

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**

**ZESPOŁU SZKOŁ NR 3**

**ul. Łukasiewicza 11**

**09 - 400 Płock**

**Zamawiający: Miasto Płock**  
**pl. Stary Rynek 1**  
**09 - 400 Płock**

**Termin zakończenia pracy: grudzień 2017 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Miasto Płock		1974; 2003; 2010
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	ul. Łukasiewicza nr bud. 11		1.4 Adres budynku
	pl. Stary Rynek nr 1	ul. Łukasiewicza nr bud. 11	
	kod 09-400 miejscowość Płock	kod 09-400 miejscowość Płock	
	powiat płocki	powiat płocki	
tel. - fax -	województwo mazowieckie	województwo mazowieckie	
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: Kancelaria Doradztwa Gospodarczego Cieślak & Kordasiewicz sp.j., ul. Pilicka 19, 02-629 Warszawa, 015893288			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Warszawa data wykonania opracowania: Grudzień 2017 r.			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku ..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku ..... 2			
3. Podstawa opracowania ..... 4			
3.1 Cel i zakres opracowania ..... 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu ..... 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) ..... 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku ..... 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku ..... 7			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego ..... 8			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 8			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło ..... 8			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne ..... 8			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji ..... 14			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne ..... 19			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku ..... 19			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego ..... 20			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 23			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji ..... 25			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych ..... 26			
ZAŁĄCZNIKI ..... 27			
Z-1 Oświetlenie wewnętrzne ..... 27			
Z-2 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 29			
Z-3 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 30			

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	17 593	17 593
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	5 011	5 011
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	5 011	5 011
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	684	684
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,378	0,378
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,225	0,225
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,334	0,143
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,381	0,381
5	Okna, drzwi balkonowe	3,000	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,000	1,300
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,99	0,99
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,98	0,98	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	0,85	0,85	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	13 212	12 852	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,82	0,79	
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	301,24	219,45	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	45,04	45,28	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 049,15	1 409,06	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 800,15	1 440,39	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	124,72	124,72	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku ( bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	113,59	78,11	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	155,22	79,85	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
<b>7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)</b>					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	50,36	50,36	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	7 678,97	7 678,97	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej	[zł/m <sup>3</sup> ]	7,53	7,53	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	7 678,97	7 678,97	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	[zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	3,09	1,59	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
<b>8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>					
Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>	[zł]	1 003 967,00	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	46,49
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	1 003 967,00	Premia termomodernizacyjna	[zł]	160 634,72
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	90 301,66			

<sup>1)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

<sup>2)</sup> Podane koszty są kosztami szacunkowymi

### **3. Podstawa opracowania.**

#### **3.1 Cel i zakres opracowania.**

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Zespołu Szkół nr 3 w Płocku, ul. Łukasiewicza 11 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

#### **3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.**

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

### **3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .**

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1970; 2003; 2010
Adres budynku	ul. Łukasiewicza 11 09-400 Płock	Właściciel	Miasto Płock, pl. Stary Rynek1 09-400 Płock
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	1; 2; 3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	17 593	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	5 011	-	
Współczynnik kształtu	0,378		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2; 3,6; 6,2	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	684	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	12	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	
<b>Dach nad salą gimnastyczną</b>	313,58	1,334	
<b>Dach (2003 r.)</b>	319,29	0,229	
<b>Stropodach szkoła</b>	1228,73	0,579	
<b>Stropodach szatnie (blacha)</b>	55,56	0,177	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (1970 r.)</b>	849,34	0,225	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (2003r.)</b>	139,38	0,240	
<b>Stropodach budynek D</b>	777,66	0,740	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-3] (2010 r.)</b>	219,54	0,162	
<b>Okna nowe</b>	307,64	1,400	
<b>Okna stare</b>	541,25	3,000	
<b>Drzwi nowe</b>	13,13	1,500	
<b>Drzwi stare</b>	3,73	3,000	
<b>Podłoga na gruncie</b>	1575,82	0,381	
<b>Podłoga na gruncie (sala gimnastyczna)</b>	313,58	0,336	

