

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU GIMNAZJUM NR 1  
i SAMORZĄDOWEGO LICEUM OGÓLNOKSZTAŁĄCEGO**

**im. Romualda Traugutta**

**ul. Musierowicza 2**

**95 – 100 Zgierz**



**Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz**

**pl. Jana Pawła II 16**

**95 – 100 Zgierz**

**Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy	1924
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		1.4 Adres budynku	ul. A. Musierowicza nr bud. 2
	pl. Jana Pawła II nr 16			kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod 95-100 miejscowość Zgierz			powiat zgierski
	tel. - fax -			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: ..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....				
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllosowka</i>				
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 Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017				
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
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku .....				7
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania .....				8
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u .....				9
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji .....				9
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego .....				9
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....				10
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło .....				10
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne .....				10
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji .....				22
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne .....				27
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku .....				28
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego .....				32
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....				35
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji .....				38
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych .....				42
ZAŁĄCZNIKI .....				43
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła .....				43
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją .....				44
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji .....				46
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację .....				49
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego .....				49
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła .....				49
Z-7 Projektowana strata ciepła .....				50
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego .....				52
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu .....				53
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 .....				54
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 .....				55
Z-12 Sprawności systemu grzewczego .....				56
Z-13 Ciepła woda użytkowa .....				57
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne .....				58
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej .....				60
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego .....				61
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące .....				61

## 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> ]	28 586	28 586
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	4 621	4 621
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	4 621	4 621
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	997	997
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]	0,274	0,274
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,787	0,199
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,039	0,174
3	Strop nad piwnicą	0,677	0,677
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,283	0,278
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,000	1,500
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,94	0,94
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,88	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	[-]	0,88	0,88	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,70	0,70	
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/ mechaniczna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	13 140	12 312	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,69	0,64	
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	427,07	248,41	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	40,53	40,53	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 914,83	1 226,53	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	3 670,61	1 320,59	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	269,09	269,09	
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)]	175,22	73,73	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	220,65	79,38	
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]	63,50	63,50	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej	[zł/m <sup>3</sup> ]	8,51	8,51	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej	[zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	4,20	2,06	
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]	2 588 027,02	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	59,65
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	2 588 027,02	Premia termomodernizacyjna	[zł]	238 161,12
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	119 080,56			

<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 Gimnazjum Nr 1 oraz Samorządowego Liceum Ogólnokształcącego w Zgierzu, ul. Musierowicza 2 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.
3. Wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1924
Adres budynku	ul. Musierowicza 2 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	28 586	682	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	4 621	220	
Współczynnik kształtu	0,274		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	4,3	3,0	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	997	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	12	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto [m <sup>2</sup> ]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Strop pod poddaszem		1284,62	1,039
Strop pod tarasem		29,48	1,279
Dach sala		274,92	0,948
Stropodach łącznik		58,94	0,416
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (80 cm)		717,27	0,787
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (60 cm)		2 551,75	0,978
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		364,29	0,583
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (łącznik)		94,58	1,455
Okna	S	164,37	1,500
	SW	3,64	1,500
	W	219,99	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	144,99	1,500
	NE	3,64	1,500
	E	216,65	1,500
	SE	0,00	1,500

<b>Okna stare</b>	S	14,35	2,600
	SW	14,35	2,600
	W	0,00	2,600
	NW	0,00	2,600
	N	0,00	2,600
	NE	14,35	2,600
	E	0,00	2,600
	SE	0,00	2,600
<b>Drzwi wejściowe nowe</b>		7,04	1,700
<b>Drzwi wejściowe stare</b>		11,75	3,000
<b>Mur z luxferów</b>		10,95	4,545
<b>Strop nad piwnicą</b>		274,92	0,677
<b>Podłoga na gruncie</b>		1 284,62	0,283
<b>Podłoga na gruncie łącznik</b>		58,94	0,493

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

### **5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.**

W opracowaniu analizie poddano budynek Gimnazjum Nr 1 i Samorządowego Liceum Ogólnokształcącego, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Musierowicza 2. Budynek znajduje się w strefie ochrony zabytków i jest wybudowany w technologii tradycyjnej, podpiwniczony. W skład obiektu wchodzi budynek główny z salą gimnastyczną oraz budynek po byłym przedszkolu, połączone dobudowanym łącznikiem. Ściany zewnętrzne murowane z cegły pełnej o grubości 60cm i 80 cm, nieocieplone. Na ścianach występuje duże zawilgocenie sięgające pierwszego piętra. Stropy międzykondygnacyjne typu Kleina. Nad ostatnią kondygnacją znajduje się poddasze nieogrzewane. Strop pod poddaszem gęstożebrowy, na belkach stalowych, nieocieplony. Nad salą gimnastyczną zastosowano stropodach nieocieplony, kryty papą. Nad głównym wejściem znajduje się nieużytkowy balkon. Pod balkonem zastosowano strop Kleina, nieocieplony, kryty papą. Ściany zewnętrzne łącznika murowane z cegły pełnej, nieocieplone. Nad łącznikiem zastosowano stropodach, ocieplony styropianem grubości 8 cm, kryty papą. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry, z wyjątkiem ścian zewnętrznych, na których występuje duże zawilgocenie sięgające pierwszego piętra. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić



- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/m<sup>2</sup>K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m<sup>2</sup>K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m<sup>2</sup>K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m<sup>2</sup>K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodach, dach, strop poddasza, balkonu - 0,416; 0,948; 1,039; 1,279 W/m<sup>2</sup>K,
- ściany zewnętrzne - 0,583; 0,787; 0,978; 1,455 W/m<sup>2</sup>K,
- strop nad piwnicą - 0,677 W/m<sup>2</sup>K
- podłoga na gruncie - 0,283; 0,493 W/m<sup>2</sup>K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone, z wyjątkiem podłogi na gruncie w niskim parterze, która spełnia wymagania Warunków Technicznych. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie w łączniku oraz stropu nad piwnicą.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- okna - 1,1 W/m<sup>2</sup>K
- drzwi - 1,5 W/m<sup>2</sup>K

W budynku część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m<sup>2</sup>K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej stolarki drewnianej oraz luxferów znajdujących się w łączniku, których stan techniczny jest zły.

W budynku część starej stolarki drzwiowej wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m<sup>2</sup>K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej drewnianej stolarki drzwiowej.

## 5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa. Zainstalowano dwa kotły niskoparametrowe na paliwo gazowe firmy Viessman typu PAROMAT-TRIPLEX-RN o mocy 2x320-370 kW. Kotły są w dobrym stanie technicznym. Instalacja c.o. wykonana jako z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych. W 1997 roku instalacja c.o. została kompleksowo zmodernizowana. Przewody pionowe i poziome izolowane. W budynku zainstalowano grzejniki płytowe Purmo „C” z zaworami z głowicami

termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest dobry, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowany zostanie tylko montaż Systemu Zarządzania Energią.

### **5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.**

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego źródła ciepła co ciepło na potrzeby instalacji c.o.. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

### **5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.**

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną. W niższych częściach budynku występują bardzo duże zawilgocenia ściany, sięgające pierwszego piętra. Dodatkowo pomieszczenia niskiego parteru nie mają sprawnej wentylacji, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji wentylacji, polegająca na montażu instalacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z rekuperacją w pomieszczeniach niskiego parteru, sali gimnastycznej oraz budynku po byłym przedszkolu.

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

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie stropodachu nad łącznikiem,
- ocieplenie dachu sali gimnastycznej,
- ocieplenie stropu balkonu nad wejściem głównym,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien,
- wymianę luxferów w łączniku,
- wymianę drzwi,
- modernizację wentylacji,
- 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 stropu pod poddaszem. Ocieplenie stropodachu nad łącznikiem. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną. Ocieplenie stropu balkonu nad wejściem głównym. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu[SG-1]. Wymiana okien. Wymiana luxferów. Wymiana drzwi drewnianych. Montaż wentylacji mechanicznej z rekuperacją.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	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.

