N - nakłady: 64 229 zł

$O_{el}$ -oszczędności: 15 387 zł

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych do uzyskanych oszczędności

$$SPBT = N / O_{el}$$

$$SPBT_I = 64\ 229 / 15\ 387 = 4{,}2 \text{ roku}$$

Przy wyborze docelowego wariantu działań konieczna będzie dodatkowa pogłębiona analiza obejmująca inne aspekty kosztowe, takie jak m.in. koszty bieżące utrzymania, koszty remontów bieżących, itp. Jednak już na tym poziomie analizy można stwierdzić, iż uzyskano prosty czas zwrotu na poziomie gwarantującym opłacalność inwestycji.

Zgodnie z Komunikatem Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami z dnia 22.12.2014 r. dotyczącego emisji dwutlenku węgla przypadającego na 1 MWh energii elektrycznej, w Polsce wyprodukowaniu 1 MWh energii elektrycznej towarzyszy 831,5 kg $CO_2$ uwolnionego do atmosfery. Oszczędność na poziomie 28,4 MWh pozwoli wobec tego uniknąć emisji $CO_2$ na poziomie 23,6 ton w skali roku.

# III. FOTOWOLTAIKA

## 1. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DOSTĘPNYCH POWIERZCHNI.

Pod instalację OZE można wykorzystać powierzchnię dachu budynków zlokalizowanych w kompleksie szkoły.

Szczególnie dogodne wydają się połacie dachowe budynków sali gimnastycznej i budynku głównego Jednocześnie w przypadku realizacji inwestycji instalacji ogrzewania ciepłej wody z PV, należy uwzględnić jej położenie w sposób ułatwiający zejście instalacji do węzła cieplnego.

RYSUNEK 3. WYKORZYSTANIE POWIERZCHNI POD INSTALACJĘ FOTOWOLTAICZNĄ- WARIANT I

RYSUNEK 4. WYKORZYSTANIE POWIERZCHNI POD INSTALACJĘ FOTOWOLTAICZNĄ – WARIANT II

Potencjał całego kompleksu pod kątem budowy instalacji fotowoltaicznej szacowany jest jak następuje:

TABELA 22 ZESTAWIENIE POTENCJAŁU DACHÓW – WARIANT I.

| **Rodzaj połaci** | **Orientacyjne wymiary dostępnej powierzchni** | **Moc instalacji (liczba modułów)** |
|---|---|---|
| Budynek główny | 13m x 15m<br>13m x 15m<br>6m x 43m | 8,64 kW (32 szt.)<br>8,64 kW (32 szt.)<br>12,96 kW (48 szt.) |
| Budynek sali gimnastycznej | 25m x 21m | 27 kW (100 szt.) |
| RAZEM | | 57,24kW (212 szt.) |

TABELA 23 ZESTAWIENIE POTENCJAŁU DACHÓW – WARIANT II.

| **Rodzaj połaci** | **Orientacyjne wymiary dostępnej powierzchni** | **Moc instalacji (liczba modułów)** |
|---|---|---|
| Budynek główny | 13m x 15m<br>13m x 15m<br>6m x 43m | 4,32 kW (16 szt.) |
| Budynek sali gimnastycznej | 25m x 21m | 54 kW (200 szt.) |
| RAZEM | | 58,32kW (216 szt.) |

Najefektywniejszym rozwiązaniem jest Wariant II polegający na budowie 2 instalacji fotowoltaicznych AC każda po 27 kW na jednej płaszczyźnie dachu sali gimnastycznej oraz instalacji DC do grzania c.w.u. na dachu budynku głównego.

## 2. BILANS ENERGETYCZNY

Przeanalizowano profil zapotrzebowania na moc. Wielkość mocy zainstalowana w źródle fotowoltaicznym powinna być dobrana w sposób skorelowany z profilem energetycznym zakładając iż produkcja źródła fotowoltaicznego jest uznawana za optymalną jeżeli w znaczącym stopniu zużywana jest na potrzeby własne. Proponuje się, aby wielkość mocy źródła PV oscylowała wokół wielkości zapotrzebowania na moc zamówioną, tym samym pozwalając na skorzystanie z przywilejów prosumenckich.

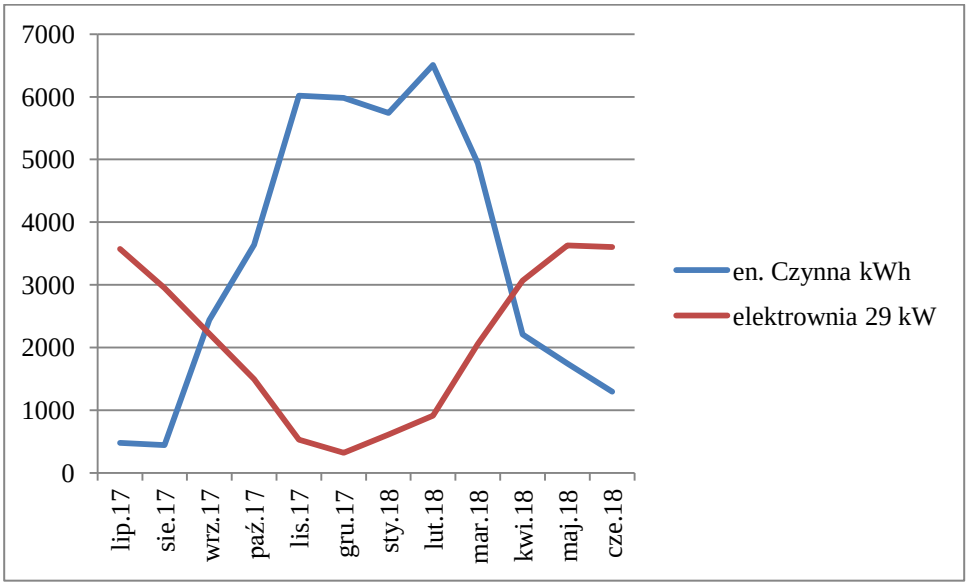
W związku z powyższym proponuje się instalację źródła fotowoltaicznego o mocy zainstalowanej na poziomie nie przekraczała wartości zamówionej przyłącza i oscylowała wokół wielości wynoszącej 35 kW. Uwzględniając iż obiekt zasilany jest z 3 przyłączy, z czego dwa mają po 35 kW mocy zamówionej, proponuje się instalację 2 x 27-30 kW plus instalację do podgrzewu ciepłej wody użytkowej o mocy około 4 kW

Jednocześnie wielkość proponowanej instalacji PV powiązana jest z analizowaną w dalszej części audytu instalacją pomp ciepła o mocy 90 kW do 105 kW. W wyniki tej analizy uwzględniono w niniejszej części analizy przy doborze wielkości elektrowni PV. Jak wykazała analiza, proponowana wielkość elektrowni PV, wynikająca z uśrednionego profilu rocznego, jest jak najbardziej optymalna i dodatkowo skorelowana z proponowaną instalacją pomp ciepła o mocy 90 kW.

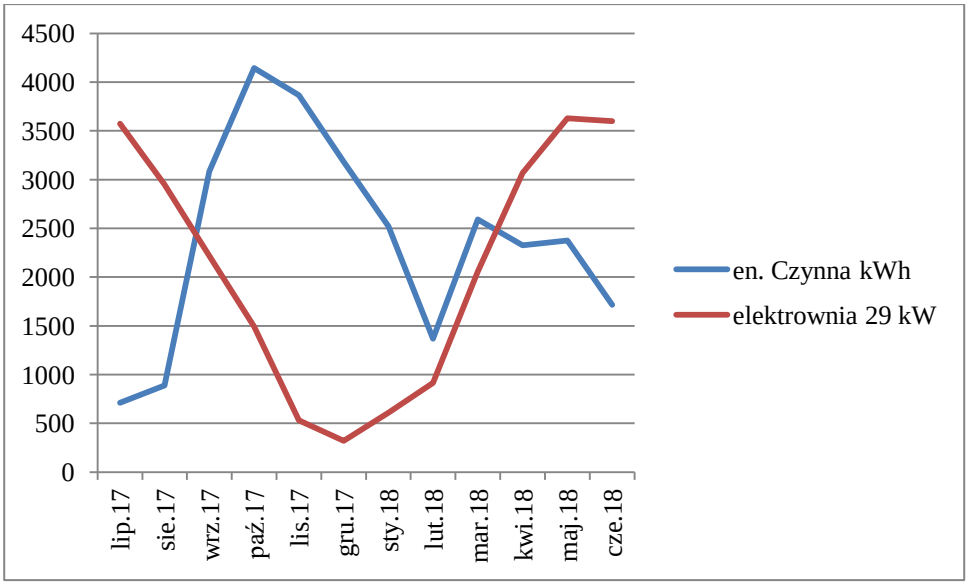
Dokonano symulacji działania w skali roku produkcji 2 instalacji fotowoltaicznej o zalecanej mocy 30 kW każda.

Wyniki tej symulacji przedstawiono poniżej

WYKRES 5. ZAPOTRZEBOWANIE I PRODUKCJA ENERGII – PRZYŁĄCZE 1

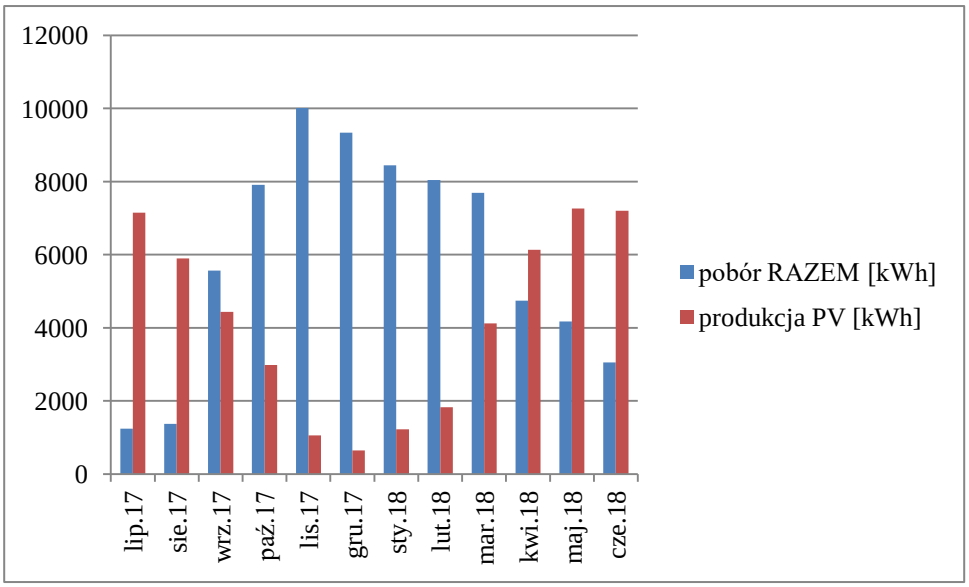


WYKRES 6. ZAPOTRZEBOWANIE I PRODUKCJA ENERGII – PRZYŁĄCZE 2

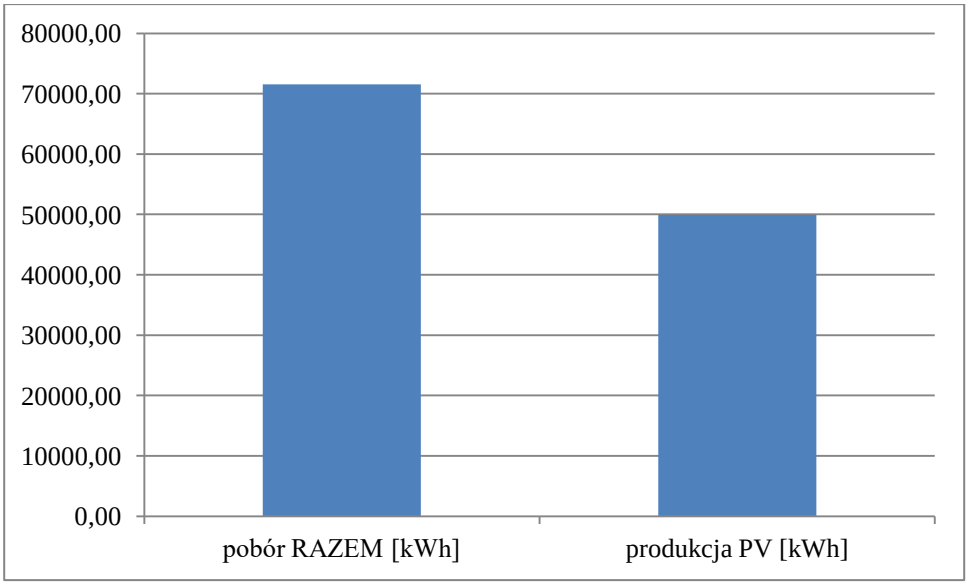



W obu przypadkach cała wyprodukowana energia będzie wykorzystana na potrzeby własne.

WYKRES 7. PIERWOTNE ZAPOTRZEBOWANIE I PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W SKALI ROKU



WYKRES 8. PIERWOTNE ZAPOTRZEBOWANIE I PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W SKALI ROKU RAZEM

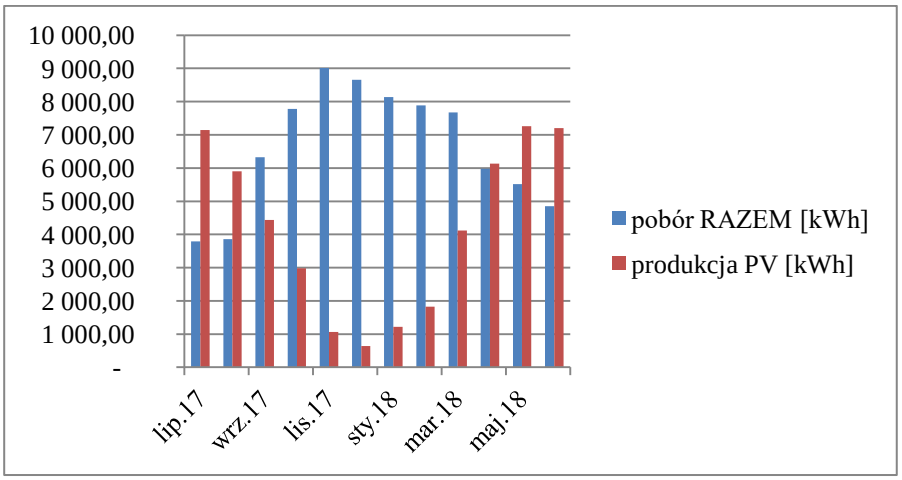



| | |
|---|---|
| pobór RAZEM [kWh] | 71566,00 |
| produkcja PV ]kWh] | 49921,50 |

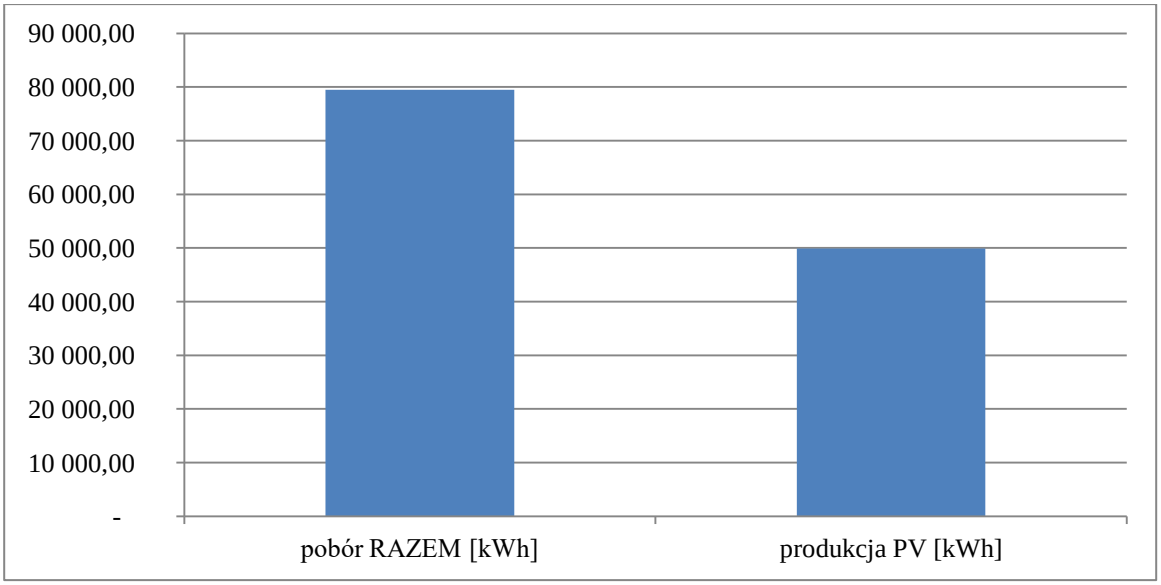
Energia wyprodukowana z instalacji PV stanowi w skali roku około 70 % zapotrzebowania na energią elektryczną obiektu przed modernizacją.

