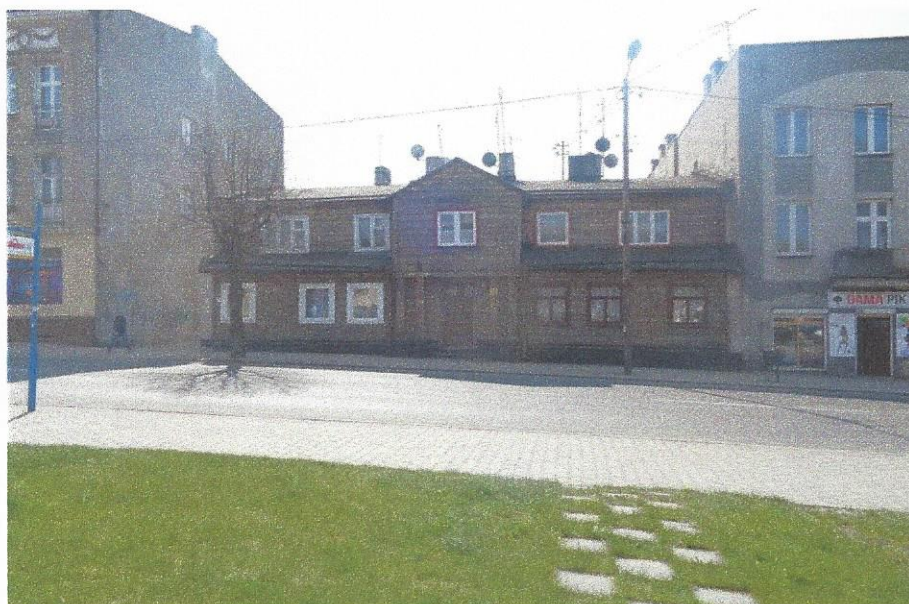


AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNEGO

ul. Długa 30

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
	Gmina Miasto Zgierz		1870
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	ul. Długa nr bud. 30
	tel.	- fax -	kod 95-100 miejscowość Zgierz
			powiat zgierski
			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska			<i>Bllosoda</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 (Zlecniodawcy)			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.			22
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.			24
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			27
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.			30
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....			32
ZAŁĄCZNIKI			33
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.			33
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.			34
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.			35
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.			36
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.			36
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.			36
Z-7 Projektowana strata ciepła.			37
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.			38
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.			39
Z-10 Sprawności systemu grzewczego.			40
Z-13 Ciepła woda użytkowa.			41
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.			42
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego.			43
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące.			44

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]	1 157	1 157
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	290,66	290,66
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	290,66	290,66
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	0	0
7.	Liczba lokali mieszkalnych	8	8
8.	Liczba osób użytkujących budynek	17	17
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]	0,589	0,589
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	[m ³ /h]	1 184	1 184	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,57	1,57	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	33,62	15,95	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	14,43	15,40	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	293,30	154,78	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	523,75	214,76	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	46,76	50,01	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	280,30	147,92	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	500,54	205,24	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,57	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	42,71	17,78	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	5,79	4,25	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	756 308,16	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	53,59
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	756 308,16	Premia termomodernizacyjna	[zł]	20 222,74
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	10 111,37			

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

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

3.3 Wytoczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
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 budynku			
Rodzaj budynku	Budynek mieszkalny	Rok budowy	1870
Adres budynku	ul. Długa 30 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	
	1 157	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	291	-	
Powierzchnia całkowita	636,67		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,6	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	17	
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	212,22	1,448	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (frontowa i tylna)	158,01	0,769	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (szczytowa)	64,39	1,380	
Okna PCV	18,99	1,700	
Okna drewniane	10,68	2,600	
Drzwi drewniane	4,93	3,120	
Podłoga na gruncie	212,22	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 30. Budynek wybudowany w 1870 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 jest zły. Zastrzeżenia budzi również 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 | - 0,769; 1,380 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 ściany szczytowej,
- 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. Wymiana okien drewnianych. Ocieplenie ścian [SZ-1]. Ocieplenie ścian [SZ-2]. Wymiana okien PCV. 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:

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

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/m³ 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), $\text{dzień} \cdot \text{K}/\text{rok}$,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, $^{\circ}\text{C}$,
- $t_c(m)$ - 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_c - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-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, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