Wartość rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

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

gdzie:

- $U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , 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,  $m^2$ ,
- $Sd$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\*K/rok,

Liczbę stopniodni  $Sd$  oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

- $t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,
- $t_e(m)$  - 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,
- $L_g$  - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie  $q_{0u}, q_{1u}$  przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

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

$t_{zo}$  - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

$U_c$  - 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 Łódź:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31

Obliczeniowa temperatura zewnętrzna,  $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

### Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa =	1284,62	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,962$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 1156	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,039$	[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 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	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	2,242	0,446	182,99	0,023	219 640,00	15 460,21	14,207
0,06	1,500	2,492	0,401	164,63	0,021	221 836,40	16 625,88	13,343
0,07	1,750	2,742	0,365	149,62	0,019	224 032,80	17 579,00	12,744
0,08	2,000	2,992	0,334	137,12	0,017	226 229,20	18 372,84	12,313
0,09	2,250	3,242	0,308	126,55	0,016	228 425,60	19 044,25	11,994
0,10	2,500	3,492	0,286	117,49	0,015	230 622,00	19 619,53	11,755
0,11	2,750	3,742	0,267	109,64	0,014	232 818,40	20 117,94	11,573
0,12	3,000	3,992	0,250	102,77	0,013	235 014,80	20 553,92	11,434
0,13	3,250	4,242	0,236	96,72	0,012	237 211,20	20 938,51	11,329
0,14	3,500	4,492	0,223	91,33	0,011	239 407,60	21 280,30	11,250
0,15	3,750	4,742	0,211	86,52	0,011	241 604,00	21 586,05	11,193
0,16	4,000	4,992	0,200	82,18	0,010	243 800,40	21 861,17	11,152
0,17	4,250	5,242	0,191	78,27	0,010	245 996,80	22 110,05	11,126
0,18	4,500	5,492	0,182	74,70	0,009	248 193,20	22 336,28	11,112
0,19	4,750	5,742	0,174	71,45	0,009	250 389,60	22 542,80	11,107
0,20	5,000	5,992	0,167	68,47	0,009	252 586,00	22 732,09	11,111
0,21	5,250	6,242	0,160	65,73	0,008	254 782,40	22 906,22	11,123
0,22	5,500	6,492	0,154	63,20	0,008	256 978,80	23 066,94	11,141
0,23	5,750	6,742	0,148	60,85	0,008	259 175,20	23 215,74	11,164
0,24	6,000	6,992	0,143	58,68	0,007	261 371,60	23 353,89	11,192
0,25	6,250	7,242	0,138	56,65	0,007	263 568,00	23 482,51	11,224

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 19 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 19cm 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 salą gimnastyczną

Rozpatruje się ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną styropapą o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa = 274,92 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,055 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 275 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropapa

U<sub>0</sub> = 0,948 [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 2015r.

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]
0,05	1,250	2,305	0,434	38,09	0,005	54 984,00	2 864,24	19,197
0,06	1,500	2,555	0,391	34,36	0,004	55 451,36	3 100,83	17,883
0,07	1,750	2,805	0,356	31,30	0,004	55 918,73	3 295,26	16,969
0,08	2,000	3,055	0,327	28,74	0,004	56 386,09	3 457,86	16,307
0,09	2,250	3,305	0,303	26,56	0,003	56 853,46	3 595,87	15,811
0,10	2,500	3,555	0,281	24,70	0,003	57 320,82	3 714,47	15,432
0,11	2,750	3,805	0,263	23,07	0,003	57 788,18	3 817,49	15,138
0,12	3,000	4,055	0,247	21,65	0,003	58 255,55	3 907,81	14,907
0,13	3,250	4,305	0,232	20,39	0,003	58 722,91	3 987,63	14,726
0,14	3,500	4,555	0,220	19,27	0,002	59 190,28	4 058,70	14,584
0,15	3,750	4,805	0,208	18,27	0,002	59 657,64	4 122,37	14,472
0,16	4,000	5,055	0,198	17,37	0,002	60 125,00	4 179,74	14,385
0,17	4,250	5,305	0,188	16,55	0,002	60 592,37	4 231,71	14,319
0,18	4,500	5,555	0,180	15,80	0,002	61 059,73	4 279,00	14,270
0,19	4,750	5,805	0,172	15,12	0,002	61 527,10	4 322,22	14,235
0,20	5,000	6,055	0,165	14,50	0,002	61 994,46	4 361,87	14,213
0,21	5,250	6,305	0,159	13,92	0,002	62 599,28	4 398,37	14,232
0,22	5,500	6,555	0,153	13,39	0,002	63 066,65	4 432,09	14,230
0,23	5,750	6,805	0,147	12,90	0,002	63 534,01	4 463,33	14,235
0,24	6,000	7,055	0,142	12,44	0,002	64 001,38	4 492,36	14,247
0,25	6,250	7,305	0,137	12,02	0,002	64 468,74	4 519,40	14,265

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 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 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.



## Usprawnienia dotyczące stropodachu w łączniku

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu w łączniku styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 58,94 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 2,406 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 59 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropapa U<sub>0</sub> = 0,416 [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 2015 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	3,656	0,274	5,15	0,001	10 609,11	169,90	62,445
0,06	1,500	3,906	0,256	4,82	0,001	10 903,81	190,83	57,140
0,07	1,750	4,156	0,241	4,53	0,001	11 198,51	209,24	53,521
0,08	2,000	4,406	0,227	4,27	0,001	11 493,20	225,56	50,955
0,09	2,250	4,656	0,215	4,04	0,001	11 787,90	240,13	49,090
0,10	2,500	4,906	0,204	3,84	0,000	12 082,60	253,21	47,718
0,11	2,750	5,156	0,194	3,65	0,000	12 377,30	265,02	46,702
0,12	3,000	5,406	0,185	3,48	0,000	12 671,99	275,75	45,955
0,13	3,250	5,656	0,177	3,33	0,000	12 966,69	285,52	45,414
0,14	3,500	5,906	0,169	3,19	0,000	13 261,39	294,47	45,035
0,15	3,750	6,156	0,162	3,06	0,000	13 556,09	302,69	44,786
0,16	4,000	6,406	0,156	2,94	0,000	14 145,48	310,27	45,592
0,17	4,250	6,656	0,150	2,83	0,000	14 734,88	317,27	46,442
0,18	4,500	6,906	0,145	2,73	0,000	15 324,27	323,78	47,330
0,19	4,750	7,156	0,140	2,63	0,000	15 913,67	329,82	48,249
0,20	5,000	7,406	0,135	2,54	0,000	16 503,06	335,46	49,195
0,21	5,250	7,656	0,131	2,46	0,000	17 092,46	340,73	50,164
0,22	5,500	7,906	0,126	2,38	0,000	17 681,85	345,67	51,152
0,23	5,750	8,156	0,123	2,31	0,000	18 271,25	350,30	52,158
0,24	6,000	8,406	0,119	2,24	0,000	18 860,64	354,66	53,179
0,25	6,250	8,656	0,116	2,17	0,000	19 450,04	358,77	54,213

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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 balkonu nad wejściem

