

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNO - USŁUGOWEGO**

**ul. Długa 19**

**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 mieszkalno - usługowy		1.2 Rok budowy
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz	1.4 Adres budynku	1912
ul. Jana Pawła II	nr 16	pl. Długa	nr bud. 19
kod 95-100 miejscowość Zgierz		kod 95-100 miejscowość Zgierz	
tel. - fax -		powiat zgierski	
		województwo łódzkie	
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobylka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:			
mgr inż. Barbara Kosowska			<i>Blasowska</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 Kobylka 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 Wytoczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecającego).....			4
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku.....			5
5. Ocena stanu technicznego budynku.....			6
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.....			7
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.....			7
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.....			8
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.....			8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.....			8
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło.....			9
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.....			9
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.....			15
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.....			20
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.....			22
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.....			22
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....			24
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			26
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.....			30
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....			32
ZAŁĄCZNIKI.....			33
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....			33
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.....			33
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.....			34
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....			35
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....			36
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.....			36
Z-7 Projektowana strata ciepła.....			36
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			37
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			38
Z-10 Sprawności systemu grzewczego.....			39
Z-11 Ciepła woda użytkowa.....			40
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.....			41
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego.....			42
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące.....			43

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	2 100	2 100
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m <sup>2</sup> ]	368,96	368,96
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	202,63	202,63
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	166,33	166,33
7.	Liczba lokali mieszkalnych	6	6
8.	Liczba osób użytkujących budynek	14	14
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	miejscowa	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	piece kaflowe	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,480	0,480
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,803	0,200
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,448	0,174
3	Strop nad piwnicą	1,123	1,123
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	-	-
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,120	1,500
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,80	0,91
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,70	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

\*) wg Planu Gospodarki Niskoemisyjnej

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej						
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,90		
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80		
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00		
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00		
5. Charakterystyka systemu wentylacji						
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna		
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały		
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m³/h]	930	930		
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,81	0,81		
6. Charakterystyka energetyczna budynku						
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	47,76	30,08		
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	12,46	13,29		
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	330,70	193,14		
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	590,54	267,99		
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	32,60	34,86		
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/(m²rok)]	248,97	145,41		
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m²rok)]	444,60	201,76		
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-		
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)						
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,56	59,21		
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	10 995,78		
3.	Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m³]	42,71	18,20		
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-		
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej	[zł/(m² m-c)]	5,14	4,48		
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-		
7.	Inne	[zł]	-	-		
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego						
Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>		[zł]	342 935,31	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	51,40
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>		[zł]	342 935,31	Premia termomodernizacyjna	[zł]	12 361,96
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł/rok]	6 180,98			

<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 mieszkalno-usługowego przy ul. Długiej 19 w Zgierzu 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 termomodernizacyjnego (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 (Zlecniodawcy) .**

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w zabytkowym zespole urbanistyczno - architektonicznym ulicy Długiej w Zgierzu i 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 mieszkalno - usługowy	Rok budowy	1912
Adres budynku	ul. Długa 19 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	2	
Rodzaj dachu	Dach kryty onduliną		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 070	621	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	369	230	
Powierzchnia całkowita	1 022,09		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,1	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	14	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	7	24	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	
Strop poddasza	255,52	1,448	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (elewacja tylna)	91,97	0,803	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (elewacje szczytowe i frontowa)	306,51	0,297	
Okna PCV	30,22	1,700	
Okna drewniane	40,93	2,600	
Drzwi drewniane	8,79	3,120	
Drzwi frontowe	3,89	1,500	
Strop nad piwnicą	255,52	1,123	

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

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

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalno-usługowy, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 19. Budynek wybudowany w 1912 roku, jest podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. Na parterze budynku znajduje się biblioteka, na piętrze lokale mieszkalne. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej, frontowa i szczytowe ocieplone styropianem 10 cm. Ściana od podwórza nieocieplona. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy drewniane. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzżenia 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:

- |                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| - strop poddasza    | - 1,448 W/m <sup>2</sup> K,        |
| - ściany zewnętrzne | - 0,297; 0,803 W/m <sup>2</sup> K, |
| - strop nad piwnicą | - 1,123 W/m <sup>2</sup> K         |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) nie przewiduje się dodatkowego ocieplenia ścian szczytowych i frontowej.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 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 zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m<sup>2</sup>K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m<sup>2</sup>K. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.