## **5. Ocena stanu technicznego budynku**

Obiekt wybudowany w 1974 roku, został rozbudowany w 2003 r. i 2010 r. Budynki są niepodpiwniczone. Ściany budynku z 1974 r. wykonano jako żelbetowe, prefabrykowane, kanałowe, o grubości 24 cm, ocieplone gazobetonem o grubości 12 cm oraz styropianem o grubości 15 cm. Ściany budynku z 2003 r. wykonano z bloczków gazobetonowych o grubości 25 cm, ocieplone styropianem o grubości 10 cm. Ściany części z 2010 r. wykonano z bloczków silikatowych pełnych o grubości 25 cm, ocieplone styropianem o grubości 18 cm. Nad najstarszą częścią obiektu zastosowano stropodach wentylowany, ocieplony wełną mineralną o grubości 5 cm, kryty papą. Nad salą gimnastyczną zastosowano dach, z prefabrykowanych płyt korytkowych, ocieplony płytą pilśniową, kryty papą. Nad częścią obiektu wybudowaną w 2003 r. zastosowano dach konstrukcji drewnianej, ocieplony wełną mineralną o grubości 15 cm, kryty blachą. Nad szatniami przy sali gimnastycznej zastosowano dach z płyt warstwowych z wypełnieniem z pianki poliuretanowej o grubości 14 cm. Nad częścią budynku z 2010 r. zastosowano dach konstrukcji stalowej, ocieplony styropianem o grubości 10 cm, kryty papą.

Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi jedynie izolacyjność termiczna niektórych przegród zewnętrznych.

W budynku zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w bardzo złym stanie technicznym (okna wypaczone, nieszczelne, nie otwierają się) oraz stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w dobrym stanie technicznym

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła  $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w złym stanie technicznym oraz stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , która jest w dobrym stanie technicznym.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano wymiennikowy węzeł cieplny, który jest w dobrym stanie technicznym. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W obiekcie zainstalowano grzejniki płytowe bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest dobry.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego węzła cieplnego co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym.



W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną która jest w dobrym stanie technicznym, z wyjątkiem sali gimnastycznej, w której obserwuje się niedostateczne przewietrzanie pomieszczenia.

## **6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.**

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną,
- ocieplenie stropodachu nad szkołą,
- wymianę okien,
- wymianę drzwi,
- modernizację wentylacji w sali gimnastycznej,
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

## **7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

### **7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło**

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną Ocieplenie stropodachu nad szkołą. Wymiana okien Wymiana drzwi. Modernizacja wentylacji w sali gimnastycznej.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Montaż zaworów termostatycznych. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

### **7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.**

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość

minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{rU}}, \text{ [lata]} \quad (1)$$

gdzie:

- $N_u$  - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- $\Delta O_{rU}$  - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z  $n$  wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rU}$  dla  $n$ -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \text{ [zł/rok]} \quad (2)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_{0z}, Q_{1z}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- $O_{0z}, O_{1z}$  - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla  $n$ -tego źródła, odpowiadająca:
  - dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
  - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
  - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo  $\text{zł/m}^3$  przeliczonej na zł/GJ,
  - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- $y_0, y_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $q_{0u}, q_{1u}$  - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- $O_{0m}, O_{1m}$  - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do

ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla  $n$ -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW\*miesiąc),

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW\*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW\*miesiąc),

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW\*miesiąc),

$Ab_0, Ab_1$ - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A * U_c, \quad [\text{GJ/rok}] \quad (3)$$

gdzie:

$U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

$A$  - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji,  $\text{m}^2$ ,

$S_d$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\* $\text{K}/\text{rok}$ ,

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się ze wzoru:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_c(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot \text{K}/\text{rok}] \quad (4)$$

gdzie:

$t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$t_c(m)$  - średnia wieloletnia temperatura miesiąca  $m$ , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod

nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, °C,

Ld(m) - liczba dni ogrzewania w miesiącu m, podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,

L<sub>g</sub> - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q<sub>0u</sub>, q<sub>1u</sub> przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się ze wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} * A * (t_{wo} - t_{zo}) * U_c, \quad [MW] \quad (5)$$

gdzie:

t<sub>wo</sub> - jak we wzorze (4),

t<sub>zo</sub> - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

U<sub>c</sub> - jak we wzorze (3),

**UWAGA:** Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Płock:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
T <sub>e</sub> (m)	-0,9	-2,7	3,3	8,8	12,3	13,5	9,3	3,9	-0,4
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31

Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, T<sub>emin</sub> = - 20,0°C

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące dachu nad salą gimnastyczną

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	313,58	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	0,749	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 314	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał:	styropapa		U <sub>0</sub> =	1,334	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
	λ =	0,040			[W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2017 r.

