

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNEGO

ul. Długa 40

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 mieszkalny		1.2 Rok budowy
				1899
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		1.4 Adres budynku	ul. Długa nr bud. 40
	pl. Jana Pawła II nr 16			kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod 95-100 miejscowość Zgierz			powiat zgierski
	tel. - fax -			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:				
..... "ELEKO" Franciszek Radomski 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>Barbara 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 (Zleceńdawcy)				5
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku				6
5. Ocena stanu technicznego budynku				7
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku				7
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania				8
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.				8
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji				8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego				8
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło				9
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne				9
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji				16
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej				20
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne				22
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku				23
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego				25
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				28
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.				31
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych				33
ZAŁĄCZNIKI				34
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła				34
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją				35
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji				36
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację				37
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego				37
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła				37
Z-7 Projektowana strata ciepła				38
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.				39
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009				40
Z-10 Sprawności systemu grzewczego				41
Z-11 Ciepła woda użytkowa				42
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej				43
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego				44
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące				45

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Drewniana	Drewniana
2.	Liczba kondygnacji	2	2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1 100	1 100
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	291,89	291,89
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	291,89	291,89
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	0	0
7.	Liczba lokali mieszkalnych	8	8
8.	Liczba osób użytkujących budynek	22	22
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	miejskowa	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	piece kaflowe	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,825	0,825
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,769	0,208
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,448	0,174
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,421	0,421
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,120	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,80	0,91
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,70	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

*) wg Planu Gospodarki Niskoemisyjnej

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej						
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,96	0,90		
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,80	0,80		
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00		
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00		
5. Charakterystyka systemu wentylacji						
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna		
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały		
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m³/h]	1 157	1 157		
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,47	1,47		
6. Charakterystyka energetyczna budynku						
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	43,63	19,00		
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	17,54	18,71		
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	364,35	170,72		
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	650,63	236,88		
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	46,96	50,22		
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-		
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-		
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m²rok)]	346,73	162,47		
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m²rok)]	619,17	225,43		
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-		
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)						
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	34,71	59,21		
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	10 995,78		
3.	Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m³]	42,71	18,44		
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-		
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej	[zł/(m² m-c)]	6,45	4,72		
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-		
7.	Inne	[zł]	-	-		
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego						
Planowana kwota kredytu ¹⁾		[zł]	821 988,72	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	58,84
Planowane koszty całkowite ²⁾		[zł]	821 988,72	Premia termomodernizacyjna	[zł]	21 362,52
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł/rok]	10 681,26			

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ Podane koszty są kosztami szacunkowymi

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku mieszkalnego przy ul. Długiej 40 w Zgierzu i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

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

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

3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecceniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w Gminnej Ewidencji Zabytków i wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek mieszkalny	Rok budowy	1899
Adres budynku	ul. Długa 40 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Drewniana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	2	
Rodzaj dachu	Dach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	1 100	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	292	-	
Powierzchnia całkowita	578,67		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,7	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	22	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	7	24	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m ²]	[W/m ² K]	
Strop poddasza	289,34	1,448	
Ściany zewnętrzne [SZ-1] (frontowa i tylna)	135,89	0,769	
Ściany zewnętrzne [SZ-2] (szczytowe)	147,90	1,380	
Okna PCV	34,16	1,700	
Okna drewniane	7,96	2,600	
Drzwi wejściowe	2,74	3,120	
Podłoga na gruncie	289,34	0,421	

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalny, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 40. Budynek wybudowany w 1899 roku, jest niepodpiwniczony wykonany w technologii drewnianej. Ściany zewnętrzne osłonowe wykonane z drewna, szczytowe z cegły pełnej, nieocieplone. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy drewniane. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

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

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

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| - strop poddasza | - 1,448 W/m ² K, |
| - ściany zewnętrzne | - 0,389 ; 0,769 W/m ² K, |
| - podłoga na gruncie | - 0,421 W/m ² K |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie.