W budynku zastosowano stolarkę drzwiową PCV o współczynniku przenikania ciepła  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  oraz stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła  $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany stolarki PCV na drewnianą stolarkę drzwiową z zachowaniem pierwotnego podziału i form drzwi oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki drzwiowej drewnianej jak i PCV.

### **5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.**

Źródłem ciepła dla budynku są piece kaflowe i piece węglowe, zainstalowane w lokalach mieszkalnych. Ze względu na zły stan techniczny pieców oraz dużą emisję dwutlenku węgla do atmosfery w opracowaniu przeanalizowana zostanie wymiana źródeł ciepła, na instalację wodną, pompową z rozdziałem dolnym, z zaizolowanym orurowaniem, z grzejnikami płytowymi z zaworami z głowicami termostatycznym, zasilaną z sieci miejskiej.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych oraz kuchni węglowych. Ze względu na zły stan techniczny źródeł ciepła, w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej, polegająca na montażu nowego orurowania i podłączenia do sieci miejskiej.

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

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną w dobrym stanie technicznym.

## **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 ściany od podwórza,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,
- wymianę drzwi wejściowych drewnianych,
- wymianę drzwi wejściowych frontowych,
- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,

- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

## **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 ścian zewnętrznych [SZ-1]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien PCV. Wymiana drzwi drewnianych. Wymiana drzwi frontowych.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana źródeł ciepła. Montaż nowej instalacji c.w.u.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana źródeł ciepła. Montaż instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi.

### **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  $Q_{0u}, Q_{1u}$ , oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- $U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
- $A$  - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji,  $\text{m}^2$ ,
- $S_d$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień $\cdot$ K/rok,

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się ze wzoru:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{w0} - t_e(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot \text{K/rok}] \quad (4)$$

gdzie:

- $t_{w0}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $t_e(m)$  - 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,  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $L_d(m)$  - 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 ze wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - t_{z0}) \cdot U_c, \quad [\text{MW}] \quad (5)$$

gdzie:

- $t_{w0}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{z0}$  - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej,

określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

$U_e$  - 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
$L_d(m)$	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 wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie).

Pow. obliczeniowa = 255,52 [m<sup>2</sup>]

$R_0 = 0,691$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 256 [m<sup>2</sup>]

Materiał: wełna mineralna

$U_0 = 1,448$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

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

Cena Nu zawiera całkowity szacunkowy koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_i$	$U$	$Q_i$	$q_i$	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	1,981	0,505	41,20	0,005	30 720,00	2 966,63	10,355
0,06	1,500	2,231	0,448	36,58	0,005	30 924,80	3 144,66	9,834
0,07	1,750	2,481	0,403	32,90	0,004	31 129,60	3 286,81	9,471
0,08	2,000	2,731	0,366	29,88	0,004	31 334,40	3 402,94	9,208
0,09	2,250	2,981	0,335	27,38	0,003	31 539,20	3 499,58	9,012
0,10	2,500	3,231	0,310	25,26	0,003	31 744,00	3 581,27	8,864
0,11	2,750	3,481	0,287	23,44	0,003	31 948,80	3 651,22	8,750
0,12	3,000	3,731	0,268	21,87	0,003	32 153,60	3 711,80	8,663
0,13	3,250	3,981	0,251	20,50	0,003	32 358,40	3 764,77	8,595
0,14	3,500	4,231	0,236	19,29	0,002	32 563,20	3 811,48	8,543
0,15	3,750	4,481	0,223	18,21	0,002	32 768,00	3 852,98	8,505
0,16	4,000	4,731	0,211	17,25	0,002	32 972,80	3 890,09	8,476
0,17	4,250	4,981	0,201	16,38	0,002	33 177,60	3 923,48	8,456
0,18	4,500	5,231	0,191	15,60	0,002	33 382,40	3 953,67	8,443
0,19	4,750	5,481	0,182	14,89	0,002	33 587,20	3 981,11	8,437
0,20	5,000	5,731	0,174	14,24	0,002	33 792,00	4 006,16	8,435
0,21	5,250	5,981	0,167	13,64	0,002	33 996,80	4 029,11	8,438
0,22	5,500	6,231	0,160	13,10	0,002	34 201,60	4 050,22	8,444
0,23	5,750	6,481	0,154	12,59	0,002	34 406,40	4 069,70	8,454
0,24	6,000	6,731	0,149	12,12	0,002	34 611,20	4 087,74	8,467
0,25	6,250	6,981	0,143	11,69	0,001	34 816,00	4 104,48	8,482