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,06	1,500	2,249	0,445	44,03	0,006	53 913,80	5 851,82	9,213
0,07	1,750	2,499	0,400	39,62	0,005	54 133,60	6 144,26	8,810
0,08	2,000	2,749	0,364	36,02	0,005	54 353,40	6 383,52	8,515
0,09	2,250	2,999	0,333	33,02	0,004	54 573,20	6 582,90	8,290
0,10	2,500	3,249	0,308	30,48	0,004	54 793,00	6 751,59	8,116
0,11	2,750	3,499	0,286	28,30	0,004	55 012,80	6 896,18	7,977
0,12	3,000	3,749	0,267	26,41	0,003	55 232,60	7 021,50	7,866
0,13	3,250	3,999	0,250	24,76	0,003	55 452,40	7 131,14	7,776
0,14	3,500	4,249	0,235	23,30	0,003	55 672,20	7 227,88	7,702
0,15	3,750	4,499	0,222	22,01	0,003	55 892,00	7 313,88	7,642
0,16	4,000	4,749	0,211	20,85	0,003	56 111,80	7 390,82	7,592
0,17	4,250	4,999	0,200	19,81	0,003	56 331,60	7 460,06	7,551
0,18	4,500	5,249	0,190	18,87	0,002	56 551,40	7 522,71	7,517
0,19	4,750	5,499	0,182	18,01	0,002	56 771,20	7 579,67	7,490
0,20	5,000	5,749	0,174	17,22	0,002	56 991,00	7 631,67	7,468
0,21	5,250	5,999	0,167	16,51	0,002	57 210,80	7 679,33	7,450
0,22	5,500	6,249	0,160	15,85	0,002	57 430,60	7 723,19	7,436
0,23	5,750	6,499	0,154	15,24	0,002	57 650,40	7 763,67	7,426
0,24	6,000	6,749	0,148	14,67	0,002	57 870,20	7 801,15	7,418
0,25	6,250	6,999	0,143	14,15	0,002	58 090,00	7 835,95	7,413
0,26	6,500	7,249	0,138	13,66	0,002	58 309,80	7 867,35	7,414

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad ostatnią kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące dachu nad szkołą

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad szkołą styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1 228,73 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,728 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 1 223 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropapa U<sub>0</sub> = 0,579 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda$  = 0,040 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2017 r.

Izolacja	$\Delta R$	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	$\Delta K_{ogr}$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,978	0,336	130,29	0,017	185 579,00	6 257,88	29,655
0,06	1,500	3,228	0,310	120,20	0,015	188 405,70	6 927,94	27,195
0,07	1,750	3,478	0,287	111,56	0,014	191 232,40	7 501,67	25,492
0,08	2,000	3,728	0,268	104,08	0,013	194 059,10	7 998,47	24,262
0,09	2,250	3,978	0,251	97,54	0,012	196 885,80	8 432,82	23,348
0,10	2,500	4,228	0,236	91,77	0,012	199 712,50	8 815,82	22,654
0,11	2,750	4,478	0,223	86,65	0,011	202 539,20	9 156,05	22,121
0,12	3,000	4,728	0,211	82,07	0,010	205 365,90	9 460,31	21,708
0,13	3,250	4,978	0,201	77,95	0,010	208 192,60	9 734,01	21,388
0,14	3,500	5,228	0,191	74,22	0,009	211 019,30	9 981,53	21,141
0,15	3,750	5,478	0,183	70,83	0,009	213 846,00	10 206,46	20,952
0,16	4,000	5,728	0,175	67,74	0,009	216 672,70	10 411,76	20,810
0,17	4,250	5,978	0,167	64,91	0,008	219 499,40	10 599,89	20,708
0,18	4,500	6,228	0,161	62,30	0,008	222 326,10	10 772,92	20,638
0,19	4,750	6,478	0,154	59,90	0,008	225 152,80	10 932,59	20,595
0,20	5,000	6,728	0,149	57,67	0,007	227 365,00	11 080,40	20,520
0,21	5,250	6,978	0,143	55,61	0,007	230 191,70	11 217,61	20,521
0,22	5,500	7,228	0,138	53,69	0,007	233 018,40	11 345,34	20,539
0,23	5,750	7,478	0,134	51,89	0,007	235 845,10	11 464,52	20,572
0,24	6,000	7,728	0,129	50,21	0,006	238 671,80	11 576,00	20,618
0,25	6,250	7,978	0,125	48,64	0,006	241 498,50	11 680,49	20,675