W przypadku obniżenia mocy zainstalowanej (w wyniku optymalizacji oświetlenia, nastąpi zmniejszenie rocznego zużycia energii elektrycznej. Natomiast w wyniku zainstalowania pomp ciepła nastąpi zwiększenie poboru energii elektrycznej. W związku z powyższym przeanalizowano jak w takim wypadku będzie wyglądała symulacja produkcji energii z PV.

WYKRES 9. ZAPOTRZEBOWANIE ZREDUKOWANE I PRODUKCJA ENERGII W SKALI ROKU



WYKRES 10. ZAPOTRZEBOWANIE ZREDUKOWANE I PRODUKCJA ENERGII W SKALI ROKU RAZEM




| | |
|---|---|
| pobór RAZEM [kWh] | 79 462,20 |
| produkcja PV [kWh] | 49 921,50 |

Energia wyprodukowana z instalacji PV stanowi w skali roku około 73 % zapotrzebowania na energią elektryczną obiektu po modernizacji

## 3. ELEMENTY SKŁADOWE SYSTEMU

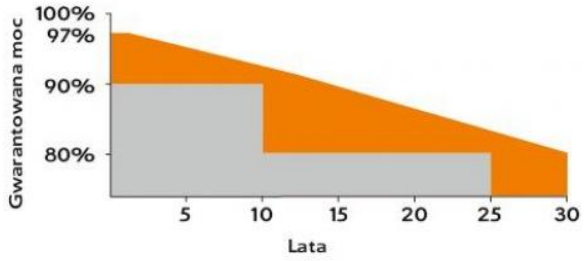
Na elementy składowe instalacji fotowoltaicznej składają się:

- Zestawy modułów fotowoltaicznych wraz z konstrukcją wsporczą.
- Instalacja elektryczna wraz z inwerterami i automatyką zapewniającą dostosowanie parametrów produkowanej energii do wymogów pracy z siecią PGE Dystrybucja S.A..
- Instalację wraz z zabezpieczeniami.
- System monitorowania systemu PV

### 3.1. MODUŁY FOTOWOLTAICZNE

Moduły fotowoltaiczne są urządzeniami dokonującymi konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Planowana jest elektrownia składająca się z zestawu modułów o mocy 270W każdy, połączonych z inwerterem. Proces wytwarzania energii jest przyjazny środowisku, gdyż wykorzystuje się w nim zjawisko fotoelektryczne, które nie ma żadnych produktów ubocznych. Nie generuje hałasu, nieprzyjemnego zapachu, nie wymaga dodatkowych materiałów eksploatacyjnych, nie stwarza zagrożenia dla ludzi i zwierząt. Panele fotowoltaiczne montowane będą na dedykowanych konstrukcjach metalowych (aluminiowych) umożliwiających mocowanie paneli na dachu budynku. Żywotność paneli to ponad 30 lat. Po 25 latach zachowują minimum 80% początkowej mocy. Dzięki wykorzystaniu systemów PV, będą one wytwarzały prąd przez cały długoletni okres eksploatacji w sposób wysoce efektywny, czysty i przyjazny dla środowiska naturalnego.

WYKRES 11. PRZYKŁAD LINEARYZACJI CHARAKTERYSTYKI DEGRADACJI MOCY MODUŁÓW




## 3.2. INWERTERY FOTOWOLTAICZNE

Inwerter powinien być dostosowany do pracy równoległej z siecią energetyczną zgodnie z dyrektywą nisko-napięciową PN EN 50438:2007 Wymagania dotyczące równoległego przyłączania mikrogeneratorów do publicznych sieci rozdzielczych niskiego napięcia. Wymaga ona od inwerterów posiadania funkcji monitorowania napięcia i częstotliwości sieci oraz detekcji pracy wyspowej w celu odłączenia inwerterów od sieci w przypadku jej wystąpienia.

Energia elektryczna wytwarzana w modułach fotowoltaicznych ma formę prądu stałego i może być wykorzystywana do zasilania urządzeń elektrycznych pod warunkiem zastosowania urządzeń do konwersji prądu stałego na prąd przemienny zwanych inwerterami (falownikami).

Sprawność przy mocy maksymalnej inwerterów powinna być wyższa niż 98%. Energia elektryczna wytworzona w ogniwach zamieniona zostanie w inwerterach z napięcia stałego DC na napięcie przemienne 3-fazowe 400V AC. Inwertery w chwili wykrycia napięcia po stronie stałonapięciowej DC synchronizują się z siecią 3-fazową 400V i zaczną dostawę energii do sieci. W chwili zaniku napięcia po stronie pierwotnej lub

po stronie wtórnej inwerter wyłączy się automatycznie. Powrót napięć na inwerterze spowoduje proces synchronizacji z siecią i wznowienie dostaw energii do sieci. Inwerter zapewnia bezpieczną obsługę poprzez zabezpieczenie przed pracą wyspową. Inwertery wyposażone są w wewnętrzny system monitoringu, co umożliwia nadzór pracy całego systemu fotowoltaicznego.

## 3.3. INSTALACJA ELEKTRYCZNA.

### 3.3.1. Okablowanie DC inwerterów

Okablowanie pomiędzy modułami fotowoltaicznymi a inwerterami wykonane powinny być przewodem solarnym zewnętrznym odpornym na promieniowanie UV o przekroju min. 4mm$^2$. Okablowanie DC każdego inwertera podzielone powinny być na pasma zgodnie z zaleceniami producenta inwerterów i wpięte do inwertera poprzez złączki MC4.

Wymaga się aby instalacja DC wyposażona była w ograniczniki przepięć Typu 1+2

### 3.3.2. Okablowanie AC inwerterów

Zakłada się, że okablowanie pomiędzy inwerterem a rozdzielnicą AC zostanie wykonane z kabli YKYżo. Kable powinny być układane w korytkach o wykonaniu zewnętrznym i kanałach kablowych z tworzywa mocowanych do stelaży konstrukcji modułów fotowoltaicznych oraz na ścianie budynku. Pamiętać trzeba bezwzględnie o zachowaniu odległości pomiędzy kablami już istniejącymi. Promienie gięcia kabli musza być zgodne z zaleceniami producenta kabli. Należy zwrócić szczególną uwagę podczas układania kabli aby nie uszkodzić izolacji zewnętrznej kabla. Kable muszą mieć zostawione zapasy po stronie inwertera jaki i rozdzielnicy głównej.

### 3.3.3. Instalacja uziemiająca

Konstrukcje wsporcze paneli fotowoltaicznych należy ze sobą połączyć. Połączenie wyrównawcze należy wykonać przewodem LgY16mm$^2$.

Uziemieniu ochronnemu podlegają metalowe części, normalnie nieprzewodzące prądu lecz mogące stanowić niebezpieczeństwo porażenia w razie pojawienia się na tych elementach napięcia.

W szczególności należy uziemić:

- konstrukcję rozdzielnic i szaf,
- konstrukcję wsporcze np. modułów,
- ramy modułów fotowoltaicznych poprzez konstrukcje wsporcze,

- obudowy inwerterów.

Główną szynę uziemiającą należy podłączyć do instalacji uziemiającej, przynajmniej w dwóch punktach, oraz zabezpieczyć przed korozją oraz ewentualnym uszkodzeniem mechanicznym.

Dla kontenera zamontować złącze kontrolne i połączyć je z uziomem otokowym stacji, oznaczając przewód uziemiający trwałym oznacznikiem.

W przypadku montażu wielu inwerterów w systemie PV połącz kabel ochronny PE wszystkich inwerterów i ramy modułów do tego samego punktu uziemienia. W ten sposób zapewnione zostanie wyrównanie potencjałów i ochrona przed porażeniem prądem.

### 3.3.4. Ochrona przeciwporażeniowa

Ochrona przeciwporażeniowa nn realizowana jest na podstawie wymagania normy N SEP-E-001 – „Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa".

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym powinna być zapewniona przez:

- Zachowanie odległości izolacyjnych,
- Izolację roboczą (izolowanie części czynnych),
- Uziemienie ochronne (wykonanie wspólnego uziomu dla urządzeń oraz części przewodzących dostępnych (0,4 kV),
- Szybkie samoczynne wyłączenie w układzie sieciowym TN-S (według normy PN–IEC 60364–4–41).
- Stosowanie ochrony uzupełniającej.

### 3.3.5. Ochrona przeciwprzepięciowa

Należy zastosować skoordynowaną ochronę przeciwprzepięciową. Przewiduje się instalację ograniczników typu I i II po stronie stałoprądowej oraz zmiennoprądowej w rozdzielnicach AC oraz DC. Inwertery i ogniwa fotowoltaiczne ochronić warystorami dedykowanymi do instalacji PV na napięcie do 1000VDC montowanymi w rozdzielnicy DC lub w inwerterze.

### 3.3.6. Układ pomiaru energii elektrycznej rozliczeniowy

W istniejącym złączu kablowym zintegrowanym z tablicą pomiarową ZK+TL istnieje rozliczeniowy układ pomiaru energii elektrycznej. Modernizacja układu pomiaru energii elektrycznej w zakresie wymiany licznika na licznik umożliwiający dwukierunkowy pomiar energii elektrycznej jest w zakresie PGE Dystrybucja S.A.

### 3.3.7. Układ pomiaru energii elektrycznej produkowanej brutto

W rozdzielni elektrowni słonecznej (na zaciskach generatora PV), należy przewidzieć lokalizacje układu pomiaru energii elektrycznej produkowanej brutto. Układ ten powinien być wyposażony w układ transmisji danych pomiarowych.

Układ wyprodukowanej energii wymagany jest do celów rozliczeń z Urzędem Marszałkowskim.

## 4. MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DOSTĘPNYCH POWIERZCHNI.

Instalacja PV działa tak, że produkując własny prąd „ze słońca" przeznacza go przede wszystkim na własne potrzeby. Dopiero gdy zaspokoimy potrzeby, energia zostaje przekazywana do sieci publicznej. Ilość energii oddanej do sieci zliczana jest przez tzw. „inteligentny licznik" , który montowany jest przez Dystrybutora Energii Elektrycznej.

System opustów polega na założeniu, że energię, którą wytworzy nasza elektrownia słoneczna podłączona do sieci energetycznej operatora OSD, która nie zostanie zużyta od razu na własne potrzeby, wysyłamy do sieci energetycznej i traktujemy tą sieć jako swoisty „magazyn". Z kolei w czasie, gdy nasza elektrownia słoneczna nie produkuje energii elektrycznej lub jej produkcja nie wystarcza na zaspokojenia naszych bieżących potrzeb, możemy wtedy tę energię bezpłatnie odebrać z „magazynu" w stosunku 0,7 kWh za każdą 1 kWh oddaną do sieci dla mocy naszej elektrowni słonecznej powyżej 10 kW i mniejszej niż 40 kW.

Uwzględniając aktualne przypisy prawa określające zasady rozliczania energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji fotowoltaicznej o mocy do 40 kW, można jednoznacznie stwierdzić, iż w skali roku 100 % energii wyprodukowanej z fotowoltaiki zostanie wykorzystane na potrzeby własne

Natomiast Inwestor w skrajnym przypadku produkcji PV w czasie braku zużycia własnego, będzie musiał z tej ilości 100 % wyprodukowanej i oddanej do sieci energii PV zapłacić, w wyniku rozliczenia „net metering", 30 % kosztów zakupu energii elektrycznej (zasada zakłada że system działający jako „magazyn energii" oddaje całość wyprodukowanej energii w momencie jej zużywania przez Prosumenta po kosztach równych 30 %). W przypadku bardziej prawdopodobnym, w którym to produkcja i zużycie pokrywają się, (gdy zapotrzebowanie jest większe od produkcji w okresie rozliczeniowym) cała energia PV jest zużywana na potrzeby własne i jest w całości darmowa – rozliczenie net metering nie wykaże oddawania energii do systemu.

TABELA 24. ZESTAWIENIE ZAPOTRZEBOWANIA I PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ PO MODERNIZACJI

| | lip.17 | sie.17 | wrz.17 | paź.17 | lis.17 | gru.17 | sty.18 | lut.18 | mar.18 | kwi.18 | maj.18 | cze.18 | Razem |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pobór [kWh] | 3788 | 3860 | 6330 | 7780 | 9016 | 8653 | 8133 | 7888 | 7677 | 5975 | 5515 | 4846 | 79462 |
| Produkcja PV [kWh] | 7149 | 5897 | 4436 | 2984 | 1060 | 642 | 1218 | 1828 | 4115 | 6136 | 7257 | 7201 | 49922 |
| Bilans [kWh] | 3360 | 2036 | -1894 | -4796 | -7957 | -8012 | -6915 | -6060 | -3562 | 161 | 1742 | 2354 | -29541 |

W związku z tym iż całkowita produkcja energii elektrycznej z PV będzie w końcowym efekcie, w wyniku rozliczeń net metering, wykorzystywana na potrzeby własne, głównie kompensując wzrost zużycia energii z tytułu instalacji pomp ciepła, nie przeprowadzono odrębnej analizy opłacalności budowy instalacji PV. Do analizy przeprowadzonej w dalszym etapie przyjmuje się szacunkowy koszt instalacji fotowoltaicznej określony na poziomie 493 000,00 zł

Przeprowadzona analiza w zakresie PV jest elementem składowym przeprowadzonej dalej analizy audytu energetycznego budynku i jako taka nie podlegała indywidualnej ocenie efektywnościowej i ekologicznej, Ocena ta dokonana jest kompleksowo w ramach audytu budynku.

# IV. PODSUMOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Na końcową oszczędność energii elektrycznej składają się przede wszystkim spadek zużycie energii elektrycznej z tytułu modernizacji oświetlenia, oraz produkcja energii elektrycznej z systemu PV AC. Należy jednak pamiętać o uwzględnieniu w ogólnym bilansie wzrostu zużycia energii spowodowanego pracą pomp ciepła.

W związku z tym iż całkowita produkcja energii elektrycznej z PV będzie w końcowym efekcie, w wyniku rozliczeń net metering, wykorzystywana na potrzeby własne, głównie kompensując wzrost zużycia energii z tytułu instalacji pomp ciepła, nie przeprowadzono odrębnej analizy opłacalności budowy instalacji PV AC.

TABELA 25. ZESTAWIENIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

| Obszar modernizacji | Energia [kWh] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | przed modernizacją | po modernizacji | Oszczędność | |
| energia elektryczna | - 71 566,00 | - 29 540,70 | 42 025,30 | 59% |
| oświetlenie | - 54 561,60 | - 26 168,40 | 28 393,20 | 52% |
| pozostałe | - 17 004,40 | - 17 004,40 | - | 0% |
| pompy ciepła | | - 36 289,40 | - 36 289,40 | -100% |
| Fotowoltaika | | 49 921,50 | 49 921,50 | 100% |

Liczby ze znakiem minus oznaczają fizyczny pobór energii zaś ze znakiem dodatnim oznaczają fizyczną produkcję energii elektrycznej. W przypadku kolumny Oszczędność znakiem minus oznaczono liczby w którym następuje wzrost zużycia, plusem zaś rzeczywista oszczędność energii elektrycznej.

Jak widać całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną po modernizacji będące sumą wszystkich poborów wynosi około 79 MWh, natomiast całkowita roczna produkcja energii z systemu PV AC wynosi około 50 MWh. Tym samym cała wyprodukowana energia zostanie zużyta na potrzeby własne

# V. CIEPŁO

## 1. CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDŁA CIEPŁA.

Budynki są obecnie zasilany z węzła cieplnego zasilanego z miejskiej sieci ciepłowniczej.

Stan techniczny urządzeń jest bardzo dobry i w chwili obecnej nie przewiduje się ich wymiany.

RYSUNEK 5. WĘZEŁ CIEPLNY.

