

☎ (22) 786 - 38 - 70

**Tytuł opracowania: AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU SZKOŁY PODSTAWOWEJ  
W SZERSZENIACH**

### Szerszenie 38

## 17- 300 SIEMIATYCZE

**Zamawiający: Gmina Siemiatycze**

**ul. Tadeusza Kościuszki 35**

## 17-300 Siemiatycze

**Termin zakończenia pracy: listopad 2016 roku**

**Wykonawca:**

**Franciszek Radomyski**  
**ul. Nadarzyn 2a**  
**05-230 Kobyłka**

<b>KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ</b>		<b>Data wykonania</b>	
		<b>2016-11-28</b>	
<b>Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej</b>			
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:		<b>Termomodernizacja budynku</b>	
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):		<b>Termomodernizacja budynku, wymiana źródła ciepła i instalacji centralnego ogrzewania oraz montaż systemu zarządzania energią.</b>	
Dane podmiotu lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL albo nazwa), u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej lub przedsięwzięcie takie zostało zrealizowane:		<b>Gmina Siemiatycze ul Tadeusza Kościuszki 38 17-300 Siemiatycze</b>	
Data rozpoczęcia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej albo planowana data rozpoczęcia tego przedsięwzięcia*:	Planowana data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej*:	Data zakończenia przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**:	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:
<b>III kwartał 2017</b>	<b>III kwartał 2017</b>		<b>15 lat</b>
<b>Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (na podstawie audytu efektywności energetycznej)</b>			
Średnioroczna oszczędność energii finalnej:	<b>1 269,42</b>	[GJ/rok]	<b>30,32</b> [toe/rok]
Średnioroczna oszczędność energii pierwotnej:	<b>1 852,98</b>	[GJ/rok]	<b>44,26</b> [toe/rok]
Szacowana wielkość redukcji emisji CO <sub>2</sub> ***:	<b>133,46</b>		[ton/rok]
<b>Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej</b>			
Imię i nazwisko: Franciszek Radomyski			
Nr uprawnień: nie dotyczy			
Nr telefonu: 604 285 478			
Podpis: 			

## 1. Spis treści.

1. Spis treści .....	2
2. Podstawa opracowania .....	3
2.1 Cel i zakres opracowania .....	3
2.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.....	3
2.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .....	4
2.4 Metodologia sporządzenia audytu .....	5
3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku .....	6
4. Ocena stanu technicznego budynku .....	9
4.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.....	9
4.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania. ....	10
4.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. ....	10
4.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. ....	10
5. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. ...	11
6. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego .....	11
6.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło .....	11
6.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.....	12
6.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. ....	19
6.4 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. ....	24
7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej .....	28
7.1. Opis techniczny usprawnień.....	28
7.2. Obliczenie oszczędności energetycznych i efektów ekologicznych. ....	29
7.2.1. Projektowana strata ciepła .....	30
7.2.2. Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....	32
7.2.3. Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....	33
7.2.4. Obliczenie zużycia energii finalnej.....	34
7.2.5. Obliczenie zużycia energii pierwotnej. ....	34
7.2.5. Obliczenie efektu ekologicznego.....	35
7.2.6. Podsumowanie.....	36
ZALĄCZNIKI .....	38
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....	38
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją .....	39
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.....	41
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....	42
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. ....	43
Z-6 Zyski ciepła bytowego. ....	43
Z-7 Zyski ciepła od nasłonecznienia przed modernizacją. ....	44
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia po modernizacji.....	45
Z-9 Sprawności systemu grzewczego.....	46
Z-10 Ciepła woda użytkowa. ....	47

## **2. Podstawa opracowania.**

### **2.1 Cel i zakres opracowania.**

Celem opracowania jest określenie możliwości oszczędności energii, przeliczalnej na zmniejszenie zużycia energii pierwotnej w wyniku kompleksowej modernizacji energetycznej budynku Szkoły Podstawowej w Szerszeniach, gmina Siemiatycze.

### **2.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.**

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/ WE i 2010/30/WE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE,
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej,
3. Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. Nr 94, poz.551),
4. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. z 27.08.2012, poz. 962),
6. 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),
7. 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. Nr 43, poz. 1606),
8. 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),

9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6.11.2008 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 (Dz. U. nr 201, poz. 1240),
10. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”,
11. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
12. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
13. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków.
14. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
15. Normy związane.
16. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002,
17. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005,
18. Inwentaryzacja techniczna budynku.
19. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
20. Program komputerowy AUDYT wersja 6.0.
21. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.
22. Kosztorys inwestorki

### **2.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecniodawcy) .**

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Audyt energetyczny zostanie sporządzony w celu uzyskania dofinansowania w ramach „**Osi Priorytetowej V. Gospodarka niskoemisyjna Działania 5.3 Efektywność energetyczna w sektorze mieszkaniowym i budynkach użyteczności publicznej Poddziałania 5.3.1 Efektywność energetyczna w budynkach publicznych w tym budownictwo komunalne**”.

## 2.4 Metodologia sporządzenia audytu .

Zgodnie z zapisami Regulaminu Konkursu audyt energetyczny powinien być sporządzony zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/WE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.

Z uwagi na to, że Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/WE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE nie została dotychczas w Polsce wdrożona i brak jest polskich przepisów umożliwiających wykonanie audytu energetycznego bazującego na analizie kosztowej cyklu życia (life-cycle cost analysis – LCCA), audyt energetyczny został opracowany w oparciu o metodę SPBT (Simple Pay Back Time), która jest zapisana w Ustawie o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz Rozporządzeniu wykonawczym do w/w Ustawy.

Z uwagi na brak systemu zarządzania energią w obiekcie i możliwości pomiaru aktualnie zużywanych nośników energii cieplnej, w audycie przeanalizowano oszczędność zużycia energii pierwotnej metodą bilansu energetycznego w oparciu o obowiązujące w Polsce: Ustawę z dnia 15 kwietnia 2011r. o efektywności energetycznej oraz Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej, wzoru karty audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii, wdrażających w Polsce Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.

Zużycie energii elektrycznej obliczono na podstawie faktur za 2014 rok zestawionych w Załączniku 1.

### 3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1968
Adres budynku	Szerszenie 38, 17-300 Siemiatycze	Właściciel	Gmina Siemiatycze, ul. Tadeusza Kościuszki 35, 17-300 Siemiatycze
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	5 829	0	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	1 231	0	
Współczynnik kształtu	0,484		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	3,2	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	94	-	
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]
Stropodach wentylowany		654,54	0,706
Stropodach niewentylowany		105,06	0,605
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		881,13	1,428
Ściana zewnętrzna [SG-1]		147,70	0,691
Okna nowe	S	92,88	1,300
	SW	0,00	1,300
	W	8,76	1,300
	NW	0,00	1,300
	N	101,48	1,300
	NE	0,00	1,300
	E	21,18	1,300
	SE	0,00	1,300