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

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 212,22 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,691 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 212 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał: wełna mineralna} & & U_0 &= 1,448 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	1,981	0,505	34,22	0,004	48 760,00	2 464,42	19,786
0,06	1,500	2,231	0,448	30,38	0,004	49 078,00	2 612,32	18,787
0,07	1,750	2,481	0,403	27,32	0,003	49 396,00	2 730,41	18,091
0,08	2,000	2,731	0,366	24,82	0,003	49 714,00	2 826,87	17,586
0,09	2,250	2,981	0,335	22,74	0,003	50 032,00	2 907,16	17,210
0,10	2,500	3,231	0,310	20,98	0,003	50 350,00	2 975,02	16,924
0,11	2,750	3,481	0,287	19,47	0,002	50 668,00	3 033,13	16,705
0,12	3,000	3,731	0,268	18,17	0,002	50 986,00	3 083,45	16,535
0,13	3,250	3,981	0,251	17,03	0,002	51 304,00	3 127,46	16,404
0,14	3,500	4,231	0,236	16,02	0,002	51 622,00	3 166,26	16,304
0,15	3,750	4,481	0,223	15,13	0,002	51 940,00	3 200,73	16,228
0,16	4,000	4,731	0,211	14,33	0,002	52 258,00	3 231,56	16,171
0,17	4,250	4,981	0,201	13,61	0,002	52 576,00	3 259,29	16,131
0,18	4,500	5,231	0,191	12,96	0,002	52 894,00	3 284,38	16,105
0,19	4,750	5,481	0,182	12,37	0,002	53 212,00	3 307,17	16,090
0,20	5,000	5,731	0,174	11,83	0,001	53 530,00	3 327,98	16,085
0,21	5,250	5,981	0,167	11,33	0,001	53 848,00	3 347,05	16,088
0,22	5,500	6,231	0,160	10,88	0,001	54 166,00	3 364,58	16,099
0,23	5,750	6,481	0,154	10,46	0,001	54 484,00	3 380,77	16,116
0,24	6,000	6,731	0,149	10,07	0,001	54 802,00	3 395,75	16,138
0,25	6,250	6,981	0,143	9,71	0,001	55 120,00	3 409,66	16,166

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, technologią wskazana przez ŁWKZ.

Pow. obliczeniowa =	158,01	[m ²]	$R_0 =$	1,301	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 158	[m ²]	$U_0 =$	0,769	[W/(m ² *K)]
Materiał:	płyty pianki rezolowej		$\lambda =$	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_1	q_1	Nu	ΔK_{ogr}	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	13,28	0,002	80 580,00	984,17	81,876
0,06	3,000	4,301	0,233	11,73	0,001	82 752,50	1 043,70	79,287
0,07	3,500	4,801	0,208	10,51	0,001	85 359,50	1 090,83	78,252
0,08	4,000	5,301	0,189	9,52	0,001	88 401,00	1 129,08	78,295
0,09	4,500	5,801	0,172	8,70	0,001	91 877,00	1 160,72	79,155
0,10	5,000	6,301	0,159	8,01	0,001	95 787,50	1 187,35	80,673
0,11	5,500	6,801	0,147	7,42	0,001	100 132,50	1 210,06	82,750
0,12	6,000	7,301	0,137	6,91	0,001	104 912,00	1 229,66	85,318
0,13	6,500	7,801	0,128	6,47	0,001	110 126,00	1 246,75	88,331
0,14	7,000	8,301	0,120	6,08	0,001	115 774,50	1 261,78	91,755
0,15	7,500	8,801	0,114	5,73	0,001	121 857,50	1 275,10	95,567
0,16	8,000	9,301	0,108	5,43	0,001	128 375,00	1 286,99	99,749
0,17	8,500	9,801	0,102	5,15	0,001	135 327,00	1 297,66	104,285
0,18	9,000	10,301	0,097	4,90	0,001	142 713,50	1 307,30	109,167
0,19	9,500	10,801	0,093	4,67	0,001	150 534,50	1 316,05	114,384
0,20	10,000	11,301	0,088	4,47	0,001	158 790,00	1 324,02	119,930
0,21	10,500	11,801	0,085	4,28	0,001	167 480,00	1 331,32	125,800
0,22	11,000	12,301	0,081	4,10	0,001	176 604,50	1 338,02	131,989
0,23	11,500	12,801	0,078	3,94	0,000	186 163,50	1 344,20	138,494
0,24	12,000	13,301	0,075	3,79	0,000	196 157,00	1 349,92	145,310
0,25	12,500	13,801	0,072	3,66	0,000	206 585,00	1 355,22	152,437