Rozpatruje się ocieplenie balkonu nad wejściem styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 29,48 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 0,782 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = pk. 30 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropapa U<sub>0</sub> = 1,279 [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 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	$\Delta Kogrz$	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	2,032	0,492	4,63	0,001	6 485,60	470,52	13,784
0,06	1,500	2,282	0,438	4,13	0,001	6 535,72	502,76	13,000
0,07	1,750	2,532	0,395	3,72	0,000	6 585,83	528,64	12,458
0,08	2,000	2,782	0,359	3,38	0,000	6 635,95	549,86	12,068
0,09	2,250	3,032	0,330	3,11	0,000	6 686,06	567,58	11,780
0,10	2,500	3,282	0,305	2,87	0,000	6 736,18	582,60	11,562
0,11	2,750	3,532	0,283	2,67	0,000	6 786,30	595,50	11,396
0,12	3,000	3,782	0,264	2,49	0,000	6 836,41	606,69	11,268
0,13	3,250	4,032	0,248	2,34	0,000	6 886,53	616,49	11,171
0,14	3,500	4,282	0,234	2,20	0,000	6 936,64	625,15	11,096
0,15	3,750	4,532	0,221	2,08	0,000	6 986,76	632,85	11,040
0,16	4,000	4,782	0,209	1,97	0,000	7 036,88	639,75	10,999
0,17	4,250	5,032	0,199	1,87	0,000	7 086,99	645,96	10,971
0,18	4,500	5,282	0,189	1,78	0,000	7 137,11	651,59	10,953
0,19	4,750	5,532	0,181	1,70	0,000	7 187,22	656,70	10,944
0,20	5,000	5,782	0,173	1,63	0,000	7 237,34	661,37	10,943
0,21	5,250	6,032	0,166	1,56	0,000	7 287,46	665,66	10,948
0,22	5,500	6,282	0,159	1,50	0,000	7 337,57	669,60	10,958
0,23	5,750	6,532	0,153	1,44	0,000	7 387,69	673,25	10,973
0,24	6,000	6,782	0,147	1,39	0,000	7 437,80	676,62	10,993
0,25	6,250	7,032	0,142	1,34	0,000	7 487,92	679,76	11,016

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 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 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.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	717,27	[m <sup>2</sup> ]	R <sub>0</sub> =	1,270	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 717	[m <sup>2</sup> ]	U <sub>0</sub> =	0,787	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
Materiał:	styropian		λ =	0,040	[W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 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]
0,05	1,250	2,520	0,397	90,90	0,011	229 526,40	5 681,62	40,398
0,06	1,500	2,770	0,361	82,70	0,010	231 140,26	6 202,59	37,265
0,07	1,750	3,020	0,331	75,85	0,010	233 076,89	6 637,31	35,116
0,08	2,000	3,270	0,306	70,05	0,009	235 336,29	7 005,55	33,593
0,09	2,250	3,520	0,284	65,08	0,008	237 918,46	7 321,49	32,496
0,10	2,500	3,770	0,265	60,76	0,008	240 823,40	7 595,52	31,706
0,11	2,750	4,020	0,249	56,98	0,007	244 051,12	7 835,47	31,147
0,12	3,000	4,270	0,234	53,65	0,007	247 601,60	8 047,33	30,768
0,13	3,250	4,520	0,221	50,68	0,006	251 474,86	8 235,74	30,535
0,14	3,500	4,770	0,210	48,02	0,006	255 670,89	8 404,41	30,421
0,15	3,750	5,020	0,199	45,63	0,006	260 189,69	8 556,28	30,409
0,16	4,000	5,270	0,190	43,47	0,005	265 031,27	8 693,73	30,485
0,17	4,250	5,520	0,181	41,50	0,005	270 195,61	8 818,74	30,639
0,18	4,500	5,770	0,173	39,70	0,005	275 682,72	8 932,92	30,861
0,19	4,750	6,020	0,166	38,05	0,005	281 492,61	9 037,61	31,147
0,20	5,000	6,270	0,159	36,54	0,005	287 625,27	9 133,95	31,490
0,21	5,250	6,520	0,153	35,13	0,004	294 080,70	9 222,90	31,886
0,22	5,500	6,770	0,148	33,84	0,004	300 858,90	9 305,29	32,332
0,23	5,750	7,020	0,142	32,63	0,004	307 959,87	9 381,81	32,825
0,24	6,000	7,270	0,138	31,51	0,004	315 383,62	9 453,06	33,363
0,25	6,250	7,520	0,133	30,46	0,004	323 130,14	9 519,58	33,944

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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 ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 2 551,75 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,022 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 2 552 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian U<sub>0</sub> = 0,978 [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 2015r.

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]
0,05	1,250	2,272	0,440	358,63	0,045	893 112,50	27 842,00	32,078
0,06	1,500	2,522	0,396	323,09	0,040	897 897,03	30 099,02	29,831
0,07	1,750	2,772	0,361	293,95	0,037	903 638,47	31 948,99	28,284
0,08	2,000	3,022	0,331	269,64	0,034	910 336,81	33 492,91	27,180
0,09	2,250	3,272	0,306	249,04	0,031	917 992,06	34 800,93	26,378
0,10	2,500	3,522	0,284	231,36	0,029	926 604,22	35 923,28	25,794
0,11	2,750	3,772	0,265	216,03	0,027	936 173,28	36 896,87	25,373
0,12	3,000	4,022	0,249	202,60	0,025	946 699,25	37 749,44	25,078
0,13	3,250	4,272	0,234	190,75	0,024	958 182,13	38 502,23	24,886
0,14	3,500	4,522	0,221	180,20	0,023	970 621,91	39 171,80	24,779
0,15	3,750	4,772	0,210	170,76	0,021	984 018,59	39 771,21	24,742
0,16	4,000	5,022	0,199	162,26	0,020	998 372,19	40 310,95	24,767
0,17	4,250	5,272	0,190	154,57	0,019	1 013 682,69	40 799,50	24,845
0,18	4,500	5,522	0,181	147,57	0,018	1 029 950,09	41 243,82	24,972
0,19	4,750	5,772	0,173	141,18	0,018	1 047 174,41	41 649,66	25,142
0,20	5,000	6,022	0,166	135,32	0,017	1 065 355,63	42 021,80	25,352
0,21	5,250	6,272	0,159	129,93	0,016	1 084 493,75	42 364,27	25,599
0,22	5,500	6,522	0,153	124,95	0,016	1 104 588,78	42 680,49	25,880
0,23	5,750	6,772	0,148	120,33	0,015	1 125 640,72	42 973,37	26,194
0,24	6,000	7,022	0,142	116,05	0,015	1 147 649,56	43 245,39	26,538
0,25	6,250	7,272	0,138	112,06	0,014	1 170 615,31	43 498,71	26,911

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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 ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	94,58	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,687$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 95	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał styropian			$U_0 = 1,455$	[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 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	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	1,937	0,516	15,59	0,002	30 265,60	1 801,30	16,802
0,06	1,500	2,187	0,457	13,81	0,002	30 383,83	1 914,48	15,871
0,07	1,750	2,437	0,410	12,39	0,002	30 525,70	2 004,44	15,229
0,08	2,000	2,687	0,372	11,24	0,001	30 691,21	2 077,66	14,772
0,09	2,250	2,937	0,340	10,28	0,001	30 880,37	2 138,41	14,441
0,10	2,500	3,187	0,314	9,48	0,001	31 093,18	2 189,64	14,200
0,11	2,750	3,437	0,291	8,79	0,001	31 376,92	2 233,41	14,049
0,12	3,000	3,687	0,271	8,19	0,001	31 637,01	2 271,25	13,929
0,13	3,250	3,937	0,254	7,67	0,001	31 920,75	2 304,28	13,853
0,14	3,500	4,187	0,239	7,21	0,001	32 228,14	2 333,36	13,812
0,15	3,750	4,437	0,225	6,81	0,001	32 559,17	2 359,17	13,801
0,16	4,000	4,687	0,213	6,44	0,001	32 913,84	2 382,23	13,816
0,17	4,250	4,937	0,203	6,12	0,001	33 292,16	2 402,95	13,855
0,18	4,500	5,187	0,193	5,82	0,001	33 694,13	2 421,68	13,914
0,19	4,750	5,437	0,184	5,56	0,001	34 119,74	2 438,68	13,991
0,20	5,000	5,687	0,176	5,31	0,001	34 568,99	2 454,18	14,086
0,21	5,250	5,937	0,168	5,09	0,001	35 041,89	2 468,39	14,196
0,22	5,500	6,187	0,162	4,88	0,001	35 538,44	2 481,44	14,322
0,23	5,750	6,437	0,155	4,69	0,001	36 058,63	2 493,48	14,461
0,24	6,000	6,687	0,150	4,52	0,001	36 602,46	2 504,62	14,614
0,25	6,250	6,937	0,144	4,35	0,001	37 169,94	2 514,95	14,780