Przegroda	Polozenie	Pow. netto	U
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
Okna stare	S	8,10	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	2,16	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	4,13	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	17,55	3,120
	SE	0,00	3,120
Drzwi wejściowe		14,92	1,700
Drzwi wejściowe stare		1,80	3,000
Podłoga na gruncie		565,85	0,160
Podłoga na gruncie piwnica		193,75	0,173
4.4 Charakterystyka energetyczna budynku			
Moc cieplna zamówiona na ogrzewanie	kW	138,66	
Moc cieplna zamówiona na przygotowanie cwu	kW	3,32	
Roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie	GJ/rok	1 776,77	
Roczne zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie cwu	GJ/rok	28,79	
Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie cwu	GJ/rok	1 803	
Wskaźnik E według Polskiej Normy	kWh/(m <sup>3</sup> rok)	245,41	
4.4.1 Oplaty jednostkowe			
Energia cieplna - opłata stała za moc zamówioną	zł/(MW*m-c)	-	
Energia cieplna - opłata stała za przesył	zł/(MW*m-c)	-	
Energia cieplna - opłata zmienna	zł/GJ	-	
Energia cieplna - abonament	zł/m-c	-	
Energia cieplna - CO (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	11,42	
Energia cieplna - CWU (obliczone)	zł/osobę/mies.	4,45	
Energia cieplna - CWU (obliczone)	zł/(m <sup>2</sup> *m-c)	0,34	
Energia cieplna - technologia	zł/GJ	-	
Gaz - opłata zmienna	zł/m <sup>3</sup>	-	
Gaz - opłata stała za przesył	zł/m-c	-	
Gaz - opłata zmienna za przesył	zł/m <sup>3</sup>	-	
Gaz - abonament (netto)	zł/m-c	-	
Energia elektryczna - za energię czynną (netto)	zł/kWh	-	
Energia elektryczna - składnik jakościowy (netto)	zł/kWh	-	
Energia elektryczna - opłata sieciowa (netto)	zł/kWh	-	



Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość
Energia elektryczna - opłata przejściowa (netto)	zł/(m-c)	-
Energia elektryczna - opłata stała za przesył (netto)	zł/(m-c)	-
Energia elektryczna - opłata abonamentowa (netto)	zł/(m-c)	-
Gaz płynny	zł/Mg	-
Olej opałowy	zł/Mg	4 116
Węgiel	zł/Mg	-
Koks	zł/Mg	-
Woda	zł/m <sup>3</sup>	-
Opłata za emisję zanieczyszczeń	zł/rok	-
4.4.2 Koszt energii		
Całkowity koszt energii na potrzeby CO	zł/rok	168 790,24
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CO	zł/GJ	95,00
Całkowity koszt energii na potrzeby CWU	zł/rok	5 016,66
Jednostkowy koszt energii na potrzeby CWU	zł/osobę/mies.	4,45
4.5 Charakterystyka systemu ogrzewania		
Rodzaj instalacji	pompowy z rozdziałem dolnym	
Sprawność wytwarzania	0,75	
Sprawność przesyłania	0,96	
Sprawność regulacji i wykorzystania	0,75	
Sprawność akumulacji	1,00	
4.6 Charakterystyka instalacji ciepłej wody użytkowej		
Rodzaj instalacji	podgrzewacze elektryczne	
Opomiarowanie	brak	
Izolacja pionów	-	
4.7 Charakterystyka wentylacji		
Rodzaj i typ wentylacji	naturalna	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	3 726	
4.8 Charakterystyka węzła cieplnego lub lokalnego źródła ciepła		
Typ wymienników (kotłów)	kocioł opalany olejem opałowym lekkim	

## **4. Ocena stanu technicznego budynku**

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

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej zlokalizowany w Szerszeniach w gminie Siemiatycze. Budynek wybudowany w 1968 roku, jest częściowo podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej, murowanej. Ściany zewnętrzne budynku wykonane z cegły pełnej o grubości 38 cm, nieocieplone. Nad częścią budynku zastosowano stropodach pełny, ocieplony wełną mineralną grubości 5 cm, natomiast nad resztą budynku stropodach wentylowany, ocieplony wełną mineralną grubości 5 cm. Stropodachy pokryto papą.

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 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla przegród nieprzezroczystych od 1 stycznia 2021r nie może być większa niż:

- dla dachów, stropodachów  $- 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- dla ścian zewnętrznych  $- 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- dla podłogi na gruncie  $- 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodachy  $- 0,605; 0,706 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- ściany zewnętrzne  $- 1,428 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- podłoga na gruncie  $- 0,173 \text{ W/m}^2\text{K}$

są więc większe od wymaganych (z wyjątkiem podłogi na gruncie) i powinny zostać ocieplone.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej  $2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ , w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ściany w gruncie na głębokość jednego metra.

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

- okna i drzwi balkonowe  $- 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$
- drzwi  $- 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Pozostała drewniana stolarka okienna o współczynniku przenikania ciepła równym  $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  jest w złym stanie technicznym, dlatego

w obliczeniach zastosowano współczynniki zwiększające równe 1,2 i w opracowaniu przeanalizowano jej wymianę.

W ramach prac termomodernizacyjnych część starej stolarki drzwiowej wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła  $1,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ . Pozostała drewniana stolarka drzwiowa o współczynniku przenikania równym  $2,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  jest w złym stanie technicznym, dlatego w obliczeniach zastosowano współczynniki zwiększające równe 1,2.

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

Źródłem ciepła dla budynku jest kocioł olejowy. Zainstalowany kocioł o mocy 115 kW (1998 r.), na skutek wieloletniej eksploatacji jest w złym stanie technicznym, dlatego w ramach opracowania przeanalizowano jego wymianę. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej  $90/70^\circ\text{C}$  z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest zły, dlatego w ramach modernizacji systemu grzejnego przewidziano jej wymianę, izolację oraz montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z elektrycznych podgrzewaczy przepływowych, bezpośrednio przy punktach poboru. Przyjęte rozwiązania są prawidłowe technicznie, dlatego wymiana instalacji c.w.u. nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

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

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną. Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego dla wentylacji grawitacyjnej jest zgodny z normą.

Modernizacja wentylacji grawitacyjnej mająca na celu obniżenie zużycia ciepła na podgrzewanie świeżego powietrza może być rozwiązana jedynie poprzez zastosowanie wentylacji wymuszonej oraz:

- poprzez zastosowanie recyrkulacji powietrza,
- poprzez zainstalowanie rekuperatorów.

W obu rozwiązaniach zachodzi konieczność zamontowania kanałów nawiewnych i wywiewnych, oraz pomieszczeń dla zainstalowania nagrzewnic i wentylatorów. Ponieważ Inwestor nie wyraża zgody na taką inwestycję dla całego budynku (brak miejsca, konieczność wykonania znacznych prac budowlano-montażowych) w opracowaniu nie będzie analizowana wymiana instalacji wentylacji.

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

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

- ocieplenie stropodachu wentylacyjnego,
- ocieplenie stropodachu pełnego,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymiana starej stolarki okiennej,
- wymiana starej stolarki drzwiowej,
- wymiana źródła ciepła oraz instalacji centralnego ogrzewania wraz z montażem nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi,
- montaż systemu zarządzania energią.

## **6. 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.

### **6.1 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 stropodachów. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Ocieplenie ścian poniżej gruntu. Wymiana okien. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana źródła ciepła.

## 6.2 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 usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadającego na poszczególne 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 ze wzoru:

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

gdzie:

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

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się ze wzoru:

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

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.