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 2014 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,20 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 = 91,97 [m<sup>2</sup>]

$R_0 = 1,246 [(m^2 \cdot K)/W]$

Pow. ocieplenia = ok. 106 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian EPS 70

$U_0 = 0,803 [W/(m^2 \cdot K)]$

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

Cena Nu zawiera całkowity szacunkowy 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	2,496	0,401	11,77	0,001	23 002,00	455,49	50,499
0,06	1,500	2,746	0,364	10,70	0,001	23 147,75	496,82	46,592
0,07	1,750	2,996	0,334	9,81	0,001	23 322,65	531,25	43,901
0,08	2,000	3,246	0,308	9,05	0,001	23 526,70	560,38	41,984
0,09	2,250	3,496	0,286	8,40	0,001	23 759,90	585,33	40,592
0,10	2,500	3,746	0,267	7,84	0,001	24 022,25	606,96	39,578
0,11	2,750	3,996	0,250	7,35	0,001	24 313,75	625,88	38,847
0,12	3,000	4,246	0,236	6,92	0,001	24 634,40	642,58	38,337
0,13	3,250	4,496	0,222	6,53	0,001	24 984,20	657,41	38,004
0,14	3,500	4,746	0,211	6,19	0,001	25 363,15	670,69	37,817
0,15	3,750	4,996	0,200	5,88	0,001	25 771,25	682,63	37,753
0,16	4,000	5,246	0,191	5,60	0,001	26 208,50	693,44	37,795
0,17	4,250	5,496	0,182	5,35	0,001	26 674,90	703,26	37,930
0,18	4,500	5,746	0,174	5,11	0,001	27 170,45	712,23	38,149
0,19	4,750	5,996	0,167	4,90	0,001	27 695,15	720,45	38,442
0,20	5,000	6,246	0,160	4,70	0,001	28 249,00	728,01	38,803
0,21	5,250	6,496	0,154	4,52	0,001	28 832,00	734,99	39,228
0,22	5,500	6,746	0,148	4,35	0,001	29 444,15	741,45	39,712
0,23	5,750	6,996	0,143	4,20	0,001	30 085,45	747,45	40,251
0,24	6,000	7,246	0,138	4,05	0,001	30 755,90	753,04	40,842
0,25	6,250	7,496	0,133	3,92	0,000	31 455,50	758,25	41,484

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

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

Optimalny 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:

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

gdzie:

- $x_0, x_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- $Q_0, Q_1$  – roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub 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 cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

$q_0, q_1$  - zapotrzebowanie na moc cieplną 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:

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$ , 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,  $\text{m}^2$ ,

$Q_{inf}$  - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12),  $\text{GJ/rok}$ .

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

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

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, określane w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia,  $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$ ,
- $l$  - 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 wg 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  $40,93 \text{ m}^2$ ) 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	1,2	1,0	106,81	0,005	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	77,68	0,003	1 123,29	43 999,75	39,17
2	1,1	1,0	1,0	75,07	0,002	1 224,10	47 069,50	38,45
3	0,9	1,0	1,0	72,45	0,002	1 324,91	55 255,50	41,70

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien drewnianych 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.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około  $30,22 \text{ m}^2$ ) 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	1,7	1,1	1,0	65,70	0,002	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	57,36	0,002	321,64	31 731,00	98,65
2	1,1	1,0	1,0	55,43	0,002	396,08	33 242,00	83,93
3	0,9	1,0	1,0	53,49	0,001	470,51	39 286,00	83,50

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV 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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi wejściowych (o powierzchni około 8,79 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	3,1	1,2	1,0	24,40	0,003	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	17,81	0,002	254,23	13 185,00	51,86
2	1,5	1,0	1,0	17,24	0,002	275,87	13 800,30	50,02
3	1,3	1,0	1,0	16,68	0,002	297,52	15 558,30	52,29

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi 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.

