

**„ELEKO”**  
Franciszek Radomyski  
05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2A  
tel. 786 38 70, franciszek@gazeta.pl  
REGON 010492283, NIP 125-05-89-514

**„ELEKO”**  
**FRANCISZEK RADOMYSKI**

05-230 Kobyłka

ul. Nadarzyn 2a

☎ (22) 786 - 38 - 70

## **AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU URZĘDU MIASTA ZGIERZA**

**Plac Jana Pawła II 16**

**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
			1824
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		
	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	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 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllosowska</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 (Zlecciodawcy) ..... 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. .... 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. .... 14			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. .... 18			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. .... 18			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 19			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji ..... 21			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych ..... 22			
ZAŁĄCZNIKI ..... 23			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. .... 23			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją ..... 24			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. .... 25			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. .... 26			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. .... 26			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. .... 26			
Z-7 Projektowana strata ciepła. .... 27			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. .... 28			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. .... 29			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. .... 30			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. .... 31			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. .... 32			
Z-13 Ciepła woda użytkowa ..... 33			
Z-14 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 34			
Z-15 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 35			
Z-16 Niezbędne roboty towarzyszące ..... 36			

## 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> ]	10 516	10 516
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	2 266,9	2 266,9
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	2 266,9	2 266,9
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	176	176
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	podgrzewacze elektryczne	podgrzewacze elektryczne
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,340	0,340
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,284	0,284
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,431	0,175
3	Strop nad piwnicą	0,816	0,816
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,335	0,335
5	Okna, drzwi balkonowe	1,500	1,500
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,700	1,700
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 [-]	0,90	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,93	0,93
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

<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,99	0,99	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	1,00	1,00	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna/ klimatyzatory	mechaniczna/ klimatyzatory	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	6 938	7 236	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,00	1,22	
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	160,62	113,19	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	10,92	10,92	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 244,40	492,46	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 581,60	625,90	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	69,34	69,34	
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)]	152,48	60,34	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	193,80	76,70	
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]	54,47	54,47	
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> ]	42,62	42,62	
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)]	4,27	2,35	
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]	695 704,60	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	57,89
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	695 704,60	Premia termomodernizacyjna	[zł]	104 109,36
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	52 054,68			

<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 Urzędu Miasta Zgierza, plac Jana Pawła II 16, Zgierz i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

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

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

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

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

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

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1824
Adres budynku	plac Jana Pawła II 16 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 papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	10 516	1 031	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 266,9	382	
Powierzchnia całkowita	3 779,20		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,4	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	176	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	8	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Polożenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Stropodach</b>		944,80	1,431
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (parter i Ip)</b>		914,73	0,284
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] ( II p)</b>		412,31	0,252
<b>Okna</b>	S	62,35	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	82,76	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	50,32	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	154,28	1,500
	SE	0,00	1,500
<b>Drzwi wejściowe</b>		5,00	1,700
<b>Strop nad piwnicą</b>		545,30	0,816
<b>Podłoga na gruncie</b>		399,50	0,335

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

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

W opracowaniu analizie poddano budynek Urzędu Miasta Zgierza, zlokalizowany w Zgierzu, przy placu Jana Pawła II 16. Budynek wybudowany w technologii tradycyjnej, jest częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne parteru i pierwszego piętra murowane z cegły pełnej grubości 63cm, natomiast drugiego piętra murowane z suporexu grubości 48 cm. Wszystkie ściany zewnętrzne ocieplone styropianem grubości 10 cm. Nad ostatnią kondygnacją zastosowano stropodach pełny, kryty papą, nieocieplony. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. 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         | - 1,431 W/m <sup>2</sup> K,        |
| - ściany zewnętrzne  | - 0,284; 0,252 W/m <sup>2</sup> K, |
| - strop nad piwnicą  | - 0,816 W/m <sup>2</sup> K         |
| - podłoga na gruncie | - 0,335 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 podłogi na gruncie oraz stropu nad piwnicą. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SBPT) w opracowaniu nie będzie analizowane docieplenie ścian zewnętrznych.