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

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

gdzie:

- $t_{wo}$  - jak we wzorze (4),
- $t_{zo}$  - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C
- $A$  - jak we wzorze (3),
- $U_c$  - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-2,1	-1,9	0,2	7,2	14,0	12,4	7,9	3,5	-1,6
$L_d(m)$	31	28	31	30	10	10	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 22,0^{\circ}\text{C}$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

## Usprawnienia dotyczące stropodachu wentylowanego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa = 654,54 [m<sup>2</sup>]  $R_0 = 1,416$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = 654,54 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian

$U_0 = 0,706$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda = 0,044$  [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2016 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	1,136	2,553	0,392	87,99	0,011	52 363,20	6 705,70	7,809
0,06	1,364	2,780	0,360	80,79	0,010	53 115,92	7 389,02	7,188
0,07	1,591	3,007	0,333	74,69	0,009	53 868,64	7 969,05	6,760
0,08	1,818	3,235	0,309	69,44	0,008	54 621,36	8 467,58	6,451
0,09	2,045	3,462	0,289	64,88	0,008	55 374,08	8 900,64	6,221
0,10	2,273	3,689	0,271	60,88	0,007	56 126,81	9 280,36	6,048
0,11	2,500	3,916	0,255	57,35	0,007	56 879,53	9 616,00	5,915
0,12	2,727	4,144	0,241	54,21	0,007	57 632,25	9 914,82	5,813
0,13	2,955	4,371	0,229	51,39	0,006	58 384,97	10 182,57	5,734
0,14	3,182	4,598	0,217	48,85	0,006	59 137,69	10 423,85	5,673
0,15	3,409	4,826	0,207	46,55	0,006	59 890,41	10 642,40	5,628
0,16	3,636	5,053	0,198	44,45	0,005	60 643,13	10 841,30	5,594
0,17	3,864	5,280	0,189	42,54	0,005	61 395,85	11 023,07	5,570
0,18	4,091	5,507	0,182	40,78	0,005	62 148,57	11 189,84	5,554
0,19	4,318	5,735	0,174	39,17	0,005	62 901,29	11 343,39	5,545
0,20	4,545	5,962	0,168	37,67	0,005	63 601,65	11 485,23	5,538
0,21	4,773	6,189	0,162	36,29	0,004	64 406,74	11 616,66	5,544
0,22	5,000	6,416	0,156	35,01	0,004	65 159,46	11 738,77	5,551
0,23	5,227	6,644	0,151	33,81	0,004	65 912,18	11 852,53	5,561
0,24	5,455	6,871	0,146	32,69	0,004	66 664,90	11 958,77	5,575
0,25	5,682	7,098	0,141	31,64	0,004	67 417,62	12 058,20	5,591

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20cm. Zgodnie z Warunkami technicznymi jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie „Wartość współczynnika przenikania ciepła dla stropodachów po termorenowacji od 1 stycznia 2021r nie może być większa niż 0,15 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]”. Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 24 cm i tą wartość przyjmuje się do dalszej analizy.



## Usprawnienia dotyczące stropodachu pełnego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	105,06	[m <sup>2</sup> ]	$R_0 =$	1,652	[(m <sup>2</sup> *K)/W]
Pow. ocieplenia =	105,06	[m <sup>2</sup> ]			
Materiał: styropapą			$U_0 =$	0,605	[W/(m <sup>2</sup> *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]			

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2016 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	$U$	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta K_{ogrz}$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,902	0,345	12,42	0,002	18 385,50	893,00	20,589
0,06	1,500	3,152	0,317	11,44	0,001	18 826,75	986,60	19,082
0,07	1,750	3,402	0,294	10,60	0,001	19 268,00	1 066,45	18,067
0,08	2,000	3,652	0,274	9,87	0,001	19 709,26	1 135,37	17,359
0,09	2,250	3,902	0,256	9,24	0,001	20 150,51	1 195,45	16,856
0,10	2,500	4,152	0,241	8,68	0,001	20 591,76	1 248,30	16,496
0,11	2,750	4,402	0,227	8,19	0,001	21 033,01	1 295,15	16,240
0,12	3,000	4,652	0,215	7,75	0,001	21 474,26	1 336,96	16,062
0,13	3,250	4,902	0,204	7,35	0,001	21 915,52	1 374,51	15,944
0,14	3,500	5,152	0,194	7,00	0,001	22 356,77	1 408,41	15,874
0,15	3,750	5,402	0,185	6,67	0,001	22 850,55	1 439,18	15,877
0,16	4,000	5,652	0,177	6,38	0,001	23 260,28	1 467,22	15,853
0,17	4,250	5,902	0,169	6,11	0,001	23 701,54	1 492,89	15,876
0,18	4,500	6,152	0,163	5,86	0,001	24 142,79	1 516,47	15,920
0,19	4,750	6,402	0,156	5,63	0,001	24 584,04	1 538,21	15,982
0,20	5,000	6,652	0,150	5,42	0,001	25 025,29	1 558,32	16,059
0,21	5,250	6,902	0,145	5,22	0,001	25 466,54	1 576,97	16,149
0,22	5,500	7,152	0,140	5,04	0,001	25 907,80	1 594,31	16,250
0,23	5,750	7,402	0,135	4,87	0,001	26 349,05	1 610,49	16,361
0,24	6,000	7,652	0,131	4,71	0,001	26 790,30	1 625,61	16,480
0,25	6,250	7,902	0,127	4,56	0,001	27 231,55	1 639,77	16,607

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16cm. Zgodnie z Warunkami technicznymi jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie „Wartość współczynnika przenikania ciepła dla stropodachów po termorenowacji od 1 stycznia 2021r nie może być większa niż 0,15 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]”. Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 21 cm i tą wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

## Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa = 881,11 [m<sup>2</sup>]

$R_0 = 0,700$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = 881,11 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian EPS 70

$U_0 = 1,428$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

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

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2016 r.

Izolacja	DR	R <sub>1</sub>	U	Q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	Nu	DKogrz	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	1,950	0,513	155,05	0,019	213 227,41	26 299,34	8,108
0,06	1,500	2,200	0,455	137,43	0,017	214 053,45	27 973,08	7,652
0,07	1,750	2,450	0,408	123,41	0,015	215 044,69	29 305,26	7,338
0,08	2,000	2,700	0,370	111,98	0,014	216 201,14	30 390,74	7,114
0,09	2,250	2,950	0,339	102,49	0,013	217 522,80	31 292,25	6,951
0,10	2,500	3,200	0,312	94,49	0,012	219 009,66	32 052,91	6,833
0,11	2,750	3,450	0,290	87,64	0,011	220 661,73	32 703,32	6,747
0,12	3,000	3,700	0,270	81,72	0,010	222 479,01	33 265,85	6,688
0,13	3,250	3,950	0,253	76,55	0,009	224 461,50	33 757,17	6,649
0,14	3,500	4,200	0,238	71,99	0,009	226 609,19	34 190,00	6,628
0,15	3,750	4,450	0,225	67,95	0,008	228 838,31	34 574,20	6,619
0,16	4,000	4,700	0,213	64,33	0,008	231 400,20	34 917,53	6,627
0,17	4,250	4,950	0,202	61,08	0,007	234 043,52	35 226,18	6,644
0,18	4,500	5,200	0,192	58,15	0,007	236 852,04	35 505,15	6,671
0,19	4,750	5,450	0,183	55,48	0,007	239 825,77	35 758,53	6,707
0,20	5,000	5,700	0,175	53,05	0,006	242 964,70	35 989,68	6,751
0,21	5,250	5,950	0,168	50,82	0,006	246 268,85	36 201,41	6,803
0,22	5,500	6,200	0,161	48,77	0,006	249 738,20	36 396,07	6,862
0,23	5,750	6,450	0,155	46,88	0,006	253 372,76	36 575,63	6,927
0,24	6,000	6,700	0,149	45,13	0,006	257 172,52	36 741,79	6,999
0,25	6,250	6,950	0,144	43,50	0,005	261 137,49	36 896,01	7,078

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 jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie „Wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych po termorenowacji od 1 stycznia 2021r nie może być większa niż 0,20 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]”. Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 18 cm i tą wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

## Usprawnienia dotyczące ścian poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] styropianem XPS na głębokość 1 m.

