

„ELEKO”

Franciszek Radomycki

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

05-230 Kobyłka

„ELEKO”

FRANCISZEK RADOMYSKI

ul. Nadarzyn 2a

☎ (22) 786 - 38 - 70

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNO-USŁUGOWEGO

ul. Długa 41

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 mieszkalno-usługowy		1.2 Rok budowy
			1900
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		1.4 Adres budynku
	ul.	Długa nr bud. 41	
	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 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>Błbosowska</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 (Zleceniodawcy)			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.			17
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej			21
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.			23
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.			24
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.			26
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			29
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.			32
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....			34
ZAŁĄCZNIKI.....			35
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła			35
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją			36
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji			37
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....			38
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....			38
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła			38
Z-7 Projektowana strata ciepła			39
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009			40
Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009			41
Z-10 Sprawności systemu grzewczego.....			42
Z-11 Ciepła woda użytkowa			43
Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej.....			44
Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego			45
Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące			46

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]	1 285	1 285
4.	Powierzchnia netto budynku *) [m ²]	335,97	335,97
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	293,29	293,29
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	42,68	42,68
7.	Liczba lokali mieszkalnych	9	9
8.	Liczba osób użytkujących budynek	9	9
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]	0,597	0,597
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,769	0,223
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	0,432	0,432
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]	1 423	1 423	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	1,32	1,32	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	42,96	18,26	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	8,92	9,52	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	373,49	178,23	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	666,95	247,30	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	54,05	57,80	
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)]	308,80	147,36	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	551,43	204,47	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzenia audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	38,56	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	16,55	
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)]	6,38	4,23	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	739 960,14	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	57,68
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	739 960,14	Premia termomodernizacyjna	[zł]	28 826,08
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	14 413,04			

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 41 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 ciepłe w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

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

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
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 mieszkalno-usługowy	Rok budowy	1900
Adres budynku	ul. Długa 41 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	
	1 285	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	335,97	-	
Powierzchnia całkowita	406,49		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	2,7	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	-	9	
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	196,95	1,448	
Dach	12,60	1,275	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	144,72	0,769	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	150,42	1,380	
Okna PCV	6,59	1,700	
Okna drewniane	36,58	2,600	
Drzwi wejściowe	9,92	3,120	
Podłoga na gruncie	209,55	0,432	

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalno-usługowy, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 41. Budynek wybudowany w 1900 roku, jest niepodpiwniczony wykonany w technologii drewnianej. Ściany zewnętrzne osłonowe wykonane z drewna, szczytowe z cegły pełnej, nieocieplone, częściowo olicowanie sidingiem. Nad częścią budynku znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. Nad przybudowaną, parterową częścią budynku zastosowano dach konstrukcji drewnianej, nieocieplony, kryty papą. 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/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m²K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- dach, strop poddasza - 1,275; 1,448 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,769; 1,380 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,432 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie. Ze względu na zabytkowy charakter budynku i wytyczne konserwatora zabytków, należy zdemonstrować istniejące olicowanie sidingiem części ścian zewnętrznych i przywrócić oryginalny wygląd obiektu.

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

- okna - 1,1 W/m²K
- drzwi - 1,5 W/m²K

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 stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ w złym stanie technicznym, w związku z tym 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 dachu,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- 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 dachu. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Wymiana okien drewnianych. Wymiana okien PCV. Wymiana drzwi wejściowych.
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:

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

gdzie:

x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,

Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,

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

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,

dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,

dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^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:

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

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$, 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 ,
- Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

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

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

gdzie:

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

t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej,
określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

U_c - jak we wzorze (3),

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

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_c(m)$	-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).

Pow. obliczeniowa = 196,95 [m²] R₀ = 0,691 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 197 [m²]

Materiał: Wełna mineralna U₀ = 1,448 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