## 2. CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI C.O.

Budynek szkoły zasilany jest z miejskiej sieci ciepłowniczej której operatorem jest ENEA CIEPŁO Sp. z o.o. Instalacja c.o. została wykonana w latach 80-tych XX wieku jako wodna, dwururowa, pompowa z

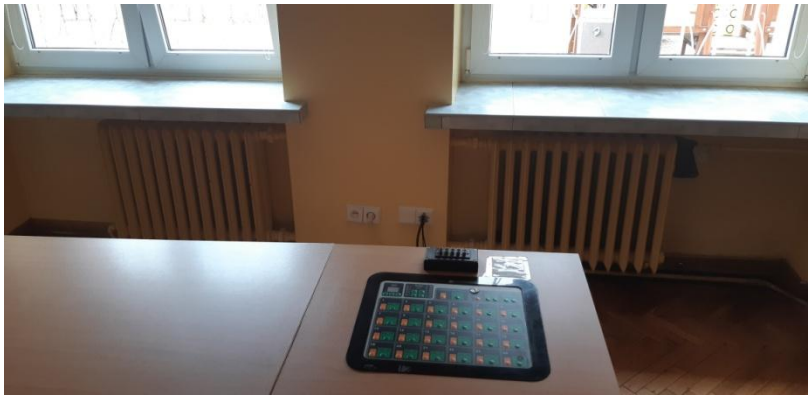
rozdziałem dolnym o parametrach 95°/70°. Rozprowadzenie przewodów rozdzielczych jest zlokalizowane pod stropami najniższej kondygnacji. W trakcie eksploatacji instalacja była modernizowana w roku 2009 Inwestor przeprowadził częściową modernizację instalacji c.o. i c.w.u. obejmującą wykonanie nowego węzła ciepłowniczego oraz wymianę części przewodów rozdzielczych w piwnicy wraz z izolacją. Jednocześnie w okresie ostatnich kilku lat częściowo modernizowane była instalacja c.o. obejmująco wymianę niektórych grzejników członowych na grzejniki płytowe – jednakże dotyczyło to jednostkowych grzejników członowych które wymagały wymiany z powodu uszkodzeń. Stan techniczny grzejników i przewodów (brak problemów zgłaszanych przez Inwestora) jest zadawalający.

W ramach modernizacji przewiduje się wprowadzenie wstępnego podgrzewu czynnika powrotnego z pomp ciepła które poprzez bufor będą częściowo ogrzewały wodę na cele c.o. oraz dogrzanie wody na cele c.w.u.

RYSUNEK 6. PRZEWODY ROZPROWADZAJĄCE NA NAJNIŻSZEJ KONDYGNACJI

W obiekcie, w większości pomieszczeń, zainstalowane są grzejniki członowe żeliwne typu T-1. Instalacja c.o. wykonana jest z rur stalowych czarnych łączonych przez spawanie. Przy grzejnikach zamontowane są zawory grzejnikowe, jednak w wielu pomieszczeniach brak głowic termostatycznych umożliwiających utrzymanie temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach na stabilnym poziomie

RYSUNEK 7. GRZEJNIK BEZ GŁOWIC TERMOSTATYCZNYCH



RYSUNEK 8. GRZEJNIK Z GŁOWICĄ TERMOSTATYCZNĄ

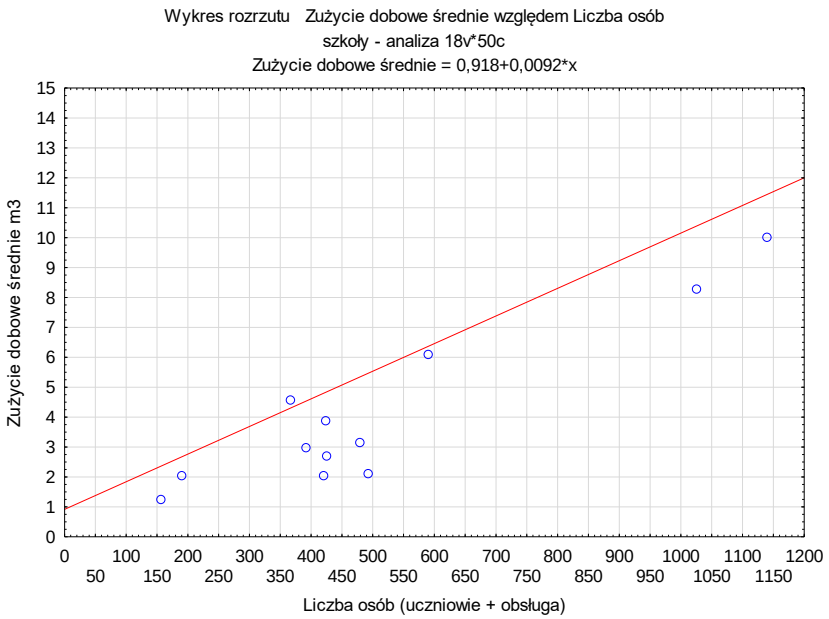
Aktualnie, zgodnie z dokumentacją techniczną zapotrzebowanie ciepła na cele c.o. w poszczególnych częściach obiektu wynosi około 265 kW. Wartość ta może być zmniejszona poprzez ocieplenie przegród zewnętrznych oraz zainstalowanie wspierającego źródła OZE.

## 3. CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI C.W.U.

Instalacja ciepłej wody użytkowej jest wykonana z rur stalowych i mocowana do ścian i stropów za pomocą haków i wsporników.

Średni wskaźnik zużycia wody w szkole na osobę (pracowników + uczniów) można określić na podstawie badań przeprowadzonych dla szkół.

WYKRES 12. POBÓR ŚREDNI WODY DLA SZKÓŁ WZGLĘDEM LICZBY OSÓB




Średni wskaźnik zużycia wody w obiekcie wynosi około 12 [l/Md] i jest mniejszy w porównaniu z normatywem z 2002 r. zgodnie, z którym wskaźnik ten wynosi 25 [l/Md]. Przypuszczalnym powodem zmniejszenia owego wskaźnika mogą być bardziej nowoczesne urządzenia sanitarne, które obniżają zużycie wody oraz młodzież bardziej uświadomiona na racjonalne korzystanie z tychże urządzeń.

## 4. MOŻLIWE ULEPSZENIA W RAMACH INSTALACJI GRZEWCZEJ

Na całkowitą sprawność systemu grzewczego składają się cztery elementy składowe sprawność wytwarzania, dystrybucji, akumulacji i wykorzystania ciepła.

W roku 2009 Inwestor przeprowadził częściową modernizację instalacji c.o. i c.w.u. obejmującą wykonanie nowego węzła ciepłowniczego oraz wymianę części przewodów rozdzielczych w piwnicy wraz z izolacją. Jednocześnie w okresie ostatnich kilku lat częściowo modernizowane była instalacja c.o. obejmująco wymianę niektórych grzejników członowych na grzejniki płytowe – jednakże dotyczyło to jednostkowych grzejników członowych które wymagały wymiany z powodu uszkodzeń.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury I Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej można przyjąć, że przed ulepszeniami sprawności wynosiły:

Sprawność wytwarzania $\eta_g$ =0,93

Sprawność przesyłu $\eta_d$ =0,85,

Sprawność regulacji $\eta_e$=0,82,

Sprawność akumulacji $\eta_s$=1,00,

wt=0,85

wd=0,95

W celu podniesienia sprawności i poprawy stanu technicznego, w ramach modernizacji instalacji przygotowania c.o.. rozpatrzono możliwość wykorzystania pomp ciepła do podgrzewu czynnika oraz ogniw PV do produkcji energii elektrycznej na potrzeby podgrzewu c.o.. Wariant taki wiązałby się ze zmianami w obrębie linii technologicznej kotłowni – wpięcie układu pomp ciepła do istniejącej instalacji z węzłem ciepła zasilanym z sieci miejskiej. W okresie wiosenno-jesiennym przewidziano podgrzew wody z niekonwencjonalnych źródeł ciepła natomiast w okresie jesienno-zimowym rozwiązanie to stanowiłoby uzupełnienie podgrzewu z węzła, natomiast do żądanej temperatury dodatkowo dogrzewać będzie istniejący węzeł ciepła. W celu realizacji usprawnienia przewidziano montaż dodatkowego zbiornika buforowego od 500 do 1000 l, zasilanego z pomp ciepła, w którym woda byłaby podgrzewana w miarę chwilowych możliwości, a następnie byłaby kierowana przez wymiennik do instalacji c.o. Jednocześnie przewidziano instalacje systemu automatyki hydraulicznej, który w sposób aktywny sterowałby pracą pomp ciepła, wykorzystując w maksymalny sposób możliwości energetyczne układu. Podgrzew wody w pompach ciepła realizowany jest z wykorzystaniem energii elektrycznej. Dlatego też proponuje się jej dodatkowe wytworzenie w panelach fotowoltaicznych o przewidywanej mocy łącznej około 58 kW (dwie elektrownie fotowoltaiczno przyłączone do 2 przyłączy – każda o mocy około 29 kW), która następnie poprzez inwertery wprowadzana jest do systemu zasilającego obiekt (wykorzystywany jest tu system opustów taryfowych). Zgodnie z systemem opustów, sprzedawca – ma dokonywać rozliczeń ilości energii elektrycznej wprowadzonej przez prosumenta do sieci OSD (operatora sieci dystrybucyjnej) wobec ilości energii elektrycznej pobranej z tej sieci w stosunku ilościowym: 1 do 0,7 w przypadku mikroinstalacji o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej większej niż 10 kW (maks. 40 kW). Jednocześnie jak wykazano w poprzednich rozdziałach, całkowita produkcja energii elektrycznej z układu PV AC pozwala zrównoważyć wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną z tytułu pracy pomp ciepła. Tym samym w analizie

efektywnościowej pracy pomp można uwzględniać że ciepło które wyprodukują nie jest obciążone zużyciem energii elektrycznej z sieci dystrybucyjnej.

Jednocześnie przewiduje się montaż systemu automatycznych głowic termostatycznych w salach lekcyjnych oraz montaż głowic termostatycznych przy grzejnikach gdzie dotychczas zamontowano jedynie zawory, bądź też zamontowano głowice w sposób nieprawidłowy.

Proponowany system automatycznych głowic termostatycznych składający się z zestawu kontrolera zaworu (termostatu) i czujnika pokojowego. System ten pracujący jako kompleksowa regulacja temperatury w pomieszczeniach jest składową systemu inteligentnej kontroli ogrzewania. System nie wymaga ręcznego programowania pracy. Jest on systemem autonomicznym – zasilanie czujnika pokojowego zintegrowanego z czujnikiem obecności realizowane jest z akumulatorów zasilanych z paneli fotowoltaicznych zainstalowanych w obudowie czujnika, natomiast kontrolery zaworów zasilane są dzięki termo generatorowi który zamienia energię cieplą grzejnika na energię elektryczną. Jest to również system automatyczny. Po pierwsze – elementy systemu komunikują się za pośrednictwem protokołu radiowego EnOcean który jest zabezpieczony przed zewnętrznym odczytaniem, a tym samym jest odporny na zewnętrzne zakłócenia. Po drugie - dzięki automatycznemu stworzeniu profilu pomieszczenia (wykrywanie obecności ludzi, detekcja otwarcia okna itp.) może automatycznie obniżyć temperaturę w pomieszczeniu przy braku w nim ludzi. Obniżenie temperatury w pomieszczeniu następuje jednak dopiero po trzykrotnej ocenie pomieszczenia (jeśli nikogo nie ma w pokoju w ciągu 45 minut). W efekcie możliwe jest osiągnięcie oszczędności na ogrzewaniu do 20% w skali modernizowanych pomieszczeń. W przypadku audytowanego obiektu racjonalne jest zastosowanie tego automatycznego i autonomicznego (nie wymaga dodatkowego zasilania zewnętrznego) systemu w pomieszczeniach sal lekcyjnych, gdyż da to najwyższy efekt energetyczny przy racjonalizacji kosztów inwestycji. Szacowana oszczędność wyniesie do 10 % w stosunku do wartości pierwotnej całego obiektu,

- demontaż odcinków przewodów rozdzielczych w złym stanie technicznym i montaż nowych, z odpowiednią do dzisiejszych przepisów izolacją termiczną.

W przypadku powyższych usprawnień sprawność wniesie:

Sprawność wytwarzania $\eta_g$ =2,266

Sprawność przesyłu $\eta_d$ =0,90,

Sprawność regulacji $\eta_e$=0,93,

Sprawność akumulacji $\eta_s$=0,93,

wt=0,85

wd=0,85

Ponadto w przyszłości zalecana jest wymiana grzejników członowych na płytowe, o małej bezwładności cieplnej i pozostałych przewodów (piony, gałązki grzejnikowe), jednak Inwestor nie planuje w chwili obecnej tego typu usprawnień ze względu na zadowalający stan techniczny. Należy się jednak liczyć z koniecznością takich usprawnień w perspektywie 5-10 letniej. Szacowany okres zwrotu to około 12 lat.

## *4.1. ELEMENTY SKŁADOWE SYSTEMU PODGRZEWU WODY.*

- moduł PV = około 58 kW

W skład modułu wchodzą panele fotowoltaiczne wraz z dedukowaną konstrukcją wsporczą oraz niezbędnym okablowaniem solarnym, inwerterami i odpowiednimi zabezpieczeniami

- 2 pompy ciepła o wysokiej klasie sprawności energetycznej, typu powietrze-woda o mocy nominalnej 45 kW każda i max. temp. zasilania 60ºC.
- moduł automatyki hydraulicznej

W skład modułu wchodzą zawory sterowane temperaturowo wraz z niezbędnym osprzętem hydraulicznym

- systemu automatycznych, autonomicznych zaworów termostatycznych.

## *4.2. OCENA EFEKTYWNOŚCI ROZWIĄZANIA.*

Ostateczna decyzja co do wyboru rozwiązania technicznego powinna zostać podjęta na etapie projektu wykonawczego modernizacji w zakresie przygotowywania co.

Zapotrzebowanie na moc na co wynosi około 90 kW. Przyjęto wspomaganie układu przygotowania c.o. w 80% w lecie i 50% w zimie z OZE.

## *4.3. ROZWIĄZANIE ALTERNATYWNE SYSTEMU PODGRZEWU WODY.*

Rozpatrzono możliwość zainstalowania dodatkowej pompy ciepła o mocy 45 kW

Ze względu na temperaturową zmienność w okresie zimowym w poszczególnych latach trudno jest jednoznacznie oszacować wpływ dodatkowej pompy na podniesienie efektywności pracy całego układu OZE. Efektywność pracy pomp ciepła spada wraz ze spadkiem temperatury poniżej -10 $^{o}$C, tym samym wzrost efektywności całego układu uwzględniającego pracę dodatkowej pompy nie będzie proporcjonalny do wzrosty mocy całego układu. Szacuje się iż dodatkowa pompa ciepła mająca uzupełniać ogrzewanie c.o. w temperaturach poniżej -10 $^{o}$C przyniesie wzrost efektywności całego układu o 10 % co pozwoli nam wspomóc cały układ ogrzewania c.o. w 90 %.

### *4.4. OCENA EFEKTYWNOŚCI.*

W przypadku decyzji Inwestora zaleca się przeprowadzenie szczegółowej analizy zawierającej zarówno lokalne warunki nasłonecznienia, całoroczną zmienność poboru c.o. jak i różne procentowo udziały źródeł odnawialnych w biwalentnej produkcji c.o.

Wielkości efektu ekologicznego wynikającego z modernizacji obszaru opisanego w niniejszym rozdziale została uwzględniona w rozdziale następnym, w audycie energetycznym.

Szacunkowy koszt poszczególnych usprawnień w wariancie podstawowym przyjęto w oparciu o uproszczone wyliczenia kosztorysowe wykonane przy obowiązującej wartości roboczogodziny dla robotników sanitarnych. Ceny urządzeń i materiałów przyjęto na podstawie cenników lokalnych firm.