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 w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę okienną 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.



W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę drzwiową wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła  $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

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

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia gazowa, zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowano dwa kotły niskoparametrowe na paliwo gazowe o mocy  $2 \times 320\text{-}370 \text{ kW}$ . Kotły są w dobrym stanie technicznym. Przy kotłach zainstalowano licznik gazu, pozwalający na odczyt zużycia ciepła przez instalację c.o. Instalacja c.o. wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej  $90/70^\circ\text{C}$  z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja jest kompleksowo zmodernizowana. Przewody pionowe i poziome izolowane. W budynku zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest dobry, w związku z tym modernizacja instalacji c.o. nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych, bezpośrednio przy punktach odbioru. Przyjęte rozwiązania są właściwe technicznie, dlatego 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 oraz w części pomieszczeń klimatyzację. Ze względu na niedostateczną wymianę powietrza w pomieszczeniach z wentylacją grawitacyjną w opracowaniu przeanalizowany zostanie montaż wentylacji mechanicznej nawiewno - wywiewnej z rekuperacją w tych pomieszczeniach.

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

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

- ocieplenie stropodachu,
- modernizację wentylacji,

## **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 stropodachu. Montaż wentylacji mechanicznej z rekuperacją.

### **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:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}), [\text{zł/rok}] \quad (2)$$

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,  $W/(m^2 \cdot K)$ , 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,  $m^2$ ,
- $S_d$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień $\cdot$ K/rok,

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

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

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

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,  $^{\circ}C$
- $A$  - 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 <sub>e</sub> (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 <sub>emin</sub> = - 20,0°C									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	944,80	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,699$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 945	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 1,431$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	U	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogr}$	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	1,949	0,513	154,81	0,019	125 658,40	20 319,48	6,184
0,06	1,500	2,199	0,455	137,21	0,017	126 461,48	21 611,34	5,852
0,07	1,750	2,449	0,408	123,21	0,015	127 264,56	22 639,45	5,621
0,08	2,000	2,699	0,371	111,79	0,014	128 067,64	23 477,11	5,455
0,09	2,250	2,949	0,339	102,32	0,013	128 870,72	24 172,75	5,331
0,10	2,500	3,199	0,313	94,32	0,012	129 673,80	24 759,66	5,237
0,11	2,750	3,449	0,290	87,48	0,011	130 476,88	25 261,49	5,165
0,12	3,000	3,699	0,270	81,57	0,010	131 279,96	25 695,48	5,109
0,13	3,250	3,949	0,253	76,41	0,010	132 083,04	26 074,53	5,066
0,14	3,500	4,199	0,238	71,86	0,009	132 886,12	26 408,44	5,032
0,15	3,750	4,449	0,225	67,82	0,008	133 689,20	26 704,83	5,006
0,16	4,000	4,699	0,213	64,21	0,008	134 492,28	26 969,67	4,987
0,17	4,250	4,949	0,202	60,97	0,008	135 295,36	27 207,77	4,973
0,18	4,500	5,199	0,192	58,04	0,007	136 098,44	27 422,96	4,963
0,19	4,750	5,449	0,184	55,37	0,007	136 901,52	27 618,41	4,957
0,20	5,000	5,699	0,175	52,95	0,007	137 704,60	27 796,71	4,954
0,21	5,250	5,949	0,168	50,72	0,006	138 554,92	27 960,02	4,955
0,22	5,500	6,199	0,161	48,68	0,006	139 358,00	28 110,16	4,958
0,23	5,750	6,449	0,155	46,79	0,006	140 161,08	28 248,67	4,962
0,24	6,000	6,699	0,149	45,04	0,006	140 964,16	28 376,83	4,968
0,25	6,250	6,949	0,144	43,42	0,005	141 767,24	28 495,77	4,975

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.

