

**AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU HALI SPORTOWEJ MOSiR**

**ul. Wschodnia 2**

**95 – 100 Zgierz**



**Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz**

**pl. Jana Pawła II 16**

**95 – 100 Zgierz**

**Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1972
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	
	tel.	- fax -	
	ul. Wschodnia nr bud. 2		
		kod 95-100 miejscowość Zgierz	
		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>B. Kosowska</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. .... 9			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. .... 9			
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 ..... 10			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. .... 15			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. .... 20			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. .... 20			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. .... 22			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 24			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. .... 28			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych ..... 29			
ZAŁĄCZNIKI..... 30			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła ..... 30			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją ..... 31			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji ..... 32			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację ..... 33			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego ..... 33			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła ..... 33			
Z-7 Projektowana strata ciepła ..... 34			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego ..... 35			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu ..... 36			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 37			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 38			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego ..... 39			
Z-13 Ciepła woda użytkowa ..... 40			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne ..... 41			
Z-14 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 43			
Z-15 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 44			
Z-16 Niezbędne roboty towarzyszące ..... 44			

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	1	1
3.	Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]	48 190	48 190
4.	Powierzchnia netto budynku [m <sup>2</sup> ]	4 527	4 527
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ]	4 527	4 527
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	357	357
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,228	0,228
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
<b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>			
1	Ściany zewnętrzne	0,867	0,192
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,230	0,230
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,453	0,453
5	Okna, drzwi balkonowe	3,120	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	6,120	1,500
7	Inne	-	-
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b>			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,70	0,70	
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/ mechaniczna	mechaniczna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m <sup>3</sup> /h]	38 552	38 461	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,00	0,92	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	509,18	421,32	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	69,92	69,92	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	5 535,31	4 613,46	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	7 882,81	5 748,14	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	60,85	60,85	
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)]	339,65	283,08	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	483,69	352,71	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	59,21	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	10 995,78	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej	[zł/m <sup>3</sup> ]	1,67	1,67	
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)]	9,83	7,29	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>	[zł]	2 093 678,42	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	26,87
Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>	[zł]	2 093 678,42	Premia termomodernizacyjna	[zł]	275 984,32
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	137 992,16			

<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 Hali Sportowej MOSiR w Zgierzu, przy ul. Wschodniej 2 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

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

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia 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 (Zleceniodawcy) .**

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

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1972
Adres budynku	ul. Wschodnia 2, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	0	1	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	48 190	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	4 527	-	
Powierzchnia całkowita	5 369		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	15	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	357	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	7	14	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Polożenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Dach</b>		4524,04	0,230
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szczytowe)</b>		376,86	0,867
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2] (podłużne)</b>		911,26	0,240
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-3] (z poliwęglanu)</b>		924,03	2,500
<b>Okna nowe</b>	S	7,59	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	57,29	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	57,29	1,500
	SE	0,00	1,500

Okna stare	S	0,00	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	0,00	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	4,58	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	0,00	3,120
	SE	0,00	3,120
Drzwi wejściowe		13,44	1,700
Drzwi wejściowe stare		20,95	6,120
Podłoga na gruncie		4 096,63	0,453

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

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

W opracowaniu analizie poddano budynek Hali Sportowej MOSiR, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Wschodniej 2. Obiekt, wybudowany w 1972 roku w technologii mieszanej, składa się z dwóch przylegających do siebie części. W większej z nich (hala główna) znajduje się płyta główna, trybuny i zaplecze socjalne, w mniejszej (hala boczna) pomieszczenia pomocnicze. Ściany zewnętrzne szczytowe wykonane z gazobetonu, grubości 36 cm, nieocieplone, w części oszklone poliwęglanem. Ściany podłużne wykonane z płyt warstwowych z wypełnieniem pianką poliuretanową grubości 10 cm. Nad halami zastosowano dach konstrukcji drewnianej, kryty blachą, ocieplony wełną mineralną grubości 15 cm. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna niektórych 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 podłogi na gruncie - 0,30 W/m<sup>2</sup>K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- dach - 0,230 W/m<sup>2</sup>K,
- ściany zewnętrzne - 0,240; 0,867; 2,500 W/m<sup>2</sup>K,



- podłoga na gruncie - 0,453 W/m<sup>2</sup>K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania izolacji podłogi na gruncie oraz docieplenia dachu. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) w opracowaniu nie będzie analizowane dodatkowe ocieplenie ścian podłużnych.

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

- okna -1,3 W/m<sup>2</sup>K

- drzwi -1,7 W/m<sup>2</sup>K

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynnika 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. Pozostała drewniana stolarka okienna zostanie zasłonięta płytami warstwowymi przy ociepleniu ścian szczytowych.