Obliczenia wykonano przy założeniu modernizacji systemu c.o. dla aktualnego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania ( w przypadku kompleksowej realizacji inwestycji należy oszacować oszczędności z uwzględnieniem zmniejszenia zużycie energii po termomodernizacji przegród budowlanych)

TABELA 26. WYBRANE WARIANTY MODERNIZACJI INSTALACJI GRZEWCZEJ

| Planowane usprawnienia: | Nakłady |
|---|---|
| Montaż 2 pomp ciepła o mocy 45 kW | 418 200,00 |
| Wymiana odcinków przewodów rozdzielczych w piwnicach i uzupełnienie izolacji na istniejących odcinkach przewodów. Próba szczelności. | 49 200,00 |
| Niezbędne roboty budowlane | 12 300,00 |
| Projekt regulacji instalacji c.o. | 6 150,00 |
| Zastosowanie autonomicznego sytemu sterowania grzejnikami w pomieszczeniach lekcyjnych | 110 700,00 |
| **Suma:** | **596 550,00** |

# 5. MOŻLIWE USPRAWNIENIA SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ.

W ramach modernizacji instalacji przygotowania c.w.u. rozpatrzono możliwość wykorzystania pompy ciepła do podgrzewu czynnika oraz ogniw PV do produkcji energii elektrycznej na potrzeby podgrzewu c.w.u.. Wariant taki wiązałby się ze zmianami w obrębie linii technologicznej kotłowni – wpięcie układu pompy ciepła do istniejącej instalacji z węzłem ciepła zasilanym z sieci miejskiej. W okresie wiosenno-jesiennym przewidziano podgrzew wody z niekonwencjonalnych źródeł ciepła natomiast w okresie jesienno-zimowym rozwiązanie to stanowiłoby uzupełnienie podgrzewu z węzła, natomiast do żądanej temperatury dodatkowo dogrzewać będzie istniejący węzeł ciepła. W celu realizacji usprawnienia przewidziano montaż dodatkowego zbiornika do 500l, zasilanego z pomp ciepła, w którym woda byłaby podgrzewana w miarę chwilowych możliwości, a następnie byłaby kierowana przez istniejący wymiennik do instalacji c.w.u.
W ramach modernizacji instalacji przygotowania c.w.u. rozpatrzono dodatkową możliwość wykorzystania ogniw PV do produkcji energii elektrycznej DC na potrzeby podgrzewu c.w.u.. Podgrzew wody realizowany jest z wykorzystaniem energii elektrycznej wytworzonej w panelach fotowoltaicznych, która następnie poprzez regulator DC zasila grzałkę elektryczną zainstalowaną w zbiorniku zasianym przez pompę ciepła

## *5.1. ELEMENTY SKŁADOWE SYSTEMU PODGRZEWU WODY.*

- moduł PV = 4.16 kW

W skład modułu wchodzą panele fotowoltaiczne wraz z dedukowaną konstrukcją wsporczą oraz niezbędnym okablowaniem solarnym

- moduł zabezpieczeń

W skład modułu wchodzą zabezpieczenia przeciwprzepięciowe i nadprądowe wraz z dedykowaną obudową (skrzynką) oraz niezbędnym okablowaniem solarnym

- moduł regulatora

W skład modułu wchodzi regulator DC wraz z niezbędnym okablowaniem. Moduł ten służy jednocześnie jako rejestrator wytworzonej energii elektrycznej w raz z możliwością jej transmisji do PC

- moduł grzewczy DC

W skład modułu wchodzą grzałki DC wraz z odpowiednim zasobnikiem c.w.u. wraz z niezbędnym okablowaniem

-1 pompa ciepła o wysokiej klasie sprawności energetycznej, typu powietrze-woda o mocy nominalnej 14-15 kW i max. temp. zasilania 60ºC.

- moduł automatyki hydraulicznej

W skład modułu wchodzą zawory sterowane temperaturowo wraz z niezbędnym osprzętem hydraulicznym

## *5.2. OCENA EFEKTYWNOŚCI ROZWIĄZANIA.*

Ostateczna decyzja co do wyboru rozwiązania technicznego powinna zostać podjęta na etapie projektu wykonawczego modernizacji kotłowni w zakresie przygotowywania c.w.u.

Zapotrzebowanie na moc na c.w.u. wynosi około 18 kW. Przyjęto wspomaganie układu przygotowania c.w.u. w 85 % w lecie i 50 % w zimie z OZE.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury I Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej w stanie istniejącym przyjęto sprawność:

$\eta g=0,91$ $\eta d=0,50$, $\eta s=1,0$, $\eta e=1,0$

Po montażu zasobnika w układzie PV i pompy ciepła nastąpiłaby zmiana sprawności całkowitej ze względu na częściową akumulację:

$\eta g=2,093$ $\eta d=0,50$, $\eta s=1,0$, $\eta e=0,85$

## *5.3. ROZWIĄZANIE ALTERNATYWNE SYSTEMU PODGRZEWU WODY.*

Rozpatrzono możliwość zastosowania kolektorów słonecznych. Do analizy przyjęto 4 kolektory ze zbiornikiem 500 l i niezbędnym oprzyrządowaniem. Szacunkowy koszt instalacji to 40 tys. zł, a prosty okres zwrotu to około 8 lat dla kolektorów płaskich i 10 lat dla kolektorów próżniowych.

Ze względu na zmienność warunków zewnętrznych oraz brak szczegółowych danych odnośnie dobowych poborów c.w.u. w ciągu całego roku, w niniejszej analizie założono, że średniorocznie 5 % ciepłej wody będzie przygotowywanych z OZE, natomiast 95% jak dotychczas.

## *5.4. OCENA EFEKTYWNOŚCI.*

W ramach możliwych do realizacji zmian rozpatrywany jest system PV o mocy 4,15 kW oraz pompy ciepła o mocy 15 kW oraz zasobnikiem 500 l. **Koszt usprawnienia to około 154 000 zł netto.**

## 6. PODSUMOWANIE USPRAWNIENIA INSTALACJI GRZEWCZEJ I SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ.

W przypadku decyzji Inwestora o zastosowaniu ogniw PV lub kolektorów słonecznych zaleca się przeprowadzenie szczegółowej analizy zawierającej zarówno lokalne warunki nasłonecznienia, całoroczną zmienność poboru c.w.u. jak i różne procentowo udziały źródeł odnawialnych w biwalentnej produkcji c.w.u. Przeprowadzona analiza w zakresie ciepła jest elementem składowym przeprowadzonej analizy audytu energetycznego budynku i jako taka nie podlegała indywidualnej ocenie efektywnościowej i ekologicznej, Ocena ta dokonana jest kompleksowo w ramach audytu budynku.

# VI. BUDYNEK

## 1. Strona tytułowa audytu energetycznego

| **1. Dane identyfikacyjne budynku** | | | |
|---|---|---|---|
| 1.1 Rodzaj budynku | *Użyteczności publicznej* | 1.2 Rok budowy | *2015* |
| 1.3 INWESTOR<br>(nazwa lub imię i nazwisko) | Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku<br>ul. Kościelna 3<br>15-087 Białystok<br>tel. 85 743 57 20,<br>85 743 51 91<br>fax. 85 743 59 19 | 1.4 Adres budynku<br>ul. Kościelna 3<br>15-087 Białystok<br>podlaskie | |
| **2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:** | | | |
| | | | |
| **3. Imię, Nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:** | | | |
| dr inż. Robert Stachniewicz<br>ul. Jodłowa 8A/16<br>16-001 Kleosin | | ..... podpis | |

| **4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje** | | |
|---|---|---|
| Lp. | Imię i nazwisko | Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego |
| 1 | Adam Chmielewski | Modernizacja instalacji ogrzewania i ciepłej wody |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **5. Miejscowość:** Białystok | | **Data wykonania opracowania** | listopad 2018 |

**6. Spis treści**

1. Strona tytułowa audytu energetycznego
2. Karta audytu energetycznego budynku
3. Wykaz dokumentów i danych źródłowych
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku
5. Ocena stanu technicznego budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych
6. Dokumentacja wyboru optymalnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego
7. Dokumentacja wykonania kolejnych kroków algorytmu służącego wybraniu optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego
8. Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji
9. Załącznik nr 1. – Zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania w stanie istniejącym
10. Załącznik nr 2 - Zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania po modernizacji

## 2. Karta audytu energetycznego budynku *

| **2.1. Dane ogólne** | | Stan przed termo-modernizacją | Stan po termo-modernizacji |
|---|---|---|---|
| 2.1.1. | Konstrukcja/technologia budynku | tradycyjna | tradycyjna |
| 2.1.2. | Liczba kondygnacji | 3 | 3 |
| 2.1.3. | Kubatura części ogrzewanej [$m^3$] | 8495,39 | 8495,39 |
| 2.1.4. | Powierzchnia netto budynku [$m^2$] | 2719,27 | 2719,27 |
| 2.1.5. | Pow. użytkowa części mieszkalnej [$m^2$] | n.d. | n.d. |
| 2.1.6. | Pow. użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [$m^2$] | 2719,27 | 2719,27 |
| 2.1.7. | Liczba lokali mieszkalnych | n.d. | n.d. |
| 2.1.8. | Liczba osób użytkujących budynek | 350 | 350 |
| 2.1.9. | Sposób przygotowania ciepłej wody | centralne, zasilane z wymiennikowego węzła cieplnego | centralne, zasilane z pompy ciepła z częściowym udziałem węzła cieplnego |
| 2.1.10. | Rodzaj systemu grzewczego budynku | centralne, zasilane z wymiennikowego węzła cieplnego | centralne, zasilane z pomp ciepła z częściowym udziałem węzła cieplnego |
| 2.1.11. | Współczynnik kształtu A/V [1/m] | 0,32 | 0,32 |
| 2.1.12. | Inne dane charakteryzujące budynek | – | – |
| **2.2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane W/($m^2$•K)** | | | |
| 2.2.1. | Ściany zewnętrzne | 0,23 | 0,23 |
| 2.2.2. | Stropodachy | 0,79; 1,16 | 0,15; 0,15 |
| 2.2.3. | Strop nad szatniami/ międzykondygnacyjne | 2,11 | 2,11 |
| 2.2.4. | Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych | 1,23 | 1,23 |
| 2.2.5. | Okna, drzwi oszklone | 1,78 | 1,78 |
| 2.2.6. | Drzwi zewnętrzne | 2,20 | 2,20 |
| 2.2.7. | Ściany w gruncie | 1,20 | 1,20 |
| 2.2.8. | Ściany wewnętrzne | 1,19 | 1,19 |

| **2.3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu** | | Stan przed termo-modernizacją | Stan po termo-modernizacji |
|---|---|---|---|
| 2.3.1. | Sprawność wytwarzania [-] | 0,930 | 2,266 |
| 2.3.2. | Sprawność przesyłania [-] | 0,850 | 0,900 |
| 2.3.3. | Sprawność regulacji i wykorzystania [-] | 0,820 | 0,930 |
| 2.3.4. | Sprawność akumulacji [-] | 1,000 | 0,930 |
| 2.3.5. | Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia [-] | 0,850 | 0,850 |
| 2.3.6. | Uwzględnienie przerwy na ogrzewanie w ciągu doby [-] | 0,950 | 0,850 |
| **2.4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej** | | | |
| 2.4.1. | Sprawność wytwarzania [-] | 0,910 | 2,093 |
| 2.4.2. | Sprawność przesyłania [-] | 0,500 | 0,500 |
| 2.4.3. | Sprawność regulacji i wykorzystania [-] | 1,000 | 1,000 |
| 2.4.4. | Sprawność akumulacji [-] | 1,000 | 0,850 |
| **2.5. Charakterystyka systemu wentylacji** | | | |
| 2.5.1.1. | Rodzaj wentylacji | wentylacja grawitacyjna | wentylacja grawitacyjna |
| 2.5.1.2. | Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza | stolarka/kanały grawitacyjne | stolarka/kanały grawitacyjne |
| 2.5.1.3. | Strumień powietrza wentylacyjnego [$m^3$/h] | 10 229,54 | 10 229,54 |
| 2.5.1.4. | Liczba wymian [1/h] | 1,20 | 1,20 |
| **2.6. Charakterystyka energetyczna budynku** | | | |
| 2.6.1. | Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW] | 269,92 | 245,33 |
| 2.6.2. | Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody użytkowej [kW] | 13,92 | 13,92 |
| 2.6.3. | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] | 790,82 | 595,35 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.6.4. | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] | 985,15 | 243,86 |
| 2.6.5. | Obliczenie zużycia energii na przygotowanie ciepłej wody użytkowej [GJ/rok] | 176,89 | 90,48 |
| 2.6.6. | Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie cwu [GJ/rok] | brak danych | brak danych |
| 2.6.7. | Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok] | – | – |
| 2.6.8. | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/($m^2$rok)] | 80,78 | 60,82 |
| 2.6.9. | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/($m^3$rok)] | 100,64 | 24,91 |
| 2.6.10** | Udział odnawialnych źródeł energii [%] | 0 | 55,07 |
| **2.7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)** | | | |
| 2.7.1. | Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku *** [zł/GJ] | 53,75 | 10,75 |
| 2.7.2. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc *** [zł/(MW•m-c)] | 11 427,12 | 11 427,12 |
| 2.7.3. | Koszt przygotowania 1 $m^3$ ciepłej wody użytkowej [zł/$m^3$] | 22,65 | 11,77 |
| 2.7.4. | Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku *** [zł/GJ] | 53,75 | 17,19 |
| 2.7.5. | Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc **** [zł/(M | 11 427,12 | 11 427,12 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2.7.6. | Miesięczny koszt ogrzewania 1 $m^2$ powierzchni użytkowej [zł/($m^2$•m-c)] | 33,03 | 13,33 |
| 2.7.7. | Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c] | – | – |

| **2.8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termo-modernizacyjnego** | | | |
|---|---|---|---|
| Planowana kwota kredytu [zł] | 899 102,16 | Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%] | 71,23 |
| Planowane koszty całkowite [zł] | 899 102,16 | Premia termomodernizacyjna [zł] | 123 311,12 |
| Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok] | 61 655,56 | | |

* Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku.
** Uoze [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczoną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.
*** Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii.
**** Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii.

## 3. Wykaz dokumentów i danych źródłowych

### 3.1. Ustawy i Rozporządzenia

1. Ustawa "prawo budowlane" z dnia 7 lipca 1994r. z późniejszymi zmianami
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzór kart audytów, a także algorytmy opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009r. w sprawie szczegółowego sposobu weryfikacji audytu energetycznego i części audytu remontowego oraz szczegółowych warunków, jakie powinny spełniać podmioty, którym BGK może zlecać wykonanie weryfikacji audytów
4. Ustawa "o wspieraniu termomodernizacji i remontów" z dnia 21 listopad 2008r. z późniejszymi zmianami
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 06 listopada 2008r. w sprawie metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącego samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectwa ich charakterystyki energetycznej

## 3.2. Normy techniczne

1. PN-EN ISO 6946 - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
2. PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczenia zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
3. PN-83/B-03430 - Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.
4. PN-82/B-02402 - Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
5. PN-82/B-02403 - Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.
6. PN-EN 12831:2006 – Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

## 3.3. Materiały przekazane przez inwestora

1. Dokumentacja techniczna:
   - Inwentaryzacja architektoniczna Szkoły podstawowej Nr 23 w Białymstoku, inż. S. Doliwa, bud. K. Jagodzki, mgr inż. M. Służyk, ”NOT”, Białystok 1983 r.
   - Projekt docieplenia ścian zewnętrznych budynku szkoły przy ul. Kościelnej 3 w Białymstoku, arch. Andrzej Chwalibóg, Białystok 2002 r.
   - Opinia dot. stanu technicznego urządzeń technologicznych kotłowni przeznaczonych do demontażu, inż. Jerzy Komło, Białystok 1998 r.
   - Architektura - inwentaryzacja, - Konstrukcje, inż. Natalia Nikołajev, Wojewódzkie Biuro Projektów Białystok, Warszawa 1957r.
   - Projekt techniczny: c. o. kotłowni w budynku Szkoły Podstawowej Nr 23, inż. Jerzy Korszun BPBO, Białystok 1968 r.
   - Projekt techniczny: Węzła cieplnego w budynku Szkoły Podstawowej Nr 23, inż. Jerzy Korszun BPBO, Białystok 1968 r.
   - Projekt techniczny: Inwentaryzacja c. o. i kotłowni c. o. inst. ciepła techn. Budynek Szkoły Podstawowej Nr 23, inż. Jerzy Korszun BPBO, Białystok 1968 r.
   - Projekt techniczny: Modernizacji węzła cieplnego w Szkole podstawowej Nr 23 przy ul. Kościelnej w Białymstoku, inż. J. Łukasiński, mgr inż. K. Czaplo, inż. S. Szulżyk NOT, Białystok 1983 r.
   - Projekt techniczny: c.c.w. i instalacji ciepła technologicznego Budunku Szkoły Podstawowej Nr 23, inż. Jerzy Korszun BPBO, Białystok 1968 r.
   - Projekt - Kanały c. o. łączące Szkołę Podstawowej Nr 23, W. Krawiel BPBO, Białystok 1968r.
   - Projekt techniczny: architektoniczno-konstrukcyjny. Węzła cieplnego w budynku Szkoły Podstawowej Nr 23, mgr inż. A. Pawłowski BPBO, Białystok 1968 r.

– Rysunki konstrukcyjne/ adaptacja w budynku Szkoły Podstawowej przy ul. Kościelnej, inż. Natalia Nikołajev, Wojewódzkie Biuro Projektów Białystok, Warszawa 1957r.
– Projekt techniczny: Instalacji pomiarowo-rozliczeniowej Energii Cieplnej, mgr inż. Bogumiła Roszkowska, Białystok 1992

2. Informacje techniczne przekazane przez inwestora:
– wicedyrektor Zespołu Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku ks. dr Krzysztof Kamiński

## 3.4. Inne materiały oraz programy komputerowe

1. Materiały z przeprowadzonej w 2018r. wizji lokalnej.
2. Informacje uzyskane od Pani .
3. Program komputerowy ArCADiasoft Chudzik sp. j. ArCADia-TERMOCAD PRO 7.