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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 ścian poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] styroporem lub styropianem XPS o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 364,29 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,716 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 365 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropor U<sub>0</sub> = 0,583 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda = 0,032$  [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 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	1,563	3,278	0,305	35,49	0,004	134 787,30	2 052,59	65,667
0,06	1,875	3,591	0,279	32,40	0,004	137 348,71	2 248,73	61,078
0,07	2,188	3,903	0,256	29,81	0,004	140 422,41	2 413,47	58,183
0,08	2,500	4,216	0,237	27,60	0,003	144 008,39	2 553,78	56,390
0,09	2,813	4,528	0,221	25,69	0,003	148 106,65	2 674,72	55,373
0,10	3,125	4,841	0,207	24,04	0,003	152 717,20	2 780,05	54,933
0,11	3,438	5,153	0,194	22,58	0,003	157 840,03	2 872,60	54,947
0,12	3,750	5,466	0,183	21,29	0,003	163 475,14	2 954,57	55,330
0,13	4,063	5,778	0,173	20,14	0,003	169 622,53	3 027,67	56,024
0,14	4,38	6,091	0,164	19,10	0,002	176 282,21	3 093,28	56,989
0,15	4,688	6,403	0,156	18,17	0,002	183 490,60	3 152,47	58,205
0,16	5,000	6,716	0,149	17,32	0,002	191 174,84	3 206,16	59,627
0,17	5,313	7,028	0,142	16,55	0,002	199 371,36	3 255,08	61,249
0,18	5,625	7,341	0,136	15,85	0,002	208 080,17	3 299,83	63,058
0,19	5,938	7,653	0,131	15,20	0,002	217 301,26	3 340,92	65,042
0,20	6,250	7,966	0,126	14,61	0,002	227 034,64	3 378,79	67,194
0,21	6,563	8,278	0,121	14,05	0,002	237 280,29	3 413,80	69,506
0,22	6,875	8,591	0,116	13,54	0,002	248 038,23	3 446,27	71,973
0,23	7,188	8,903	0,112	13,07	0,002	259 308,45	3 476,45	74,590
0,24	7,500	9,216	0,109	12,62	0,002	271 090,96	3 504,59	77,353
0,25	7,813	9,528	0,105	12,21	0,002	283 385,74	3 530,88	80,259

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 10 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:

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rW} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

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 ścienne) 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 ciepłą 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,  $m^3/h$ ,
- $c_r$  - 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,  $m^3/(m*h*daPa^{2/3})$ ,
- $l$  - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość 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:

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

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  $43,04 \text{ m}^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,6	1,1	1,0	155,02	0,005	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	126,31	0,003	1 823,13	53 793,75	29,51
2	1,1	1,0	1,0	123,56	0,002	1 997,68	55 945,50	28,01
3	0,9	1,0	1,0	120,81	0,002	2 172,22	62 400,75	28,73

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie okien jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dlatego 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 okien na miejsce luxferów (o powierzchni około  $10,95 \text{ m}^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	4,5	1,3	1,0	42,96	0,002	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	25,36	0,001	1 117,12	13 468,80	12,06
2	1,1	1,0	1,0	24,66	0,001	1 161,54	13 687,80	11,78
3	0,9	1,0	1,0	23,96	0,001	1 205,95	15 877,85	13,17

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie luxferów jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1$  W/m<sup>2</sup>K. Dlatego 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 11,75 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,2	1,0	36,23	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	27,19	0,003	574,04	20 556,90	35,81
2	1,5	1,0	1,0	26,44	0,003	621,68	21 731,58	34,96
3	1,3	1,0	1,0	25,69	0,003	669,32	24 080,94	35,98

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie drzwi drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,5$  W/m<sup>2</sup>K. Dlatego 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 analizowanym budynku zastosowano wentylację grawitacyjną. Ponieważ w obiekcie, występują problemy z obiegiem powietrza oraz bardzo duże zawilgocenie ścian proponuje się zastosowanie wentylacji wymuszonej w pomieszczeniach niskiego parteru, sali gimnastycznej oraz budynku po byłym przedszkolu. W tym celu przewidziano zainstalowanie centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną,

zintergerowaną z Systemem Zarządzania Energią. W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o 67%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej około 7000 m<sup>3</sup>/h. Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujek 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	13 140	0,33	4 380	3 696,40	1 398,84	271,62
Docelowo	12 312	0,33	3 530	3 696,40	1 127,22	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

$\Delta Q$	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
271,62	17 247,17	484 000,00	28,06

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	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
9	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	260 189,69	30,41
10	Wymiana drzwi	21 731,58	34,96
11	Ocieplenie stropodachu w łączniku	13 556,09	44,79
12	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	152 717,20	54,93

## 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 balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
9	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	260 189,69	30,41
10	Wymiana drzwi	21 731,58	34,96
11	Ocieplenie stropodachu w łączniku	13 556,09	44,79
12	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	152 717,20	54,93
	Ogółem	2 338 027,02	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
9	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	260 189,69	30,41
10	Wymiana drzwi	21 731,58	34,96
11	Ocieplenie stropodachu w łączniku	13 556,09	44,79
	Ogółem	2 185 309,82	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
9	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	260 189,69	30,41
10	Wymiana drzwi	21 731,58	34,96
	Ogółem	2 171 753,74	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
9	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	260 189,69	30,41
	Ogółem	2 150 022,16	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
8	Modernizacja wentylacji	484 000,00	28,06
	Ogółem	1 889 832,46	

**Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
7	Wymiana okien	55 945,50	28,01
	Ogółem	1 405 832,46	

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
6	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	984 018,59	24,74
	Ogółem	1 349 889,96	

**Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	61 994,46	14,21
	Ogółem	365 868,37	

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IX**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	32 559,17	13,80
	Ogółem	303 873,91	



**Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu X**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
3	Wymiana luxferów	13 687,80	11,78
	Ogółem	271 314,74	

**Tabela 7i. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu XI**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	250 389,60	11,11
	Ogółem	257 626,94	

**Tabela 7j. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu XII**

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
2	Ocieplenie balkonu nad wejściem	7 237,34	10,94
	Ogółem	7 237,34	

### 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 zarówno kotły, instalacja c.o. jak i grzejniki są w dobrym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano jedynie montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,4271	0,4271
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	2 915	2 915
3	Ogólna sprawność CO	-	0,7941	0,7941
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 CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	3 670,61	3 138,37
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	233 076,05	206 106,31
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		26 969,74
9	Koszt modernizacji	zł		250 000,00
10	SPBT	lat		9,27