Jak wspomniano w części opisowej audytu, w budynku zastosowano drzwi wejściowe frontowe o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m<sup>2</sup>K. Zastosowana stolarka spełnia wymagania Warunków Technicznych, jednakże ze względu na wytyczne konserwatora zabytków, dotyczące ponownej wymiany stolarki PCV na drewnianą stolarkę drzwiową z zachowaniem pierwotnego podziału i form drzwi oraz kolorystyki, poniżej przeanalizowano wymianę drzwi frontowych o powierzchni około 8,79 m<sup>2</sup>.



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	1,5	1,3	1,0	9,36	0,001	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	7,63	0,001	66,72	6 107,30	91,53
2	1,3	1,0	1,0	7,38	0,001	76,30	7 002,00	91,76

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi frontowych jest rozwiązanie pierwsze. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

#### 7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rCW}}, [\text{lata}] \quad (15)$$

gdzie:

$N_{CW}$  – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,

$\Delta O_{rCW}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rCW}$  n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\begin{aligned} \Delta O_{rCW} = & (x_0 \cdot Q_{0cw} \cdot O_{0z} / n_{0w} - x_1 \cdot Q_{1cw} \cdot O_{1z} / n_{1w}) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0cw} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1cw} \cdot O_{1m}) \\ & + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1), \end{aligned} \quad [\text{zł/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

$x_0, x_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

$Q_{0cw}, Q_{1cw}$  - zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,

$O_{0z}, O_{1z}$  - jak we wzorze (2),

$y_0, y_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

$n_{0w}, n_{1w}$  - całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),

$q_{0cw}, q_{1cw}$  - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,

$O_{0m}, O_{1m}$  - jak we wzorze (2),

$Ab_0, Ab_1$  - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej  $n_{0w}, n_{1w}$  oblicza się ze wzoru:

$$n_{0w}, n_{1w} = \eta_{gw} * \eta_{dw} * \eta_{cw} * \eta_{sw}, \quad [-] \quad (16a)$$

gdzie:

$\eta_{gw}$  - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

$\eta_{dw}$  - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

$\eta_{cw}$  - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,

$\eta_{sw}$  - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło dla podgrzania ciepłej wody użytkowej zamieszczono w załączniku Z-13.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym

proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego orurowania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 25 800,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 5 671,42 zł - 2 422,30 zł = 3 249,12 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 25 800,00 / 3 249,12 = 7,94 lat.

## 7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
4	Wymiana okien drewnianych	47 069,50	38,45
5	Wymiana drzwi wejściowych	13 800,30	50,02
6	Wymiana okien PCV	33 242,00	83,93
7	Wymiana drzwi frontowych	6 107,30	91,53

## 7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, 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	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
4	Wymiana okien drewnianych	47 069,50	38,45
5	Wymiana drzwi wejściowych	13 800,30	50,02
6	Wymiana okien PCV	33 242,00	83,93
7	Wymiana drzwi frontowych	6 107,30	91,53
	Ogółem	185 582,35	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
4	Wymiana okien drewnianych	47 069,50	38,45
5	Wymiana drzwi wejściowych	13 800,30	50,02
6	Wymiana okien PCV	33 242,00	83,93
	Ogółem	179 475,05	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
4	Wymiana okien drewnianych	47 069,50	38,45
5	Wymiana drzwi wejściowych	13 800,30	50,02
	Ogółem	146 233,05	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
4	Wymiana okien drewnianych	47 069,50	38,45
	Ogółem	132 432,75	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	25 771,25	37,75
	Ogółem	85 363,25	



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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	33 792,00	8,44
	Ogółem	59 592,00	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	25 800,00	7,94
	Ogółem	25 800,00	

### 7.7 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:

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

gdzie:

- $x_0, x_1$  – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

- $Q_{0co}$  - 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,

$\eta_c$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła w analizowanym budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w mieszkaniach. Stan pieców jest zły, w związku z tym w opracowaniu proponuje się kompleksową modernizację systemu grzewczego, polegającą na podłączeniu instalacji do sieci miejskiej, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Wariant I
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,0478	0,0478
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	331	331
3	Ogólna sprawność	-	0,5600	0,7207
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	590,54	458,87
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	22 771,22	33 476,28
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-10 705,06
9	Szacowany koszt modernizacji	zł		157 352,96

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO<sub>2</sub> i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie.