## 3.5. Wytyczne oraz uwagi inwestora

1. Obniżenie kosztów ogrzewania

2. Wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie Termomodernizacyjnej

3. Maksymalna wielkość środków własnych inwestora, stanowiących możliwy do zadeklarowania udział własny przeznaczony na pokrycie kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi:

**0 zł**

4. Kwota kredytu możliwego do zaciągnięcia przez inwestora:

**800 000 zł**

## 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

### 4.1. Ogólne dane techniczne

| | | | |
|---|---|---|---|
| Konstrukcja/technologia budynku | - | tradycyjna | |
| Kubatura budynku | - | 8495,39 | $m^3$ |
| Kubatura ogrzewania | - | 8495,39 | $m^3$ |
| Powierzchnia netto budynku | - | 2719,27 | $m^2$ |
| Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej | - | – | $m^2$ |
| Współczynnik kształtu | - | 0,32 | $m^{-1}$ |
| Powierzchnia zabudowy budynku | - | 837,54 | $m^2$ |
| Ilość mieszkań | - | – | |
| Ilość mieszkańców | - | 350,00 | |

### 4.2. Dokumentacja techniczna budynku

Kompleks Zespołu Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku składa się z budynku głównego, będącego podstawą opracowania oraz nowego budynku sali gimnastycznej.

Widok oraz orientację budynku względem stron świata zamieszczono poniżej.

Usytuowanie budynku w stosunku do stron świata

## 4.3. Opis techniczny podstawowych elementów budynku

### 4.3.1. Zbiorcza charakterystyka przegród budowlanych

| | | |
|---|---|---|
| Ściany zewnętrzne | 0,23 | W/(m $^2$•K) |
| Stropodach | 0,79; 1,16 | W/(m $^2$•K) |
| Strop piwnicy/ międzykondyhnacyjny | 2,11 | W/(m $^2$•K) |
| Okna/ drzwi przeszklone | 1,78 | W/(m $^2$•K) |
| Drzwi zewnętrzne | 2,20 | W/(m $^2$•K) |
| Podłogi na gruncie | 1,23 | W/(m $^2$•K) |
| Ściany w gruncie | 1,20 | W/(m $^2$•K) |
| Ściany wewnętrzne | 1,19 | W/(m $^2$•K) |

| 4.4. Taryfy i opłaty | | |
|---|---|---|
| **Ceny ciepła - c.o.** | Stan przed termomodernizacją | Stan po termomodernizacji |
| Opłata za 1 GJ na ogrzewanie | 53,75 zł/GJ | 10,75 zł/GJ *) |
| Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie | 11 427,12 zł/(MW•m-c) | 11 427,12 zł/(MW•m-c) |
| Inne koszty, abonament | – | – |
| **Ceny ciepła - c.w.u.** | Stan przed termomodernizacją | Stan po termomodernizacji |
| Opłata za 1 GJ | 53,75 zł/GJ | 17,19 zł/GJ **) |
| Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. | 11 427,12 zł/(MW•m-c) | 11 427,12 zł/(MW•m-c) |
| Koszt palaczy | – | – |

| 4.5. Charakterystyka systemu grzewczego | | |
|---|---|---|
| Wytwarzanie | Węzeł ciepłowniczy kompaktowy bez obudowy, o mocy nominalnej powyżej 100 do 300 kW<br>Ciepło z kogeneracji - węgiel kamienny/biomasa | $\eta_{H,g}$ = 0,93 |
| Przesyłanie ciepła | C.o. wodne z lokalnego źródła ciepła usytuowanego w ogrzewanym budynku z zaizolowanymi przewodami, armaturą i urządzeniami, które są zainstalowane w przestrzeni nieogrzewanej | $\eta_{H,d}$ = 0,85 |
| Regulacja systemu grzewczego | Ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi lub płytowymi w przypadku regulacji automatycznej miejscowej *(instalacja rozregulowana hydraulicznie)* | $\eta_{H,e}$ = 0,82 |
| Akumulacje ciepła | Brak zasobnika buforowego | $\eta_{H,s}$ = 1,00 |
| Czas ogrzewania w okresie tygodnia | Liczba dni: 5 dni | $w_t$ = 0,85 |
| Przerwy w ogrzewaniu w okresie doby | Liczba godzin: Zawory termostatyczne oraz indywidualne rozliczenie kosztów ogrzewania | $w_d$ = 0,95 |
| Sprawność całkowita systemu grzewczego $\eta_{H,tot} = \eta_{H,g}\eta_{H,d}\eta_{H,e}\eta_{H,s}$ = | | $\eta_{H,tot}$ = 0,648 |
| Modernizacja systemu grzewczego po 1984 r. | Instalacja była modernizowana po 1984 r. (2009)<br>Modernizacja polegała na: : modernizacji węzła ciepłowniczego oraz wstawieniu przygrzejnikowych zaworów z głowicami termostatycznymi (głowice w większości grzejników) | wymagany próg oszczędności: **15%** |

| | | |
|---|---|---|
| Moc cieplna zamówiona (centralne ogrzewanie i ciepła woda) | | 0,29 MW |
| **4.6. Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej** | | |
| Wytwarzanie ciepła | Węzeł cieplny kompaktowy bez obudowy (ogrzewanie i ciepła woda użytkowa), o mocy nominalnej powyżej 100 kW | $\eta_{w,g}$ = 0,91 |
| Przesył ciepłej wody | Centralne podgrzewanie wody – system z obiegami cyrkulacyjnymi z pionami instalacyjnymi nieizolowanymi i izolowanymi przewodami rozprowadzającymi.<br>Liczba punktów poboru ciepłej wody powyżej 30 do 100 | $\eta_{w,d}$ = 0,50 |
| Akumulacja ciepła | Brak zasobnika c.w. | $\eta_{w,s}$ = 1,00 |
| Sprawność całkowita systemu c.w.u. $\eta_{w,tot} = \eta_{w,g}\eta_{w,d}\eta_{w,s}$ = | | $\eta_{w,tot}$ = 0,46 |
| Moc cieplna zamówiona (centralne ogrzewanie i ciepła woda) | | 0,29 MW |
| **4.7. Charakterystyka systemu wentylacji** | | |
| Rodzaj wentylacji | grawitacyjna, mechaniczna | |
| Sposób doprowadzania i odprowadzania powietrza | stolarka/kanały grawitacyjne | |
| Strumień powietrza wentylacyjnego | 10 229,54 $m^3$ | |
| Krotność wymian powietrza | 1,20 | |

*) opłata wynika z 80% udziału pomp ciepła zasilanych w całości z odnawialnych źródeł energii elektrycznej (PV) i w 20% z istniejącego węzła ciepłowniczego,

*) opłata wynika z udziału pomp ciepła zasilanych w całości z odnawialnych źródeł energii elektrycznej (PV) i grzałek elektrycznych podgrzewających wodę zasilanych z paneli PV DC (przyjęto podgrzew c.w. w 50% zimą i 85% latem z OZE).

Wentylacja w budynku zapewnia prawidłowe przewietrzanie. W okresie zimowym na skutek nadmiernego napływu powietrza zimnego mogą następować wysokie straty ciepła na ogrzewanie powietrza wentylacyjnego.

**5. Ocena stanu technicznego budynku w zakresie istotnym dla wskazania właściwych usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

| Rodzaj przegrody lub instalacji | Charakterystyka stanu istniejącego i możliwości poprawy |
|---|---|
| Ściany zewnętrzne | Przegroda złożona z warstwy docieplenia ze styropianu gr. 14 cm, starego tynku cementowo-wapiennego grubości 2 cm, cegły ceramicznej pełnej grubości 54 cm, tynku cementowo-wapiennego grubości 2,0 cm |
| Ściany wewnętrzne | Przegroda złożona z cegły ceramicznej pełnej grubości 41 cm, obustronnie otynkowanej tynkiem cementowo-wapiennym grubości 2 cm |
| Stropodach niewentylowany nad pomieszczeniami lekcyjnymi i korytarzami | Stropodach pierwotnie wykonany był jako wentylowany, jednakże podczas docieplania ścian zewnętrznych otwory wentylacyjne zaślepiono. Przegroda złożona z płyty stropowej Akermana 18 cm, docieplonej supremą grubości ok. 20 cm, nad przestrzenią powietrzną ułożone płyty korytkowe na murkach z cegły ustawionych na stropie, płyty przykryte papą na lepiku. Przestrzeń powietrzna stropodachu niewentylowana. |
| Ściana piwnic | Przegroda złożona z cegły ceramicznej pełnej grubości 54 cm i otynkowanej tynkiem cem.-wap. oraz izolacją przeciwwilgociową w gruncie z papy asfaltowej. |
| Stropy nad piwnicą | Przegroda złożona z płytek ceramicznych grubości 2 cm, gładzi cementowej grubości 3 cm, papy asfaltowej, stropu Klaina, tynku cementowo-wapiennego grubości 2 cm |
| Podłoga na gruncie w piwnicy | Podłoga złożona z warstwy szlichty cementowej grubości 3 cm, papy asfaltowej, chudego betonu grubości 10 cm, ubitego piasku grubości 20 cm |
| Stropodach pełny nad salą gimnastyczną | Przegroda złożona płyt korytkowych na belkach stalowych z warstwą żużla ułożoną ze spadkiem grubości 18 cm, pokrytego gładzią cementową gr. 3 cm i 2x papą asfaltową na lepiku. Podczas wizji lokalnej, stwierdzono przeciekanie stropodachu. |
| Okna i drzwi | Okna - nowe dwuszybowe (pakiet U=1,1 W/(m$^2$K)), ramy okienne i skrzydła z profili PCV<br>Drzwi w budynku – nowe z profili aluminiowych, częściowo podwójnie szklone. |
| System grzewczy | Nie wszystkie grzejniki posiadają głowice termostatyczne. Część izolacji przewodów wymaga wymiany lub uzupełnienia. Proponuje się zainstalowanie pomp ciepła wspomagających w 80% ogrzewanie budynku. |
| Instalacja ciepłej wody | Instalacja zaizolowana termicznie. Proponuje się wstawienie |

| Rodzaj przegrody lub instalacji | Charakterystyka stanu istniejącego i możliwości poprawy |
|---|---|
| użytkowej | pompy ciepła 15kW i paneli PV DC podłączonych do grzałki w nowym zasobniku ciepłej wody w celu obniżenia kosztów podgrzewu ciepłej wody średnio ok. 5% - w zależności od nasłonecznienia. |

Dodatkowe uwagi:

W trakcie eksploatacji instalacja była modernizowana w roku 2009 Inwestor przeprowadził częściową modernizację instalacji c.o. i c.w.u. obejmującą wykonanie nowego węzła ciepłowniczego oraz wymianę części przewodów rozdzielczych w piwnicy wraz z izolacją. Jednocześnie w okresie ostatnich kilku lat częściowo modernizowane była instalacja c.o. obejmująco wymianę niektórych grzejników członowych na grzejniki płytowe – jednakże dotyczyło to jednostkowych grzejników członowych które wymagały wymiany z powodu uszkodzeń. Stan techniczny grzejników i przewodów (brak problemów zgłaszanych przez Inwestora) jest zadawalający.

## 6. Dokumentacja wyboru optymalnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

### 6.1 Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie przez stropodachy

| Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie | | |
|---|---|---|
| **Docieplenie stropodachu niewentylowanego nad salami lekcyjnymi i korytarzem** | | |
| Proponowany materiał dodatkowej izolacji: | **Granulat z wełny mineralnej granulowanej o $\lambda$= 0,05 W/(m•K);** | |
| Powierzchnia przegrody do obliczeń strat ciepła As: | **643,49** $m^2$ | |
| Powierzchnia przegrody do ocieplenia Ak: | **643,49** $m^2$ | |
| Stopniodni: **3948,88** dzień•K/rok | $t_{wo}$= **19,37** $^oC$ | $t_{zo}$= **-22,00** $^oC$ |

| | | Stan istniejący | Wariant numer | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | W 1 | W 1.1 | W 1.2 | W 1.3 |
| Opłata za 1 GJ Oz | zł/GJ | 53,75 | 10,75 | 10,75 | 10,75 | 10,75 |
| Opłata za 1 MW Om | zł (MW * m-c) | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 |
| Inne koszty, abonament Ab | zł/mc | – | – | – | – | – |
| Grubość | cm | – | 28 | 29 | 30 | 31 |

| | | Stan istniejący | Wariant numer | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | W 1 | W 1.1 | W 1.2 | W 1.3 |
| proponowanej dodatkowej izolacji b | | | | | | |
| Współczynnik przenikania ciepła U | W/(m$^2$K) | 0,795 | 0,146 | 0,142 | 0,138 | 0,134 |
| Opór cieplny R | (m$^2$K)/W | 1,26 | 6,86 | 7,06 | 7,26 | 7,46 |
| Zwiększenie oporu cieplnego Δ R | (m$^2$K)/W | – | 5,60 | 5,80 | 6,00 | 6,20 |
| Straty ciepła na przenikanie Q | GJ | 174,53 | 32,01 | 31,11 | 30,25 | 29,44 |
| Zapotrzebowanie na moc cieplną q | MW | 0,0212 | 0,0039 | 0,0038 | 0,0037 | 0,0036 |
| Roczna oszczędność kosztów $\Delta O_{Ur}$ | zł/rok | – | 11 406,59 | 11 431,42 | 11 454,89 | 11 477,10 |
| Cena jednostkowa usprawnienia $K_j$ | zł/m$^2$ | – | 120,00 | 122,00 | 124,00 | 126,00 |
| Koszty realizacji usprawnienia $N_u$ | zł | – | 94978,74 | 96561,72 | 98144,70 | 99727,68 |
| Prosty czas zwrotu SPBT | lata | – | 8,33 | 8,45 | 8,57 | 8,69 |

**Optymalnym wariantem przedsięwzięcia jest Wariant 1**

**Charakterystyka wariantu optymalnego:**

Koszt realizacji wariantu optymalnego: 94 978,74 zł

Prosty czas zwrotu wariantu optymalnego: 8,33 lat

Optymalna grubość dodatkowej izolacji: 28 cm (ze względu na wymagania WT2013 na rok 2021)

Informacje uzupełniające:

Koszt całkowity obejmuje dodatkowo wycięcie otworów w płytach korytkowych do wdmuchania granulatu w przestrzeń niewentylowaną, zaślepienie wykonanych otworów oraz uzupełnienie fragmentów izolacji przeciwwilgociowej w miejscach przecieków.

**Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie**

**Docieplenie stropodachu pełnego nad salą gimnastyczną**

| | |
|---|---|
| Proponowany materiał dodatkowej izolacji: | **Płyty z twardej wełny mineralnej,** |

| | | |
|---|---|---|
| | | **$\lambda$= 0,040 W/(m•K)** |
| Powierzchnia przegrody do obliczeń strat ciepła As: | | **190,26** $m^2$ |
| Powierzchnia przegrody do ocieplenia Ak: | | **190,26** $m^2$ |
| Stopniodni: **3167,40** dzień•K/rok | $t_{wo}$= **16,00** $^oC$ | $t_{zo}$= **-22,00** $^oC$ |

| | | Stan istniejący | Wariant numer | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | W1 | W1.1 | W1.2 | W1.3 |
| Opłata za 1 GJ Oz | zł/GJ | 53,75 | 10,75 | 10,75 | 10,75 | 10,75 |
| Opłata za 1 MW Om | zł (MW * m-c) | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 | 11 427,12 |
| Inne koszty, abonament Ab | zł/mc | – | – | – | – | – |
| Grubość proponowanej dodatkowej izolacji b | cm | – | 24 | 25 | 26 | 27 |
| Współczynnik przenikania ciepła U | $W/(m^2K)$ | 1,156 | 0,146 | 0,141 | 0,136 | 0,131 |
| Opór cieplny R | $(m^2K)/W$ | 0,86 | 6,86 | 7,11 | 7,36 | 7,61 |
| Zwiększenie oporu cieplnego Δ R | $(m^2K)/W$ | – | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 |
| Straty ciepła na przenikanie Q | GJ | 60,20 | 7,58 | 7,32 | 7,07 | 6,84 |
| Zapotrzebowanie na moc cieplną q | MW | 0,0084 | 0,0011 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0009 |
| Roczna oszczędność kosztów $\Delta O_{Ur}$ | zł/rok | – | 4156,46 | 4164,40 | 4171,80 | 4178,71 |
| Cena jednostkowa usprawnienia $K_j$ | $zł/m^2$ | – | 230,00 | 234,00 | 236,00 | 238,00 |
| Koszty realizacji usprawnienia $N_u$ | zł | – | 53823,42 | 54759,48 | 55227,51 | 55695,54 |
| Prosty czas zwrotu SPBT | lata | – | 12,95 | 13,15 | 13,24 | 13,33 |

**Optymalnym wariantem przedsięwzięcia jest Wariant 1**

| |
|---|
| **Charakterystyka wariantu optymalnego:** |
| Koszt realizacji wariantu optymalnego: 53823,42 zł |
| Prosty czas zwrotu wariantu optymalnego: 12,95 lat |
| Optymalna grubość dodatkowej izolacji: 24 cm (ze względu na wymagania WT2013 na rok 2021) |

## 6.2 Ocena opłacalności i wybór wariantu prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

### 6.2.1 Obliczenia mocy cieplnej oraz zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.

| | | Stan istniejący | Wariant 1 |
|---|---|---|---|
| Ciepło właściwe wody $c_W$ | [kJ/(kg•K)] | 4,18 | 4,18 |
| Gęstość wody $\rho_W$ | [kg/m$^3$] | 1000 | 1000 |
| Temperatura ciepłej wody $\theta_W$ | [°C] | 55 | 55 |
| Temperatura zimnej wody $\theta_O$ | [°C] | 10 | 10 |
| Współczynnik korekcyjny $k_R$ | [-] | 0,55 | 0,55 |
| Powierzchnia o regulowanej temperaturze $A_f$ | [m$^2$] | 2658,00 | 2658,00 |
| Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u. $V_{Wl}$ | [dm$^3$/(m$^2$·doba] | 0,80 | 0,80 |
| Czas użytkowania w ciągu doby $\tau$ | h | 12,00 | 12,00 |
| Współczynnik godzinowej nierównomierności $N_h$ | [-] | 1,50 | 1,50 |
| Sprawność źródła ciepła $\eta_{W,g}$ | [-] | 0,91 | 2,09 *) |
| Sprawność przesyłu $\eta_{W,p}$ | [-] | 0,50 | 0,50 |
| Sprawność akumulacji ciepła $\eta_{W,s}$ | [-] | 1,00 | 0,85 |
| Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła $Q_{cw}$ | GJ/a | 176,89 | 90,48 |
| Max moc cieplna $q_{cwu}$ | MW | 13,92 | 13,92 |

*) sprawność źródła przyjęto jako średnią ważoną sprawności wytwarzania ciepła z istniejącego węzła ciepłowniczego $\eta_{W,g}$ = 0,91 (udział ok. 30%) i pompy ciepła wspomaganej grzałkami zasilanymi z paneli PV $\eta_{W,g}$ = 0,91 (udział ok. 70%).

### 6.2.2 Ocena opłacalności modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej

| | | Stan istniejący | Wariant 1 |
|---|---|---|---|
| Opłata za 1 GJ | zł/GJ | 53,75 | 17,19 *) |
| Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie cwu | zł/MW | 11 427,12 | 11 427,12 |
| Inne koszty, abonament | zł | – | – |
| Roczna oszczędność kosztów ΔO | zł/a | – | 7 952,64 |
| Koszt modernizacji Nu | zł | – | 153 750,00 |
| SPBT | lat | – | **19,33** |

*) opłata wynika z 70% (średnia ważona) udziału odnawialnych źródeł energii - pompa ciepła i PV zasilających grzałki w systemie c.w.

### 6.2.3 Uproszczona kalkulacja kosztów modernizacji instalacji cwu dla wariantu optymalnego

| Planowane usprawnienia: | Nakłady |
|---|---|
| Ogniwa PV na potrzeby podgrzewu cw. (grzałki) i zasilania pompy ciepła | 45 510,00 |
| Pompy ciepła o mocy 15 kW | 55 350,00 |
| Izolacja części przewodów cwu., niezbędna armatura, prace montażowe związane z instalacją paneli PV i pompy ciepła z oprzyrządowaniem | 47 355,00 |
| Zasobnik ciepłej wody użytkowej na potrzeby cw. o poj. 500 l | 5 535,00 |
| **Suma:** | **153 750,00** |

### 6.2.4 Opis zastosowanych ulepszeń dotyczących poprawy sprawności systemu c.w.u.

| Usprawnienia termomodernizacyjne | Opis zastosowanych usprawnień |
|---|---|
| Ulepszenie sprawności wytwarzania $\eta_{W,g}$ | Wstawienie pompy ciepła o mocy 15 kW i ogniw PV do pokrycia łącznie ok 85% zapotrzebowania na ciepło do podgrzewu wody latem (ok.103 dni) i 50% zimą (ok. 97 dni). Pozostałą część ciepła pokryta będzie z istniejącego węzła ciepłowniczego podłączonego do 500 l. zasobnika c.w. |
| Ulepszenie sprawności przesyłu $\eta_{W,d}$ | Izolacja części przewodów |
| Ulepszenie sprawności akumulacji $\eta_{W,s}$ | Wstawienie zasobnika 500 l dla ciepłej wody dla |

| Usprawnienia termomodernizacyjne | Opis zastosowanych usprawnień |
|---|---|
| | systemu zasilanego z kolektorów słonecznych. |

## 6.3. Ocena opłacalności i wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu grzewczego

### 6.3.1. Ocena opłacalności modernizacji instalacji grzewczej

| | | Stan istniejący | Wariant 1 |
|---|---|---|---|
| Opłata za 1 GJ na ogrzewanie | [zł/GJ] | 53,75 | 10,75 |
| Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie | [zł/MW] | 11 427,12 | 11 427,12 |
| Inne koszty, abonament | [zł] | – | – |
| Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło | [GJ] | 790,82 | |
| Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego | [MW] | 0,2699 | |
| Sprawność systemu grzewczego | | 0,648 | 1,764 |
| Roczna oszczędność kosztów $\Delta O$ | [zł/a] | – | 49470,74 |
| Koszt modernizacji | [zł] | – | 596 550,00 |
| SPBT | [lat] | – | **12,06** |

*) opłata wynika z 80% udziału odnawialnych źródeł energii, tj. pomp ciepła i PV zasilających pompy w systemie c.o. oraz 20% udział istniejącego źródła ciepła – węzeł cieplny (średnia ważona).

### 6.3.2. Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych składające się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiające sprawność systemu grzewczego

| Usprawnienia termomodernizacyjne | Stan po termomodernizacji |
|---|---|
| Sprawność wytwarzania $\eta_{H,g}$ [–] | 2,266 *) |
| Sprawność przesyłania $\eta_{H,d}$ [–] | 0,900 |
| Sprawność regulacji $\eta_{H,e}$ [–] | 0,930 |
| Sprawność wykorzystania $\eta_{H,s}$ [–] | 0,930 |
| Współczynnik tygodniowych przerw w ogrzewaniu $w_t$ [–] | 0,850 |
| Współczynnik dobowych przerw w ogrzewaniu $w_d$ [–] | 0,850 |

| Usprawnienia termomodernizacyjne | Stan po termomodernizacji |
|---|---|
| Sprawność całkowita systemu grzewczego $\eta_{H,g}$ $\eta_{H,d}$ $\eta_{H,e}$ $\eta_{H,s}$ | **1,764** |

*) sprawność źródła przyjęto jako średnią ważoną sprawności wytwarzania ciepła z istniejącego węzła ciepłowniczego $\eta_{W,g}$ = 0,93 (udział 20%) i sprężarkowych pomp ciepła powietrze-woda $\eta_{W,g}$ = 2,6 (udział 80%).

Opis dodatkowy:

W ramach modernizacji przewiduje się wprowadzenie wstępnego podgrzewu czynnika powrotnego z dwóch sprężarkowych pomp ciepła powietrze-woda, które poprzez bufor będą częściowo ogrzewały wodę na cele c.o. oraz dogrzanie wody na cele c.w.u.

Aktualnie, zgodnie z dokumentacją techniczną zapotrzebowanie ciepła na cele c.o. w poszczególnych częściach obiektu wynosi około 270 kW. Wartość ta może być zmniejszona poprzez ocieplenie przegród zewnętrznych oraz zainstalowanie wspierającego źródła OZE.

W celu podniesienia sprawności i poprawy stanu technicznego, w ramach modernizacji instalacji przygotowania c.o. rozpatrzono możliwość wykorzystania dwóch pomp ciepła do podgrzewu czynnika oraz baterii ogniw PV do produkcji energii elektrycznej na potrzeby energii elektrycznej zużywanej przez pompy. Wariant taki wiązałby się ze zmianami w obrębie linii technologicznej kotłowni – wpięcie układu pomp ciepła do istniejącej instalacji z węzłem ciepła zasilanym z miejskiej sieci ciepłowniczej.

Jednocześnie w salach lekcyjnych przewiduje się montaż systemu automatycznych głowic termostatycznych sterowanych autonomicznym układem sterującym oraz montaż głowic termostatycznych przy grzejnikach, gdzie dotychczas zamontowano jedynie zawory, bądź też zamontowano głowice w sposób nieprawidłowy.

Proponowany system automatycznych głowic termostatycznych składa się z zestawu kontrolera zaworu (termostatu) i czujnika pokojowego. System ten pracujący jako kompleksowa regulacja temperatury w pomieszczeniach jest składową systemu inteligentnej kontroli ogrzewania. System nie wymaga ręcznego programowania pracy. Jest on systemem autonomicznym – zasilanie czujnika pokojowego zintegrowanego z czujnikiem obecności realizowane jest z akumulatorów zasilanych z paneli fotowoltaicznych zainstalowanych w obudowie czujnika, natomiast kontrolery zaworów zasilane są dzięki termo generatorowi który zamienia energię cieplą grzejnika na energię elektryczną. Jest to również system automatyczny. Po pierwsze – elementy systemu komunikują się za pośrednictwem protokołu radiowego, który jest zabezpieczony przed zewnętrznym odczytaniem, a tym samym jest odporny na zewnętrzne zakłócenia. Po drugie -

dzięki automatycznemu stworzeniu profilu pomieszczenia (wykrywanie obecności ludzi, detekcja otwarcia okna itp.) może automatycznie obniżyć temperaturę w pomieszczeniu podczas braku ludzi. Obniżenie temperatury w pomieszczeniu następuje jednak dopiero po trzykrotnej ocenie pomieszczenia (jeśli nikogo nie ma w pokoju w ciągu 45 minut). W efekcie możliwe jest osiągnięcie oszczędności na ogrzewaniu do 20% w skali modernizowanych pomieszczeń. W przypadku audytowanego obiektu racjonalne jest zastosowanie tego automatycznego i autonomicznego systemu w pomieszczeniach sal lekcyjnych, gdyż da to najwyższy efekt energetyczny przy racjonalizacji kosztów inwestycji. Szacowana oszczędność wyniesie do 10 % w stosunku do wartości pierwotnej całego obiektu (może być traktowana jako dodatkowe obniżenie współczynnika przerw w ogrzewaniu w okresie doby - $w_d$).

### 6.3.3 Uproszczona kalkulacja kosztów przedsięwzięcia poprawiającego sprawność systemu grzewczego

| Planowane usprawnienia: | Nakłady |
|---|---|
| Montaż 2 pomp ciepła o mocy 45 kW | 418 200,00 |
| Wymiana odcinków przewodów rozdzielczych w piwnicach i uzupełnienie izolacji na istniejących odcinkach przewodów. Próba szczelności. | 49 200,00 |
| Niezbędne roboty budowlane | 12 300,00 |
| Projekt regulacji instalacji c.o. | 6 150,00 |
| Zastosowanie autonomicznego sytemu sterowania grzejnikami w pomieszczeniach lekcyjnych | 110 700,00 |
| **Suma:** | **596 550,00** |

### 6.3.4 Opis zastosowanych ulepszeń dotyczących poprawy sprawności systemu grzewczego

| Usprawnienia termomodernizacyjne | Opis zastosowanych usprawnień |
|---|---|
| Ulepszenie sprawności wytwarzania $\eta_g$ | Budynek będzie zasilany w ciepło w 80% z dwóch pomp ciepła o łącznej mocy 90 kW oraz w 20% z dotychczasowego węzła cieplnego. Stąd wynika średnia sprawność wytwarzania i średnia cena energii cieplnej. |
| Ulepszenie sprawności przesyłu $\eta_d$ | Wymiana części przewodów rozdzielczych w piwnicach budynku uzupełnienie brakującej izolacji przewodów otuliną z pianki poliuretanowej w osłonie, dopasowanej do grubości poszczególnych przewodów instalacji c.o. |

| | |
|---|---|
| Ulepszenie sprawności regulacji $\eta_e$ | Wstawienie głowic termostatycznych w grzejnikach wyposażonych tylko w zawory. |
| Ulepszenie sprawności akumulacji $\eta_s$ | – |
| Ulepszenie dotyczące przerw w ogrzewaniu $w_t$ i $w_d$ | Dobowe obniżenie temperatury na skutek działania zaworów termostatycznych oraz wstawienia autonomicznego systemu sterującego termo-zaworami przygrzejnikowymi w salach lekcyjnych |

## 7. Dokumentacja wykonania kolejnych kroków algorytmu służącego wybraniu optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

### 7.1. Zestawienie wybranych usprawnień i wariantów termomodernizacyjnych w kolejności rosnącej wartości SPBT

| Lp. | Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego albo wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | Planowane koszty robót | SPBT |
|---|---|---|---|
| | | [zł] | [lat] |
| 1. | Docieplenie stropodachu niewentylowanego nad salami lekcyjnymi i korytarzem | 94 978,74 zł | 8,33 |
| 2. | Docieplenie stropodachu pełnego nad salą gimnastyczną | 53 823,42 zł | 12,95 |
| 3. | Modernizacja systemu ciepłej wody użytkowej | 153 750,00 zł | 19,33 |
| | | | |
| | Modernizacja systemu grzewczego | 596 550,00 | 12,06 |

### 7.2 Określenie kosztów poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacynego

| Wariant 1 | | |
|---|---|---|
| | Usprawnienie | Koszt |
| 1 | Docieplenie stropodachu niewentylowanego nad salami lekcyjnymi i korytarzem | 94 978,74 zł |
| 2 | Docieplenie stropodachu pełnego nad salą gimnastyczną | 53 823,42 zł |
| 3 | Modernizacja systemu ciepłej wody użytkowej | 153 750,00 zł |
| 4 | Modernizacja systemu grzewczego | 596 550,00 zł |
| Całkowity koszt | | 899 102,16 zł |

| Wariant 2 | | |
|---|---|---|
| | Usprawnienie | Koszt |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Docieplenie stropodachu niewentylowanego izolowanego supremą | 94 978,74 zł |
| 2 | Docieplenie stropodachu pełnego nad salą gimnastyczną | 53 823,42 zł |
| 3 | Modernizacja systemu grzewczego | 596 550,00 zł |
| Całkowity koszt | | 745 352,16 zł |

| Wariant 3 | | |
|---|---|---|
| | Usprawnienie | Koszt |
| 1 | Docieplenie stropodachu niewentylowanego izolowanego supremą | 94 978,74 zł |
| 2 | Modernizacja systemu grzewczego | 596 550,00 zł |
| Całkowity koszt | | 691 528,74 zł |

| Wariant 4 | | |
|---|---|---|
| | Usprawnienie | Koszt |
| 1 | Modernizacja systemu grzewczego | 596 550,00 zł |
| Całkowity koszt | | 596 550,00 zł |

### 7.3. Wyniki komputerowych obliczeń dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia

| Wariant | sumaryczna strata ciepła budynku | roczne zapotrzebowanie energii budynku | średnia temperatura pomieszczeń ogrzewanych | powierzchnia pomieszczeń ogrzewanych | kubatura pomieszczeń ogrzewanych | kubatura budynku | kubatura przestrzeni ogrzewanej | wskaźnik cieplny budynku | przegród zewnętrznych do kubatury przestrzeni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [MW] | [GJ] | $^{o}C$ | $m^2$ | $m^3$ | $m^3$ | $m^3$ | $W/m^3$ | 1/m |
| 0 | 0,2699 | 790,82 | 17,97 | 2719,27 | 8495,39 | 8495,39 | 8495,39 | 31,77 | 0,32 |
| 1 | 0,2453 | 595,35 | 17,97 | 2719,27 | 8495,39 | 8495,39 | 8495,39 | 28,88 | 0,32 |
| 2 | 0,2453 | 595,35 | 17,97 | 2719,27 | 8495,39 | 8495,39 | 8495,39 | 28,88 | 0,32 |
| 3 | 0,2526 | 646,79 | 17,97 | 2719,27 | 8495,39 | 8495,39 | 8495,39 | 29,74 | 0,32 |
| 4 | 0,2699 | 790,82 | 17,97 | 2719,27 | 8495,39 | 8495,39 | 8495,39 | 31,77 | 0,32 |