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

- | | |
|---------|--------------------------|
| - okna | - 1,1 W/m ² K |
| - drzwi | - 1,5 W/m ² K |

W budynku zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m²K. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.

W budynku zastosowano drewnianą stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m²K. Stan tej stolarki jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana jej wymiana.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

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

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

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

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

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

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie ściany frontowej i tylnej,
- ocieplenie ścian szczytowych,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,
- wymianę drzwi wejściowych,
- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,
- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi.

7.Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropu pod poddaszem. Ocieplenie ścian [SZ-1]. Ocieplenie ścian [SZ-2]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien wspólnych. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana źródeł ciepła. Montaż nowej instalacji c.w.u.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana źródeł ciepła. Montaż instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{rU}}, [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{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 ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 \cdot Q_{0u} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot Q_{1u} \cdot O_{1z}) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0u} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1u} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (2)$$

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^3 przeliczonej na zł/GJ,

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

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

Liczbę stopniodni S_d oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $^{\circ}\text{C}$,
- $t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, $^{\circ}\text{C}$,
- $L_d(m)$ - liczba dni ogrzewania w miesiącu m , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

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

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

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, $^{\circ}\text{C}$

A - jak we wzorze (3),

U_e - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emia} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie)

Pow. obliczeniowa = 289,34 [m²] R₀ = 0,691 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 290 [m²]

Materiał: wełna mineralna

U₀ = 1,448 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,981	0,505	46,65	0,006	72 334,30	3 023,49	23,924
0,06	1,500	2,231	0,448	41,42	0,005	72 797,24	3 204,94	22,714
0,07	1,750	2,481	0,403	37,25	0,005	73 260,18	3 349,82	21,870
0,08	2,000	2,731	0,366	33,84	0,004	73 723,12	3 468,17	21,257
0,09	2,250	2,981	0,335	31,00	0,004	74 186,06	3 566,66	20,800
0,10	2,500	3,231	0,310	28,60	0,004	74 649,00	3 649,92	20,452
0,11	2,750	3,481	0,287	26,55	0,003	75 111,94	3 721,21	20,185
0,12	3,000	3,731	0,268	24,77	0,003	75 574,88	3 782,95	19,978
0,13	3,250	3,981	0,251	23,21	0,003	76 037,82	3 836,94	19,817
0,14	3,500	4,231	0,236	21,84	0,003	76 500,76	3 884,54	19,694
0,15	3,750	4,481	0,223	20,62	0,003	76 963,70	3 926,84	19,599
0,16	4,000	4,731	0,211	19,53	0,002	77 426,63	3 964,66	19,529
0,17	4,250	4,981	0,201	18,55	0,002	77 889,57	3 998,68	19,479
0,18	4,500	5,231	0,191	17,67	0,002	78 352,51	4 029,46	19,445
0,19	4,750	5,481	0,182	16,86	0,002	78 815,45	4 057,42	19,425
0,20	5,000	5,731	0,174	16,12	0,002	79 278,39	4 082,95	19,417
0,21	5,250	5,981	0,167	15,45	0,002	79 741,33	4 106,34	19,419
0,22	5,500	6,231	0,160	14,83	0,002	80 204,27	4 127,86	19,430
0,23	5,750	6,481	0,154	14,26	0,002	80 667,21	4 147,71	19,449
0,24	6,000	6,731	0,149	13,73	0,002	81 130,15	4 166,09	19,474
0,25	6,250	6,981	0,143	13,24	0,002	81 593,09	4 183,16	19,505

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku płytami pianki rezolowej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 135,89 [m²]

$R_0 = 1,301$ [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok.136 [m²]

Materiał: pianka rezolowa

$U_0 = 0,769$ [W/(m²*K)]