## **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  $\Delta O$ , 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

variant	CO					CWU				CO-CWU			Oszczędności		
	q <sub>co</sub>	Q <sub>co</sub>	η	w	Q <sub>co,w/η</sub>	Opłata CO	q <sub>cwu</sub>	Q <sub>cwu</sub>	Opłata CWU	Q <sub>co-cwu</sub>	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok				
0	0,0478	330,70	0,5600	1	590,54	22 771,22	0,003	32,60	5 671,42	623	28 442,64				
I+A	0,0301	193,14	0,7207	1	267,99	19 839,36	0,003	34,86	2 422,30	303	22 261,66	320	51,40	6 180,98	
II+A	0,0301	193,14	0,7207	1	267,99	19 839,36	0,003	34,86	2 422,30	303	22 261,66	320	51,40	6 180,98	
III+A	0,0308	198,81	0,7207	1	275,85	20 398,09	0,003	34,86	2 422,30	311	22 820,39	312	50,14	5 622,25	
IV+A	0,0314	203,26	0,7207	1	282,03	20 839,16	0,003	34,86	2 422,30	317	23 261,46	306	49,15	5 181,18	
V+A	0,0338	221,41	0,7207	1	307,21	22 654,11	0,003	34,86	2 422,30	342	25 076,41	281	45,11	3 366,23	
VI+A	0,0360	238,77	0,7207	1	331,30	24 373,05	0,003	34,86	2 422,30	366	26 795,35	257	41,24	1 647,29	
VII+A	0,0478	330,70	0,7207	1	458,87	33 471,75	0,003	34,86	2 422,30	494	35 894,05	129	20,77	-7 451,41	
A	0,0478	330,70	0,7207	1	458,86	33 476,28	0,003	32,60	5 671,42	491	39 147,70	132	21,13	-10 705,06	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite <sup>1)</sup>	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu <sup>2)</sup>		Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[%]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	342 935,31	6 180,98	51,40	0,00	0,00	68 587,06	54 869,65	12 361,96
					342 935,31	100,00			
2	II+A	336 828,01	6 180,98	51,40	0,00	0,00	67 365,60	53 892,48	12 361,96
					336 828,01	100,00			
3	III+A	303 586,01	5 622,25	50,14	0,00	0,00	60 717,20	48 573,76	11 244,50
					303 586,01	100,00			
4	IV+A	289 785,71	5 181,18	49,15	0,00	0,00	57 957,14	46 365,71	10 362,36
					289 785,71	100,00			
5	V+A	242 716,21	3 366,23	45,11	0,00	0,00	48 543,24	38 834,59	6 732,46
					242 716,21	100,00			
6	VI+A	216 944,96	1 647,29	41,24	0,00	0,00	43 388,99	34 711,19	3 294,58
					216 944,96	100,00			
7	VII+A	183 152,96	-7 451,41	20,77	0,00	0,00	36 630,59	29 304,47	-14 902,82
					183 152,96	100,00			
8	A	157 352,96	-10 705,06	21,13	0,00	0,00	31 470,59	25 176,47	-21 410,12
					157 352,96	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. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 6 (VI+A), Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 6 (VI+A), Nr 7 (VII+A) oraz Nr 8 (A) nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. 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 netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 106 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ , warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,200 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ.

2. Ocieplenie stropu pod poddaszem

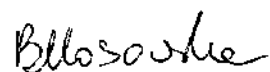
Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 256 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynniku przewodzenia  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono roboty towarzyszące, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 40,93 m<sup>2</sup> oraz okien z PCV o powierzchni około 30,22 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
4. Wymianę drzwi wejściowych drewnianych o powierzchni około 8,79 m<sup>2</sup> oraz drzwi wejściowych frontowych na drzwi o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:
- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
  - montaż perlatorów przy punktach odbioru,
  - regulację instalacji,
  - montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,
  - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
6. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
- demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
  - demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
  - montaż węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. (łączy po stronie gestora sieci) wraz z adaptacją pomieszczenia w piwnicy budynku, przeznaczonego na węzeł cieplny,
  - montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
  - montaż grzejników płytowych,
  - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
  - regulację instalacji grzewczej,
  - montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.,
  - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.