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7 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 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 =	64,39	[m ²]	$R_0 = 0,724$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	64,00	[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	10,41	0,001	15 360,00	693,02	22,164
0,06	1,500	2,224	0,450	9,24	0,001	15 424,00	738,16	20,895
0,07	1,750	2,474	0,404	8,31	0,001	15 500,80	774,18	20,022
0,08	2,000	2,724	0,367	7,55	0,001	15 590,40	803,59	19,401
0,09	2,250	2,974	0,336	6,91	0,001	15 692,80	828,05	18,951
0,10	2,500	3,224	0,310	6,38	0,001	15 808,00	848,72	18,626
0,11	2,750	3,474	0,288	5,92	0,001	15 936,00	866,42	18,393
0,12	3,000	3,724	0,268	5,52	0,001	16 076,80	881,74	18,233
0,13	3,250	3,974	0,252	5,17	0,001	16 230,40	895,14	18,132
0,14	3,500	4,224	0,237	4,87	0,001	16 396,80	906,94	18,079
0,15	3,750	4,474	0,223	4,60	0,001	16 576,00	917,43	18,068
0,16	4,000	4,724	0,212	4,35	0,001	16 768,00	926,81	18,092
0,17	4,250	4,974	0,201	4,13	0,001	16 972,80	935,25	18,148
0,18	4,500	5,224	0,191	3,94	0,000	17 190,40	942,88	18,232
0,19	4,750	5,474	0,183	3,76	0,000	17 420,80	949,81	18,341
0,20	5,000	5,724	0,175	3,59	0,000	17 664,00	956,14	18,474
0,21	5,250	5,974	0,167	3,44	0,000	17 920,00	961,93	18,629
0,22	5,500	6,224	0,161	3,30	0,000	18 188,80	967,26	18,804
0,23	5,750	6,474	0,154	3,18	0,000	18 470,40	972,18	18,999
0,24	6,000	6,724	0,149	3,06	0,000	18 764,80	976,74	19,212
0,25	6,250	6,974	0,143	2,95	0,000	19 072,00	980,97	19,442

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, określane w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

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

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

gdzie:

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

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

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

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $10,68 \text{ m}^2$) 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	39,29	0,001	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	29,78	0,001	366,56	13 350,00	36,42
2	1,1	1,0	1,0	29,10	0,001	392,87	13 884,00	35,34
3	0,9	1,0	1,0	28,42	0,001	419,18	16 020,00	38,22

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około $18,99 \text{ m}^2$) 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	59,89	0,002	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	52,96	0,001	267,41	22 788,00	85,22
2	1,1	1,0	1,0	51,75	0,001	314,19	24 687,00	78,57
3	0,9	1,0	1,0	50,53	0,001	360,97	28 485,00	78,91

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 4,93 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	18,95	0,002	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	14,38	0,002	176,49	8 233,10	46,65
2	1,5	1,0	1,0	14,06	0,002	188,64	8 726,10	46,26
3	1,3	1,0	1,0	13,75	0,002	200,78	9 712,10	48,37

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 ciepła wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,
 O_{0m}, O_{1m} – jak we wzorze (2),
 Ab_0, Ab_1 – jak we wzorze (2).

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

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

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: 56 900,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 8 134,84 zł - 3 396,34 zł = 4 738,50 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

$SPBT = 56\ 900,00 / 4\ 738,50 = 12,01$ 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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
4	Wymiana okien drewnianych	13 884,00	35,34
5	Wymiana drzwi wejściowych	8 726,10	46,26
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	85 359,50	78,25
7	Wymiana okien PCV	24 687,00	78,57

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
4	Wymiana okien drewnianych	13 884,00	35,34
5	Wymiana drzwi wejściowych	8 726,10	46,26
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	85 359,50	78,25
7	Wymiana okien PCV	24 687,00	78,57
	Ogółem	259 662,60	

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
4	Wymiana okien drewnianych	13 884,00	35,34
5	Wymiana drzwi wejściowych	8 726,10	46,26
6	Ocieplenie ścian [SZ-1] (frontowa i tylna)	85 359,50	78,25
	Ogółem	234 975,60	

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
4	Wymiana okien drewnianych	13 884,00	35,34
5	Wymiana drzwi wejściowych	8 726,10	46,26
	Ogółem	149 616,10	