$\lambda = 0,020$ [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_i	q_i	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	2,500	3,801	0,263	11,42	0,001	69 360,00	761,66	91,064
0,06	3,000	4,301	0,233	10,09	0,001	71 230,00	807,73	88,185
0,07	3,500	4,801	0,208	9,04	0,001	73 474,00	844,21	87,033
0,08	4,000	5,301	0,189	8,19	0,001	76 092,00	873,80	87,081
0,09	4,500	5,801	0,172	7,48	0,001	79 084,00	898,30	88,038
0,10	5,000	6,301	0,159	6,89	0,001	82 450,00	918,90	89,726
0,11	5,500	6,801	0,147	6,38	0,001	86 190,00	936,48	92,036
0,12	6,000	7,301	0,137	5,94	0,001	90 304,00	951,65	94,892
0,13	6,500	7,801	0,128	5,56	0,001	94 792,00	964,87	98,243
0,14	7,000	8,301	0,120	5,23	0,001	99 654,00	976,50	102,052
0,15	7,500	8,801	0,114	4,93	0,001	104 890,00	986,81	106,292
0,16	8,000	9,301	0,108	4,67	0,001	110 500,00	996,01	110,942
0,17	8,500	9,801	0,102	4,43	0,001	116 484,00	1 004,28	115,988
0,18	9,000	10,301	0,097	4,21	0,001	122 842,00	1 011,74	121,417
0,19	9,500	10,801	0,093	4,02	0,001	129 574,00	1 018,51	127,220
0,20	10,000	11,301	0,088	3,84	0,000	136 680,00	1 024,68	133,389
0,21	10,500	11,801	0,085	3,68	0,000	144 160,00	1 030,32	139,917
0,22	11,000	12,301	0,081	3,53	0,000	152 014,00	1 035,51	146,801
0,23	11,500	12,801	0,078	3,39	0,000	160 242,00	1 040,29	154,035
0,24	12,000	13,301	0,075	3,26	0,000	168 844,00	1 044,72	161,617
0,25	12,500	13,801	0,072	3,14	0,000	177 820,00	1 048,82	169,543

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 7 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa =	147,90	[m ²]	$R_0 = 0,724$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 148	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,380$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,974	0,506	23,92	0,003	35 520,00	1 432,55	24,795
0,06	1,500	2,224	0,450	21,23	0,003	35 668,00	1 525,87	23,376
0,07	1,750	2,474	0,404	19,09	0,002	35 845,60	1 600,32	22,399
0,08	2,000	2,724	0,367	17,34	0,002	36 052,80	1 661,12	21,704
0,09	2,250	2,974	0,336	15,88	0,002	36 289,60	1 711,69	21,201
0,10	2,500	3,224	0,310	14,65	0,002	36 556,00	1 754,42	20,836
0,11	2,750	3,474	0,288	13,60	0,002	36 852,00	1 791,00	20,576
0,12	3,000	3,724	0,268	12,68	0,002	37 177,60	1 822,68	20,397
0,13	3,250	3,974	0,252	11,88	0,001	37 532,80	1 850,36	20,284
0,14	3,500	4,224	0,237	11,18	0,001	37 917,60	1 874,77	20,225
0,15	3,750	4,474	0,223	10,56	0,001	38 332,00	1 896,45	20,212
0,16	4,000	4,724	0,212	10,00	0,001	38 776,00	1 915,84	20,240
0,17	4,250	4,974	0,201	9,50	0,001	39 249,60	1 933,28	20,302
0,18	4,500	5,224	0,191	9,04	0,001	39 752,80	1 949,05	20,396
0,19	4,750	5,474	0,183	8,63	0,001	40 285,60	1 963,38	20,518
0,20	5,000	5,724	0,175	8,25	0,001	40 848,00	1 976,46	20,667
0,21	5,250	5,974	0,167	7,91	0,001	41 440,00	1 988,44	20,840
0,22	5,500	6,224	0,161	7,59	0,001	42 061,60	1 999,46	21,036
0,23	5,750	6,474	0,154	7,30	0,001	42 712,80	2 009,63	21,254
0,24	6,000	6,724	0,149	7,02	0,001	43 393,60	2 019,05	21,492
0,25	6,250	6,974	0,143	6,77	0,001	44 104,00	2 027,79	21,750