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad ostatnią kondygnacją wynosi 0,15 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

### 7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \sum (\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- $N_{ok}$  – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- $N_w$  – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- $\Delta O_{rok}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- $\Delta O_{rw}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}$  dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_0, Q_1$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ściennie) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,
- $O_{0z}, O_{1z}$  - suma opłat jak we wzorze (2),
- $y_0, y_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu

usprawnienia termomodernizacyjnego,

- $q_0, q_1$  - zapotrzebowanie na moc ciepłą odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,  
 $O_{0m}, O_{1m}$ - jak we wzorze (2),  
 $Ab_0, Ab_1$ - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A_{Ok} * U + Q_{inf}, \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

- $S_d$  - jak we wzorze (4),  
 $U$  - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,  
 $A_{Ok}$  - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $m^2$ ,  
 $Q_{inf}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = (8,64 * S_d * A_{Ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10^{-5}, \quad [GJ/rok] \quad (9)$$

gdzie:

- $S_d$  - jak we wzorze (4),  
 $U$  - jak we wzorze (8),  
 $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),  
 $V_{nom}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości



powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m<sup>3</sup>/h,

$c_r$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,

$c_w$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 1,65 * 10^{-8} * a * l * (t_{w0} - t_{z0})^{5/3}, \quad [MW] \quad (10)$$

gdzie:

$t_{w0}$  - jak we wzorze (4),

$t_{z0}$  - jak we wzorze (5),

$A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),

$U$  - jak we wzorze (8),

$a$  - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, m<sup>3</sup>/(m\*h\*daPa<sup>2/3</sup>),

$l$  - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{w0} - t_{z0}), \quad [MW] \quad (11)$$

gdzie:

$t_{w0}$  - jak we wzorze (4),

$t_{z0}$  - jak we wzorze (5),

$A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),

$U$  - jak we wzorze (8),

$V_{obl}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony

przez współczynnik korekcyjny  $c_m$  zgodnie z tabelą 2,  $m^3/h$ ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi  $Q_{0inf}$ ,  $Q_{1inf}$ , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0inf} \cdot Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

$t_{wo}$ ,  $t_e(m)$ - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$  - jak we wzorze (4).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około  $541,25 \text{ m}^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,1	1,0	1 708,63	0,072	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	1 309,33	0,036	26 517,82	492 274,58	18,56
2	1,1	1,0	1,0	1 275,14	0,031	28 788,21	530 162,29	18,42
3	0,9	1,0	1,0	1 240,95	0,027	31 058,60	568 050,00	18,29

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około  $3,73 \text{ m}^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,2	1,0	12,53	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	9,50	0,001	201,26	5 339,80	26,53
2	1,5	1,0	1,0	9,26	0,001	216,91	5 712,90	26,34
3	1,3	1,0	1,0	9,03	0,001	232,56	6 086,00	26,17

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w sali gimnastycznej zamontowano wentylację grawitacyjną. Ponieważ występują problemy z obiegiem powietrza, proponuje się zastosowanie w tym pomieszczeniu naściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych z odzyskiem ciepła, zintegrowanych z Systemem Zarządzania Energią. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o minimum 75%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej na około 2400 m<sup>3</sup>/h. Agregaty te powinny być wyposażone w czujki stężenia CO<sub>2</sub>, które po przekroczeniu założonego maksymalnego poziomu spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniu.