Pow. obliczeniowa = 147,70 [m<sup>2</sup>]

$R_0 = 1,447$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = 147,70 [m<sup>2</sup>]

Materiał: styropian XPS

$U_0 = 0,691$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda = 0,034$  [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2016 r.

Izolacja	$\Delta R$	$R_1$	$U$	$Q_1$	$q_1$	Nu	$\Delta Kogrz$	SPBT
[m]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[(m <sup>2</sup> *K)/W]	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,471	2,917	0,343	17,37	0,002	33 380,20	1 677,59	19,898
0,06	1,765	3,212	0,311	15,78	0,002	33 944,94	1 828,75	18,562
0,07	2,059	3,506	0,285	14,46	0,002	34 622,62	1 954,53	17,714
0,08	2,353	3,800	0,263	13,34	0,002	35 413,25	2 060,85	17,184
0,09	2,647	4,094	0,244	12,38	0,002	36 316,82	2 151,89	16,877
0,10	2,941	4,388	0,228	11,55	0,001	37 242,56	2 230,73	16,695
0,11	3,235	4,682	0,214	10,83	0,001	38 462,82	2 299,66	16,725
0,12	3,529	4,976	0,201	10,19	0,001	39 705,24	2 360,44	16,821
0,13	3,824	5,270	0,190	9,62	0,001	41 060,60	2 414,44	17,006
0,14	4,12	5,564	0,180	9,11	0,001	42 528,91	2 462,73	17,269
0,15	4,412	5,859	0,171	8,65	0,001	44 110,17	2 506,17	17,601
0,16	4,706	6,153	0,163	8,24	0,001	45 804,38	2 545,46	17,995
0,17	5,000	6,447	0,155	7,86	0,001	47 611,53	2 581,16	18,446
0,18	5,294	6,741	0,148	7,52	0,001	49 531,63	2 613,75	18,950
0,19	5,588	7,035	0,142	7,20	0,001	51 564,68	2 643,61	19,505
0,20	5,882	7,329	0,136	6,92	0,001	53 710,67	2 671,08	20,108
0,21	6,176	7,623	0,131	6,65	0,001	55 969,61	2 696,43	20,757
0,22	6,471	7,917	0,126	6,40	0,001	58 341,50	2 719,89	21,450
0,23	6,765	8,212	0,122	6,17	0,001	60 826,34	2 741,67	22,186
0,24	7,059	8,506	0,118	5,96	0,001	63 424,12	2 761,95	22,964
0,25	7,353	8,800	0,114	5,76	0,001	66 134,85	2 780,87	23,782

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. Zgodnie z Warunkami technicznymi jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie „Wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych po termorenowacji od 1 stycznia 2021r nie może być większa niż 0,20 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]”. Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 13 cm i tą wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

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

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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:

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

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:

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

gdzie:

- Sd - jak we wzorze (4),  
 U - jak we wzorze (8),  
 A<sub>Ok</sub> - jak we wzorze (8),  
 V<sub>nom</sub> - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m<sup>3</sup>/h,  
 c<sub>r</sub> - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,  
 c<sub>w</sub> - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q<sub>0</sub>, q<sub>1</sub> 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<sub>w0</sub> - jak we wzorze (4),  
 t<sub>z0</sub> - jak we wzorze (5),  
 A<sub>Ok</sub> - jak we wzorze (8),  
 U - jak we wzorze (8),  
 a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, m<sup>3</sup>/(m\*h\*daPa<sup>2/3</sup>),  
 l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q<sub>0</sub>, q<sub>1</sub> w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t<sub>w0</sub> - jak we wzorze (4),  
 t<sub>z0</sub> - jak we wzorze (5),

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi za drzwi wymienione (o powierzchni 14,92 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c <sub>r</sub>	c <sub>w</sub>	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m <sup>2</sup> *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	1,7	1,0	1,0	1,17	0,000	-	-	-
1	1,6	1,0	1,0	1,11	0,000	5,87	19 843,60	3381,67
2	1,5	1,0	1,0	1,04	0,000	11,74	20 888,00	1779,82
3	1,3	1,0	1,0	0,92	0,000	23,47	22 021,92	938,22

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,3 W/m<sup>2</sup>K. Rozwiązanie to spełnia również wymagania Warunków technicznych po 1 stycznia 2021r. Jednak bardzo długi okres zwrotu koniecznych do poniesienia nakładów na wymianę (prawie 1000 lat) czyni to rozwiązanie nieopłacalnym ze względów techniczno-finansowych i nie przewiduje się jego realizacji.

#### 6.4 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:

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

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.

Wzór (18) dotyczący wartości rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rCO}$  n-tego źródła oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

- $x_0, x_1$  - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- $Q_{OCO}, Q_{ICO}$  - zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją – GJ/rok; obliczone zgodnie z Polską Normą według metody dotyczącej obliczania zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania, z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych zgodnie z tabelą 2, lub rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, lub indywidualnie na podstawie dokumentacji technicznej lub pomiarów,
- $\eta_0, \eta_1$  - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji, obliczona zgodnie ze wzorem (19),
- $w_{t0}, w_{t1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjmuje się zgodnie z tabelą (4),
- $w_{d0}, w_{d1}$  - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjmuje się zgodnie z tabelą (5),
- $O_{0z}, O_{1z}$  - jak we wzorze (2),
- $O_{0m}, O_{1m}$  - 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 całkowitą systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektem



technicznym instalacji ogrzewania, MW,  
 $Ab_0, Ab_1$  - jak we wzorze (2).

Wzór (19) dotyczący całkowitej sprawności systemu grzewczego  $\eta_0, \eta_1$  oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_g \eta_d \eta_c \eta_s, \quad [-] \quad (19)$$

gdzie:

- $\eta_g$  – 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,
- $\eta_d$  – sprawność przesyłu 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,
- $\eta_c$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_g$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła dla analizowanego budynku jest kocioł olejowy, zainstalowany w pomieszczeniu kotłowni. Kocioł na skutek jego wieloletniej eksploatacji jest w złym stanie technicznym. W tabeli poniżej przedstawiono analizę wyboru nowego źródła ciepła.

Stan istniejący – zainstalowany kocioł olejowy w złym stanie technicznym.

Wariant 1 – kocioł na zrębki.

Wariant 2 – nowy kocioł olejowy.

Wariant 3 – pompa ciepła.