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych drzwi wejściowe główne wymieniono na drzwi o współczynnika przenikania ciepła 1,7 W/m<sup>2</sup>K i są w dobrym stanie technicznym. Natomiast pozostałe drzwi stalowe są w złym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie tylko częściowa wymiana drzwi zewnętrznych.

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

Źródłem ciepła dla budynków jest węzeł ciepły, którego właścicielem jest dostawca energii cieplnej. Węzeł jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym jego wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania. Przy węźle zainstalowano licznik ciepła na potrzeby instalacji c.o. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdzielaczem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano rury grzejne Faviera. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z węzła ciepłego, który jest w dobrym stanie technicznym. Przy węźle zainstalowano licznik ciepła na potrzeby ciepłej wody. Instalacja c.w.u. jest

również w dobrym stanie technicznym dlatego w opracowaniu nie będzie analizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej.

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

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną oraz mechaniczną. Ze względu na zły stan instalacji wentylacji w opracowaniu zostanie przeanalizowana jej modernizacja w pomieszczeniach technicznych i szatniach.

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

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

- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- zabudowanie ścian z poliwęglanu,
- wymianę drzwi,
- modernizację wentylacji w pomieszczeniach technicznych i szatniach,
- wymianę instalacji c.o., grzejników oraz montaż zaworów 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 ścian zewnętrznych. Zabudowanie ścian z poliwęglanu. Wymiana drzwi. Modernizacja wentylacji .
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana 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 zł/m<sup>3</sup> przeliczonej na zł/GJ,
  - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- $y_0, y_1$  - udział  $n$ -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

$Q_{0u}, Q_{1u}$  - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

$O_{0m}, O_{1m}$  - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla  $n$ -tego źródła, odpowiadająca:

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

$U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m<sup>2</sup>\*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<sup>2</sup>,

$Sd$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień\*K/rok,

Liczbę stopniodni  $Sd$  oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

$t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona

zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,

- $t_e(m)$  - średnia wieloletnia temperatura miesiąca  $m$ , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, °C,
- $L_d(m)$  - 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:

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

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, °C

$A$  - jak we wzorze (3),

$U_c$  - jak we wzorze (3),

**UWAGA:** Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwem 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 ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku płytami warstwowymi z rdzeniem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 376,86 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,154 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 415 [m<sup>2</sup>]

Materiał: płyta warstwowa

U<sub>0</sub> = 0,867 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,037 [W/(m\*K)]

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

Izolacja	ΔR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,351	2,505	0,399	48,04	0,006	103 750,00	4 260,81	24,350
0,06	1,622	2,776	0,360	43,36	0,005	104 310,81	4 615,10	22,602
0,07	1,892	3,046	0,328	39,51	0,005	104 983,78	4 906,52	21,397
0,08	2,162	3,316	0,302	36,29	0,005	105 768,92	5 150,43	20,536
0,09	2,432	3,586	0,279	33,56	0,004	106 666,22	5 357,58	19,909
0,10	2,703	3,857	0,259	31,21	0,004	107 675,68	5 535,70	19,451
0,11	2,973	4,127	0,242	29,16	0,004	108 797,30	5 690,48	19,119
0,12	3,243	4,397	0,227	27,37	0,003	110 031,08	5 826,24	18,885
0,13	3,514	4,667	0,214	25,79	0,003	111 377,03	5 946,28	18,731
0,14	3,784	4,938	0,203	24,37	0,003	112 835,14	6 053,18	18,641
<b>0,15</b>	<b>4,054</b>	<b>5,208</b>	<b>0,192</b>	<b>23,11</b>	<b>0,003</b>	<b>114 405,41</b>	<b>6 148,98</b>	<b>18,606</b>
0,16	4,324	5,478	0,183	21,97	0,003	116 087,84	6 235,33	18,618
0,17	4,595	5,749	0,174	20,94	0,003	117 882,43	6 313,55	18,671
0,18	4,865	6,019	0,166	20,00	0,003	119 789,19	6 384,76	18,762
0,19	5,135	6,289	0,159	19,14	0,002	121 808,11	6 449,84	18,885
0,20	5,405	6,559	0,152	18,35	0,002	123 939,19	6 509,56	19,040
0,21	5,676	6,830	0,146	17,62	0,002	126 182,43	6 564,56	19,222
0,22	5,946	7,100	0,141	16,95	0,002	128 537,84	6 615,36	19,430
0,23	6,216	7,370	0,136	16,33	0,002	131 005,41	6 662,44	19,663
0,24	6,486	7,640	0,131	15,75	0,002	133 585,14	6 706,19	19,920
0,25	6,757	7,911	0,126	15,21	0,002	136 277,03	6 746,95	20,198