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	V <sub>1</sub>	$\rho \cdot c_p$	H <sub>v</sub>	S <sub>d</sub>	Q	$\Delta Q$
	[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]	-	GJ	GJ
Obecnie	13 212	0,33	4 404	3 655,30	1 390,86	37,90
Docelowo	12 852	0,33	4 284	3 655,30	1 352,96	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

$\Delta Q$	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
37,90	2 516,82	38 376,00	15,25

Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
2	Modernizacja wentylacji	38 376,00	15,25
3	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	568 050,00	18,29
4	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	227 365,00	20,52
5	Wymiana drzwi	6 086,00	26,17

#### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robocizną, materiały, sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

**Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
2	Modernizacja wentylacji	38 376,00	15,25
3	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	568 050,00	18,29
4	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	227 365,00	20,52
5	Wymiana drzwi	6 086,00	26,17
	Ogółem	897 967,00	

**Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
2	Modernizacja wentylacji	38 376,00	15,25
3	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	568 050,00	18,29
4	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	227 365,00	20,52
	Ogółem	891 881,00	

**Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
2	Modernizacja wentylacji	38 376,00	15,25
3	Ocieplenie stropodachu nad szkołą	568 050,00	18,29
	Ogółem	664 516,00	

**Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
2	Modernizacja wentylacji	38 376,00	15,25
	Ogółem	96 466,00	

**Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	58 090,00	7,41
	Ogółem	58 090,00	

## 7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (17)$$

gdzie:

$N_{CO}$  – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,

$\Delta O_{rCO}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n

wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rCO}$  dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{OCO}$  - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- $\eta_0, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- $w_{t0}, w_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- $w_{d0}, w_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- $O_{0z}, O_{1z}$  - jak we wzorze (2),
- $y_0, y_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- $q_{0m}, q_{1m}$  - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- $Ab_0, Ab_1$  - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego  $\eta_0, \eta_1$ , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (19)$$

gdzie:

- $\eta_w$  – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie

z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

- $\eta_p$  – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_e$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu grzejniki oraz instalacja c.o są w dobrym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano jedynie montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. oraz montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna c.o.	MW	0,3012	0,3012
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	2 049	2 049
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,7318	0,8364
4	Obniżenie nocne <sup>1)</sup>	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe <sup>1)</sup>	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	2 800,15	2 094,72
8	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł	185 957,96	139 110,36
9	Oszczędność kosztów	zł		46 847,60
10	Szacowany koszt modernizacji	zł		106 000,00
11	SPBT	lat		2,26

<sup>1)</sup> Uwzględnienie Systemu Zarządzania Energią

## **8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- a) planowane koszty całkowite  $N$ , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- e) obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy.

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:



Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU			CO+CWU		Oszczędności		
	q <sub>co</sub>	Q <sub>co</sub>	η	w	Q <sub>co</sub> *w/η	Oplata CO	q <sub>cwu</sub>	Q <sub>cwu</sub>	Oplata CWU	Q <sub>co+cwu</sub>	KOSZT			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,3012	2 049,15	0,7318	1	2 800,15	185 957,96	0,024	124,72	8 282,66	2 924,87	194 240,62			
I+A	0,2195	1 409,06	0,8364	0,855	1 440,39	95 656,30	0,024	124,72	8 282,66	1 565,11	103 938,96	1 360	46,49	90 301,66
II+A	0,2197	1 410,99	0,8364	0,855	1 442,37	95 787,79	0,024	124,72	8 282,66	1 567,09	104 070,45	1 358	46,42	90 170,17
III+A	0,2408	1 572,15	0,8364	0,855	1 607,12	106 728,84	0,024	124,72	8 282,66	1 731,84	115 011,50	1 193	40,79	79 229,12
IV+A	0,2863	1 897,48	0,8364	0,855	1 939,67	128 813,48	0,024	124,72	8 282,66	2 064,39	137 096,14	860	29,42	57 144,48
V+A	0,2863	1 934,32	0,8364	0,855	1 977,34	131 315,15	0,024	124,72	8 282,66	2 102,06	139 597,81	823	28,13	54 642,81
A	0,3012	2 049,15	0,8364	0,855	2 094,72	139 110,36	0,024	124,72	8 282,66	2 219,44	147 393,02	705	24,12	46 847,60