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
4	Wymiana okien drewnianych	13 884,00	35,34
	Ogółem	140 890,00	

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
3	Ocieplenie ściany [SZ-2] (szczytowa)	16 576,00	18,07
	Ogółem	127 006,00	

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.	56 900,00	12,01
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	53 530,00	16,08
	Ogółem	110 430,00	

Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	56 900,00	12,01
	Ogółem	56 900,00	

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:

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

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- 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	0,0336	0,0336
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	293	293
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 uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	523,76	406,97
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	20 200,00	28 530,19
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-8 330,19
9	Koszt modernizacji	zł		496 645,56

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}	Opłata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Opłata 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	0,0336	293,30	0,5600	1	523,75	20 200,00	0,003	46,76	8 134,84	571	28 334,84				
I+A	0,0160	154,78	0,7207	1	214,76	14 827,13	0,003	50,01	3 396,34	265	18 223,47	306	53,59	10 111,37	
II+A	0,0164	158,35	0,7207	1	219,72	15 174,44	0,003	50,01	3 396,34	270	18 570,78	301	52,72	9 764,06	
III+A	0,0199	186,19	0,7207	1	258,35	17 929,14	0,003	50,01	3 396,34	308	21 325,48	262	45,95	7 009,36	
IV+A	0,0203	188,00	0,7207	1	260,86	18 119,91	0,003	50,01	3 396,34	311	21 516,25	260	45,51	6 818,59	
V+A	0,0209	193,04	0,7207	1	267,85	18 618,34	0,003	50,01	3 396,34	318	22 014,68	253	44,28	6 320,16	
VI+A	0,0239	216,50	0,7207	1	300,40	20 938,74	0,003	50,01	3 396,34	350	24 335,08	220	38,58	3 999,76	
VII+A	0,0336	293,30	0,7207	1	406,97	28 530,19	0,003	50,01	3 396,34	457	31 926,53	114	19,90	-3 591,69	
A	0,0336	293,30	0,7207	1	406,97	28 530,19	0,003	46,76	8 134,84	454	36 665,03	117	20,47	-8 330,19	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾		Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna		
		[zł]	[zł]			[zł]	[%]	[zł]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych
		3	4	5	6	7	8	9		
1	I+A	756 308,16	10 111,37	53,59	0,00	151 261,63	121 009,31	20 222,74		
2	II+A	731 621,16	9 764,06	52,72	0,00	146 324,23	117 059,39	19 528,12		
3	III+A	646 261,66	7 009,36	45,95	0,00	129 252,33	103 401,87	14 018,72		
4	IV+A	637 535,56	6 818,59	45,51	0,00	127 507,11	102 005,69	13 637,18		
5	V+A	623 651,56	6 320,16	44,28	0,00	124 730,31	99 784,25	12 640,32		
6	VI+A	607 075,56	3 999,76	38,58	0,00	121 415,11	97 132,09	7 999,52		
7	VII+A	553 545,56	-3 591,69	19,90	0,00	110 709,11	88 567,29	-7 183,38		
8	A	496 645,56	-8 330,19	20,47	0,00	99 329,11	79 463,29	-16 660,38		

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. 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 158 m² proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,020 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 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 powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 64 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, 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 212 m² należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$ 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 10,68 m² oraz okien PCV o powierzchni około 18,99 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 4,93 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 węzła ciepłego, który zostanie zamontowany w budynku przy ul. Długiej 32.
- 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 dodatkowe, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	756 308,16 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	20 222,74 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	10 111,37 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	74,80 lat

Blksooska

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

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

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	523,75
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	20,2
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	20 200,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,57
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	30,0			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.-wapienny	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	
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_0	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_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	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	0,040	0,160	0,156	
	R				5,531	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				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	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				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	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				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	Całkowity strumień powietrza
		[m ³ /h]	[m ³ /h]
Strumień powietrza wentylacyjnego			
Kuchnie	8	70	560
Łazienki	8	50	400
Razem			960
Klatki schodowe	1	73	73
Ogółem			1 033
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,287
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,042
Ogółem		[m ³ /sek]	0,329
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	395
Kubatura wentylowana		[m ³]	756
Krotność wymiany powietrza			1,57