<sup>1)</sup> Uwzględnienie systemu zarządzania energią

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

## **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*w/η</sub>	Oplata CO	q <sub>cwu</sub>	Q <sub>cwu</sub>	Oplata CWU	Q <sub>co+cwu</sub>	KOSZT	zł/rok	%	zł/rok		
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok					
0	0,4271	2 914,83	0,7941	1	3 670,61	233 076,05	0,023	269,09	13 635,37	3 940	246 711,42					
I+A	0,2484	1 226,53	0,7941	0,855	1 320,59	113 995,49	0,023	269,09	13 635,37	1 590	127 630,86	2 350	59,65	119 080,56		
II+A	0,2546	1 273,99	0,7941	0,855	1 371,69	116 584,83	0,023	269,09	13 635,37	1 641	130 220,20	2 299	58,35	116 491,22		
III+A	0,2552	1 278,59	0,7941	0,855	1 376,64	116 835,66	0,023	269,09	13 635,37	1 646	130 471,03	2 294	58,23	116 240,39		
IV+A	0,2559	1 284,01	0,7941	0,855	1 382,48	117 131,58	0,023	269,09	13 635,37	1 652	130 766,95	2 288	58,08	115 944,47		
V+A	0,2728	1 414,18	0,7941	0,855	1 522,63	124 233,29	0,023	269,09	13 635,37	1 792	137 868,66	2 148	54,52	108 842,76		
VI+A	0,2728	1 677,94	0,7941	0,855	1 806,62	138 623,67	0,023	269,09	13 635,37	2 076	152 259,04	1 864	47,31	94 452,38		
VII+A	0,2754	1 728,27	0,7941	0,855	1 860,82	141 370,10	0,023	269,09	13 635,37	2 130	155 005,47	1 810	45,94	91 705,95		
VIII+A	0,3708	2 473,66	0,7941	0,855	2 663,37	182 037,04	0,023	269,09	13 635,37	2 932	195 672,41	1 007	25,57	51 039,01		
IX+A	0,3794	2 541,02	0,7941	0,855	2 735,89	185 711,78	0,023	269,09	13 635,37	3 005	199 347,15	935	23,73	47 364,27		
X+A	0,3840	2 577,46	0,7941	0,855	2 775,13	187 700,16	0,023	269,09	13 635,37	3 044	201 335,53	895	22,73	45 375,89		
XI+A	0,3824	2 591,16	0,7941	0,855	2 789,88	188 447,57	0,023	269,09	13 635,37	3 059	202 082,94	881	22,36	44 628,48		
XII+A	0,4224	2 593,51	0,7941	0,855	2 792,41	188 575,77	0,023	269,09	13 635,37	3 062	202 211,14	878	22,29	44 500,28		
A	0,4271	2 914,83	0,7941	0,855	3 138,37	206 106,31	0,023	269,09	13 635,37	3 407	219 741,68	532	13,51	26 969,74		

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite <sup>1)</sup> [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu <sup>2)</sup>			Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[zł]	[%]	20% kredytu [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]	2 lata oszczędności [zł]
1	2	3	4	5	6			7	8	9
1	I+A	2 588 027,02	119 080,56	59,65	0,00	0,00	0,00	517 605,40	414 084,32	238 161,12
					2 588 027,02	100,00				
2	II+A	2 435 309,82	116 491,22	58,35	0,00	0,00	0,00	487 061,96	389 649,57	232 982,44
					2 435 309,82	100,00				
3	III+A	2 421 753,74	116 240,39	58,23	0,00	0,00	0,00	484 350,75	387 480,60	232 480,78
					2 421 753,74	100,00				
4	IV+A	2 400 022,16	115 944,47	58,08	0,00	0,00	0,00	480 004,43	384 003,55	231 888,94
					2 400 022,16	100,00				
5	V+A	2 139 832,46	108 842,76	54,52	0,00	0,00	0,00	427 966,49	342 373,19	217 685,52
					2 139 832,46	100,00				
6	VI+A	1 655 832,46	94 452,38	47,31	0,00	0,00	0,00	331 166,49	264 933,19	188 904,76
					1 655 832,46	100,00				
7	VII+A	1 599 889,96	91 705,95	45,94	0,00	0,00	0,00	319 977,99	255 982,39	183 411,90
					1 599 889,96	100,00				
8	VIII+A	615 868,37	51 039,01	25,57	0,00	0,00	0,00	123 173,67	98 538,94	102 078,02
					615 868,37	100,00				
9	IX+A	553 873,91	47 364,27	23,73	0,00	0,00	0,00	110 774,78	88 619,83	94 728,54
					553 873,91	100,00				
10	X+A	521 314,74	45 375,89	22,73	0,00	0,00	0,00	104 262,95	83 410,36	90 751,78
					521 314,74	100,00				
11	XI+A	507 626,94	44 628,48	22,36	0,00	0,00	0,00	101 525,39	81 220,31	89 256,96
					507 626,94	100,00				
12	XII+A	257 237,34	44 500,28	22,29	0,00	0,00	0,00	51 447,47	41 157,97	89 000,56
					257 237,34	100,00				
13	A	250 000,00	26 969,74	13,51	0,00	0,00	0,00	50 000,00	40 000,00	53 939,48
					250 000,00	100,00				

<sup>1)</sup> Podana kwota jest wielkością szacunkową

<sup>2)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 717 m<sup>2</sup> należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Przed przystąpieniem do robót ociepleniowych należy całą powierzchnię dokładnie osuszyć i odgrzybić. Następnie wykonać roboty ociepleniowe zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,199 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 pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni około 2 552 m<sup>2</sup> należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Przed przystąpieniem do robót ociepleniowych należy całą powierzchnię dokładnie osuszyć i odgrzybić. Następnie wykonać roboty ociepleniowe zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,210 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 pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] o powierzchni około 95 m<sup>2</sup> należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040$  W/m\*K,

warstwą o grubości minimum 15 cm. Przed przystąpieniem do robót ociepleniowych należy całą powierzchnię dokładnie osuszyć i odgrzybić. Następnie wykonać roboty ociepleniowe zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,225 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około  $365 \text{ m}^2$  należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynnikiem przewodzenia  $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$ . W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Po odkopaniu ściany należy dokładnie osuszyć i odgrzybić całą powierzchnię. Następnie, należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia..
5. Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około  $1\ 196 \text{ m}^2$  należy wykonać poprzez rozłożenie płyt styropianowych grubości 19 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$  na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać ciągi komunikacyjne (deskowanie lub płyty OSB). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,174 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną o powierzchni około  $275 \text{ m}^2$  należy wykonać styropapą o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż  $0,165 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace



niezbędne np.: demontaż i montaż instalacji odgromowej, obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Ocieplenie dachu nad łącznikiem o powierzchni około 59 m<sup>2</sup> należy wykonać styropapą o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,162 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 pozostałe prace niezbędne np.: demontaż i montaż instalacji odgromowej, obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
8. Ocieplenie balkonu nad wejściem o powierzchni około 30 m<sup>2</sup> należy wykonać styropapą o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,173 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 pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
9. Wymianę okien o powierzchni około 43,04 m<sup>2</sup> na okna o współczynnika przenikania  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowanymi, zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta oraz wytycznymi konserwatorskimi. Wymienione okna muszą spełniać wymagania ppoż.. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
10. Wymianę drzwi o powierzchni około 11,75 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynnika przenikania  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z Aprobata Techniczną zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta oraz wytycznymi konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

11. Wymianę luxferów w łączniku o powierzchni około 10,95 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowanymi, zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta oraz wytycznymi konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

12. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:

- montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 7000 m<sup>3</sup>, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne wraz z integracją z Systemem Zarządzania Energią,
- montaż wymiennika krzyżowego, w celu odzysku ciepła,
- zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujek CO<sub>2</sub>, które po przekroczeniu założonego stężenia spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO<sub>2</sub> w pomieszczeniu,
- 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.

13. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, zużycie wody, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwić bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyc mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,
- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,

- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,
- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,
- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,
- zastosowanie w systemie urządzeń pomiarowych co najmniej II klasy dokładności oraz umożliwić komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

## **10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

<b>1</b>	<b>Całkowity koszt robót szacuje się na</b>	<b>2 588 027,02 zł</b>
<b>2</b>	<b>Przewidywana premia termomodernizacyjna</b>	<b>238 161,12 zł</b>
<b>3</b>	<b>Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji</b>	<b>119 080,56 zł</b>
<b>4</b>	<b>Czas zwrotu nakładów SPBT</b>	<b>21,73 lat</b>

*Bllososhe*

*mgr inż. Barbara Kosowska*

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania obecnie i docelowo		
Zużycie gazu	[m <sup>3</sup> ]	101 623
	[kWh]	1 142 645
Współczynnik konwersji	[kWh/m <sup>3</sup> ]	11,244
Taryfa		W-6a
Ceny gazu		
- za paliwo gazowe	[zł/kWh]	0,11655
- za przesył -stała	[zł/(kWh/h*h)]	0,00586
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,01579
- abonament	[zł/m-c]	143,00
Koszt gazu zmienny	[zł]	151 217,64
Ciepło w gazie	[GJ]	3670,61
Cena ciepła netto	[zł/GJ]	41,20
Cena ciepła brutto	[zł/GJ]	50,67
Opłata stała za gaz	[zł/rok]	38 275,08
Koszty stałe netto	[zł/rok]	38 275,08
Koszty stałe brutto	[zł/rok]	47 078,35

## Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	$m^2K/W$	[ $W/m^2K$ ]
<b>Strop pod poddaszem</b>	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	1,039
	Deska sosnowa	3,0	0,030	0,160	0,188	
	Pustka powietrzna	650,0				
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa gliniana	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Żelbet	8,0	0,08	1,70	0,047	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	$R$				0,762	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				0,962	
<b>Strop pod tarasem</b>	Papa asfaltowa	0,5	0,005	59,000	0,000	1,279
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Strop Kleina	24,0	0,24		0,480	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	$R$				0,642	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				0,782	
<b>Dach sala</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,948
	Deska sosnowa	10,0	0,100	0,160	0,625	
	Pustka powietrzna	25,0	0,250		0,160	
	Żelbet	8,0	0,08	1,70	0,047	
	$R$				0,915	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				1,055	
<b>Stropodach łącznik</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,416
	Szlichta cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Keramzyt	10,0	0,100	1,300	0,077	
	Styropian	8,0	0,080	0,040	2,000	
	Płyta żelbetowa	8,0	0,080	1,700	0,047	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				2,266	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				2,406	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1]</b>	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,787
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	$R$				1,100	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				1,270	

Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	0,978
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,600	0,770	0,779	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	
	R				0,852	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,022	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	0,583
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	R				1,076	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R <sub>T</sub>				1,716	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,455
	Mur z cegły pełnej	37,0	0,370	0,770	0,481	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,517	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R				0,687	
Strop nad piwnicą	Klepka	2,2	0,022	0,22	0,100	0,677
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Pustka powietrzna	3,2	0,032		0,160	
	Beton	1,5	0,015	1,00	0,015	
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,6	0,77	0,779	
	R				1,138	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R <sub>T</sub>				1,478	
Podłoga na gruncie	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,283
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Gruz ceglany	90,0	0,9	0,77	1,169	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				1,530	
	Opór zastępczy gruntu				2,006	
	R <sub>T</sub>				3,536	
Podłoga na gruncie łącznik	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,493
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Beton	15,0	0,15	1,30	0,115	
	Folia	1,5	0,015	0,20	0,075	
	Gruzobeton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	R				0,571	
	Opór zastępczy gruntu				1,459	
R <sub>T</sub>				2,030		
Okna nowe				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,500	1,0	1,500
Okna stare				2,600	1,0	2,600
Luxfery				4,545	1,0	4,545
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe stare				2,500	1,2	3,000

### Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Strop pod poddaszem</b>	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,174
	Deska sosnowa	3,0	0,030	0,160	0,188	
	Pustka powietrzna	650,0	6,500		0,000	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Polepa gliniana	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Żelbet	8,0	0,080	1,700	0,047	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	19,0	0,190	0,040	4,750	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	$R$				5,542	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				5,742	
<b>Strop pod tarasem</b>	Papa asfaltowa	0,5	0,005	59,000	0,000	0,173
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Strop Kleina	24,0	0,240		0,480	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	Styropapa	20,0	0,200	0,040	5,000	
	$R$				5,642	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				5,782	
<b>Dach sala</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,165
	Deska sosnowa	10,0	0,1	0,160	0,625	
	Pustka powietrzna	25,0	0,25		0,160	
	Żelbet	8,0	0,08	1,700	0,047	
	Styropapa	20,0	0,200	0,040	5,000	
	$R$				5,915	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				6,055	
<b>Stropodach łącznik</b>	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,162
	Szlichta cementowa	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Keramzyt	10,0	0,1	1,300	0,077	
	Styropian	8,0	0,08	0,040	2,000	
	Płyta żelbetowa	8,0	0,08	1,700	0,047	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	15,0	0,150	0,040	3,750	
	$R$				6,016	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
$R_T$				6,156		

<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1]</b>	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,199
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,8	0,770	1,039	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,850	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,020	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2]</b>	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	0,210
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,6	0,770	0,779	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,602	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,772	
<b>Ściana poniżej gruntu [SG-1]</b>	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	0,194
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,8	0,770	1,039	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				4,201	
	Opór zastępczy gruntu				0,951	
	R <sub>T</sub>				5,152	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-3]</b>	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,225
	Mur z cegły pełnej	37,0	0,37	0,770	0,481	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,267	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,437	
<b>Strop nad piwnicą</b>	Klepka	2,2	0,022	0,220	0,100	0,677
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Pustka powietrzna	3,2	0,032		0,160	
	Beton	1,5	0,015	1,000	0,015	
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,6	0,770	0,779	
	R				1,138	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,170	
	R <sub>T</sub>				1,478	
<b>Podłoga na gruncie</b>	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,278
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Gruz ceglany	90,0	0,9	0,770	1,169	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	R				1,530	
	Opór zastępczy gruntu				2,062	
	R <sub>T</sub>				3,592	
<b>Podłoga na gruncie łącznik</b>	Terakota	2,5	0,03	1,050	0,024	0,371
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Beton	15,0	0,15	1,300	0,115	
	Folia	1,5	0,02	0,200	0,075	
	Gruzobeton	10,0	0,10	1,300	0,077	
	Piasek	10,0	0,10	0,400	0,250	
	R				0,571	
	Opór zastępczy gruntu				2,124	
	R <sub>T</sub>				2,695	



Okna nowe	U <sub>0</sub>	Wsp.	U
	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
	1,5	1,000	1,500
Okna wymienione	1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe wymienione	1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe	1,7	1,000	1,700

#### Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	19 154		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$ wentylacji naturalnej	[m <sup>2</sup> ]	2 935		
Powierzchnia ogrzewana $A_f$ wentylacji mechanicznej	[m <sup>2</sup> ]	1 686		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /s*m <sup>2</sup> ]	0,56*10 <sup>-3</sup>		
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m <sup>3</sup> /s]	2,59	1,64	
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m <sup>3</sup> /s]	-	0,71	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m <sup>3</sup> /s]	1,06	1,06	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /s]	3,65	3,42	
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0	1,0
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	3,65	3,42	
Skuteczność odzysku ciepła	-	-	0,7	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /s]	3,65	3,42	
Strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h]	13 140	12 312	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	4 380	3 530	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,69	0,64	

#### Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m <sup>3</sup> ]	[h <sup>-1</sup> ]	-	-	[m <sup>3</sup> /h]
Strumień higieniczny		19 154	0,5			9 577,2