Wariant 4 – LPG, ze względu na brak sieci gazowej w pobliżu obiektu.

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4
			olej opałowy	zrębki	olej opałowy	pompa ciepła	LPG
1	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności instalacji i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 332,58	1 332,58	1 332,58	1 332,58	1 332,58
2	Sprawność źródła ciepła	-	0,75	0,85	0,95	3,40	1,01
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności źródła ciepła	-	1776,77	1 567,74	1 402,72	391,94	1 345,91
4	Cena ciepła	zł/GJ	95,00	54,49	95,00	174,25	78,83
5	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	168 791	85 421,84	133 255,77	68 294,76	106 097,81
7	Oszczędność kosztów	zł/rok		83 368,80	35 534,87	100 495,88	62 692,84
6	Koszt modernizacji	zł		220 000,00	190 000,00	650 000,00	250 000,00
7	SPBT	lat		2,64	5,35	6,47	3,99

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym wariantem polegającym na wymianie istniejącego kotła olejowego jest wariant 1. W ramach tego przedsięwzięcia należy wymienić istniejące źródło ciepła na kocioł opalany zrębkami. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu kotła na zrębki, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż systemu zarządzania energią.

Ocena proponowanego przedsięwzięcia:

Lp.	Opis	Jednostka	Stan istniejący	Stan docelowy
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,1387	0,1387
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględnienia sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	1 088	1 088
3	Ogólna sprawność c.o. wg Załącznika Z-9	-	0,540	0,775
4	Obniżenie nocne <sup>1)</sup>	-	0,98	0,95
5	Obniżenie tygodniowe <sup>1)</sup>	-	0,90	0,85
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 777	1 134
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	168 790,24	61 820,06
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		106 970,18
9	Koszt modernizacji	zł		593 069,61
10	SPBT	lat		5,54

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

## **7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej**

### **7.1. Opis techniczny usprawnień**

W ramach przedsięwzięcia należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych powyżej gruntu o powierzchni 881,13 m<sup>2</sup> płytami z wełny mineralnej lub styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości 18cm metodą tzw. bezspoinową. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wymagane prace dodatkowe: przygotowanie terenu pod budowę, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie.
2. Ocieplenie ścian poniżej gruntu o powierzchni 147,7 m<sup>2</sup> płytami styropianowymi XPS o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , warstwą o grubości 13cm na głębokość 1 m. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wymagane prace dodatkowe: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni.

3. Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni 654,54 m<sup>2</sup> granulatem wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^2\text{K}$ , warstwą o grubości 24cm.
4. Ocieplenie stropodachu pełnego o powierzchni 105,06 m<sup>2</sup> styropapą o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ , warstwą o grubości 21cm.
5. Wymianę okien o powierzchni 31,96 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania  $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  z nawiewnikami higrosterowanymi, zgodnie z Aprobata Techniczna.
6. Wymianę drzwi o powierzchni 1,8 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynniku przenikania  $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ , zgodnie z Aprobata Techniczna.
7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
  - wymianę przewodów rurowych stalowych na przewody z rur ze stali niskowęglowej
  - wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe,
  - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
  - montaż zaworów podpionowych,
  - montaż automatycznych odpowietrzników,
  - regulację instalacji grzewczej.
8. Wymianę istniejącego kotła olejowego na kocioł na zębki o mocy 90kW, wraz z adaptacją pomieszczenia do obowiązujących przepisów ppoż.
9. Montaż systemu zarządzania energią uwzględniający: odczyt danych dla mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę parametrów oraz ich zmianę w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu.

## **7.2. Obliczenie oszczędności energetycznych i efektów ekologicznych.**

Obliczenie projektowanego obciążenia cieplnego wykonano wg normy PN-EN 12831.

Obliczenie zużycia energii przez obiekt przed i po modernizacji wykonano wg normy PN-EN ISO 13790:2009 oraz wg zasad podanych w Rozporządzeniu do sporządzania świadectw energetycznych (przyjęte sprawności instalacji c.o. i zużycie energii na potrzeby ciepłej wody użytkowej).

Obliczenia przedstawiono w tabelach poniżej:

### 7.2.1. Projektowana strata ciepła.

#### Projektowana strata ciepła przed modernizacją

Przegroda	A	U	b <sub>u</sub>	H <sub>t</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach wentylowany	654,54	0,706	1,0	462	42	19,41
Stropodach niewentylowany	105,06	0,605	1,0	64		2,67
Strop pod tarasem	0,00	0,773	1,0	0		0,00
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	881,13	1,428	1,0	1 259		52,86
Ściana zewnętrzna [SG-1]	147,70	0,691	1,0	102		4,29
Okna nowe	224,30	1,300	1,0	292		12,25
Okna stare	31,96	3,120	1,0	100		4,19
Drzwi wejściowe	14,92	1,700	1,0	25		1,07
Drzwi wejściowe stare	1,80	3,000	1,0	5		0,23
Podłoga na gruncie	565,85	0,160	1,0	90		3,79
Podłoga na gruncie	193,75	0,173	1,0	34		1,41
Mostki liniowe	l	ψ				
	[m]	[W/mK]				
ościeża	387,80	0,190	1,0	74		3,09
nadproża	138,50	0,600	1,0	83		3,49
podokien	138,50	0,570	1,0	79		3,32
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				2 668		112,06
Wentylacja	V <sub>1</sub>		ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
	[m <sup>3</sup> /h]		[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
	1 863		0,34	633		26,60
OGÓŁEM						138,66

Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przegroda	A	U	b <sub>u</sub>	H <sub>tr</sub>	ΔΘ	Φ
	[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach wentylowany	654,54	0,146	1,0	95	42	4,00
Stropodach niewentylowany	105,06	0,145	1,0	15		0,64
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	881,11	0,192	1,0	169		7,12
Ściana zewnętrzna [SG-1]	147,70	0,190	1,0	28		1,18
Okna nowe	224,30	1,300	1,0	292		12,25
Okna wymienione	31,96	1,100	1,0	35		1,48
Drzwi wejściowe	14,92	1,700	1,0	25		1,07
Drzwi wejściowe wymienione	1,80	1,500	1,0	3		0,11
Podłoga na gruncie	565,85	0,160	1,0	90		3,79
Podłoga na gruncie	193,75	0,171	1,0	33		1,39
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	387,80	0,05	1,0	19		0,81
nadproża	138,50	0,20	1,0	28		1,16
podokien	138,50	0,22	1,0	30		1,28
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				864		36,28
Wentylacja	V <sub>l</sub>		ρ*c <sub>p</sub>	H <sub>v</sub>		
	[m <sup>3</sup> /h]		[J/m <sup>3</sup> /K]	[W/K]		
	1 863		0,34	633		26,60
OGÓŁEM						64,99