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		756	0,5			377,9

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	291	7,1	2 064

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przełoga	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			[°C]
Strop poddasza	212,22	1,448	0,90	276	40	11,06	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	158,01	0,769	1,00	121		4,86	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	64,39	1,380	1,00	89		3,55	
Okna PCV	18,99	1,700	1,00	32		1,29	
Okna drewniane	10,68	2,600	1,00	28		1,11	
Drzwi wejściowe	4,93	3,120	1,00	15		0,62	
Podłoga na gruncie	212,22	0,421	1,00	89		3,57	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	89,66	0,190	1,0	17		0,68	
nadproża	37,03	0,600	1,0	22		0,89	
podokien	37,03	0,570	1,0	21		0,84	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				712		28,48	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		378	0,34	128	5,14		
OGÓŁEM						33,62	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przełoga	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			[°C]
Strop poddasza	212,22	0,174	0,90	33	40	1,33	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	158,01	0,208	1,00	33		1,32	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	64,39	0,223	1,00	14		0,58	
Okna wymienione	18,99	1,100	1,00	21		0,84	
Okna wymienione	10,68	1,100	1,00	12		0,47	
Drzwi wejściowe	4,93	1,500	1,00	7		0,30	
Podłoga na gruncie	212,22	0,421	1,00	89		3,57	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	89,66	0,190	1,0	17		0,68	
nadproża	37,03	0,600	1,0	22		0,89	
podokien	37,03	0,570	1,0	21		0,84	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				270		10,81	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		378	0,34	128	5,14		
OGÓŁEM						15,95	

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
Srednia temp. miesiaca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiacu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{ve}										
Strop poddasza	[MJ]	15 552	14 047	12 367	8 887	776	848	9 924	11 610	14 293	88 304
Sciana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	6 832	6 171	5 433	3 904	341	373	4 360	5 101	6 279	38 795
Sciana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	4 999	4 515	3 975	2 856	250	273	3 190	3 732	4 594	28 383
Okna PCV	[MJ]	1 816	1 640	1 444	1 038	91	99	1 159	1 356	1 669	10 310
Okna drewniane	[MJ]	1 562	1 411	1 242	892	78	85	997	1 166	1 435	8 868
Drzwi wejściowe	[MJ]	865	781	688	494	43	47	552	646	795	4 912
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 021	4 535	3 993	2 869	251	274	3 204	3 749	4 615	28 510
Mostki liniowe	[MJ]	3 395	3 067	2 700	1 940	169	185	2 166	2 535	3 120	19 277
Straty przez przegrody	[MJ]	40 042	36 167	31 843	22 881	1 999	2 184	25 551	29 893	36 801	227 360
Wentylacja	[MJ]	22 206	20 057	17 659	12 689	1 109	1 211	14 169	16 578	20 408	126 085
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	62 248	56 224	49 502	35 570	3 108	3 394	39 720	46 471	57 209	353 445
Zyski słoneczne	[MJ]	1 917	1 887	3 860	4 728	5 903	3 919	2 911	1 415	1 122	27 662
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 527	4 992	5 527	5 349	892	892	5 527	5 349	5 527	39 583
Razem zyski	[MJ]	7 444	6 880	9 387	10 077	6 795	4 810	8 439	6 764	6 649	67 245
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1196	0,1224	0,1896	0,2833	2,1865	1,4170	0,2125	0,1456	0,1162	0,1903
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	291									
Pojemność cieplna	[J/K]	75 571 600									
Stala czasowa	[h]	19									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stala czasowa odniesienia $t_{H,0}$		15									
Parametr numeryczny a_H		2,26									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,26									
η		0,9928	0,9925	0,9811	0,9581	0,4116	0,5669	0,9763	0,9891	0,9932	
Zyski ciepła	[MJ]	7 391	6 828	9 210	9 655	2 797	2 727	8 238	6 690	6 605	60 141
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	54 857	49 396	40 291	25 915	311	668	31 482	39 780	50 604	293 304