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	4 621	4,7	21 719

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]		
Strop pod poddaszem	1 284,62	1,039	0,9	1 202	40	48,07
Strop pod tarasem	29,48	1,279	1,0	38		1,51
Dach sala	274,92	0,948	1,0	260		10,42
Stropodach łącznik	58,94	0,416	1,0	25		0,98
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	717,27	0,787	1,0	565		22,59
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	2 551,75	0,978	1,0	2 496		99,83
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	364,29	0,583	1,0	212		8,49
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	94,58	1,455	1,0	138		5,51
Okna	753,28	1,500	1,0	1 130		45,20
Okna stare	43,04	2,600	1,0	112		4,48
Luxfery	10,95	4,545	1,0	50		1,99
Drzwi wejściowe nowe	7,04	1,700	1,0	12		0,48
Drzwi wejściowe stare	11,75	3,000	1,0	35		1,41
Strop nad piwnicą	274,92	0,677	0,67	125		4,99
Podłoga na gruncie	1284,62	0,283	1,0	363		14,53
Podłoga na gruncie łącznik	58,94	0,493	1,0	29		1,16
Mostki liniowe	l	$\psi$	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	1123,62	0,190	1,0	213		8,54
nadproża	355,66	0,600	1,0	213		8,54
podokien	355,66	0,570	1,0	203		8,11
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				7 421		296,82
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		9 577	0,34	3256		130,25
OGÓLEM					427,07	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	$b_u$	$H_{tr}$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]		
Strop pod poddaszem	1284,62	0,174	0,9	201	40	8,05
Strop pod tarasem	29,48	0,173	1,0	5		0,20
Dach sala	274,92	0,165	1,0	45		1,82
Stropodach łącznik	58,94	0,162	1,0	10		0,38
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	717,27	0,199	1,0	143		5,72
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	2551,75	0,210	1,0	535		21,39
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	364,29	0,194	1,0	71		2,83
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	94,58	0,225	1,0	21		0,85
Okna nowe	753,28	1,500	1,0	1 130		45,20
Okna wymienione	53,99	1,100	1,0	59		2,38
Drzwi wejściowe	7,04	1,700	1,0	12		0,48
Drzwi wejściowe stare	11,75	1,500	1,0	18		0,70
Strop nad piwnicą	274,92	0,677	0,64	119		4,76
Podłoga na gruncie	1284,62	0,278	1,0	358		14,30
Podłoga na gruncie łącznik	58,94	0,371	1,0	22		0,87
Mostki liniowe	l	$\psi$	$\square$			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	1123,62	0,050	1,0	56		2,25
nadproża	355,66	0,200	1,0	71		2,85
podokien	355,66	0,220	1,0	78		3,13
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				2 954		118,16
Wentylacja		$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		9 577	0,34	3256	130,25	
<b>OGÓŁEM</b>						<b>248,41</b>

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]		[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare												
S	14,35	0,75	1 264	1 183	2 345	2 534	3 208	2 130	1 761	822	629	15 877
SW	14,35	0,75	1 035	995	1 952	2 393	3 186	2 033	1 565	731	562	14 453
W	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	14,35	0,75	525	584	1 334	2 074	2 776	1 592	974	506	426	10 791
E	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	43,04		2 825	2 762	5 630	7 001	9 170	5 756	4 300	2 059	1 617	41 120
Okna nowe												
S	164,37	0,67	12 941	12 107	24 003	25 935	32 840	21 805	18 027	8 418	6 439	162 516
SW	3,64	0,67	235	226	442	542	722	461	355	166	127	3 276
W	219,99	0,67	8 166	9 484	20 959	30 318	41 031	24 775	16 238	7 601	5 946	164 518
NW	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	144,99	0,67	4 744	5 266	11 481	17 313	21 185	14 058	8 732	4 566	3 843	91 189
NE	3,64	0,67	119	132	302	470	629	361	221	115	96	2 446
E	216,65	0,67	8 282	9 591	23 339	32 082	44 205	23 724	15 426	7 454	5 995	170 098
SE	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	753,28		34 488	36 805	80 527	106 661	140 613	85 184	58 999	28 320	22 446	594 043
OGÓLEM	796,32		37 313	39 568	86 158	113 661	149 783	90 940	63 299	30 379	24 063	635 163

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	232,70	162,89	0,67	18 321	17 139	33 981	36 717	46 492	30 870	25 521	11 918	9 115	230 076
SW	17,99	12,59	0,67	1 160	1 115	2 186	2 680	3 568	2 277	1 753	819	630	16 187
W	219,99	153,99	0,67	8 166	9 484	20 959	30 318	41 031	24 775	16 238	7 601	5 946	164 518
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	144,99	101,50	0,67	4 744	5 266	11 481	17 313	21 185	14 058	8 732	4 566	3 843	91 189
NE	17,99	12,59	0,67	588	655	1 494	2 323	3 109	1 784	1 091	566	477	12 086
E	216,65	151,66	0,67	8 282	9 591	23 339	32 082	44 205	23 724	15 426	7 454	5 995	170 098
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	850,30	595,21		41 262	43 249	93 441	121 433	159 590	97 488	68 761	32 924	26 005	684 153
OGÓLEM	850,30	595,21		41 262	43 249	93 441	121 433	159 590	97 488	68 761	32 924	26 005	684 153

**Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.**

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	$H_{tr}, H_{wg}$										
Strop pod poddaszem	[MJ]	67 597	61 056	53 756	38 627	3 375	3 686	43 134	50 464	62 125	383 820
Strop pod tarasem	[MJ]	2 121	1 916	1 687	1 212	106	116	1 354	1 584	1 949	12 044
Dach sala	[MJ]	14 652	13 234	11 652	8 372	731	799	9 349	10 938	13 466	83 193
Stropodach łącznik	[MJ]	1 378	1 245	1 096	787	69	75	879	1 029	1 267	7 825
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (80 cm)	[MJ]	31 768	28 694	25 263	18 153	1 586	1 732	20 271	23 716	29 197	180 382
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (60 cm)	[MJ]	140 384	126 798	111 638	80 219	7 008	7 655	89 578	104 802	129 019	797 103
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	11 944	10 788	9 498	6 825	596	651	7 621	8 917	10 977	67 817
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	7 742	6 993	6 157	4 424	387	422	4 940	5 780	7 116	43 961
Okna	[MJ]	63 554	57 404	50 541	36 317	3 173	3 466	40 554	47 446	58 409	360 863
Okna stare	[MJ]	6 293	5 684	5 005	3 596	314	343	4 016	4 698	5 784	35 735
Luxfery	[MJ]	2 799	2 528	2 226	1 600	140	153	1 786	2 090	2 573	15 895
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	673	608	535	385	34	37	430	503	619	3 822
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	1 982	1 790	1 576	1 133	99	108	1 265	1 480	1 822	11 255
Strop nad piwnicą	[MJ]	7 012	6 333	5 576	4 007	350	382	4 474	5 235	6 444	39 814
Mostki liniowe	[MJ]	35 413	31 986	28 162	20 236	1 768	1 931	22 597	26 438	32 547	201 078
Podłoga na gruncie	[MJ]	20 434	18 456	16 250	11 676	1 020	1 114	13 039	15 255	18 779	116 023
Podłoga na gruncie łącznik	[MJ]	1 633	1 475	1 299	933	82	89	1 042	1 219	1 501	9 272
Straty przez przegrody	[MJ]	417 380	376 989	331 917	238 503	20 837	22 760	266 328	311 593	383 592	2 369 899
Wentylacja	[MJ]	246 359	222 518	195 914	140 777	12 299	13 434	157 201	183 918	226 416	1 398 836
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	663 740	599 507	527 831	379 280	33 136	36 195	423 529	495 511	610 008	3 768 735
Zyski słoneczne	[MJ]	37 313	39 568	86 158	113 661	149 783	90 940	63 299	30 379	24 063	635 163
Zyski wewnętrzne	[MJ]	58 171	52 542	58 171	56 295	9 382	9 382	58 171	56 295	58 171	416 582
Razem zyski	[MJ]	95 484	92 110	144 329	169 956	159 165	100 323	121 471	86 674	82 234	1 051 745
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1439	0,1536	0,2734	0,4481	4,8034	2,7718	0,2868	0,1749	0,1348	0,2791
Typ budynku		bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	4 621									
Pojemność cieplna	[J/K]	1 709 770 000									
Stała czasowa	[h]	40									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H10}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H10}$	[h]	15									
Parametr numeryczny $a_H$		3,68									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,68									
$\eta$		0,9993	0,9991	0,9939	0,9706	0,2077	0,3553	0,9928	0,9987	0,9995	
Zyski ciepła	[MJ]	95 419	92 031	143 443	164 963	33 055	35 649	120 597	86 557	82 190	853 904
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	568 320	507 476	384 388	214 317	81	546	302 932	408 953	527 818	2 914 831

**Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.**

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Srednia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Strop pod poddaszem	[MJ]	11 325	10 229	9 006	6 472	565	618	7 227	8 455	10 408	64 305
Strop pod tarasem	[MJ]	287	259	228	164	14	16	183	214	264	1 628
Dach sala	[MJ]	2 554	2 307	2 031	1 459	127	139	1 629	1 906	2 347	14 500
Stropodach łącznik	[MJ]	539	486	428	308	27	29	344	402	495	3 058
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (80 cm)	[MJ]	8 037	7 259	6 391	4 592	401	438	5 128	6 000	7 386	45 633
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (60 cm)	[MJ]	30 074	27 164	23 916	17 185	1 501	1 640	19 190	22 452	27 640	170 764
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	3 977	3 593	3 163	2 273	199	217	2 538	2 969	3 655	22 584
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	1 199	1 083	953	685	60	65	765	895	1 102	6 808
Okna	[MJ]	63 554	57 404	50 541	36 317	3 173	3 466	40 554	47 446	58 409	360 863
Okna wymiennie	[MJ]	3 340	3 017	2 656	1 909	167	182	2 131	2 494	3 070	18 965
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	673	608	535	385	34	37	430	503	619	3 822
Mostki liniowe	[MJ]	11 562	10 443	9 194	6 607	577	630	7 378	8 631	10 626	65 649
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	991	895	788	566	49	54	632	740	911	5 627
Strop nad piwnicą	[MJ]	6 698	6 050	5 326	3 827	334	365	4 274	5 000	6 156	38 031
Podłoga na gruncie	[MJ]	20 115	18 168	15 996	11 494	1 004	1 097	12 835	15 017	18 487	114 214
Podłoga na gruncie łącznik	[MJ]	1 230	1 111	978	703	61	67	785	918	1 130	6 984
Straty przez przegrody	[MJ]	166 155	150 076	132 133	94 946	8 295	9 061	106 023	124 042	152 705	943 435
Wentylacja	[MJ]	198 523	179 311	157 873	113 441	9 911	10 826	126 676	148 206	182 452	1 127 218
Wentylacja mechaniczna	[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	364 678	329 386	290 006	208 387	18 206	19 886	232 699	272 248	335 156	2 070 653
Zyski słoneczne	[MJ]	41 262	43 249	93 441	121 433	159 590	97 488	68 761	32 924	26 005	684 153
Zyski wewnętrzne	[MJ]	58 171	52 542	58 171	56 295	9 382	9 382	58 171	56 295	58 171	416 582
Razem zyski	[MJ]	99 433	95 791	151 612	177 728	168 973	106 870	126 933	89 219	84 177	1 100 736
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2727	0,2908	0,5228	0,8529	9,2812	5,3740	0,5455	0,3277	0,2512	0,5316
Typ budynku		bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	4 621									
Pojemność cieplna	[J/K]	1 709 770 000									
Stała czasowa	[h]	73									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>		1									
Stała czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>	[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>		5,88									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		6,88									
η		0,9997	0,9995	0,9894	0,9133	0,1077	0,1861	0,9869	0,9991	0,9998	
Zyski ciepła	[MJ]	99 399	95 744	150 000	162 326	18 206	19 886	125 276	89 134	84 158	844 128
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	265 279	233 643	140 005	46 062	0	1	107 423	183 114	250 998	1 226 525



## Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,94	kotły gazowe w dobrym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,84	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	obniżenie nocne

### Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,94	kotły gazowe w dobrym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,84	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

### Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm <sup>3</sup>	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A <sub>f</sub>	m <sup>2</sup>	4 621	4 621
Liczba użytkowników	osoba	997	997
Zużycie jednostkowe	dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	38 869,2	38 869,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	139,9	139,9
Sprawność wytwarzania	-	0,880	0,880
Sprawność przesyłu	-	0,700	0,700
Sprawność akumulacji	-	0,850	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,520	0,520
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	74 748,5	74 748,5
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	269,1	269,1
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m <sup>3</sup> /h	0,443	0,443
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,729	1,729
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m <sup>3</sup> wody	GJ/m <sup>3</sup>	0,190	0,190
Max. moc c.w.u.	kW	40,53	40,53
Średnia moc c.w.u.	kW	23,4	23,4
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m <sup>2</sup> *rok)	16,2	16,2

## Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 32 sztuki opraw o mocy 4x36W, 359 sztuk opraw o mocy 72 W, 26 sztuk o mocy 36W, 17 sztuk o mocy 18W oraz żarowe w ilości 20 sztuk opraw o mocy 40 W.

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 tabelach poniżej:**

Rodzaj oprav oświetleniowych	Jednostkowa moc oprav oświetleniowych W	Ilość szt	Moc oprav oświetleniowych W
przed modernizacją	144	32	4 608
	72	359	25 848
	40	20	800
	36	26	936
	18	17	306
po modernizacji	70	32	2 240
	45	359	16 155
	25	20	500
	25	26	650
	18	17	306

Powierzchnia użytkowa $A_f$	Moc zainstalowanych oprav oświetleniowych $P_{rzecz}$	Moc jednostkowa $P_N$		Czas użytkowania oświetlenia $t$
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m <sup>2</sup> ]	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]
4 621	32 498	7,0	4,3	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m <sup>2</sup> rok]	14,07	8,59
Zużycie energii do oświetlenia $E_L$	[kWh/rok]	64 996,00	39 702,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,85	0,85
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	55 246,60	33 746,70
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	25 294,00	
	[%]	38,92	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	21 499,90	
Nakłady inwestycyjne <sup>1)</sup>	[zł]	550 597,96	
SPBT	[lata]	25,61	

1) W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia

## Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

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

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- gaz ziemny – 1,1.
- 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>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	3 939,70	1 094 361,11	1 094,36
zużycie po modernizacji	1 589,68	441 577,78	441,58
oszczędność	2 350,02	652 783,33	652,78
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	313,98	87 216,50	87,22
zużycie po modernizacji	222,92	61 922,50	61,92
oszczędność	91,06	25 294,00	25,29
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	4 253,68	1 181 577,61	1 181,58
zużycie po modernizacji	1 812,60	503 500,28	503,50
<b>oszczędność</b>	<b>2 441,08</b>	<b>678 077,33</b>	<b>678,08</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>57,39</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	4 333,67	1 203 797,22	1 203,80
zużycie po modernizacji	1 748,65	485 735,56	485,74
oszczędność	2 585,02	718 061,66	718,06
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	941,94	261 649,50	261,65
zużycie po modernizacji	668,76	185 767,50	185,77
oszczędność	273,18	75 882,00	75,88
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	5 275,61	1 465 446,72	1 465,45
zużycie po modernizacji	2 417,41	671 503,06	671,51
<b>oszczędność</b>	<b>2 858,20</b>	<b>793 943,66</b>	<b>793,94</b>
<b>oszczędność %</b>	<b>54,18</b>		

## Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Upewnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub>									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie ciepła		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	
gaz ziemny	3 939,70	-	56,10	221,02	1 589,68	-	56,10	89,18		
energia elektryczna	-	87,22	0,832	72,57	-	61,92	0,832	51,52		
				<b>293,58</b>				<b>140,70</b>	<b>152,89</b>	<b>52,08</b>

## Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych, w tym m.in.:

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynowania,
- wykonanie opaski fundamentowej,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymianę instalacji odgromowej,
- niezbędne prace związane z wymianą konstrukcji dachu,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszania, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- malowanie łącznika na dziedzińcu wejściowym,
- zamurowanie zsypów,

- wymianę okien, drzwi i barierok na wieży strzelniczej,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.