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/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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

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,
- ΔO_{rOk} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- ΔO_{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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- Λ_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),

V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi Q_{0inf} , Q_{1inf} oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $7,96 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,6	1,2	1,0	24,85	0,001	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	18,50	0,001	220,19	9 950,00	45,19
2	1,1	1,0	1,0	17,99	0,000	237,84	10 348,00	43,51
3	0,9	1,0	1,0	17,49	0,000	255,48	11 940,00	46,73

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $34,16 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	1,7	1,1	1,0	90,29	0,003	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	79,40	0,002	377,81	42 700,00	113,02
2	1,1	1,0	1,0	77,22	0,002	453,54	44 408,00	97,91
3	0,9	1,0	1,0	75,04	0,002	529,27	52 948,00	100,04

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1$ W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi wejściowych (o powierzchni około 2,74 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,1	1,2	1,0	9,00	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	6,71	0,001	79,38	4 572,13	57,60
2	1,5	1,0	1,0	6,54	0,001	85,44	4 845,91	56,71
3	1,3	1,0	1,0	6,36	0,001	91,51	5 393,47	58,94

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/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

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

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

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

gdzie:

- N_{CW} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,
 ΔO_{rcw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rcw} n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
 Q_{0cw}, Q_{1cw} – zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,
 O_{0z}, O_{1z} – jak we wzorze (2),
 y_0, y_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
 n_{0w}, n_{1w} – całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),
 q_{0cw}, q_{1cw} – zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,
 O_{0m}, O_{1m} – jak we wzorze (2),
 Ab_0, Ab_1 – jak we wzorze (2).

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

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

gdzie:

- η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego orurowania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 54 400,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 8 169,63 zł - 3 536,67 zł = 4 632,96 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 54 400,00 / 4 632,96 = 11,74 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
4	Wymiana okien drewnianych	10 348,00	43,51
5	Wymiana drzwi wejściowych	4 845,91	56,71
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	73 474,00	87,03
7	Wymiana okien PCV	44 408,00	97,91

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
4	Wymiana okien drewnianych	10 348,00	43,51
5	Wymiana drzwi wejściowych	4 845,91	56,71
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	73 474,00	87,03
7	Wymiana okien PCV	44 408,00	97,91
	Ogółem	305 086,30	

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
4	Wymiana okien drewnianych	10 348,00	43,51
5	Wymiana drzwi wejściowych	4 845,91	56,71
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	73 474,00	87,03
	Ogółem	260 678,30	

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
4	Wymiana okien drewnianych	10 348,00	43,51
5	Wymiana drzwi wejściowych	4 845,91	56,71
	Ogółem	187 204,30	

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
4	Wymiana okien drewnianych	10 348,00	43,51
	Ogółem	182 358,39	

Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
3	Ocieplenie ścian [SZ-2] (szczytowe)	38 332,00	20,21
	Ogółem	172 010,39	

Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	79 278,39	19,42
	Ogółem	133 678,39	

Tabela 7g. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	54 400,00	11,74
	Ogółem	54 400,00	

7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień.

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

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

gdzie:

N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,

ΔO_{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 ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{i0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{i1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) +$$

$$+ 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [z\ell/rok] \quad (18)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{0co} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_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 η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

- η_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,
- η_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,

- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

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

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istn.	Wariant I
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,0436	0,0436
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	364	364
3	Ogólna sprawność	-	0,5600	0,7207
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzg. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	650,62	505,55
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	22 581,00	35 686,61
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-13 105,61
9	Szacunkowy koszt modernizacji	zł		516 902,42

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO₂ i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