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

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

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

$$SPBT = (N_{Ok} + N_W) / \sum (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rW}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w analizowanym budynku zastosowano wentylację grawitacyjną oraz klimatyzację w części pomieszczeń. Ponieważ w obiekcie występują problemy z obiegiem powietrza, proponuje się zastosowanie wentylacji wymuszonej w pomieszczeniach z wentylacją grawitacyjną. W tym celu przewidziano zainstalowanie centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, złożoną z :

- nawiew: czepni, filtrów, wentylatorów z płynną regulacją, nagrzewnic i chłodnic wraz z instalacjami, przepustnic, kanałów wraz z izolacjami, kratek, regulatorów itd.
- wywiew: kanałów z izolacjami, kratek, wentylatorów, przepustnic, wyrzutni.

W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego o sprawności minimum 67 %. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej 6 000  $m^3/h$ . Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujników  $CO_2$ .

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	$V_1$ [ $m^3/h$ ]	$\rho \cdot c_p$ [ $J/m^3/K$ ]	$H_v$ [ $W/K$ ]	Sd -	Q GJ	$\Delta Q$ GJ
Obecnie	6 938	0,33	2 290	3 696,40	731,21	392,23
Docelowo	7 236	0,33	1 061	3 696,40	338,98	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

$\Delta Q$	Oszczędność	Szacunkowy nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
392,23	28 789,84	528 000,00	18,34

Z przeprowadzonej analizy wynika, że modernizacja instalacji wentylacji zwróci się w ciągu 18,34 lat.

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	137 704,60	4,95
2	Modernizacja wentylacji	528 000,00	18,34

#### 7.5 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	Ocieplenie stropodachu	137 704,60	4,95
2	Modernizacja wentylacji	528 000,00	18,34
	Ogółem	665 704,60	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	137 704,60	4,95
	Ogółem	137 704,60	

## **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			
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,1606	1 244,40	0,7868	1	1 581,60	116 091,35	0,004	69,34	12 063,08	1 651	128 154,43			
I	0,1132	492,46	0,7868	1	625,90	64 036,67	0,004	69,34	12 063,08	695	76 099,75	956	57,89	52 054,68
II	0,1132	873,32	0,7868	1	1 109,96	90 402,25	0,004	69,34	12 063,08	1 179	102 465,33	472	28,57	25 689,10

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Szacowane planowane koszty całkowite <sup>1)</sup>	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Szacowana planowana kwota środków własnych i kwota kredytu <sup>2)</sup>			Premia termomodernizacyjna					
					[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[zł]	[%]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	I	695 704,60	52 054,68	57,89	0,00 695 704,60	139 140,92	111 312,74	104 109,36					
2	II	167 704,60	25 689,10	28,57	0,00 167 704,60	33 540,92	26 832,74	51 378,20					

<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.**

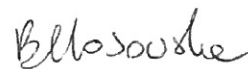
Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Również pozostałe warianty mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według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

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 945 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ . Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,175 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: remont i przebudowę kominów, wymianę i modernizację obróbek blacharskich i orynowania, pokrycie z papy nawierzchniowej termozgrzewalnej, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:
  - montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 6 000 m<sup>3</sup>, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne,
  - montaż wymiennika krzyżowego o sprawności minimum 67 %, w celu odzysku ciepła,
  - zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujników CO<sub>2</sub>,
  - montaż licznika chłodu,
  - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

## 10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Calkowity szacunkowy koszt robót	695 704,60 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	104 109,36 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	52 054,68 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	13,36 lat



*mgr inż. Barbara Kosowska*

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> ]	-	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
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	62,35	43,65	0,67	4 909	4 592	9 105	9 838	12 457	8 271	6 838	3 193	2 442	61 647
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	82,76	57,93	0,67	3 072	3 568	7 885	11 405	15 435	9 320	6 109	2 859	2 237	61 890
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	50,32	35,22	0,67	1 646	1 827	3 984	6 008	7 352	4 878	3 030	1 584	1 334	31 644
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	154,28	108,00	0,67	5 898	6 830	16 620	22 846	31 479	16 894	10 985	5 308	4 269	121 129
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	349,70	244,79		15 525	16 817	37 594	50 097	66 723	39 364	26 962	12 945	10 282	276 309
OGÓLEM	349,70	244,79		15 525	16 817	37 594	50 097	66 723	39 364	26 962	12 945	10 282	276 309