#### **10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

1	Calkowity koszt robót szacuje się na	342 935,31 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	12 361,96 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	6 180,98 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	55,48 lat



*mgr inż. Barbara Kosowska*

## **ZAŁĄCZNIKI**

### **Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.**

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u obecnie

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	590,54
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	22,8
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	22 770,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,56
Cena jednostkowa energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych	zł/kWh	0,6263
	zł/GJ	173,97

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u docelowo

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Oплата stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem оплата stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oплата zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem оплата zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

## Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_1$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,448
	Pustka powietrzna	15,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	$R$				0,491	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,100	
	$R_T$				0,691	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,803
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				1,076	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				1,246	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,297
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,510	0,770	0,662	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				3,199	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				3,369	
Strop nad piwnicą	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,123
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	$R$				0,551	
	$R_{si}$				0,170	
	$R_{se}$				0,170	
	$R_T$				0,891	
Okna PCV				$U_0$	Wsp.	$U$
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,700	1,0	1,700
Okna drewniane				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe frontowe				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe drewniane				2,600	1,2	3,120

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

Przegroda	Wyszczególnienie	d <sub>i</sub> [cm]	d [m]	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	U [W/m <sup>2</sup> K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,174
	Pustka powietrzna	15,0	0,150		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	20,0	0,200	0,040	5,000	
	Deska sosnowa	2,5	0,040	0,160	0,156	
	R				5,531	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,100	
	R <sub>T</sub>				5,731	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,200
	Mur z cegły pełnej	80,0	0,800	0,770	1,039	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	15,0	0,150	0,040	3,750	
	R				4,826	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,996	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	0,297
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Styropian	10,0	0,10	0,040	2,500	
	Tynk cem. - wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,199	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				3,369	
Strop nad piwnicą	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,123
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,551	
	R <sub>si</sub>				0,170	
	R <sub>se</sub>				0,170	
	R <sub>T</sub>				0,891	
Okna				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe				1,5	1,000	1,500

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

Pomieszczenie	Ilość pomieszczeń	Strumień powietrza na pomieszczenie	Całkowity strumień powietrza
		[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]
Strumień powietrza wentylacyjnego			
Kuchnie	5	70	350
Łazienki	5	50	250
Razem			600
Klatki schodowe	1	102	102
Ogółem			702
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m <sup>3</sup> /sek]	0,195
Infiltracja		[m <sup>3</sup> /sek]	0,064
Ogółem		[m <sup>3</sup> /sek]	0,258
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	310
Kubatura wentylowana		[m <sup>3</sup> ]	1 144
Krotność wymiany powietrza			0,81

Współczynniki korekcyjne			
	$c_r$	1,0	1,0
	$c_w$	1,0	1,0
	$c_m$	1,0	1,0

#### 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		1 144	0,5			571,9

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	369	7,1	2 620

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b <sub>a</sub>	H <sub>t</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Strop poddasza	255,52	1,448	0,90	333	40	13,32
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	91,97	0,803	1,00	74		2,95
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	306,51	0,297	1,00	91		3,64
Okna PCV	30,22	1,700	1,00	51		2,05
Okna drewniane	40,93	2,600	1,00	106		4,26
Drzwi wejściowe drewniane	8,79	3,120	1,00	27		1,10
Drzwi wejściowe frontowe	3,89	1,500	1,00	6		0,23
Strop nad piwnicą	255,52	1,123	0,80	229		9,18
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	135,46	0,190	1,0	26		1,03
nadproża	47,51	0,600	1,0	29		1,14
podokien	47,51	0,570	1,0	27		1,08
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 000		39,98
Wentylacja		V <sub>1</sub>	ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		572	0,34	194		7,78
OGÓŁEM						47,76

### Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b <sub>a</sub>	H <sub>t</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Strop poddasza	255,52	0,174	0,90	40	40	1,61
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	91,97	0,200	1,00	18		0,74
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	306,51	0,297	1,00	91		3,64
Okna wymienione	30,22	1,100	1,00	33		1,33
Okna wymienione	40,93	1,100	1,00	45		1,80
Drzwi wejściowe	12,68	1,500	1,00	19		0,76
Strop nad piwnicą	255,52	1,123	0,80	229		9,18
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	135,46	0,190	1,0	26		1,03
nadproża	47,51	0,600	1,0	29		1,14
podokien	47,51	0,570	1,0	27		1,08
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				558		22,30
Wentylacja		V <sub>1</sub>	ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
		572	0,34	194		7,78
OGÓŁEM						30,08

**Z-8 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											
Stratę poddasza	H <sub>p</sub> H <sub>pe</sub>										
Stratę poddasza	[MJ]	18 725	16 913	14 891	10 700	935	1 021	11 948	13 979	17 209	106 321
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	4 153	3 751	3 303	2 373	207	226	2 650	3 101	3 817	23 583
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	5 117	4 622	4 070	2 924	255	279	3 265	3 820	4 703	29 056
Okna PCV	[MJ]	2 890	2 610	2 298	1 651	144	158	1 844	2 157	2 656	16 407
Okna drewniane	[MJ]	5 986	5 406	4 760	3 420	299	326	3 819	4 469	5 501	33 987
Drzwi wejściowe drewniane	[MJ]	1 543	1 393	1 227	881	77	84	984	1 152	1 418	8 759
Drzwi wejściowe frontowe	[MJ]	328	296	261	188	16	18	209	245	302	1 864
Stratę nad piwnicą	[MJ]	12 907	11 658	10 264	7 376	644	704	8 236	9 636	11 863	73 289
Mostki liniowe	[MJ]	4 574	4 132	3 638	2 614	228	249	2 919	3 415	4 204	25 972
Straty przez przegrody	[MJ]	56 223	50 782	44 711	32 128	2 807	3 066	35 876	41 973	51 672	319 237
Wentylacja	[MJ]	17 442	15 754	13 870	9 967	871	951	11 129	13 021	16 030	99 034
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	73 665	66 536	58 581	42 094	3 678	4 017	47 005	54 994	67 701	418 271
Zyski słoneczne	[MJ]	3 401	3 419	7 097	9 033	11 281	7 430	5 337	2 624	2 102	51 723
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 016	6 337	7 016	6 790	1 132	1 132	7 016	6 790	7 016	50 246
Razem zyski	[MJ]	10 417	9 756	14 113	15 823	12 413	8 561	12 353	9 414	9 119	101 970
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1414	0,1466	0,2409	0,3759	3,3753	2,1313	0,2628	0,1712	0,1347	0,2438
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	572									
Pojemność ciepła	[J/K]	148 613 400									
Stać czasowa	[h]	32									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>1,0</sub>		1									
Stać czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>	[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>1</sub>		3,10									
Parametr numeryczny a <sub>1</sub> + 1		4,10									
η		0,9980	0,9978	0,9908	0,9694	0,2914	0,4443	0,9883	0,9965	0,9983	
Zyski ciepła	[MJ]	10 396	9 734	13 983	15 340	3 618	3 803	12 208	9 381	9 103	87 567
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	63 269	56 802	44 598	26 755	60	214	34 797	45 613	58 599	330 705