- a) planowane koszty całkowite N , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności ΔO_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 _{co}	Q _{co}	η	w	Q _{co+w/η}	Oplata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Oplata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok			
0	0,0436	364,35	0,5600	1	650,63	22 581,00	0,004	46,96	8 169,63	698	30 750,63			
I+A	0,0190	170,72	0,7207	1	236,88	16 532,70	0,004	50,22	3 536,67	287	20 069,37	410	58,84	10 681,26
II+A	0,0198	177,15	0,7207	1	245,80	17 169,64	0,004	50,22	3 536,67	296	20 706,31	402	57,57	10 044,32
III+A	0,0229	200,60	0,7207	1	278,34	19 498,33	0,004	50,22	3 536,67	329	23 035,00	369	52,90	7 715,63
IV+A	0,0230	201,99	0,7207	1	280,27	19 636,01	0,004	50,22	3 536,67	330	23 172,68	367	52,62	7 577,95
V+A	0,0235	205,74	0,7207	1	285,47	20 006,92	0,004	50,22	3 536,67	336	23 543,59	362	51,88	7 207,04
VI+A	0,0304	259,61	0,7207	1	360,22	25 335,91	0,004	50,22	3 536,67	410	28 872,58	287	41,16	1 878,05
VII+A	0,0436	364,35	0,7207	1	505,55	35 690,67	0,004	50,22	3 536,67	556	39 227,34	142	20,33	-8 476,71
A	0,0436	364,35	0,7207	1	505,55	35 686,61	0,004	46,96	8 169,63	553	43 856,24	145	20,80	-13 105,61

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾ [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾			Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[zł]	[%]	20% kredytu [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]	2 lata oszczędności [zł]
1	2	3	4	5	6			7	8	9
1	I+A	821 988,72	10 681,26	58,84	0,00	821 988,72	0,00	164 397,74	131 518,20	21 362,52
2	II+A	777 580,72	10 044,32	57,57	0,00	777 580,72	0,00	155 516,14	124 412,92	20 088,64
3	III+A	704 106,72	7 715,63	52,90	0,00	704 106,72	0,00	140 821,34	112 657,08	15 431,26
4	IV+A	699 260,81	7 577,95	52,62	0,00	699 260,81	0,00	139 852,16	111 881,73	15 155,90
5	V+A	688 912,81	7 207,04	51,88	0,00	688 912,81	0,00	137 782,56	110 226,05	14 414,08
6	VI+A	650 580,81	1 878,05	41,16	0,00	650 580,81	0,00	130 116,16	104 092,93	3 756,10
7	VII+A	571 302,42	-8 476,71	20,33	0,00	571 302,42	0,00	114 260,48	91 408,39	-16 953,42
8	A	516 902,42	-13 105,61	20,80	0,00	516 902,42	0,00	103 380,48	82 704,39	-26 211,22

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o prenie termomodernizacyjną

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

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 7 (VII+A) oraz Nr 8 (A) nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 136 m² proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,020 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości minimum 7 cm, technologią wskazaną przez ŁWKZ. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,208 W/m²*K. Dodatkowo należy wymienić deskę szalunkową oraz wykonać wentylowaną szczelinę powietrzną pomiędzy warstwą izolacji termicznej (ułożonej do środka) a zewnętrzną ścianą drewnianą, zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 148 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,223 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży,

wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ

3. Ocieplenie stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 290 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono roboty towarzyszące, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 7,96 m² oraz okien z PCV o powierzchni około 34,16 m² na okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Wymianę drzwi wejściowych o powierzchni około 2,74 m² na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż perlatorów przy punktach odbioru,
- regulację instalacji,
- montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
- demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
- podłączenie instalacji c.o. i c.w.u. do sieci ciepłej,
- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż grzejników płytowych,
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- regulację instalacji grzewczej,
- montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	821 988,72 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	21 362,52 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	10 681,26 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	76,96 lat

Błosoche

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

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

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	650,63
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	25,1
Cena paliwa	zł/Mg	900
Koszt paliwa	zł	22 581,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	34,71
Cena jednostkowa energii elektrycznej z uwzględnieniem wszystkich składników stałych i zmiennych	zł/kWh	0,6263
	zł/GJ	173,97