## 7.2.2. Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-2,1	-1,9	0,2	7,2	14,0	12,4	7,9	3,5	-1,6	
Różnica temperatur	[°C]	22,1	21,9	19,8	12,8	6,0	7,6	12,1	16,5	21,6	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	10	10	31	30	31	232
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,864	0,864	2,678	2,592	2,678	20,045
Straty	$H_t, H_{se}$										
Stropodach wentylowany	[MJ]	27 353	24 482	24 506	15 331	2 395	3 034	14 976	19 763	26 734	158 574
Stropodach niewentylowany	[MJ]	3 764	3 369	3 373	2 110	330	418	2 061	2 720	3 679	21 823
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	74 497	66 679	66 744	41 756	6 524	8 264	40 788	53 826	72 812	431 891
Ściana zewnętrzna [SG-1]	[MJ]	6 043	5 409	5 414	3 387	529	670	3 309	4 366	5 906	35 033
Okna nowe	[MJ]	17 260	15 449	15 464	9 674	1 512	1 915	9 450	12 471	16 869	100 063
Okna stare	[MJ]	5 901	5 282	5 287	3 308	517	655	3 231	4 264	5 768	34 213
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 501	1 344	1 345	842	131	167	822	1 085	1 467	8 704
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	320	286	286	179	28	35	175	231	312	1 853
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 347	4 786	4 791	2 997	468	593	2 928	3 863	5 226	31 000
Mostki liniowe	[MJ]	13 953	12 489	12 501	7 821	1 222	1 548	7 640	10 082	13 638	80 893
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	1 987	1 778	1 780	1 114	174	220	1 088	1 436	1 942	11 519
Straty przez przegrody	[MJ]	157 927	141 353	141 491	88 518	13 831	17 519	86 467	114 106	154 354	915 566
Wentylacja	[MJ]	72 784	65 145	65 209	40 795	6 374	8 074	39 850	52 588	71 137	421 955
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	230 711	206 498	206 700	129 314	20 205	25 593	126 317	166 693	225 491	1 337 522
Zyski słoneczne	[MJ]	9 532	12 449	26 467	34 010	41 000	28 006	17 887	9 740	7 895	186 987
Zyski wewnętrzne	[MJ]	14 165	12 794	14 165	13 708	4 569	4 569	14 165	13 708	14 165	106 009
Razem zyski	[MJ]	23 697	25 243	40 632	47 718	45 570	32 576	32 052	23 448	22 060	292 996
Stosunek zysków do przeniesienia		0,1027	0,1222	0,1966	0,3690	2,2553	1,2728	0,2537	0,1407	0,0978	0,2191
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	1 231									
Pojemność ciepła	[J/K]	320 138 000									
Stała czasowa	[h]	23									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny $a_H$		2,52									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,52									
$\eta$											
Zyski ciepła	[MJ]	0,9971	0,9956	0,9867	0,9473	0,4097	0,6255	0,9763	0,9939	0,9974	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	23 628	25 132	40 090	45 204	18 670	20 376	31 292	23 304	22 004	249 701
	[MJ]	207 082	181 366	166 610	84 110	1 535	5 218	95 025	143 389	203 487	1 087 821

### 7.2.3. Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-2,1	-1,9	0,2	7,2	14,0	12,4	7,9	3,5	-1,6	
Różnica temperatur	[°C]	22,1	21,9	19,8	12,8	6,0	7,6	12,1	16,5	21,6	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	10	10	31	30	31	232
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,864	0,864	2,678	2,592	2,678	20,045
Przegroda	Htr Hve										
Stropodach wentylowany	[MJ]	5 639	5 047	5 052	3 161	494	626	3 087	4 074	5 511	32 690
Stropodach niewentylowany	[MJ]	901	806	807	505	79	100	493	651	881	5 224
Strop pod tarasem	[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	10 030	8 977	8 986	5 622	878	1 113	5 491	7 247	9 803	58 146
Ściana zewnętrzna [SG-1]	[MJ]	1 659	1 485	1 486	930	145	184	908	1 199	1 621	9 618
Okna nowe	[MJ]	17 260	15 449	15 464	9 674	1 512	1 915	9 450	12 471	16 869	100 063
Okna stare	[MJ]	2 081	1 862	1 864	1 166	182	231	1 139	1 503	2 034	12 062
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 501	1 344	1 345	842	131	167	822	1 085	1 467	8 704
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	160	143	143	90	14	18	88	115	156	927
Mostki liniowe	[MJ]	4 591	4 109	4 113	2 573	402	509	2 514	3 317	4 487	26 616
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 347	4 786	4 791	2 997	468	593	2 928	3 863	5 226	31 000
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	1 961	1 756	1 757	1 099	172	218	1 074	1 417	1 917	11 372
Straty przez przegrody	[MJ]	51 130	45 764	45 809	28 658	4 478	5 672	27 994	36 942	49 973	296 420
Wentylacja	[MJ]	72 784	65 145	65 209	40 795	6 374	8 074	39 850	52 588	71 137	421 955
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	123 913	110 909	111 017	69 454	10 852	13 746	67 844	89 530	121 110	718 376
Zyski słoneczne	[MJ]	9 427	12 309	26 161	33 604	40 495	27 677	17 684	9 631	7 809	184 799
Zyski wewnętrzne	[MJ]	14 165	12 794	14 165	13 708	4 569	4 569	14 165	13 708	14 165	106 009
Razem zyski	[MJ]	23 592	25 103	40 326	47 312	45 064	32 247	31 849	23 339	21 974	290 807
Stosunek zysków do przeniesienia		0,1904	0,2263	0,3632	0,6812	4,1526	2,3459	0,4694	0,2607	0,1814	0,4048
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m <sup>2</sup> ]	1 231									
Pojemność ciepła	[J/K]	320 138 000									
Stała czasowa	[h]	42									
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>		3,83									
Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1		4,83									
η		0,9986	0,9974	0,9868	0,9132	0,2400	0,4168	0,9700	0,9957	0,9988	
Zyski ciepła	[MJ]	23 559	25 038	39 792	43 206	10 817	13 441	30 893	23 239	21 948	231 932
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	100 354	85 871	71 225	26 248	35	305	36 951	66 291	99 162	486 444



#### 7.2.4. Obliczenie zużycia energii finalnej.

c.o.						c.w.u.			c.o. + c.w.u.	
$q_{co}$	$Q_{co}$	$\eta$	$w$	$Q_{co} \cdot w / \eta$	Koszty eksploatacyjne	$q_{cww}$	$Q_{cww}$	Koszty eksploatacyjne	$Q_{co+cww}$	Koszty eksploatacyjne
MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok
0,1387	1 087,82	0,5400	0,882	1 776,77	168 790,24	0,0058	28,79	7 197,50	1 806	175 987,74
0,0629	486,44	0,7747	0,808	507,04	27 644,07	0,0058	28,79	7 197,50	536	34 841,57

Oszczędność zużycia energii finalnej:

- energia cieplna:

$$\Delta Q_k = 1\,776,77 - 507,04 = 1\,269,74 \text{ GJ/rok}$$

- energia elektryczna:

$$\Delta Q_k = 7\,997,22 - 7\,997,22 = 0 \text{ kWh/rok} = 0 \text{ MWh/rok}$$

#### 7.2.5. Obliczenie zużycia energii pierwotnej.

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- olej opałowy –  $w_p = 1,1$ .

- biomasa –  $w_p = 0,2$ .

- energia elektryczna –  $w_p = 3,0$ .