### 7.4. Obliczenia oszczędności kosztów wynikających z przeprowadzenia przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

| Wariant | $Q_{h0,1co}$ $q_{h0,1co}$ | $Q_{0,1cwu}$ $q_{0,1cwu}$ | $\eta_{0,1}$ | $w_{t0,1}$ | $w_{d0,1}$ | $Q_{0,1}$ | $O_{0,1}$ | $\Delta O$ | $\%\Delta O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | GJ<br>MW | GJ<br>MW | - | - | - | GJ | zł | zł | % |
| 0 | 790,82<br>0,2699 | 176,89<br>0,0139 | 0,65 | 0,85 | 0,95 | 1162,05 | 101 382,58 | – | – |
| 1 | 595,35<br>0,2453 | 90,48<br>0,0139 | 1,76 | 0,85 | 0,85 | 334,34 | 39 727,02 | 61 655,56 | 60,81 |
| 2 | 595,35<br>0,2453 | 176,89<br>0,0139 | 1,76 | 0,85 | 0,85 | 420,76 | 41 212,42 | 60 170,16 | 59,35 |
| 3 | 646,79<br>0,2526 | 176,89<br>0,0139 | 1,76 | 0,85 | 0,85 | 441,82 | 42 440,85 | 58 941,73 | 58,14 |
| 4 | 790,82<br>0,2699 | 176,89<br>0,0139 | 1,76 | 0,85 | 0,85 | 500,82 | 45 444,60 | 55 937,98 | 55,18 |

## 7.5. Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

| Wariant | Planowane koszty całkowite | Roczna oszczędność kosztów energii $\Delta O$ | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię | Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu | | Premia termomodernizacyjna | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 20% kredytu | 16% kosztów całkowitych | Dwukrotność rocznej oszczędności kosztów energii |
| 1 | 899 102,16 | 61 655,56 | 71,23% | 0,00<br>899 102,16 | 0,00%<br>100,00% | 179 820,43 | 143 856,35 | 123 311,12 |
| 2 | 745 352,16 | 60 170,16 | 63,79% | 0,00<br>745 352,16 | 0,00%<br>100,00% | 149 070,43 | 119 256,35 | 120 340,32 |
| 3 | 691 528,74 | 58 941,73 | 61,98% | 0,00<br>691 528,74 | 0,00%<br>100,00% | 138 305,75 | 110 644,60 | 117 883,47 |
| 4 | 596 550,00 | 55 937,98 | 56,90% | 0,00<br>596 550,00 | 0,00%<br>100,00% | 119 310,00 | 95 448,00 | 111 875,96 |

**Optymalnym wariantem przedsięwzięcia termomodernizacyjnego jest wariant nr 1 gdyż:**

1. Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię zużywaną na potrzeby ogrzewania oraz podgrzewania wody użytkowej jest większe niż: 15%.
2. Kwota kredytu nie przekracza wartości zadeklarowanej.
3. Środki własne konieczne na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego nie przekraczają zadeklarowanych przez inwestora środków.

## 7.6. Charakterystyka optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

| | | | |
|---|---|---|---|
| - planowany koszt całkowity | – | 899 102,16 zł | |
| - planowana kwota środków własnych | – | 0 zł | |
| - planowana kwota kredytu | – | 899 102,16 zł | |
| - przewidywana premia termomodernizacyjna | – | 123 311,12 zł | |
| - roczne oszczędności kosztów energii | – | 61 655,56 zł | tj. 60,81 % |

## 8. Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.

**P1**

Usprawnienie: **Docieplenie stropodachu niewentylowanego nad salami lekcyjnymi i korytarzem**

Wymagana grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej: 28 cm

Zastosowany materiał izolacji termicznej: granulat z wełny mineralnej lub celulozy (np. Ekofiber).

Uwagi:
Docieplić stropodach niewentylowany w budynku zaizolowany pierwotnie płytami z supremy warstwą izolacji termicznej o oporze cieplnym R = 5,60 $m^2 \cdot K/W$ (np. granulat z wełny mineralnej lub granulatem z celulozy o grubości 28 cm i $\lambda$ = 0,05 W/(m·K)). Jeśli istnieje taka możliwość można wybrać starą izolację z supremy i zastąpić ją nową o łącznym oporze cieplnym R=6,86 $m^2 \cdot K/W$ Koszt docieplenia ok. 643,49 $m^2$ stropodachu wyniesie 94 978,74 zł.

**P2**

Usprawnienie: **Docieplenie stropodachu pełnego nad salą gimnastyczną**

Wymagana grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej: 24 cm

Zastosowany materiał izolacji termicznej: twarde płyty z wełny mineralnej do izolacji dachów płaskich.

Uwagi:

Docieplić stropodach pełny nad salą gimnastyczną warstwą izolacji termicznej o oporze cieplnym R = 6,00 $m^2 \cdot K/W$ (np. 2x120 mm płyt z wełny o łącznej grubości 24 cm o $\lambda$ = 0,040 W/m·K). Koszt docieplenia 190,26 $m^2$ wyniesie 53 823,42 zł.

**C.W.U.**

Usprawnienie: **modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej**

Wymagany zakres prac modernizacyjnych:

Instalacja pompy ciepła (powietrze-woda) o mocy 15 kW do podgrzewu ciepłej wody użytkowej, ogniw PV DC na potrzeby podgrzewu c.w. (grzałki DC), izolacja części przewodów c.w. oraz wstawienie zasobnika ciepłej wody użytkowej o poj. 500 l. Koszt modernizacji wyniesie 153 750,00 zł.

**C.O.**

Usprawnienie: **modernizacja instalacji grzewczej**

Wymagany zakres prac modernizacyjnych:

Instalacja pomp ciepła (sprężarkowe typu powietrze-woda) o łącznej mocy 90 kW do podgrzewu c.o., instalacja systemu automatyki hydraulicznej izolacja i wymiana części przewodów c.o. w piwnicy szkoły oraz wstawienie w salach lekcyjnych zaworów przygrzejnikowych regulowanych z autonomicznego systemu sterującego. Ponadto wstawienie brakujących głowic termostatycznych przy pozostałych grzejnikach. Koszt modernizacji wyniesie 596 550 zł

W wyniku zaproponowanych działań modernizacyjnych można zredukować całkowite zużycie energii, co pokazuje tabela poniżej

TABELA 27. REDUKCJA ZUŻYCIA ENERGII

| Obszar modernizacji | Energia finalna [kWh] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | przed modernizacją | po modernizacji | Oszczędność | |
| Termomodernizacja | 322 788,80 | 92 872,20 | 229 916,60 | 71,23% |

Z kolei podsumowanie efektów ekonomicznych zobrazowano w tabeli poniżej

TABELA 28. NAKŁAD I ROCZNE OSZCZĘDNOŚCI

| Obszar modernizacji | Nakłady [zł] | Roczne oszczędności [zł] | Okres zwrotu [lat] |
|---|---|---|---|
| Termomodernizacja | 899 102,16 | 61 655,56 | 14,58 |

Zestawiając uzyskane roczne oszczędności z nakładami możemy określić efektywność inwestycji.

N - nakłady: 899 102,16 zł

$O_{el}$ -oszczędności: 61 655,56 zł

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych do uzyskanych oszczędności

$$SPBT = N / O_{el}$$

SPBT = 899 102,16/61 655,56 = 14,58 lat

1. WIELKOŚCI ENERGETYCZNE

TABELA 29. TERMOMODERNIZACJA - WIELKOŚCI ENERGII [KWH/ROK]

| Opis | Istniejący | Projektowany (temomodernizacja) | **Efekt energetyczny** |
|---|---|---|---|
| Ogrzewanie (końcowa) | 273 652,70 | 67 738,87 | **205 913,83** |
| Ciepła woda (końcowa) | 49 136,10 | 25 133,33 | **24 002,77** |
| Razem (końcowa) | 322 788,80 | 92 872,20 | **229 916,60** |
| Ogrzewanie (pierwotna) | 125 880,24 | 31 159,88 | **94 720,36** |
| Ciepła woda (pierwotna) | 22 602,60 | 11 561,33 | **11 041,27** |
| Razem (pierwotna) | 148 482,85 | 42 721,21 | **105 761,64** |

Przeliczenie energii końcowej (finalnej) na pierwotną która wynika z przemnożenia energii końcowej przez mnożnik:

- 0,46 dla węzła (wg. danych Enea Ciepło Sp. z o.o. - Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej $W_{Pc}$),
- 3,0 dla prądu,
- 0,7 dla fotowoltaiki.

## 2. CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ ENERGII SYSTEMU OGRZEWANIA I WENTYLACJI

### 10.1. Przed modernizacją

Ciepło dostarczane jest do węzła cieplnego szkoły poprzez sieć ciepłowniczą podłączoną bezpośrednio do Elektrociepłowni przy ul. Gen. Władysława Andersa 15 w Białymstoku. Elektrociepłownia wytwarza ciepło do sieci w skojarzeniu z produkcją prądu elektrycznego. Udział w kogeneracji biomasy jest duży i wynosi ok. 65% pozostałą część stanowi węgiel w postaci pyłu.

Stąd też emisje przed i po ustalono dla węzła z takim podziałem paliwa. Po modernizacji do emisji dochodzi dodatkowo udział prądu elektrycznego (sieć systemowa) zasilającego pompy ciepła, jednakże prąd elektryczny na potrzeby pracy pomp będzie w całości wyprodukowany z ogniw PV (uniknięta emisja).

| Rodzaj paliwa | $\eta_{H,tot}$ | $H_u$ | Jedn. | $Q_{K,H}$ [kWh/rok] | Zużycie paliwa B | Jedn. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | 0,65 | 4,28 | kWh/kg | 331045,0 | 77347,0 | kg/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | 0,65 | 6,25 | kWh/kg | 91122,2 | 14579,6 | kg/rok |

### 10.2. Po modernizacji

| Rodzaj paliwa | $\eta_{H,tot}$ | $H_u$ | Jedn. | $Q_{K,H}$ [kWh/rok] | Zużycie paliwa B | Jedn. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna | 2,02 | 1,00 | kWh/kWh | 0 | 0 | kWh/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | 0,72 | 4,28 | kWh/kg | 14675,0 | 3428,7 | kg/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | 0,72 | 6,25 | kWh/kg | 4039,4 | 646,3 | kg/rok |

## 3. CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ ENERGII SYSTEMU PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY

### 11.1. Przed modernizacją

| Rodzaj paliwa | $\eta_{W,tot}$ | $H_u$ | Jedn. | $Q_{K,W}$ [kWh/rok] | Zużycie paliwa B | Jedn. |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | 0,46 | 4,28 | kWh/kg | 84682,2 | 19785,6 | kg/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | 0,46 | 6,25 | kWh/kg | 23309,3 | 3729,5 | kg/rok |

11.2. Po modernizacji

| **Rodzaj paliwa** | $\eta_{W,tot}$ | $H_u$ | **Jedn.** | $Q_{K,W}$ **[kWh/rok]** | **Zużycie paliwa B** | **Jedn.** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna | 1,11 | 1,00 | kWh/kWh | 0 | 0 | kWh/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | 0,39 | 4,28 | kWh/kg | 15287,8 | 3571,9 | kg/rok |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | 0,39 | 6,25 | kWh/kg | 4208,0 | 673,3 | kg/rok |

## 4. WSKAŹNIKI EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ POSZCZEGÓLNYCH SYSTEMÓW I NOŚNIKÓW ENERGII INFORMACJE UZUPEŁNIAJĄCE:

12.1. Przed modernizacją

| System ogrzewania i wentylacji | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rodzaj paliwa** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | kg/GJ | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 96,00000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | kg/kWh | 0,000340 | 0,000770 | 0,000130 | 0,372400 | 0,000130 | 0,000000 | 0,00000 |
| **System przygotowania ciepłej wody** | | | | | | | | |
| **Rodzaj paliwa** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | kg/GJ | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 96,00000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,00000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | kg/kWh | 0,000340 | 0,000770 | 0,000130 | 0,372400 | 0,000130 | 0,000000 | 0,00000 |

12.2. Po modernizacji

| System ogrzewania i wentylacji | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rodzaj paliwa** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
| Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna | kg/kWh | 0,000844 | 0,000850 | 0,000238 | 0,806000 | 0,000054 | 0,000000 | 0,000000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | kg/GJ | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 96,00000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | kg/kWh | 0,000340 | 0,000770 | 0,000130 | 0,372400 | 0,000130 | 0,000000 | 0,000000 |

| System przygotowania ciepłej wody | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rodzaj paliwa** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
| Sieć elektroenergetyczna systemowa - Energia elektryczna | kg/kWh | 0,000844 | 0,000850 | 0,000238 | 0,806000 | 0,000054 | 0,000000 | 0,000000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Biomasa | kg/GJ | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 96,000000 | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 |
| Ciepło sieciowe z kogeneracji - Węgiel kamienny | kg/kWh | 0,000340 | 0,000770 | 0,000130 | 0,372400 | 0,000130 | 0,000000 | 0,000000 |

## 5. EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ POSZCZEGÓLNYCH SYSTEMÓW W BUDYNKU

### 13.1. Przed modernizacją

| **System** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| System ogrzewania i wentylacji | kg/rok | 4,9570 | 11,2263 | 1,8953 | 37209,7451 | 1,8953 | 0,0000 | 0,0000 |
| System przygotowania ciepłej wody | kg/rok | 1,2680 | 2,8717 | 0,4848 | 9518,3555 | 0,4848 | 0,0000 | 0,0000 |
| | | | | | | | | |
| **Całkowita emisja w budynku** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
| | kg/rok | 6,2251 | 14,0980 | 2,3802 | 46728,1007 | 2,3802 | 0,0000 | 0,0000 |

### 13.2. Po modernizacji

| **System** | **Jedn.** | **$SO_2$** | **$NO_X$** | **CO** | **$CO_2$** | **PYŁ** | **SADZA** | **B-a-P** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| System ogrzewania i wentylacji | kg/rok | 0,2197 | 0,4977 | 0,0840 | 1649,4884 | 0,0840 | 0,0000 | 0,0000 |
| System przygotowania ciepłej wody | kg/rok | 0,2289 | 0,5184 | 0,0875 | 1718,3566 | 0,0875 | 0,0000 | 0,0000 |

| System | Jedn. | $SO_2$ | $NO_X$ | CO | $CO_2$ | PYŁ | SADZA | B-a-P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| Całkowita emisja w budynku | Jedn. | $SO_2$ | $NO_X$ | CO | $CO_2$ | PYŁ | SADZA | B-a-P |
| | kg/rok | 0,4487 | 1,0161 | 0,1715 | 3367,8450 | 0,1715 | 0,0000 | 0,0000 |

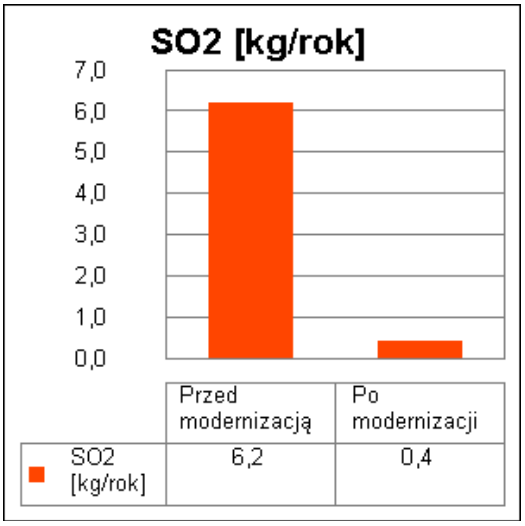
## 6. BEZPOŚREDNI EFEKT EKOLOGICZNY

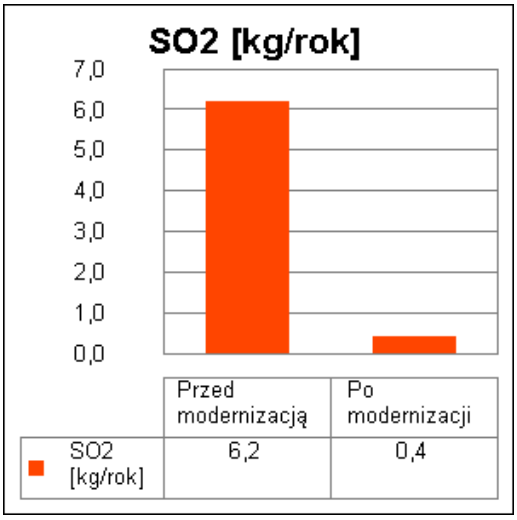
14.1. Tabela bezpośredniego efektu ekologicznego