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	1,250	1,981	0,505	31,75	0,004	45 310,00	2 286,75	19,814
0,06	1,500	2,231	0,448	28,20	0,004	45 605,50	2 423,98	18,814
0,07	1,750	2,481	0,403	25,35	0,003	45 901,00	2 533,55	18,117
0,08	2,000	2,731	0,366	23,03	0,003	46 196,50	2 623,07	17,612
0,09	2,250	2,981	0,335	21,10	0,003	46 492,00	2 697,56	17,235
0,10	2,500	3,231	0,310	19,47	0,002	46 787,50	2 760,53	16,949
0,11	2,750	3,481	0,287	18,07	0,002	47 083,00	2 814,45	16,729
0,12	3,000	3,731	0,268	16,86	0,002	47 378,50	2 861,15	16,559
0,13	3,250	3,981	0,251	15,80	0,002	47 674,00	2 901,98	16,428
0,14	3,500	4,231	0,236	14,87	0,002	47 969,50	2 937,98	16,327
0,15	3,750	4,481	0,223	14,04	0,002	48 265,00	2 969,97	16,251
0,16	4,000	4,731	0,211	13,30	0,002	48 560,50	2 998,58	16,195
0,17	4,250	4,981	0,201	12,63	0,002	48 856,00	3 024,31	16,154
0,18	4,500	5,231	0,191	12,02	0,002	49 151,50	3 047,59	16,128
0,19	4,750	5,481	0,182	11,48	0,001	49 447,00	3 068,74	16,113
0,20	5,000	5,731	0,174	10,98	0,001	49 742,50	3 088,04	16,108
0,21	5,250	5,981	0,167	10,52	0,001	50 038,00	3 105,74	16,111
0,22	5,500	6,231	0,160	10,09	0,001	50 333,50	3 122,01	16,122
0,23	5,750	6,481	0,154	9,71	0,001	50 629,00	3 137,03	16,139
0,24	6,000	6,731	0,149	9,34	0,001	50 924,50	3 150,93	16,162
0,25	6,250	6,981	0,143	9,01	0,001	51 220,00	3 163,83	16,189

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 dachu

Rozpatruje się ocieplenie dachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	12,60	[m ²]	$R_0 = 0,784$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 13	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 1,275$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

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	1,250	2,034	0,492	1,98	0,000	2 646,00	121,62	21,757
0,06	1,500	2,284	0,438	1,76	0,000	2 663,64	129,96	20,495
0,07	1,750	2,534	0,395	1,59	0,000	2 681,28	136,67	19,619
0,08	2,000	2,784	0,359	1,45	0,000	2 698,92	142,17	18,984
0,09	2,250	3,034	0,330	1,33	0,000	2 716,56	146,76	18,510
0,10	2,500	3,284	0,304	1,23	0,000	2 734,20	150,65	18,149
0,11	2,750	3,534	0,283	1,14	0,000	2 751,84	153,99	17,870
0,12	3,000	3,784	0,264	1,06	0,000	2 769,48	156,90	17,652
0,13	3,250	4,034	0,248	1,00	0,000	2 787,12	159,44	17,481
0,14	3,500	4,284	0,233	0,94	0,000	2 804,76	161,68	17,347
0,15	3,750	4,534	0,221	0,89	0,000	2 822,40	163,68	17,244
0,16	4,000	4,784	0,209	0,84	0,000	2 840,04	165,47	17,164
0,17	4,250	5,034	0,199	0,80	0,000	2 857,68	167,08	17,104
0,18	4,500	5,284	0,189	0,76	0,000	2 875,32	168,54	17,061
0,19	4,750	5,534	0,181	0,73	0,000	2 892,96	169,86	17,031
0,20	5,000	5,784	0,173	0,70	0,000	2 910,60	171,08	17,014
0,21	5,250	6,034	0,166	0,67	0,000	2 934,54	172,19	17,043
0,22	5,500	6,284	0,159	0,64	0,000	2 952,18	173,21	17,044
0,23	5,750	6,534	0,153	0,62	0,000	2 969,82	174,15	17,053
0,24	6,000	6,784	0,147	0,59	0,000	2 987,46	175,03	17,068
0,25	6,250	7,034	0,142	0,57	0,000	3 005,10	175,84	17,090

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 wskazaną przez ŁWKZ.

Pow. obliczeniowa = 142,98 [m²] R₀ = 1,301 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 143 [m²]

Materiał: pianka rezolowa U₀ = 0,769 [W/(m²*K)]

λ = 0,020 [W/(m*K)]

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

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	12,16	0,002	73 950,00	901,28	82,050
0,06	3,000	4,301	0,233	10,75	0,001	75 943,75	955,80	79,456
0,07	3,500	4,801	0,208	9,63	0,001	78 336,25	998,96	78,418
0,08	4,000	5,301	0,189	8,72	0,001	81 127,50	1 033,98	78,461
0,09	4,500	5,801	0,172	7,97	0,001	84 317,50	1 062,97	79,323
0,10	5,000	6,301	0,159	7,34	0,001	87 906,25	1 087,35	80,845
0,11	5,500	6,801	0,147	6,80	0,001	91 893,75	1 108,15	82,926
0,12	6,000	7,301	0,137	6,33	0,001	96 280,00	1 126,10	85,499
0,13	6,500	7,801	0,128	5,92	0,001	101 065,00	1 141,74	88,518
0,14	7,000	8,301	0,120	5,57	0,001	106 248,75	1 155,51	91,950
0,15	7,500	8,801	0,114	5,25	0,001	111 831,25	1 167,71	95,770
0,16	8,000	9,301	0,108	4,97	0,001	117 812,50	1 178,59	99,960
0,17	8,500	9,801	0,102	4,72	0,001	124 192,50	1 188,37	104,507
0,18	9,000	10,301	0,097	4,49	0,001	130 971,25	1 197,20	109,398
0,19	9,500	10,801	0,093	4,28	0,001	138 148,75	1 205,21	114,627
0,20	10,000	11,301	0,088	4,09	0,001	145 725,00	1 212,51	120,185
0,21	10,500	11,801	0,085	3,92	0,000	153 700,00	1 219,19	126,067
0,22	11,000	12,301	0,081	3,76	0,000	162 073,75	1 225,33	132,269
0,23	11,500	12,801	0,078	3,61	0,000	170 846,25	1 230,99	138,788
0,24	12,000	13,301	0,075	3,47	0,000	180 017,50	1 236,23	145,619
0,25	12,500	13,801	0,072	3,35	0,000	189 587,50	1 241,08	152,760