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 <sub>tr</sub> , H <sub>ve</sub>												
Stropodach		[MJ]	76 019	68 663	60 454	43 440	3 795	4 145	48 508	56 752	69 866	431 641
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		[MJ]	14 597	13 184	11 608	8 341	729	796	9 314	10 897	13 415	82 881
Ściana zewnętrzna [SZ-2]		[MJ]	5 842	5 277	4 646	3 338	292	319	3 728	4 361	5 369	33 171
Okna		[MJ]	29 504	26 649	23 463	16 860	1 473	1 609	18 826	22 026	27 116	167 526
Drzwi wejściowe		[MJ]	478	432	380	273	24	26	305	357	439	2 715
Strop nad piwnicą		[MJ]	20 023	18 085	15 923	11 442	1 000	1 092	12 777	14 948	18 402	113 691
Mostki liniowe		[MJ]	5 524	4 990	4 393	3 157	276	301	3 525	4 124	5 077	31 367
Podłoga na gruncie		[MJ]	7 530	6 801	5 988	4 303	376	411	4 805	5 621	6 920	42 756
Straty przez przegrody		[MJ]	159 518	144 081	126 855	91 153	7 964	8 699	101 788	119 087	146 605	905 748
Wentylacja		[MJ]	128 778	116 316	102 409	73 588	6 429	7 022	82 173	96 139	118 353	731 208
Całkowite przeniesienie ciepła		[MJ]	288 296	260 397	229 264	164 741	14 393	15 721	183 960	215 226	264 958	1 636 956
Zyski słoneczne		[MJ]	15 525	16 817	37 594	50 097	66 723	39 364	26 962	12 945	10 282	276 309
Zyski wewnętrzne		[MJ]	28 537	25 775	28 537	27 616	4 603	4 603	28 537	27 616	28 537	204 360
Razem zyski		[MJ]	44 062	42 592	66 130	77 713	71 326	43 967	55 499	40 562	38 818	480 669
Stosunek zysków do przenieszenia		[MJ]	0,1528	0,1636	0,2884	0,4717	4,9557	2,7966	0,3017	0,1885	0,1465	0,2936
Typ budynku			bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m <sup>2</sup> ]	2 267									
Pojemność cieplna		[J/K]	838 753 000									
Stała czasowa		[h]	45									
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>			4,03									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1			5,03									
η			0,9996	0,9994	0,9952	0,9738	0,2015	0,3539	0,9944	0,9990	0,9996	
Zyski ciepła		[MJ]	44 043	42 568	65 816	75 680	14 375	15 560	55 189	40 522	38 804	392 556
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	244 253	217 828	163 448	89 061	18	161	128 772	174 704	226 154	1 244 400