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia finalna:			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	1 776,77	493 547,22	493,55
zużycie po modernizacji	507,35	140 930,56	140,93
oszczędność	1 269,42	352 616,67	352,62
energia elektryczna			0,00
zużycie przed modernizacją	28,79	7 997,22	8,00
zużycie po modernizacji	28,79	7 997,22	8,00
oszczędność	0,00	0,00	0,00
ogółem			
zużycie przed modernizacją	1 805,56	501 544,44	501,55
zużycie po modernizacji	536,14	148 927,78	148,93
oszczędność	1 269,42	352 616,67	352,62
oszczędność %	70,31		
Energia pierwotna			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	1 954,45	542 901,94	542,90
zużycie po modernizacji	101,47	28 186,11	28,19
oszczędność	1 852,98	514 715,83	514,72
energia elektryczna			
zużycie przed modernizacją	86,37	23 991,67	23,99
zużycie po modernizacji	86,37	23 991,67	23,99
oszczędność	0,00	0,00	0,00
ogółem			
zużycie przed modernizacją	2 040,82	566 893,61	566,89
zużycie po modernizacji	187,84	52 177,78	52,18
oszczędność	1 852,98	514 715,83	514,71
oszczędność %	90,80		

#### 7.2.5. Obliczenie efektu ekologicznego

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

	Efekt ekologiczny dla zmiany źródła ciepła							
	zużycie energii pierwotnej	WE	emisja CO <sub>2</sub>	zużycie energii pierwotnej	WE	emisja CO <sub>2</sub>	redukcja	
	GJ	kg/ GJ	Mg	GJ	kg/ GJ	Mg	Mg	%
	obecnie			docelowo				
olej opałowy	1 954,45	74,10	144,82					
biomasa	-	-	-	313,55	112,00	35,12		
			144,82			35,12	109,71	75,75

	Efekt ekologiczny dla całego przedsięwzięcia									
	zużycie energii pierwotnej		WE	emisja CO <sub>2</sub>	zużycie energii pierwotnej		WE	emisja CO <sub>2</sub>	redukcja	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	obecnie				docelowo					
olej opałowy	1 954,45	-	74,10	144,82						
biomasa	-	-	-	-	101,47		112,00	11,36		
energia elektryczna		23,99	0,832	19,96		23,99	0,832	19,96		
				164,79				31,33	133,46	80,99

## 7.2.6. Podsumowanie

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]
1	2	3
1	Ocieplenie stropodachu	66 664,90
2	Ocieplenie stropodachu pełnego	25 466,54
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	228 838,31
4	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	41 060,60
5	Wymiana okien	43 146,00
6	Wymiana drzwi	2 656,80
7	Wymiana źródła ciepła	220 000,00
8	Wymiana instalacji c.o.	323 069,61
9	Montaż Systemu Zarządzania Energią	50 000,00
	Ogółem	1 000 902,76

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 1 000 902,76 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 141 146,17 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 7,09 lat

Oszczędność zużycia energii finalnej – 1 269,42 GJ/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – 352 616,67 kWh/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – 352,62 MWh/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 1 852,98 GJ

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 514 715,83 kWh

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 514,71 MWh

Redukcja emisji CO<sub>2</sub> wynikająca z wymiany źródła ciepła – 109,71 Mg CO<sub>2</sub>

Redukcja emisji CO<sub>2</sub> wynikająca z wymiany źródła ciepła – **76,00 %**

Redukcja emisji CO<sub>2</sub> dla całego przedsięwzięcia – 133,46 Mg CO<sub>2</sub>

Redukcja emisji CO<sub>2</sub> dla całego przedsięwzięcia – **80,99 %**

## ZAŁĄCZNIKI

### Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb c.o

		obecnie	docelowo
		olej opałowy	biomasa
Zapotrzebowanie ciepła	GJ	1 665,72	495,47
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	43,33	15,60
Zużycie paliwa roczne	Mg	38,44	31,76
Cena paliwa	zł/Mg	4 116,28	850,00
Koszt paliwa	zł	158 240,67	26 996,76
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	95,00	54,49

Zużycie energii elektrycznej

Miesiąc	Dni	Energia elektryczna	Jedn. cena brutto	Energia elektryczna	Jedn. cena brutto	Wartość brutto
-	-	[kWh]	[PLN/kWh]	[GJ]	[PLN/GJ]	[PLN]
Styczeń	31	1 021,00	0,89	3,676	246,07	904,45
Luty	28	1 285,00	0,84	4,626	234,44	1084,54
Marzec	31	1 304,00	0,86	4,694	238,22	1118,29
Kwiecień	30	1 228,00	0,85	4,421	236,61	1045,99
Maj	31	1 120,00	0,87	4,032	241,32	973,00
Czerwiec	30	1 020,00	0,89	3,672	246,57	905,40
Lipiec	31	258,00	1,51	0,929	420,20	390,28
Sierpień	31	124,00	2,42	0,446	671,37	299,70
Wrzesień	30	594,00	1,04	2,138	288,73	617,42
Październik	31	1 332,00	0,84	4,795	232,80	1116,31
Listopad	30	1 205,00	0,86	4,338	237,54	1030,44
Grudzień	31	1 413,00	0,83	5,087	230,22	1171,06
<b>RAZEM</b>	<b>365</b>	<b>11 904,00</b>	<b>0,90</b>	<b>42,85</b>		<b>10 656,88</b>

## Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$ [cm]	$d$ [m]	$\lambda$ W/mK	$R$ m <sup>2</sup> K/W	$U$ [W/m <sup>2</sup> K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,2	0,012	0,180	0,067	0,706
	Płyta korytkowa	10,0	0,100	0,940	0,106	
	Pustka powietrzna	40,0	0,400		0,000	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,050	1,000	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Strop żelbetowy	25,0	0,250	1,700	0,147	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,276	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,416	
Stropodach niewentylowany	Papa asfaltowa	1,2	0,012	0,180	0,067	0,605
	Beton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	20,0	0,200		0,160	
	Gładź cementowa	2,0	0,020	1,000	0,020	
	Wełna mineralna	5,0	0,050	0,050	1,000	
	Strop żelbetowy	25,0	0,250	1,700	0,147	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,512	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				1,652	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,428
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,530	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				0,700	
Ściana zewnętrzna [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,691
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	R				0,512	
	Równoważny opór gruntu				0,935	
	R				1,447	
Podłoga na gruncie	Terakota	1,0	0,010	1,050	0,010	0,160
	Gładź cementowa	4,0	0,040	0,820	0,049	
	Styropian	15,0	0,150	0,040	3,750	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Gruzobeton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Piasek	10,0	0,100	0,400	0,250	
	R				4,214	
	Opór zastępczy gruntu				2,050	
	R <sub>T</sub>				6,264	

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Podłoga na gruncie	Terakota	1,0	0,010	1,050	0,010	0,173
	Gładź cementowa	4,0	0,040	0,820	0,049	
	Styropian	15,0	0,150	0,040	3,750	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Gruzobeton	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Piasek	10,0	0,100	0,400	0,250	
	R				4,214	
	Opór zastępczy gruntu				1,558	
	R <sub>T</sub>				5,772	
Okna nowe				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,300	1,0	1,300
Okna stare				2,600	1,2	3,120
Drzwi wejściowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe stare				2,500	1,2	3,000