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 =	150,42	[m ²]	$R_0 = 0,724$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 151	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,380$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

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	24,33	0,003	37 448,00	1 618,84	23,133
0,06	1,500	2,224	0,450	21,60	0,003	37 599,00	1 724,29	21,806
0,07	1,750	2,474	0,404	19,41	0,002	37 780,20	1 808,43	20,891
0,08	2,000	2,724	0,367	17,63	0,002	37 991,60	1 877,13	20,239
0,09	2,250	2,974	0,336	16,15	0,002	38 233,20	1 934,28	19,766
0,10	2,500	3,224	0,310	14,90	0,002	38 505,00	1 982,57	19,422
0,11	2,750	3,474	0,288	13,83	0,002	38 807,00	2 023,91	19,174
0,12	3,000	3,724	0,268	12,90	0,002	39 139,20	2 059,70	19,002
0,13	3,250	3,974	0,252	12,09	0,002	39 501,60	2 090,98	18,891
0,14	3,500	4,224	0,237	11,37	0,001	39 894,20	2 118,57	18,831
0,15	3,750	4,474	0,223	10,74	0,001	40 317,00	2 143,07	18,813
0,16	4,000	4,724	0,212	10,17	0,001	40 770,00	2 164,98	18,832
0,17	4,250	4,974	0,201	9,66	0,001	41 253,20	2 184,68	18,883
0,18	4,500	5,224	0,191	9,20	0,001	41 766,60	2 202,51	18,963
0,19	4,750	5,474	0,183	8,78	0,001	42 310,20	2 218,70	19,070
0,20	5,000	5,724	0,175	8,39	0,001	42 884,00	2 233,48	19,201
0,21	5,250	5,974	0,167	8,04	0,001	43 488,00	2 247,02	19,354
0,22	5,500	6,224	0,161	7,72	0,001	44 122,20	2 259,47	19,528
0,23	5,750	6,474	0,154	7,42	0,001	44 786,60	2 270,97	19,721
0,24	6,000	6,724	0,149	7,14	0,001	45 481,20	2 281,60	19,934
0,25	6,250	6,974	0,143	6,89	0,001	46 206,00	2 291,48	20,164

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, $m^3/(m^*h*daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ścienne, okna lub drzwi, oblicza się 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 $36,58 m^2$) 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	127,00	0,004	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	95,70	0,002	1 206,73	38 412,95	31,83
2	1,1	1,0	1,0	93,37	0,002	1 296,85	40 242,14	31,03
3	0,9	1,0	1,0	91,03	0,002	1 386,96	47 558,90	34,29

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 $6,59 m^2$) 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	19,52	0,001	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	17,23	0,000	88,35	6 915,51	78,28
2	1,1	1,0	1,0	16,81	0,000	104,57	7 244,82	69,28
3	0,9	1,0	1,0	16,39	0,000	120,79	8 562,06	70,88

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 9,92 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	36,07	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	27,21	0,003	341,75	14 874,68	43,52
2	1,5	1,0	1,0	26,58	0,003	366,18	15 568,83	42,52
3	1,3	1,0	1,0	25,94	0,003	390,61	17 552,12	44,94

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 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: 72 900,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 9 403,08 zł - 3 652,73 zł = 5 750,35 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 72 900,00 / 5 750,35 = 12,68 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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
5	Wymiana okien drewnianych	40 242,14	31,03
6	Wymiana drzwi	15 568,83	42,52
7	Wymiana okien PCV	7 244,82	69,28
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	78 336,25	78,42