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

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
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_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	1,448
	Pustka powietrzna	15,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,491	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				0,691	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,769
	Trociny	16,0	0,160	0,200	0,800	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,131	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,301	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	2,5	0,025	0,820	0,030	1,380
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem. - wap.	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,554	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,724	
Podłoga na gruncie	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,421
	Pustka powietrzna	15,0			0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,923	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R _T				2,377	
Okna PCV				U _o	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,700	1,0	1,700
Okna drewniane				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe				2,600	1,2	3,120

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_t	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,174
	Pustka powietrzna	15,0	0,150		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Wełna mineralna	20,0	0,200	0,040	5,000	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	R				5,531	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				5,731	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,208
	Trociny	16,0	0,16	0,200	0,800	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Płyty z pianki rezolowej	7,0	0,070	0,020	3,500	
	R				4,631	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				4,801	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem. - wap.	2,5	0,025	0,820	0,030	0,223
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Tynk cem. - wap.	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,304	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R _T				4,474	
Podłoga na gruncie	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,421
	Pustka powietrzna	15,0	0,15		0,220	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,400	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	R				0,923	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R _T				2,377	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe nowe				1,5	1,000	1,500

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Pomieszczenie	Ilość pomieszczeń	Strumień powietrza na pomieszczenie [m ³ /h]	Całkowity strumień powietrza [m ³ /h]
Strumień powietrza wentylacyjnego			
Kuchnie	8	70	560
Łazienki	8	50	400
Razem			960
Klatki schodowe	1	39	39
Ogółem			999
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,278
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,044
Ogółem		[m ³ /sek]	0,321
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	386
Kubatura wentylowana		[m ³]	788
Krotność wymiany powietrza			1,47

Współczynniki korekcyjne			
	c _r	1,0	1,0
	c _w	1,0	1,0
	c _m	1,0	1,0

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		788	0,5			394,1

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	292	7,1	2 072

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _u -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	289,34	1,448	0,90	377	40	15,08
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	135,89	0,769	1,00	104		4,18
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	147,90	1,380	1,00	204		8,17
Okna PCV	34,16	1,700	1,00	58		2,32
Okna drewniane	7,96	2,600	1,00	21		0,83
Drzwi wejściowe	2,74	3,120	1,00	9		0,34
Podłoga na gruncie	289,34	0,421	1,00	122		4,87
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	□			
ościeża	91,16	0,190	1,0	17		0,69
nadproża	38,35	0,600	1,0	23		0,92
podokien	38,35	0,570	1,0	22		0,87
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				957		38,27
Wentylacja		V _l [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		394	0,34	134		5,36
OGÓŁEM						43,63

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _u -	H _t [W/K]	ΔΘ [°C]	Φ [kW]
Strop poddasza	289,34	0,174	0,90	45	40	1,82
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	135,89	0,208	1,00	28		1,13
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	147,90	0,223	1,00	33		1,32
Okna wymienione	34,16	1,100	1,00	38		1,50
Okna wymienione	7,96	1,100	1,00	9		0,35
Drzwi wejściowe	2,74	1,500	1,00	4		0,16
Podłoga na gruncie	289,34	0,421	1,00	122		4,87
Mostki liniowe	l [m]	ψ [W/mK]	□			
ościeża	91,16	0,190	1,0	17		0,69
nadproża	38,35	0,600	1,0	23		0,92
podokien	38,35	0,570	1,0	22		0,87
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				341		13,65
Wentylacja		V _l [m ³ /h]	ρ*c _p [J/m ³ /K]	H _v [W/K]		
		394	0,34	134		5,36
OGÓŁEM						19,00

Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty											
<i>I_{tr}</i> , <i>H_{tr}</i>											
Strop poddasza	[MJ]	21 203	19 151	16 861	12 116	1 059	1 156	13 529	15 829	19 486	120 390
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	5 876	5 307	4 673	3 358	293	320	3 750	4 387	5 400	33 365
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	11 483	10 372	9 132	6 562	573	626	7 327	8 572	10 553	65 200
Okna PCV	[MJ]	3 266	2 950	2 598	1 866	163	178	2 084	2 438	3 002	18 546
Okna drewniane	[MJ]	1 164	1 051	926	665	58	63	743	869	1 070	6 610
Drzwi wejściowe	[MJ]	480	434	382	275	24	26	307	359	442	2 728
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 846	6 183	5 444	3 912	342	373	4 368	5 111	6 291	38 870
Mostki liniowe	[MJ]	3 498	3 159	2 782	1 999	175	191	2 232	2 611	3 215	19 862
Straty przez przegrody	[MJ]	53 816	48 608	42 797	30 752	2 687	2 935	34 340	40 176	49 460	305 570
Wentylacja	[MJ]	21 686	19 587	17 246	12 392	1 083	1 183	13 838	16 190	19 930	123 134
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	75 502	68 195	60 042	43 144	3 769	4 117	48 178	56 366	69 390	428 704
Zyski słoneczne	[MJ]	2 066	2 145	4 593	5 978	7 696	4 827	3 394	1 649	1 315	33 664
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 551	5 014	5 551	5 372	895	895	5 551	5 372	5 551	39 751
Razem zyski	[MJ]	7 617	7 159	10 144	11 350	8 591	5 722	8 945	7 021	6 866	73 415
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1009	0,1050	0,1689	0,2631	2,2793	1,3898	0,1857	0,1246	0,0990	0,1712
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	292									
Pojemność ciepła	[J/K]	75 891 400									
Stała czasowa	[h]	16									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy <i>a_{H,0}</i>		1									
Stała czasowa odniesienia <i>t_{H,0}</i>	[h]	15									
Parametr numeryczny <i>a_H</i>		2,05									
Parametr numeryczny <i>a_H + 1</i>		3,05									
<i>η</i>		0,9918	0,9911	0,9781	0,9513	0,3891	0,5571	0,9739	0,9877	0,9921	
Zyski ciepła	[MJ]	7 554	7 095	9 921	10 797	3 343	3 188	8 712	6 935	6 812	64 356
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	67 948	61 100	50 121	32 347	426	930	39 466	49 431	62 578	364 348

Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Strop poddasza	[MJ]	2 556	2 308	2 032	1 460	128	139	1 631	1 908	2 349	14 512
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 592	1 438	1 266	910	79	87	1 016	1 189	1 463	9 040
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	1 859	1 679	1 479	1 062	93	101	1 186	1 388	1 709	10 557
Okna wymienne	[MJ]	2 114	1 909	1 681	1 208	106	115	1 349	1 578	1 942	12 001
Okna wymienne	[MJ]	492	445	392	281	25	27	314	368	453	2 796
Mostki liniowe	[MJ]	3 498	3 159	2 782	1 999	175	191	2 232	2 611	3 215	19 862
Drzwi wejściowe	[MJ]	231	209	184	132	12	13	147	172	212	1 312
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 846	6 183	5 444	3 912	342	373	4 368	5 111	6 291	38 870
Straty przez przegrody	[MJ]	19 188	17 331	15 259	10 964	958	1 046	12 244	14 325	17 634	108 949
Wentylacja	[MJ]	21 686	19 587	17 246	12 392	1 083	1 183	13 838	16 190	19 930	123 134
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	40 874	36 918	32 504	23 356	2 041	2 229	26 081	30 514	37 565	232 083
Zyski słoneczne	[MJ]	2 011	2 091	4 483	5 845	7 529	4 716	3 311	1 609	1 284	32 879
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 551	5 014	5 551	5 372	895	895	5 551	5 372	5 551	39 751
Razem zyski	[MJ]	7 562	7 105	10 034	11 216	8 424	5 611	8 862	6 981	6 834	72 630
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1850	0,1925	0,3087	0,4802	4,1285	2,5175	0,3398	0,2288	0,1819	0,3129
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	292									
Pojemność cieplna	[J/K]	75 891 400									
Stała czasowa	[h]	29									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}		15									
Parametr numeryczny a _H		2,93									
Parametr numeryczny a _H + 1		3,93									
η		0,9942	0,9936	0,9778	0,9360	0,2393	0,3808	0,9718	0,9898	0,9945	
Zyski ciepła	[MJ]	7 518	7 059	9 811	10 498	2 016	2 137	8 612	6 910	6 797	61 358
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	33 356	29 859	22 693	12 858	24	92	17 469	23 604	30 768	170 724

Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,80	piece kaflowe w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	1,00	źródło ciepła w pomieszczeniu
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,70	ogrzewanie piecowe
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,56	
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			sicć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,72	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-11 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	292	292
Liczba użytkowników	osoba	22	22
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	2,00	2,00
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,9	0,9
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	10 044,0	10 044,0
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	36,2	36,2
Sprawność wytwarzania	-	0,960	0,900
Sprawność przesyłu	-	0,800	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,770	0,720
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	13 044,2	13 950,1
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	47,0	50,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,059	0,059
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	4,384	4,384
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,246	0,262
Max. moc c.w.u.	kW	17,54	18,71
Średnia moc c.w.u.	kW	4,0	4,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	44,7	47,8

Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt energetyczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych.

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

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

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Tabela nr 1. Efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	650,63	180 730,56	180,73
zużycie po modernizacji	287,10	79 750,00	79,75
oszczędność	363,53	100 980,56	100,98
<i>energia elektryczna</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	46,96	13 044,44	13,04
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	46,96	13 044,44	13,04
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	697,59	193 775,00	193,77
zużycie po modernizacji	287,10	79 750,00	79,75
oszczędność	410,49	114 025,00	114,02
oszczędność %	58,84		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	715,69	198 803,61	198,80
zużycie po modernizacji	373,23	103 675,00	103,68
oszczędność	342,46	95 128,61	95,13
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	140,88	39 133,33	39,13
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	140,88	39 133,33	39,13
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	856,57	237 936,94	237,93
zużycie po modernizacji	373,23	103 675,00	103,68
oszczędność	483,34	134 261,94	134,25
oszczędność %	56,43		

Tabela nr 2. Efekt energetyczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych.

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	650,63	180 730,56	180,73
zużycie po modernizacji	320,28	88 966,67	88,97
oszczędność	330,35	91 763,89	91,76
<i>energia elektryczna</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	46,96	13 044,44	13,04
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	46,96	13 044,44	13,04
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	697,59	193 775,00	193,77
zużycie po modernizacji	320,28	88 966,67	88,97
oszczędność	377,31	104 808,33	104,80
oszczędność %		54,09	
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	715,69	198 803,61	198,80
zużycie po modernizacji	416,36	115 656,67	115,66
oszczędność	299,33	83 146,94	83,15
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	140,88	39 133,33	39,13
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	140,88	39 133,33	39,13
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	856,57	237 936,94	237,93
zużycie po modernizacji	416,36	115 656,67	115,66
oszczędność	440,21	122 280,27	122,27
oszczędność %		51,39	

Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) 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). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt ekologiczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych.

Tabela nr 1. Efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć.

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
węgiel kamienny	650,63	-	94,73	61,63	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	13,04	0,832	10,85	-	-	-	-		
sieć miejska		-			287,10	-	94,96	27,26		
				72,48				27,26	45,22	62,39

Tabela nr 2. Efekt ekologiczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych drewnianych.

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
węgiel kamienny	650,63	-	94,73	61,63	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	13,04	0,832	10,85	-	-	-	-		
sieć miejska		-			320,28	-	94,96	30,41		
				72,48				30,41	42,07	58,04

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- ocieplenie ścian fundamentowych,
- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orywnowania,
- obróbki blacharskie,
- wymianę oszalowania wraz z niezbędnymi pracami konserwatorskimi i malarskimi,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- wymianę poszycia dachowego,
- przebudowę kominów,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,

- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.