# Z-9 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
Średnia temp. miesięczą	[°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											
Strop poddasza	[MJ]	2 257	2 039	1 795	1 290	113	123	1 440	1 685	2 074	12 816
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 036	935	824	592	52	56	661	773	952	5 880
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	5 117	4 622	4 070	2 924	255	279	3 265	3 820	4 703	29 056
Okna wymienione	[MJ]	1 870	1 689	1 487	1 068	93	102	1 193	1 396	1 718	10 616
Okna wymienione	[MJ]	2 532	2 287	2 014	1 447	126	138	1 616	1 891	2 327	14 379
Mostki liniowe	[MJ]	4 574	4 132	3 638	2 614	228	249	2 919	3 415	4 204	25 972
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 070	966	851	611	53	58	683	799	983	6 074
Strop nad piwnicą	[MJ]	12 907	11 658	10 264	7 376	644	704	8 236	9 636	11 863	73 289
Straty przez przegrody	[MJ]	31 364	28 328	24 941	17 922	1 566	1 710	20 013	23 414	28 825	178 083
Wentylacja	[MJ]	17 442	15 754	13 870	9 967	871	951	11 129	13 021	16 030	99 034
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	48 805	44 082	38 812	27 889	2 437	2 661	31 142	36 435	44 854	277 117
Zyski słoneczne	[MJ]	3 304	3 311	6 862	8 679	10 848	7 142	5 158	2 530	2 024	49 858
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 016	6 337	7 016	6 790	1 132	1 132	7 016	6 790	7 016	50 246
Razem zyski	[MJ]	10 320	9 648	13 879	15 469	11 979	8 274	12 175	9 320	9 040	100 104
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2115	0,2189	0,3576	0,5547	4,9167	3,1088	0,3909	0,2558	0,2015	0,3612
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	572									
Pojemność cieplna	[J/K]	148 613 400									
Stała czasowa	[h]	48									
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>		4,17									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		5,17									
η		0,9988	0,9986	0,9912	0,9600	0,2032	0,3197	0,9878	0,9975	0,9990	
Zyski ciepła	[MJ]	10 307	9 635	13 756	14 850	2 434	2 645	12 026	9 297	9 031	83 982
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	38 498	34 447	25 056	13 038	3	16	19 116	27 139	35 823	193 135



## Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,80	piece kaflowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	1,00	źródło ciepła w pomieszczeniu
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,70	ogrzewanie piecowe
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,560	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	praca ciągła

### Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,91	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,90	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	$\eta_0$	0,72	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	praca ciągła

**Z-11 Ciepła woda użytkowa.**

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1	1
Powierzchnia pomieszczeń $A_f$	$\text{m}^2$	203	203
Liczba użytkowników	osoba	14	14
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	2,00	2,00
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,9	0,9
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	6 972,6	6 972,6
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	25,1	25,1
Sprawność wytwarzania	-	0,960	0,970
Sprawność przesyłu	-	0,800	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,770	0,780
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	9 055,3	8 939,2
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	32,6	32,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,037	0,037
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	4,895	4,895
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,246	0,243
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	12,46	12,33
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	2,5	2,5
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	24,5	24,2

## Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny - 1,1.
- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	590,54	164 038,89	164,04
zużycie po modernizacji	302,85	84 125,00	84,13
oszczędność	287,69	79 913,89	79,91
energia elektryczna (c.w.u)			0,00
zużycie przed modernizacją	32,60	9 055,56	9,06
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	32,60	9 055,56	9,06
ogółem			
zużycie przed modernizacją	623,14	173 094,44	173,10
zużycie po modernizacji	302,85	84 125,00	84,13
oszczędność	320,29	88 969,44	88,97
oszczędność %	51,40		
Energia pierwotna			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	649,59	180 442,78	180,44
zużycie po modernizacji	393,71	109 362,50	109,36
oszczędność	255,89	71 080,28	71,08
energia elektryczna (c.w.u)			
zużycie przed modernizacją	97,80	27 166,67	27,17
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	97,80	27 166,67	27,17
ogółem			
zużycie przed modernizacją	747,39	207 609,45	207,61
zużycie po modernizacji	393,71	109 362,50	109,36
oszczędność	353,69	98 246,95	98,25
oszczędność %	47,32		

### Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 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	
węgiel kamienny	590,54	-	94,73	55,94	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	9,06	0,832	7,54	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	302,85	-	94,96	28,76		
				<b>63,48</b>				<b>28,76</b>	<b>34,72</b>	<b>54,70</b>

### Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- odtworzenie detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ,
  - ocieplenie ościeży,
  - wymianę parapetów zewnętrznych,
  - wymianę rur spustowych i orynnowania,
  - obróbki blacharskie,
  - na elewacjach ocieplanych przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
  - wymianę poszycia dachowego,
  - prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
  - przebudowę kominów,
  - demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
  - obróbkę nowych okien i drzwi,
  - 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.