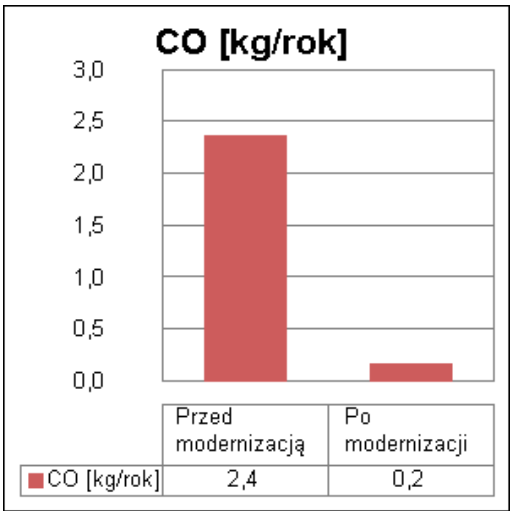
| Emitowane zanieczyszczenie | Budynek projektowany [kg/rok] | Budynek z po termomodenizacji [kg/rok] | Efekt ekologiczny[kg/rok] | Redukcja emisji [%] |
|---|---|---|---|---|
| $SO_2$ | 6,225075 | 0,448661 | 5,776414 | 92,79 |
| $NO_X$ | 14,097963 | 1,016085 | 13,081878 | 92,79 |
| CO | 2,380176 | 0,171547 | 2,208629 | 92,79 |
| $CO_2$ | 46728,100673 | 3367,845034 | 43360,255639 | 92,79 |
| PYŁ | 2,380176 | 0,171547 | 2,208629 | 92,79 |
| SADZA | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | – |
| B-a-P | 0,000000 | 0,000000 | 0,000000 | – |

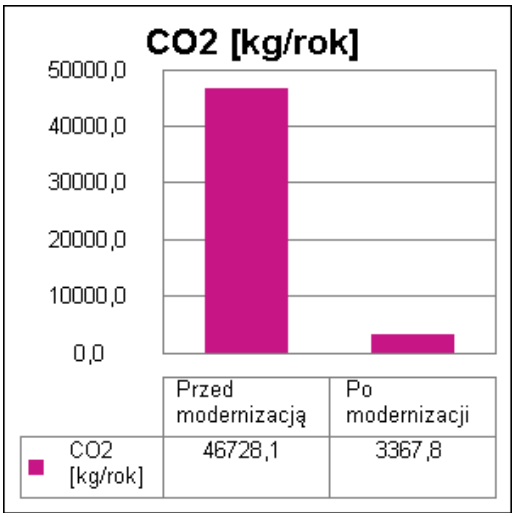
## 14.2. Wykresy bezpośredniego efektu ekologicznego

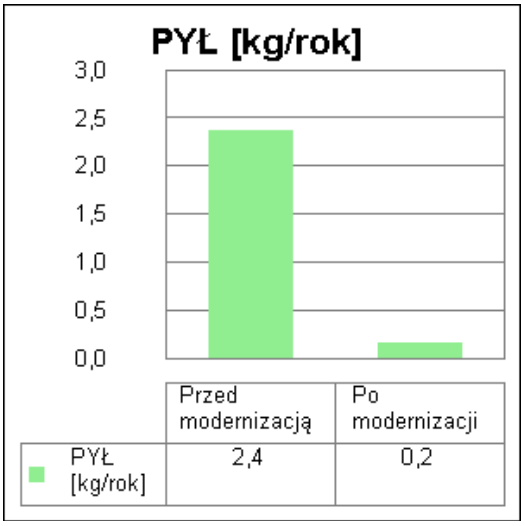
WYKRES 13. REDUKCJE POSCZEGÓLNYCH WSKAŹNIKÓW EFEKTU EKOLOGICZNEGO



## 14. Wyniki analizy porównawczej i wybór systemu zaopatrzenia w energię

Wartości współczynnika toksyczności zanieczyszczeń obliczono w oparciu o Rozporządzenie Ministerstwa Środowiska z dnia 26.01.2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu(Dz.U. nr 87/2010 poz.16).

$K_{SO2} = e_{SO2}/e_t$ = 20/20 mg/m$^3$ = 1,00

$K_{NOx} = e_{SO2}/e_t$ = 20/40 mg/m$^3$ = 0,50

$K_{CO} = e_{SO2}/e_t$ = brak wymagań

$K_{CO2} = e_{SO2}/e_t$ = brak wymagań

$K_{PYŁ} = e_{SO2}/e_t$ = 20/40 mg/m$^3$ = 0,50

$K_{SADZA} = e_{SO2}/e_t$ = 20/8 mg/m$^3$ = 2,50

$K_{B\text{-}a\text{-}P} = e_{SO2}/e_t$ = 20/0,001 mg/m$^3$ = 20000,00

### 14.1. Tabela emisji równoważnej

| Emitowane zanieczyszczenie | Współczynnik toksyczności K | Emisja - Przed modernizacją [kg/rok] | Emisja - Po modernizacji [kg/rok] | Emisja równoważna - Przed modernizacją [kg/rok] | Emisja równoważna - Po modernizacji [kg/rok] |
|---|---|---|---|---|---|
| $SO_2$ | 1,00 | 9038,870236 | 4227,652977 | 9038,870236 | 4227,652977 |
| $NO_X$ | 0,50 | 487,168493 | 235,455858 | 243,584246 | 117,727929 |
| PYŁ | 0,50 | 4911,919964 | 2282,933868 | 2455,959982 | 1141,466934 |
| SADZA | 2,50 | 163,306011 | 75,702370 | 408,265028 | 189,255926 |
| B-a-P | 20000,00 | 6,531756 | 3,027643 | 130635,11290 | 60552,867612 |
| **Łączna emisja równoważna** | | | | 142781,79240 | 66228,97138 |

Efekt ekologiczny wyrażony emisją równoważną dla proponowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wynosi **76552,82** kg/rok, czyli **53,6**%.

## 14.2. Wykres emisji równoważnej

WYKRES 14. EMISJA RÓWNOWAŻONA

# VII. PODSUMOWANIE

Przeprowadzony audyt obejmował swoim zakresem przeanalizowanie głównych nośników energetycznych (energia elektryczna, ciepło użytkowe, c.w.u.) oraz analizę samego budynku. Jednocześnie w analizie uwzględniono założenie wykorzystania nowoczesnych technologii, w tym zwłaszcza technologii fotowoltaicznych oraz pomp ciepła typu powietrze - woda, jako głównego alternatywnego źródła energii oraz technologii LED jako alternatywnej technologii modernizacji odbiorników energii elektrycznej.

Analiza efektywnościowa poszczególnych obszarów wykonywana była oddzielnie dla poszczególnego obszaru. Wynika to z założenia, że wyniki poszczególnych części audytu powinny dawać jednoznaczną odpowiedź w przypadku podejmowania ewentualnych decyzji inwestycyjnych. Takie rozwiązanie pozwala Inwestorowi na wybranie części z analizowanych obszarów do realizacji. Jednocześnie przy wyborze większości lub całości działań, należy pamiętać o skumulowanym efekcie efektywności energetycznej, który to w sposób jednoznaczny podnosi wskaźniki efektywnościowe. Przykładem może być wykonanie modernizacji ciepłowniczej z dociepleniem budynku – co w oczywisty podnosi łączną efektywność inwestycji. Należy pamiętać, aby zainstalowane urządzenia charakteryzowały się obowiązującym od końca 2020 r. minimalnym poziomem efektywności energetycznej i normami emisji zanieczyszczeń określonymi w środkach wykonawczych do dyrektywy 2009/125/WE;

Wyniki analiz pokazują tabele poniżej.

W wyniku zaproponowanych działań modernizacyjnych można zredukować całkowite zużycie energii, przy czym obszar termomodernizacji uwzględnia zużycie energii elektrycznej na potrzeby grzania oraz produkcję energii OZE z układu PV na potrzeby pomp ciepła. Wyniki analiz pokazują tabele poniżej.

TABELA 30.PEŁNA REDUKCJA ZUŻYCIA ENERGII FINALNEJ

| Obszar modernizacji | Energia finalna [kWh] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | przed modernizacją | po modernizacji | Oszczędność | |
| Energia elektryczna | 71 566,00 | 29 540,70 | 42 025,30 | 58,72% |
| Termomodernizacja | 322 788,80 | 92 872,20 | 229 916,60 | 71,23% |
| RAZEM | 394 354,80 | 122 412,89 | 271 941,91 | 68,96% |

TABELA 31. REDUKCJA ZUŻYCIE ENERGII PIERWOTNEJ

| Obszar modernizacji | Energia pierwotna [kWh] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | przed modernizacją | po modernizacji | Oszczędność | |
| Energia elektryczna | 214 698,00 | 55 595,25 | 159 102,75 | 74,11% |
| Termomodernizacja | 148 482,85 | 42 721,21 | 105 761,64 | 71,23% |
| RAZEM | 363 180,85 | 98 316,46 | 264 864,38 | 72,93% |

Zestawiając uzyskane roczne oszczędności z nakładami możemy określić całkowitą efektywność zaproponowanych inwestycji efektywnościowych.

N - nakłady: 1 456 331 zł

$O_{el}$ -oszczędności: 77 042 zł

Jako ekonomiczny wskaźnik opłacalności realizacji zadania przyjęto prosty czas zwrotu SPBT stanowiący stosunek nakładów do rocznych do uzyskanych oszczędności

$$SPBT = N / O_{el}$$

SPBT = 1 456 331/77 042 =18,9 lata

Jest to dobry średni wskaźnik efektywnościowy.

Podsumowując natomiast efekt ekologiczny, można stwierdzić, iż w obszarze oszczędności związanych z energią elektryczną (z tytułu modernizacji oświetlenia) przewiduje się, iż wskazane działania modernizacyjne pozwoliłyby uniknąć emisji $CO_2$ na poziomie około 23,61 ton w skali roku.

Natomiast w obszarze termomodernizacji bezpośredni efekt ekologiczny w zakresie redukcji $C0_2$ (docieplenie, praca pomp ciepła i systemów PV) wynosi około 43,36 ton w skali roku.

# VIII. KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

| KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ | Data wykonania |
|---|---|
| | **18.11.2018r.** |

| **Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej** | |
|---|---|
| Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej | Modernizacja energetyczna Zespołu Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia w Białymstoku |
| Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków) | Kompleksowa modernizacja budynków poprzez:<br>- wymianę źródeł światła na LED<br>- instalację źródła PV do produkcji ciepła i energii elektrycznej<br>- instalacja pomp ciepła typu powietrze woda<br>- termomodernizację |
| Dane podmiotu lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL, albo nazwa), u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej lub przedsięwzięcie takie zostało zrealizowane | Zespół Szkół Katolickich im. Matki Bożej Miłosierdzia<br>w Białymstoku<br>ul. Kościelna 3<br>15-087 Białystok |

| Data rozpoczęcia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej albo planowana data rozpoczęcia tego przedsięwzięcia*: | Planowana data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej*: | Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**: | Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii: |
|---|---|---|---|
| **01.01.2019 r.** | **31.12.2019 r.** | | **1** |

| **Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Średnioroczna oszczędność energii finalnej: | 271 941,91 | [kWh/rok] | 23,35 | [toe/rok] |
| Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej: | 264 864,38 | [kWh/rok] | 22,74 | [toe/rok] |
| Szacowana wielkość redukcji emisji $CO_2$***: | 66,97 | | | [ton/rok] |

| **Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej** | |
|---|---|
| Imię i nazwisko: | |
| Nr uprawnienia: | |
| Nr telefonu: | |
| Podpis: | |

*W przypadku przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej jeszcze nie zrealizowanego

**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 wspólnym 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 roku

# SPIS TABEL

Tabela 1. Koszty zmienne ..... 10
Tabela 2. koszty zmienne oświetlenia ..... 10
Tabela 3. Zestawienie opraw w piwnicy ..... 11
Tabela 4. Zestawienie opraw na parterze ..... 11
Tabela 5. Zestawienie opraw na I piętrze ..... 11
Tabela 6. Zestawienie opraw na II piętrze ..... 12
Tabela 7. Zestawienie opraw Razem ..... 12
Tabela 8. Zestawienie jakości opraw Razem ..... 12
Tabela 9. Zestawienie jakości opraw Razem w ujęciu procentowym ..... 13
Tabela 10. Liczba i moc zainstalowanych źródeł światła ..... 14
Tabela 11. Liczba i moc po wymianie źródeł światła na energooszczędne ..... 15
Tabela 12. Zestawienie kosztów wymiany źródeł światła ..... 16
Tabela 13. zestawienie kosztów wymiany opraw świetlówkowych na oprawy świetlówkowe LED ..... 16
Tabela 14. Koszt wymiany źródeł światła ..... 17
Tabela 15. Koszt wymiany opraw świetlówkowych na oprawy świetlówkowe LED ..... 17
Tabela 16. Roczne zużycie energii – za okreS od 01.01.2014 do 31.12.2014 ..... 17
Tabela 17. Roczny koszt energii elektrycznej (wg. stawek zmiennych) ..... 17
Tabela 18. koszty roczne na potrzeby oświetlenia ..... 18
Tabela 19. Koszty roczne uzyskane w wyniku wymiany oświetlenia na LED ..... 18
Tabela 20. Sumaryczna redukcja zużycia energii elektrycznej ..... 18
Tabela 21. Nakładu i Roczne oszczędnoŚci ..... 18
Tabela 22 Zestawienie potencjału dachów – Wariant I. ..... 21
Tabela 23 Zestawienie potencjału dachów – Wariant II. ..... 21
Tabela 24. Zestawienie zapotrzebowania i produkcji energii elektrycznej po modernizacji ..... 30
Tabela 25. Zestawienie energii elektrycznej ..... 30
Tabela 26. Wybrane warianty modernizacji instalacji grzewczej ..... 38
Tabela 27. REDUKCJA zużycia energii ..... 67
Tabela 28. Nakład i Roczne oszczędności ..... 68
Tabela 29. Termomodernizacja - wielkości energii [kWh/rok] ..... 68
Tabela 30.Pełna Redukcja zużycia energii finalnej ..... 78
Tabela 31. Redukcja zużycie energii pierwotnej ..... 78

# SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Pobór energii przyłącza P1 w skali roku ..... 8
Wykres 2. Pobór energii przyłącza P2 w skali roku ..... 8
Wykres 3. Pobór energii przyłącza P3 w skali roku ..... 9
Wykres 4. Pobór energii RAZEM w skali roku ..... 9
Wykres 5. Zapotrzebowanie i produkcja energii – przyłącze 1 ..... 22
Wykres 6. Zapotrzebowanie i produkcja energii – przyłącze 2 ..... 23
Wykres 7. Pierwotne Zapotrzebowanie i produkcja energii elektrycznej w skali roku ..... 23
Wykres 8. Pierwotne Zapotrzebowanie i produkcja energii elektrycznej w skali roku RAZEM ..... 24
Wykres 9. Zapotrzebowanie zredukowane i produkcja energii w skali roku ..... 24
Wykres 10. Zapotrzebowanie zredukowane i produkcja energii w skali roku RAZEM ..... 25
Wykres 11. przykład linearyzacji charakterystyki degradacji mocy modułów ..... 26
Wykres 12. Pobór średni wody dla szkół względem liczby osób ..... 33
Wykres 13. Redukcje posczególnych wskaźników efektu ekologicznego ..... 75
Wykres 14. Emisja równoważona ..... 77

# SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Plan sytuacyjny ..... 5
Rysunek 2. Sposób podłączenia świetlówki LED w oprawach jarzeniowych ..... 15
Rysunek 3. Wykorzystanie powierzchni pod instalację fotowoltaiczną- Wariant I ..... 20
Rysunek 4. Wykorzystanie powierzchni pod instalację fotowoltaiczną – wariant II ..... 20
Rysunek 5. Węzeł cieplny. ..... 31
Rysunek 6. Przewody rozprowadzające na najniższej kondygnacji ..... 32
Rysunek 7. Grzejnik bez głowic termostatycznych ..... 33
Rysunek 8. Grzejnik z głowicą termostatyczną ..... 33

# SPIS ZAŁĄCZNIKÓW

ZAŁĄCZNIK 1. ZAPOTRZEBOWANIE BUDYNKU NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA W STANIE ISTNIEJĄCYM
ZAŁĄCZNIK 2. ZAPOTRZEBOWANIE BUDYNKU NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA PO MODERNIZACJI