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu		Premia termomodernizacyjna		
							20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
					[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[%]
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	1 003 967,00	90 301,66	46,49	0,00	0,00	200 793,40	160 634,72	180 603,32
					1 003 967,00	100,00			
2	II+A	997 881,00	90 170,17	46,42	0,00	0,00	199 576,20	159 660,96	180 340,34
					997 881,00	100,00			
3	III+A	770 516,00	79 229,12	40,79	0,00	0,00	154 103,20	123 282,56	158 458,24
					770 516,00	100,00			
4	IV+A	202 466,00	57 144,48	29,42	0,00	0,00	40 493,20	32 394,56	114 288,96
					202 466,00	100,00			
5	V+A	164 090,00	54 642,81	28,13	0,00	0,00	32 818,00	26 254,40	109 285,62
					164 090,00	100,00			
6	A	106 000,00	46 847,60	24,12	0,00	0,00	21 200,00	16 960,00	93 695,20
					106 000,00	100,00			

## **9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.**

Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną o powierzchni około 314 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać styropapą o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 25 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,143 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: obróbki blacharskie i dekarские, remont kominów, podniesienie murków ogniowych, pokrycie papą nawierzchniową, etc.
2. Ocieplenie stropodachu nad szkołą o powierzchni około 1 229 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać styropapą o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 20 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,149 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: obróbki blacharskie i dekarские, remont kominów, podniesienie murków ogniowych, pokrycie papą nawierzchniową, etc.
3. Wymianę okien o powierzchni około 541,25 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania  $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowalnymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
4. Wymianę drzwi o powierzchni około 3,73 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynniku przenikania  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
5. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:
  - montaż ściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych o wydajności około 2400 m<sup>3</sup>, wyposażonych w system odzysku ciepła o skuteczności minimum 75%, oraz czujniki stężenia CO<sub>2</sub>, zintegrowanych z Systemem Zarządzania Energią,

- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

6. Montaż przygrzejnikowych zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi oraz regulację instalacji centralnego ogrzewania..

Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7. Instalację i wdrożenie Systemu Zarządzania Energią, pozwalającego na bieżący pomiar zużycia ciepła, kontrolę i sterowanie pracą instalacji centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej oraz agregatów wentylacyjno - grzewczych w sali gimnastycznej. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy instalacji przy zachowaniu komfortu cieplnego w czasie użytkowania obiektu. W ramach inwestycji należy zamontować w referencyjnych pomieszczeniach czujniki temperatury wraz ze sterownikami, które będą rejestrować i na bieżąco przekazywać do Systemu Zarządzania Energią (minimum co 15 minut) odczyt pomiaru wartości temperatury wewnętrznej. W kosztach inwestycji uwzględniono szkolenie użytkowników w zakresie działania systemu. System Zarządzania Energią powinien zapewnić możliwość zdalnego dostępu do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu) przez osoby uprawnione oraz możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem, w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu. W systemie powinny zostać zastosowane urządzenia pomiarowe co najmniej II klasy dokładności oraz komunikacja opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

## **10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

<b>1</b>	<b>Całkowity koszt robót szacuje się na</b>	<b>1 003 967,00</b>	<b>zł</b>
<b>2</b>	<b>Przewidywana premia termomodernizacyjna</b>	<b>160 634,72</b>	<b>zł</b>
<b>3</b>	<b>Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji</b>	<b>90 301,66</b>	<b>zł</b>
<b>4</b>	<b>Czas zwrotu nakładów SPBT</b>	<b>11,12</b>	<b>lat</b>