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] z poliwęglanu płytami warstwowymi z rdzeniem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	614,00	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 = 0,400$	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 614	[m <sup>2</sup> ]		
Materiał: płyta warstwowa			$U_0 = 2,500$	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
$\lambda =$	0,037	[W/(m*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	1,351	1,751	0,571	111,97	0,014	383 750,00	27 838,20	13,785
0,06	1,622	2,022	0,495	97,00	0,012	384 579,73	28 971,88	13,274
0,07	1,892	2,292	0,436	85,56	0,011	385 575,41	29 838,18	12,922
0,08	2,162	2,562	0,390	76,53	0,010	386 737,03	30 521,72	12,671
0,09	2,432	2,832	0,353	69,23	0,009	388 064,59	31 074,81	12,488
0,10	2,703	3,103	0,322	63,20	0,008	389 558,11	31 531,55	12,355
0,11	2,973	3,373	0,296	58,14	0,007	391 217,57	31 915,09	12,258
0,12	3,243	3,643	0,274	53,82	0,007	393 042,97	32 241,72	12,191
0,13	3,514	3,914	0,256	50,11	0,006	395 034,32	32 523,24	12,146
0,14	3,784	4,184	0,239	46,87	0,006	397 191,62	32 768,39	12,121
0,15	4,054	4,454	0,225	44,03	0,006	399 514,86	32 983,78	12,112
0,16	4,324	4,724	0,212	41,51	0,005	402 004,05	33 174,53	12,118
0,17	4,595	4,995	0,200	39,26	0,005	404 659,19	33 344,64	12,136
0,18	4,865	5,265	0,190	37,25	0,005	407 480,27	33 497,28	12,165
0,19	5,135	5,535	0,181	35,43	0,004	410 467,30	33 635,02	12,204
0,20	5,405	5,805	0,172	33,78	0,004	413 620,27	33 759,93	12,252
0,21	5,676	6,076	0,165	32,28	0,004	416 939,19	33 873,73	12,309
0,22	5,946	6,346	0,158	30,90	0,004	420 424,05	33 977,84	12,373
0,23	6,216	6,616	0,151	29,64	0,004	424 074,86	34 073,44	12,446
0,24	6,486	6,886	0,145	28,47	0,004	427 891,62	34 161,53	12,526
0,25	6,757	7,157	0,140	27,40	0,003	431 874,32	34 242,97	12,612

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

### 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:

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $W/(m^2 * K)$ , przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

$A_{Ok}$  - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji,  $m^2$ ,

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

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

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

gdzie:

$S_d$  - jak we wzorze (4),

$U$  - jak we wzorze (8),

- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),
- $V_{nom}$  - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,  $m^3/h$ ,
- $c_r$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- $c_w$  - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

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

gdzie:

- $t_{w0}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{z0}$  - jak we wzorze (5),
- $A_{Ok}$  - jak we wzorze (8),
- $U$  - jak we wzorze (8),
- $a$  - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określane w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia,  $m^3/(m^*h*daPa^{2/3})$ ,
- $l$  - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

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

$$Q_{0inf}, Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{l_g} [t_{w0} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu naświetli (o powierzchni około  $310 m^2$ ) 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	2,5	1,1	1,0	1564,10	0,035	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	1325,60	0,020	14 284,89	192 200,00	13,45
2	1,1	1,0	1,0	1305,80	0,018	15 484,57	201 500,00	13,01
3	0,9	1,0	1,0	1286,00	0,015	16 684,25	263 500,00	15,79

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na zabudowaniu ściany z poliwęglanu przezroczystymi płytami elewacyjnymi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu płyt elewacyjnych o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1 W/m^2K$ . Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około  $20,95 m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	$c_r$	$c_w$	Q	q	$\Delta O$	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,1	1,0	63,99	0,008	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	32,32	0,004	1 915,66	32 260,54	16,84
2	1,5	1,0	1,0	30,98	0,004	1 996,73	39 697,22	19,88
3	1,3	1,0	1,0	29,65	0,004	2 077,79	43 886,90	21,12

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 pomieszczeniach technicznych i szatniach instalacja wentylacji nie działa prawidłowo. W związku z tym proponuje się zainstalowanie nowej centrali wentylacyjnej, wyposażonej w kompletną instalację nawiewno – wywiewną, złożoną z :

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

W celu oszczędności energii przewidziano dodatkowo zainstalowanie wymiennika krzyżowego o sprawności 67%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej 3 000 m<sup>3</sup>/h. Dodatkowo przewidziano zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnych czujników stężenia dwutlenku węgla.

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	$V_1$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$	Sd	Q	$\Delta Q$
	[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]	-	GJ	GJ
Obecnie	38 552	0,33	12 722	3 696,40	4 063,06	221,46
Docelowo	38 461	0,33	12 029	3 696,40	3 841,60	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

$\Delta Q$	Oszczędność	Szacunkowy nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
221,46	15 000,43	275 000,00	18,33

Z przeprowadzonej analizy wynika, że modernizacja instalacji wentylacji zwróci się w ciągu 13,07 lat.