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

Przegroda	Wyszczególnienie	$d_i$	$d$	$\lambda$	$R$	$U$
		[cm]	[m]	W/mK	m <sup>2</sup> K/W	[W/m <sup>2</sup> K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,2	0,012	0,180	0,067	0,168
	Płyta korytkowa	10,0	0,100	0,940	0,106	
	Pustka powietrzna	40,0	0,400		0,000	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Wetna mineralna	5,0	0,050	0,050	1,000	
	Papa asfaltowa	0,5	0,005	0,180	0,028	
	Strop żelbetowy	25,0	0,250	1,700	0,147	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Wetna mineralna	20,0	0,200	0,044	4,545	
	R				5,822	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,962	
Stropodach niewentylowany	Papa asfaltowa	1,2	0,012	0,180	0,067	0,177
	Beton	10,0	0,1	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	20,0	0,2		0,160	
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,000	0,020	
	Wetna mineralna	5,0	0,05	0,050	1,000	
	Strop żelbetowy	25,0	0,25		0,147	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	16,0	0,16	0,040	4,000	
	R				5,512	
	R <sub>si</sub>				0,100	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				5,652	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,225
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,280	
	R <sub>si</sub>				0,130	
	R <sub>se</sub>				0,040	
	R <sub>T</sub>				4,450	
Ściana zewnętrzna [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,216
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian XPS	10,0	0,1	0,034	2,941	
	R				3,453	
	Równoważny opór gruntu				1,187	
	R <sub>T</sub>				4,640	



Przegroda	Wyszczególnienie	d <sub>l</sub> [cm]	d [m]	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	U [W/m <sup>2</sup> K]
Podłoga na gruncie	Terakota	1,0	0,01	1,050	0,010	0,160
	Gładź cementowa	4,0	0,04	0,820	0,049	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gruzobeton	10,0	0,1	1,000	0,100	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	R				4,214	
	Opór zastępczy gruntu				2,050	
	R <sub>T</sub>				6,264	
Podłoga na gruncie	Terakota	1,0	0,01	1,050	0,010	0,171
	Gładź cementowa	4,0	0,04	0,820	0,049	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Gruzobeton	10,0	0,10	1,000	0,100	
	Piasek	10,0	0,10	0,400	0,250	
	R				4,214	
	Opór zastępczy gruntu				1,633	
	R <sub>T</sub>				5,847	
Okna nowe				U <sub>0</sub>	Wsp.	U
				[W/m <sup>2</sup> K]	-	[W/m <sup>2</sup> K]
				1,3	1,000	1,300
Okna wymienione				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe				1,7	1,000	1,700
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500

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

Wyszczególnienie		Jednostka	Strumień powietrza	
			obecnie	docelowo
Kubatura wentylowana		[m <sup>3</sup> ]	3 726	
Przyjęto 1 wymianę/godzinę		[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	1	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego		[m <sup>3</sup> /h]	3 726	
Współczynniki korekcyjne	c <sub>r</sub>	-	1,0	1,0
	c <sub>w</sub>	-	1,0	1,0
	c <sub>m</sub>	-	1,0	1,0
Strumień powietrza wentylacji naturalnej		[m <sup>3</sup> /h]	3 726	3 726
Współczynnik strat ciepła		[W/K]	1 229,60	1 229,60
Krotność wymiany powietrza		[m <sup>3</sup> /h]	1,00	1,00

**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]
Infiltracja	0,5	3 726	4,0	0,03	1,0	223,6
Strumień higieniczny		3 726	0,5			1 863,0
Strumień wentylacyjny						1 863,0

**Z-6 Zyski ciepła bytowego.**

	Ilość	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[szt.]	[W]	[W]
Od ludzi	94	15	1 410
Od oświetlenia i urządzeń	1 231	3,15	3 879
Ogółem			5 289

**Z-7 Zyski ciepła od nasłonecznienia przed modernizacją.**

	Pow. [m <sup>2</sup> ]	Pow.netto [m <sup>2</sup> ]	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
			-	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]	[MJ]
Okna stare													
S	8,12	5,68	0,7	425	582	1 207	1 329	1 552	1 112	749	419	346	7 721
SW	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	2,16	1,51	0,7	73	94	209	307	402	251	153	78	61	1 628
NW	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	4,13	2,89	0,7	131	156	333	506	609	415	257	138	111	2 657
NE	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	17,55	12,29	0,7	592	796	1 824	2 595	3 335	2 060	1 203	630	489	13 524
SE	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	31,96	22,37		1 220	1 628	3 573	4 736	5 898	3 838	2 363	1 266	1 007	25 529
Okna nowe													
S	92,88	65,02	0,64	4 444	6 085	12 626	13 895	16 235	11 625	7 837	4 386	3 615	80 748
SW	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	8,76	6,13	0,64	271	348	774	1 139	1 489	930	568	290	226	6 035
NW	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	101,48	71,04	0,64	2 944	3 510	7 482	11 377	13 699	9 341	5 791	3 102	2 508	59 753
NE	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	21,18	14,83	0,64	653	879	2 013	2 863	3 679	2 273	1 328	695	540	14 922
SE	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	224,30	157,01		8 311	10 821	22 895	29 274	35 103	24 169	15 523	8 474	6 888	161 458
OGÓŁEM	256,26	179,38		9 532	12 449	26 467	34 010	41 000	28 006	17 887	9 740	7 895	186 987

**Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia po modernizacji.**

	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	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,7	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	101,00	70,70	0,64	4 833	6 617	13 730	15 110	17 654	12 641	8 522	4 770	3 931	87 807
SW	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	10,92	7,64	0,64	337	433	965	1 420	1 857	1 159	708	362	281	7 523
NW	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	105,61	73,92	0,64	3 064	3 652	7 786	11 840	14 256	9 720	6 026	3 228	2 610	62 182
NE	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	38,73	27,11	0,64	1 194	1 607	3 680	5 235	6 728	4 156	2 428	1 272	987	27 286
SE	0,00	0,00	0,64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	256,26	179,38		9 427	12 309	26 161	33 604	40 495	27 677	17 684	9 631	7 809	184 799
OGÓŁEM	256,26	179,38		9 427	12 309	26 161	33 604	40 495	27 677	17 684	9 631	7 809	184 799

## Z-9 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego przed modernizacją

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia olejowa
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,80	kocioł olejowy w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,75	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,576	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,98	obniżenie nocne

### Sprawność systemu grzewczego po modernizacji

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia na biomasę
2	Wytwarzanie ciepła	$\eta_g$	0,90	kocioł na zrębki
3	Przesyłanie ciepła	$\eta_d$	0,98	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	$\eta_e$	0,93	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	$\eta_s$	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	$\eta_0$	0,820	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	$w_t$	0,85	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	$w_d$	0,95	obniżenie nocne

**Z-10 Ciepła woda użytkowa.**

Wyszczególnienie	Jednostka	obecne
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	$\text{kg/m}^3$	1000
Liczba użytkowników	osób	94
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/\text{d}$	8
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny temperatury	-	1
Czas pracy instalacji c.w.u.	dość	201
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	$\text{kWh/rok}$	7 916,6
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	28,5
Sprawność wytwarzania	-	0,990
Sprawność przesyłu	-	1,000
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,990
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{kWh/rok}$	7 996,6
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	$\text{GJ/rok}$	28,8
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	$\text{m}^3/\text{h}$	0,063
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	1,761
Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody	$\text{GJ/m}^3$	0,190
Max. moc c.w.u.	$\text{kW}$	5,84
Średnia moc c.w.u.	$\text{kW}$	3,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	6,5