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]	1 875	1 693	1 491	1 071	94	102	1 196	1 399	1 723	10 644
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 851	1 672	1 472	1 058	92	101	1 181	1 382	1 701	10 512
Ściana zewnętrzna [SZ-2] szczyt	[MJ]	809	731	644	462	40	44	516	604	744	4 596
Okna PCV	[MJ]	1 175	1 061	934	671	59	64	750	877	1 080	6 671
Okna drewniane	[MJ]	661	597	525	378	33	36	422	493	607	3 752
Mostki liniowe	[MJ]	3 395	3 067	2 700	1 940	169	185	2 166	2 535	3 120	19 277
Drzwi wejściowe	[MJ]	416	376	331	238	21	23	265	311	382	2 362
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 021	4 535	3 993	2 869	251	274	3 204	3 749	4 615	28 510
Straty przez przegrody	[MJ]	15 203	13 732	12 090	8 688	759	829	9 701	11 350	13 972	86 324
Wentylacja	[MJ]	22 206	20 057	17 659	12 689	1 109	1 211	14 169	16 578	20 408	126 085
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	37 409	33 789	29 749	21 376	1 868	2 040	23 870	27 927	34 380	212 408
Zyski słoneczne	[MJ]	1 827	1 804	3 694	4 549	5 676	3 768	2 787	1 357	1 078	26 540
Zyski wewnętrzne	[MJ]	5 527	4 992	5 527	5 349	892	892	5 527	5 349	5 527	39 583
Razem zyski	[MJ]	7 355	6 796	9 222	9 898	6 568	4 659	8 314	6 706	6 605	66 123
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1966	0,2011	0,3100	0,4630	3,5168	2,2841	0,3483	0,2401	0,1921	0,3113
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	291									
Pojemność ciepła	[J/K]	75 571 600									
Stała czasowa	[h]	32									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}		15									
Parametr numeryczny a _H	[h]	3,10									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,10									
η		0,9948	0,9945	0,9817	0,9486	0,2802	0,4182	0,9750	0,9909	0,9952	
Zyski ciepła	[MJ]	7 317	6 759	9 052	9 389	1 840	1 949	8 106	6 645	6 573	57 631
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	30 092	27 030	20 697	11 987	27	91	15 764	21 282	27 807	154 778

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			sieć 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-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	290,66	290,66
Liczba użytkowników	osoba	19	19
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doła)	2,00	2,00
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,9	0,9
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	10 001,7	10 001,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	36,0	36,0
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	12 989,2	13 891,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	46,8	50,0
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,045	0,045
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	4,669	4,669
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,246	0,262
Max. moc c.w.u.	kW	14,43	15,40
Średnia moc c.w.u.	kW	3,1	3,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *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:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Tabela nr 1. Efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	523,75	145 486,11	145,49
zużycie po modernizacji	264,77	73 547,22	73,55
oszczędność	258,98	71 938,89	71,94
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	46,76	12 988,89	12,99
zużycie po modernizacji		0,00	0,00
oszczędność	46,76	12 988,89	12,99
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	570,51	158 475,00	158,48
zużycie po modernizacji	264,77	73 547,22	73,55
oszczędność	305,74	84 927,78	84,93
oszczędność %	53,59		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	576,13	160 034,72	160,03
zużycie po modernizacji	344,20	95 611,39	95,61
oszczędność	231,92	64 423,33	64,42
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			
zużycie przed modernizacją	140,28	38 966,67	38,97
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	140,28	38 966,67	38,97
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	716,41	199 001,39	199,00
zużycie po modernizacji	344,20	95 611,39	95,61
oszczędność	372,20	103 390,00	103,39
oszczędność %	51,95		

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

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	523,75	145 486,11	145,49
zużycie po modernizacji	303,39	84 275,00	84,28
oszczędność	220,36	61 211,11	61,21
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			
zużycie przed modernizacją	46,76	12 988,89	12,99
zużycie po modernizacji		0,00	0,00
oszczędność	46,76	12 988,89	12,99
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	570,51	158 475,00	158,48
zużycie po modernizacji	303,39	84 275,00	84,28
oszczędność	267,12	74 200,00	74,20
oszczędność %	46,82		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	576,13	160 034,72	160,03
zużycie po modernizacji	394,41	109 557,50	109,56
oszczędność	181,72	50 477,22	50,48
<i>energia elektryczna (c.w.u.)</i>			
zużycie przed modernizacją	140,28	38 966,67	38,97
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	140,28	38 966,67	38,97
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	716,41	199 001,39	199,00
zużycie po modernizacji	394,41	109 557,50	109,56
oszczędność	322,00	89 443,89	89,44
oszczędność %	44,95		

Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Upewnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE). 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	523,75	-	94,73	49,61	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	12,99	0,832	10,81	-	-	-	-		
sieć miejska		-			264,77	-	94,96	25,14		
				60,42				25,14	35,28	58,39

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	523,75	-	94,73	49,61	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	12,99	0,832	10,81	-	-	-	-		
sieć miejska		-			303,39	-	94,96	28,81		
				60,42				28,81	31,61	52,32

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 orynnowania,
- 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.