#### 7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
2	Montaż naświetli w ścianie z poliwęglanu	201 500,00	13,01
3	Modernizacja wentylacji	275 000,00	18,33
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	114 405,41	18,61
5	Wymiana drzwi	39 697,22	19,88

#### 7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
2	Montaż naświetli w ścianie z poliwęglanu	201 500,00	13,01
3	Modernizacja wentylacji	275 000,00	18,33
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	114 405,41	18,61
5	Wymiana drzwi	39 697,22	19,88
	Ogółem	1 030 117,49	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
2	Montaż naświetli w ścianie z poliwęglanu	201 500,00	13,01
3	Modernizacja wentylacji	275 000,00	18,33
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	114 405,41	18,61
	Ogółem	990 420,27	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
2	Montaż naświetli w ścianie z poliwęglanu	201 500,00	13,01
3	Modernizacja wentylacji	275 000,00	18,33
	Ogółem	876 014,86	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
2	Montaż naświetli w ścianie z poliwęglanu	201 500,00	13,01
	Ogółem	601 014,86	

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

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie ścian z poliwęglanu [SZ-3]	399 514,86	12,11
	Ogółem	399 514,86	

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

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień. Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

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

gdzie:

- $N_{CO}$  – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- $\Delta O_{rCO}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

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

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

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{OCO}$  - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- $\eta_0, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- $w_{t0}, w_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- $w_{d0}, w_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,

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

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

$q_{0m}, q_{1m}$  - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,

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

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

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

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 zarówno instalacja c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na 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 istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,5092	0,5092
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględnienia sprawności	GJ/rok	5 535	5 535
3	Ogólna sprawność CO	-	0,7022	0,8026
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	7 883	6 897
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	466 741,18	408 354,79
8	Roczna opłata stała	zł/rok	67 188,61	67 188,61
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	38,94	38,94
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,6400	0,6400
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	60,85	60,85
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	59,21	59,21
13	Koszt ciepła CO	zł	533 929,79	475 543,41
14	Koszt ciepła CWU	zł	3 602,93	3 602,93
15	Koszt ciepła	zł	537 532,72	479 146,34
16	Oszczędność kosztów	zł		58 386,39
17	Szacunkowy koszt modernizacji	zł		1 063 560,93
18	SPBT	lat		18,22

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

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

a) planowane koszty całkowite N, w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji

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

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU			CO+CWU		Oszczędności		
	q <sub>co</sub>	Q <sub>co</sub>	η	w	Q <sub>co</sub> w/η	Oplata CO	q <sub>cwu</sub>	Q <sub>cwu</sub>	Oplata CWU	Q <sub>co+cwu</sub>	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok			
0	0,5092	5 535,31	0,7022	1	7 882,81	533 929,79	0,031	60,85	3 602,93	7 944	537 532,72			
I+A	0,4213	4 613,46	0,8026	1	5 748,14	395 937,63	0,031	60,85	3 602,93	5 809	399 540,56	2 135	26,87	137 992,16
II+A	0,4252	4 644,33	0,8026	1	5 786,61	398 729,45	0,031	60,85	3 602,93	5 847	402 332,38	2 096	26,39	135 200,34
III+A	0,4354	4 725,44	0,8026	1	5 887,66	406 054,38	0,031	60,85	3 602,93	5 949	409 657,31	1 995	25,12	127 875,41
IV+A	0,4354	4 946,69	0,8026	1	6 163,33	422 376,80	0,031	60,85	3 602,93	6 224	425 979,73	1 719	21,65	111 552,99
V+A	0,4685	5 211,00	0,8026	1	6 492,64	446 246,85	0,031	60,85	3 602,93	6 553	449 849,78	1 390	17,50	87 682,94
A	0,5092	5 535,31	0,8026	1	6 896,72	475 543,41	0,031	60,85	3 602,93	6 958	479 146,34	986	12,41	58 386,38

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite <sup>1)</sup> [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana 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	2 093 678,42	137 992,16	26,87	0,00	0,00	418 735,68	334 988,55	275 984,32
2	II+A	2 053 981,20	135 200,34	26,39	0,00	0,00	410 796,24	328 636,99	270 400,68
3	III+A	1 939 575,79	127 875,41	25,12	0,00	0,00	387 915,16	310 332,13	255 750,82
4	IV+A	1 664 575,79	111 552,99	21,65	0,00	0,00	332 915,16	266 332,13	223 105,98
5	V+A	1 463 075,79	87 682,94	17,50	0,00	0,00	292 615,16	234 092,13	175 365,88
6	A	1 063 560,93	58 386,38	12,41	0,00	0,00	212 712,19	170 169,75	116 772,76