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
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
Przegroda	Htr Hvc										
Stropodach	[MJ]	9 325	8 422	7 415	5 328	466	508	5 950	6 961	8 570	52 946
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	14 597	13 184	11 608	8 341	729	796	9 314	10 897	13 415	82 881
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	5 842	5 277	4 646	3 338	292	319	3 728	4 361	5 369	33 171
Okna	[MJ]	29 504	26 649	23 463	16 860	1 473	1 609	18 826	22 026	27 116	167 526
Drzwi wejściowe	[MJ]	478	432	380	273	24	26	305	357	439	2 715
Mostki liniowe	[MJ]	5 524	4 990	4 393	3 157	276	301	3 525	4 124	5 077	31 367
Strop nad piwnicą	[MJ]	20 023	18 085	15 923	11 442	1 000	1 092	12 777	14 948	18 402	113 691
Podłoga na gruncie	[MJ]	7 530	6 801	5 988	4 303	376	411	4 805	5 621	6 920	42 756
Straty przez przegrody	[MJ]	92 823	83 840	73 816	53 042	4 634	5 062	59 230	69 296	85 309	527 052
Wentylacja	[MJ]	59 701	53 923	47 476	34 115	2 980	3 256	38 095	44 569	54 868	338 982
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	152 524	137 763	121 293	87 156	7 614	8 317	97 325	113 866	140 177	866 035
Zyski słoneczne	[MJ]	15 525	16 817	37 594	50 097	66 723	39 364	26 962	12 945	10 282	276 309
Zyski wewnętrzne	[MJ]	28 537	25 775	28 537	27 616	4 603	4 603	28 537	27 616	28 537	204 360
Razem zyski	[MJ]	44 062	42 592	66 130	77 713	71 326	43 967	55 499	40 562	38 818	480 669
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2889	0,3092	0,5452	0,8917	9,3671	5,2861	0,5702	0,3562	0,2769	0,5550
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	2 267									
Pojemność ciepła	[J/K]	838 753 000									
Stala czasowa	[h]	86									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub>		1									
Stala czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>	[h]	15									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub>		6,73									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		7,73									
η		0,9998	0,9997	0,9922	0,9148	0,1068	0,1892	0,9901	0,9994	0,9999	
Zyski ciepła	[MJ]	44 055	42 581	65 618	71 091	7 614	8 317	54 947	40 536	38 813	373 573
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	108 469	95 182	55 675	16 066	0	0	42 378	73 329	101 363	492 462

## 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	$\eta_d$	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,93	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,79	
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			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,94	kotły gazowe w dobrym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,93	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,79	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,0	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,0	praca ciągła

**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>	2 266,9	2266,9
Liczba użytkowników	osoba	176	176
Zużycie jednostkowe	dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> doba)	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	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	19 067,9	19 067,9
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	68,6	68,6
Sprawność wytwarzania	-	0,990	0,990
Sprawność przesyłu	-	1,000	1,000
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,990	0,990
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	19 260,5	19 260,5
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	69,3	69,3
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m <sup>3</sup> /h	0,078	0,078
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,639	2,639
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	10,92	10,92
Średnia moc c.w.u.	kW	4,1	4,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m <sup>2</sup> *rok)	8,5	8,5

## Z-14 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, modernizacja wentylacji, montaż systemu zarządzania energią).

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	1 581,60	439 333,33	439,33
zużycie po modernizacji	625,90	173 861,11	173,86
oszczędność	955,70	265 472,22	265,47
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			
zużycie przed modernizacją	69,34	19 261,11	19,26
zużycie po modernizacji	69,34	19 261,11	19,26
oszczędność	0,00	0,00	0,00
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 650,94	458 594,44	458,59
zużycie po modernizacji	695,24	193 122,22	193,12
oszczędność	<b>955,70</b>	<b>265 472,22</b>	<b>265,47</b>
oszczędność %	<b>57,89</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 739,76	483 266,67	483,27
zużycie po modernizacji	688,49	191 247,22	191,25
oszczędność	1 051,27	292 019,45	292,02
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			
zużycie przed modernizacją	208,02	57 783,33	57,78
zużycie po modernizacji	208,02	57 783,33	57,78
oszczędność	0,00	0,00	0,00
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 947,78	541 050,00	541,05
zużycie po modernizacji	896,51	249 030,55	249,03
oszczędność	<b>1 051,27</b>	<b>292 019,45</b>	<b>292,02</b>
oszczędność %	<b>53,97</b>		

## Z-15 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnym 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	1 581,60	-	56,10	88,73	625,90	-	56,10	35,11		
energia elektryczna	-	19,26	0,832	16,02	-	19,26	0,812	15,64		
				<b>104,75</b>				<b>50,75</b>	<b>54,00</b>	<b>51,55</b>

### **Z-16 Niezbędne roboty towarzyszące**

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

- remont i przebudowa kominów,
- wymianę i modernizację obróbek blacharskich i orynowania,
- pokrycie z papy nawierzchniowej termozgrzewalnej,
- 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.