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego na oświetlenie LEDowe. W budynku zamontowano oprawy jarzeniowe i żarowe. Do wymiany przewidziano tylko oprawy w złym stanie technicznym. Ilość i moc poszczególnych opraw przedstawiono w tabeli poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych [W]	Ilość [szt.]	Moc opraw oświetleniowych [W]
przed modernizacją	72	594	42 768
	36	27	972
	28	58	1 624
	55	23	1 265
	60	20	1 200
	400	10	4 000
	11	9	99
	20	13	260
	18	2	36
	150	12	1 800
5	2	10	
<b>ogółem</b>		<b>770</b>	<b>54 034</b>
po modernizacji	45	594	26 730
	25	27	675
	28	58	1 624
	30	23	690
	7	20	140
	200	10	2 000
	11	9	99
	20	13	260
	52	2	104
	150	12	1 800
5	2	10	
<b>ogółem</b>		<b>770</b>	<b>34 132</b>

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przeanalizowano zgodnie z "Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej".

Roczne zapotrzebowanie na energię do oświetlenia ocenianego budynku wyliczono według wzoru:

$$E_L = LENI \cdot A_f \quad [\text{kWh/rok}]$$

gdzie:

$LENI$  - roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia [kWh/rok],

$A_f$  - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m<sup>2</sup>].

Roczne jednostkowe zużycie energii do oświetlenia  $LENI$  obliczono na podstawie wzoru:

$$LENI = P_N/1000 \cdot t \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{rok})]$$

gdzie:

$P_N$  - jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w analizowanych pomieszczeniach [W/m],

$t$  - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

**Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:**

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia $E_L$	[kWh/rok]	64 840,80	40 958,40
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,89	0,89
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	57 708,31	36 452,98
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	23 882,40	
	[%]	36,83	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	21 255,34	
Szacunkowe nakłady inwestycyjne	[zł]	425 935,00	
SPBT	[lata]	20,04	

W ramach modernizacji proponuje się wymianę istniejących opraw jarzeniowych i żarowych, które są w złym stanie technicznym, na wysokosprawne oprawy LEDowe wraz z pracami instalacyjnymi i odtworzeniowymi w pomieszczeniach. Zainstalowane oprawy muszą spełniać wymagania obowiązujących norm dotyczących oświetlenia pomieszczeń. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Z-2 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, montaż zaworów z głowicami termostatycznymi, modernizacja wentylacji, montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- ciepło sieciowe z kotłowni olejowej – 1,2.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa:</b>			
<i><b>ciepło</b></i>			
zużycie przed modernizacją	2 924,87	812 463,89	812,46
zużycie po modernizacji	1 565,11	434 752,78	434,75
oszczędność	1 359,76	377 711,11	377,71
<i><b>energia elektryczna</b></i>			0,00
zużycie przed modernizacją	233,43	64 840,80	64,84
zużycie po modernizacji	147,45	40 958,40	40,96
oszczędność	85,98	23 882,40	23,88
<i><b>ogółem</b></i>			
zużycie przed modernizacją	3 158,30	877 304,69	877,30
zużycie po modernizacji	1 712,56	475 711,18	475,71
<b>oszczędność</b>	<b>1 445,74</b>	<b>401 593,51</b>	<b>401,59</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>45,78</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i><b>ciepło</b></i>			
zużycie przed modernizacją	3 217,36	893 710,28	893,71
zużycie po modernizacji	1 721,62	478 228,06	478,23
oszczędność	1 495,74	415 482,22	415,48
<i><b>energia elektryczna</b></i>			
zużycie przed modernizacją	700,28	194 522,40	194,52
zużycie po modernizacji	257,93	71 647,20	71,65
oszczędność	442,35	122 875,20	122,88
<i><b>ogółem</b></i>			
zużycie przed modernizacją	3 917,64	1 088 232,68	1 088,23
zużycie po modernizacji	1 979,55	549 875,26	549,88
<b>oszczędność</b>	<b>1 938,09</b>	<b>538 357,42</b>	<b>538,35</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>49,47</b>		

### Z-3 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub>									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	2 924,87	-	74,10	216,73	1 565,11	-	74,10	115,97		
energia elektryczna	-	64,84	0,832	53,95	-	40,96	0,832	34,08		
				<b>270,68</b>				<b>150,05</b>	<b>120,63</b>	<b>44,56</b>