1) Podana kwota jest wielkością szacunkową

2) W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

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

Według tego wariantu należy wykonać:

### 1. Ocieplenie ścian zewnętrznych szczytowych.

W ramach przedsięwzięcia proponuje się obudować ściany szczytowe o powierzchni około 1 339 m<sup>2</sup> płytami warstwowymi z rdzeniem z wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,037$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. W celu zapewnienia doświetlenia obiektu należy w części ścian zamontować przezroczyste płyty elewacyjne o powierzchni około 310 m<sup>2</sup>. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,192 W/m<sup>2</sup>\*K dla ściany murowanej, 0,225 W/m<sup>2</sup>K dla ściany z poliwęglanu oraz 1,1 W/m<sup>2</sup>K dla naświetli. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne, np. prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

### 2. Wymianę drzwi o powierzchni około 20,95 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5$ W/m<sup>2</sup>K zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

### 3. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:

- montaż centrali wentylacyjnej o wydajności około 3 000 m<sup>3</sup>, wyposażonej w kompletne instalacje nawiewno – wywiewne,
- montaż wymiennika krzyżowego, w celu odzysku ciepła,
- zainstalowanie w kanałach wentylacji wywiewnej czujek stężenia CO<sub>2</sub>,

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

4. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz źródła ciepła poprzez:
- wymianę przewodów rurowych stalowych na przewody z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
  - wymianę istniejących rur grzejnych na grzejniki płytowe,
  - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
  - montaż automatycznych odpowietrzników,
  - regulację instalacji grzewczej,
  - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

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

1	<b>Całkowity szacunkowy koszt robót</b>	2 093 678,42 zł
2	<b>Przewidywana premia termomodernizacyjna</b>	275 984,32 zł
3	<b>Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji</b>	137 992,16 zł
4	<b>Czas zwrotu nakładów SPBT</b>	15,17 lat

*Bllososte*

*mgr inż. Barbara Kosowska*

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata 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 opłata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem opłata 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	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	$m^2K/W$	$[W/m^2K]$
<b>Dach</b>	Blacha	0,5	0,005	59	0,000	0,230
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,160	
	Wełna mineralna	15,0	0,150	0,042	3,571	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,16	0,156	
	$R$				4,204	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				4,344	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1]</b>	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,867
	Mur z gazobetonu	36,0	0,360	0,380	0,947	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	$R$				0,984	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				1,154	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2]</b>	Płyta warstwowa	10,0	0,100	0,025	4,000	0,240
	$R$				4,000	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				4,170	
<b>Podłoga na gruncie</b>	Kleпка dębowa	2,5	0,025	1,050	0,024	0,453
	Pustka powietrzna	3,0	0,03		0,190	
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	$R$				0,753	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	$R_T$				2,207	
<b>Okna nowe</b>				$U_0$	Wsp.	$U$
				$[W/m^2K]$	-	$[W/m^2K]$
<b>Okna stare</b>				1,500	1,0	1,500
<b>Ściana z poliwęglanu [SZ-3]</b>				2,600	1,2	3,120
<b>Drzwi wejściowe nowe</b>				2,500	1,0	2,500
<b>Drzwi wejściowe stare</b>				1,700	1,0	1,700
				5,100	1,2	6,120



Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
<b>Dach</b>	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,230
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	10,0	0,100		0,160	
	Włna mineralna	15,0	0,150	0,042	3,571	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	$R$				4,204	
	$R_{si}$				0,100	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				4,344	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-1]</b>	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,192
	Mur z gazobetonu	36,0	0,36	0,380	0,947	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Płyta warstwowa	15,0	0,15	0,037	4,054	
	$R$				5,038	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				5,208	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-2]</b>	Płyta warstwowa	10,0	0,1	0,025	4,000	0,240
	$R$				4,000	
	$R_{si}$				0,130	
	$R_{se}$				0,040	
	$R_T$				4,170	
<b>Ściana zewnętrzna [SZ-3]</b>	Płyta warstwowa	15,0	0,15	0,037	4,054	0,225
	Ściana z poliwęglanu				0,400	
	$R_T$				4,454	
<b>Podłoga na gruncie</b>	Kleпка dębowa	2,5	0,025	1,050	0,024	0,453
	Pustka powietrzna	3,0	0,03		0,190	
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Beton	10,0	0,1	1,300	0,077	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	$R$				0,753	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	$R_T$				2,207	
<b>Okna nowe</b>				$U_0$	Wsp.	$U$
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,5	1,000	1,500
<b>Naświetla</b>				1,1	1,000	1,100
<b>Drzwi wejściowe wymienione</b>				1,5	1,000	1,500
<b>Drzwi wejściowe</b>				1,7	1,000	1,700

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

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana $V_{ve}$	[m <sup>3</sup> ]	38 552		
Przyjęto 1 wymianę na godzinę	[h]	1		
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m <sup>3</sup> /h]	38 552		
Współczynniki korekcyjne	$c_r$	-	1,0	1,0
	$c_w$	-	1,0	1,0
	$c_m$	-	1,0	1,0
Strumień powietrza wentylacji	[m <sup>3</sup> /h]	38 552	38 552	
Skuteczność odzysku ciepła	[%]	-	67,0	
Strumień powietrza wentylacji	[m <sup>3</sup> /h]	38 552	35 461	
Strumień powietrza wentylacji z odzyskiem ciepła	[m <sup>3</sup> /h]	-	3 000	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	12 722	12 029	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	1,00	0,92	

#### 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		38 552	0,5			19 276,0

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	4 527	4,7	21 277

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

Przeграда	A	U	$b_u$	$H_t$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]			
Dach	4 524,04	0,230	1,0	1 041	40	41,66	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	376,86	0,867	1,0	327		13,06	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	911,26	0,240	1,0	219		8,74	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	924,00	2,500	1,0	2 310		92,40	
Okna	122,16	1,500	1,0	183		7,33	
Okna stare	4,58	3,120	1,0	14		0,57	
Drzwi wejściowe	13,44	1,700	1,0	23		0,91	
Drzwi wejściowe stare	20,95	6,120	1,0	128		5,13	
Podłoga na gruncie	4096,63	0,453	1,0	1 856		74,24	
Mostki liniowe	l	$\psi$	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	294,76	0,050	1,0	15		0,59	
nadproża	142,40	0,200	1,0	28		1,14	
podokien	142,40	0,220	1,0	31		1,25	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				6 176		247,03	
Wentylacja		$V_l$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		19 276	0,34	6554		262,15	
<b>OGÓLEM</b>						<b>509,18</b>	

### Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przeграда	A	U	$b_u$	$H_{tr}$	$\Delta\Theta$ [°C]	$\Phi$ [kW]	
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]			
Dach	4524,04	0,230	1,0	1 041	40	41,66	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	376,86	0,192	1,0	72		2,89	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	911,26	0,240	1,0	219		8,74	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	614,00	0,225	1,0	138		5,51	
Okna nowe	122,16	1,500	1,0	183		7,33	
Naświetla	310,00	1,100	1,0	341		13,64	
Drzwi wejściowe	13,44	1,700	1,0	23		0,91	
Drzwi wejściowe wymienione	20,95	1,500	1,0	31		1,26	
Podłoga na gruncie	4096,63	0,453	1,0	1 856		74,24	
Mostki liniowe	l	$\psi$	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	294,76	0,050	1,0	15		0,59	
nadproża	142,40	0,200	1,0	28		1,14	
podokien	142,40	0,220	1,0	31		1,25	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				3 979		159,17	
Wentylacja		$V_l$	$\rho \cdot c_p$	$H_v$			
		[m <sup>3</sup> /h]	[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]			
		19 276	0,34	6554		262,15	
<b>OGÓLEM</b>						<b>421,32</b>	

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	4,58	3,20	0,75	168	186	406	612	748	497	308	161	136	3 221
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	4,58	3,20		168	186	406	612	748	497	308	161	136	3 221
Okna nowe													
S	7,59	5,31	0,67	597	559	1 108	1 197	1 516	1 006	832	389	297	7 501
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	57,29	40,10	0,67	2 127	2 470	5 458	7 895	10 685	6 452	4 229	1 979	1 548	42 842
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	57,29	40,10	0,67	2 190	2 536	6 171	8 483	11 689	6 273	4 079	1 971	1 585	44 977
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	122,16	85,51		4 914	5 564	12 737	17 575	23 889	13 731	9 140	4 339	3 431	95 319
OGÓLEM	126,73	88,71		5 081	5 750	13 143	18 187	24 637	14 228	9 448	4 500	3 566	98 540

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	przep.										
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	7,59	5,31	0,67	597	559	1 108	1 197	1 516	1 006	832	389	297	7 501
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	57,29	40,10	0,67	2 127	2 470	5 458	7 895	10 685	6 452	4 229	1 979	1 548	42 842
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	4,58	3,20	0,67	150	166	362	546	668	444	276	144	121	2 877
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	57,29	40,10	0,67	2 190	2 536	6 171	8 483	11 689	6 273	4 079	1 971	1 585	44 977
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	126,73	88,71		5 064	5 731	13 099	18 121	24 557	14 175	9 415	4 483	3 552	98 197
OGÓLEM	126,73	88,71		5 064	5 731	13 099	18 121	24 557	14 175	9 415	4 483	3 552	98 197

## 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
Srednia temp. miesiaca	[°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 miesiaku		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	$H_{tr}, H_{ve}$										
Dach	[MJ]	58 577	52 909	46 583	33 473	2 924	3 194	37 378	43 731	53 835	332 605
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	18 369	16 591	14 608	10 497	917	1 002	11 721	13 713	16 882	104 299
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	12 291	11 102	9 775	7 024	614	670	7 843	9 176	11 296	69 791
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	129 929	117 355	103 325	74 245	6 486	7 085	82 907	96 998	119 411	737 742
Okna	[MJ]	10 307	9 309	8 196	5 889	515	562	6 577	7 694	9 472	58 521
Okna stare	[MJ]	803	725	638	459	40	44	512	599	738	4 559
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 285	1 161	1 022	734	64	70	820	959	1 181	7 297
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	7 211	6 513	5 734	4 121	360	393	4 601	5 383	6 627	40 944
Mostki liniowe	[MJ]	4 193	3 787	3 334	2 396	209	229	2 675	3 130	3 854	23 808
Podłoga na gruncie	[MJ]	104 395	94 292	83 019	59 654	5 212	5 693	66 614	77 935	95 944	592 757
Straty przez przegrody	[MJ]	347 360	313 745	276 234	198 492	17 341	18 942	221 649	259 320	319 241	1 972 323
Wentylacja	[MJ]	715 576	646 326	569 053	408 900	35 724	39 021	456 605	534 209	657 648	4 063 063
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	1 062 936	960 071	845 287	607 392	53 065	57 963	678 254	793 528	976 889	6 035 386
Zyski słoneczne	[MJ]	5 081	5 750	13 143	18 187	24 637	14 228	9 448	4 500	3 566	98 540
Zyski wewnętrzne	[MJ]	56 988	51 473	56 988	55 150	9 192	9 192	56 988	55 150	56 988	408 108
Razem zyski	[MJ]	62 069	57 223	70 131	73 336	33 829	23 419	66 436	59 650	60 554	506 648
Stosunek zysków do przenoszenia		0,0584	0,0596	0,0830	0,1207	0,6375	0,4040	0,0980	0,0752	0,0620	0,0839
Typ budynku		bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	4 527									
Pojemność cieplna	[J/K]	1 674 990 000									
Staża czasowa	[h]	25									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Staża czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny $a_H$		2,64									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,64									
$\eta$		0,9995	0,9995	0,9987	0,9967	0,8630	0,9435	0,9980	0,9990	0,9994	
Zyski ciepła	[MJ]	62 037	57 192	70 041	73 094	29 196	22 096	66 306	59 591	60 518	500 071
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	1 000 899	902 879	775 246	534 298	23 869	35 867	611 948	733 938	916 371	5 535 315

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. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Dach	[MJ]	58 577	52 909	46 583	33 473	2 924	3 194	37 378	43 731	53 835	332 605
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	4 070	3 676	3 237	2 326	203	222	2 597	3 038	3 741	23 110
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	12 291	11 102	9 775	7 024	614	670	7 843	9 176	11 296	69 791
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	7 754	7 003	6 166	4 431	387	423	4 948	5 788	7 126	44 026
Okna	[MJ]	10 307	9 309	8 196	5 889	515	562	6 577	7 694	9 472	58 521
Naświetla	[MJ]	19 180	17 324	15 253	10 960	958	1 046	12 239	14 319	17 627	108 905
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 285	1 161	1 022	734	64	70	820	959	1 181	7 297
Mostki liniowe	[MJ]	4 193	3 787	3 334	2 396	209	229	2 675	3 130	3 854	23 808
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	1 767	1 596	1 406	1 010	88	96	1 128	1 319	1 624	10 035
Podłoga na gruncie	[MJ]	104 395	94 292	83 019	59 654	5 212	5 693	66 614	77 935	95 944	592 757
Straty przez przeogrody	[MJ]	223 819	202 159	177 990	127 897	11 174	12 205	142 818	167 091	205 701	1 270 854
Wentylacja	[MJ]	676 572	611 098	538 036	386 613	33 777	36 894	431 718	505 091	621 802	3 841 600
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	900 392	813 257	716 026	514 510	44 950	49 100	574 536	672 182	827 503	5 112 454
Zyski słoneczne	[MJ]	5 064	5 731	13 099	18 121	24 557	14 175	9 415	4 483	3 552	98 197
Zyski wewnętrzne	[MJ]	56 988	51 473	56 988	55 150	9 192	9 192	56 988	55 150	56 988	408 108
Razem zyski	[MJ]	62 052	57 204	70 087	73 271	33 749	23 366	66 403	59 633	60 540	506 305
Stosunek zysków do przenoszenia		0,0689	0,0703	0,0979	0,1424	0,7508	0,4759	0,1156	0,0887	0,0732	0,0990
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	4 527									
Pojemność ciepłota	[J/K]	1 674 990 000									
Stała czasowa	[h]	29									
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>		2,94									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		3,94									
η		0,9996	0,9996	0,9990	0,9972	0,8413	0,9375	0,9984	0,9993	0,9996	0,9996
Zyski ciepła	[MJ]	62 029	57 182	70 019	73 066	28 393	21 905	66 299	59 589	60 514	498 996
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	838 362	756 075	646 007	441 443	16 558	27 194	508 236	612 593	766 989	4 613 458

### Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,70	
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	$\eta_g$	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,80	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	1,00	praca ciągła



Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	Obecne	Docelowe
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/dm}^3$	1	1
Powierzchnia pomieszczeń $A_f$	$\text{m}^2$	4 527	4 527
Liczba użytkowników	osoba	357	357
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,25	0,25
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,5	0,5
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	10 817,8	10 817,8
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	38,9	38,9
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,700	0,700
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,640	0,640
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	16 902,8	16 902,8
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	60,9	60,9
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,595	0,595
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,221	2,221
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,190	0,190
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	69,92	69,92
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	31,5	31,5
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	3,7	3,7

## Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 62 sztuk opraw o mocy 72 W, 57 sztuk o mocy 36 W, żarowe w ilości 61 sztuk opraw o mocy 40 W i metalowo-halogenowe w ilości 12 sztuk opraw o mocy 1000 W i 64 sztuki o mocy 400W.

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

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

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

gdzie:

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

*A<sub>f</sub>* - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m<sup>2</sup>].

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

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

gdzie:

*P<sub>N</sub>* - jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w analizowanych pomieszczeniach [W/m],

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

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	1000	12	12 000
	400	64	25 600
	72	62	4 464
	40	61	2 440
	36	57	2 052
po modernizacji	700	12	8 400
	300	64	19 200
	45	62	2 790
	25	61	1 525
	18	57	1 026

Powierzchnia użytkowa $A_f$	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych $P_{recz}$	Moc jednostkowa $P_N$		Czas użytkowania oświetlenia $t$
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m <sup>2</sup> ]	[W]	[W/m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> ]	[h/rok]
4 527	46 556	10,3	7,3	2 000

	Jednostka	po modernizacji	po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m <sup>2</sup> rok	20,57	14,55
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	93 112,00	65 882,00
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,85	0,85
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	79 145,20	55 999,70
Oszczędność energii elektrycznej <sup>1)</sup>	zł/kWh	27 230,00	
	%	29,24	
Oszczędność kosztów	zł/rok	23 145,50	
Szacunkowe nakłady inwestycyjne <sup>1), 2)</sup>	zł	430 065,00	
SPBT	lata	18,58	

1) do obliczeń oszczędności energii elektrycznej oraz nakładów inwestycyjnych przyjęto oprawy LEDowe.

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

## Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.o., modernizacja wentylacji, wymiana oświetlenia wewnętrznego, montaż systemu zarządzania energią).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

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

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
<b>Energia końcowa:</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	7 943,66	2 206 572,22	2 206,57
zużycie po modernizacji	5 808,99	1 613 608,33	1 613,61
oszczędność	2 134,67	592 963,89	592,96
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	335,20	93 112,00	93,11
zużycie po modernizacji	237,18	65 882,00	65,88
oszczędność	98,03	27 230,00	27,23
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	8 278,86	2 299 684,22	2 299,68
zużycie po modernizacji	6 046,17	1 679 490,33	1 679,49
oszczędność	<b>2 232,70</b>	<b>620 193,89</b>	<b>620,19</b>
oszczędność %	<b>26,97</b>		
<b>Energia pierwotna</b>			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	10 326,76	2 868 543,89	2 868,54
zużycie po modernizacji	7 551,69	2 097 690,83	2 097,69
oszczędność	2 775,07	770 853,06	770,85
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	1 005,61	279 336,00	279,34
zużycie po modernizacji	711,53	197 646,00	197,65
oszczędność	294,08	81 690,00	81,69
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	11 332,37	3 147 879,89	3 147,88
zużycie po modernizacji	8 263,21	2 295 336,83	2 295,34
oszczędność	<b>3 069,16</b>	<b>852 543,06</b>	<b>852,54</b>
oszczędność %	<b>27,08</b>		

## Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

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

	Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub>									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO <sub>2</sub>	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO <sub>2</sub>	emisja CO <sub>2</sub>	
	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	7 943,66	-	94,96	754,33	5 808,99	-	94,96	551,62		
energia elektryczna	-	93,11	0,832	77,47	-	65,88	0,812	53,49		
				<b>831,80</b>				<b>605,12</b>	<b>226,68</b>	<b>27,25</b>

## Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- obróbki blacharskie,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- demontaż i utylizację starych futryn i drzwi,
- obróbkę nowych drzwi,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.

Koszt niezbędnych robót towarzyszących szacuje się na 1 710 143,00 zł.