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
5	Wymiana okien drewnianych	40 242,14	31,03
6	Wymiana drzwi	15 568,83	42,52
7	Wymiana okien PCV	7 244,82	69,28
8	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	78 336,25	78,42
	Ogółem	307 262,14	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
5	Wymiana okien drewnianych	40 242,14	31,03
6	Wymiana drzwi	15 568,83	42,52
7	Wymiana okien PCV	7 244,82	69,28
	Ogółem	228 925,89	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
5	Wymiana okien drewnianych	40 242,14	31,03
6	Wymiana drzwi	15 568,83	42,52
	Ogółem	221 681,07	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
5	Wymiana okien drewnianych	40 242,14	31,03
	Ogółem	206 112,24	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	40 317,00	18,81
	Ogółem	165 870,10	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
3	Ocieplenie dachu	2 910,60	17,01
	Ogółem	125 553,10	

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.	72 900,00	12,68
2	Ocieplenie stropu pod poddaszem	49 742,50	16,11
	Ogółem	122 642,50	

Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja instalacji c.w.u.	72 900,00	12,68
	Ogółem	72 900,00	

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 mieszaniach. 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	0,0430	0,0430
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.	GJ/rok	373	373
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 uwzględnienia sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	666,95	518,23
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	25 720,00	36 358,22
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		-10 638,22
9	Szacunkowy koszt modernizacji	zł		432 698,00

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	GJ/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	zł/rok					
0	0,0430	373,49	0,5600	1	666,95	25 720,00	0,002	54,05	9 403,08	721	35 123,08						
I+A	0,0183	178,23	0,7207	1	247,30	17 057,31	0,002	57,80	3 652,73	305	20 710,04	416	57,68	14 413,04			
II+A	0,0234	218,95	0,7207	1	303,80	21 078,24	0,002	57,80	3 652,73	362	24 730,97	359	49,85	10 392,11			
III+A	0,0236	220,20	0,7207	1	305,53	21 201,53	0,002	57,80	3 652,73	363	24 854,26	358	49,61	10 268,82			
IV+A	0,0242	225,27	0,7207	1	312,58	21 703,75	0,002	57,80	3 652,73	370	25 356,48	351	48,63	9 766,60			
V+A	0,0264	242,37	0,7207	1	336,30	23 397,84	0,002	57,80	3 652,73	394	27 050,57	327	45,34	8 072,51			
VI+A	0,0334	297,47	0,7207	1	412,75	28 842,85	0,002	57,80	3 652,73	471	32 495,58	250	34,74	2 627,50			
VII+A	0,0339	301,87	0,7207	1	418,86	29 277,94	0,002	57,80	3 652,73	477	32 930,67	244	33,89	2 192,41			
VIII+A	0,0430	373,49	0,7207	1	518,23	36 358,22	0,002	57,80	3 652,73	576	40 010,95	145	20,11	-4 887,87			
A	0,0430	373,49	0,7207	1	518,23	36 358,22	0,002	54,05	9 403,08	572	45 761,30	149	20,63	-10 638,22			

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 [zł]	16% kosztów całkowitych [zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	I+A	739 960,14	14 413,04	57,68	0,00	147 992,03	118 393,62	28 826,08		
2	II+A	661 623,89	10 392,11	49,85	0,00	132 324,78	105 859,82	20 784,22		
3	III+A	654 379,07	10 268,82	49,61	0,00	130 875,81	104 700,65	20 537,64		
4	IV+A	638 810,24	9 766,60	48,63	0,00	127 762,05	102 209,64	19 533,20		
5	V+A	598 568,10	8 072,51	45,34	0,00	119 713,62	95 770,90	16 145,02		
6	VI+A	558 251,10	2 627,50	34,74	0,00	111 650,22	89 320,18	5 255,00		
7	VII+A	555 340,50	2 192,41	33,89	0,00	111 068,10	88 854,48	4 384,82		
8	VIII+A	505 598,00	-4 887,87	20,11	0,00	101 119,60	80 895,68	-9 775,74		
9	A	432 698,00	-10 638,22	20,63	0,00	86 539,60	69 231,68	-21 276,44		

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 143 m² proponuje się wykonać płytami z pianki reżolowej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,020$ W/m*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 ŁKWZ.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 151 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040$ W/m*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 197 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 36,58 m² oraz okien PCV o powierzchni około 6,59 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 9,92 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	739 960,14 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	28 826,08 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	14 413,04 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	51,34 lat

Barbara Kosowska

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

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

Zapotrzebowanie ciepła	GJ	666,95
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	25,7
Cena paliwa	zł/Mg	1 000
Koszt paliwa	zł	25 720,00
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	38,56
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	
Dach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	1,275
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	5,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,574	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,040	
R _T				0,784		
Ściana zewnętrzna [SZ-1] drewniana	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] murowana	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	0,432
	Pustka powietrzna	15,0			0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Papa asfaltowa	1,5	0,0150	0,180	0,083	
	Piasek	10,0	0,1	0,40	0,250	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,863	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	R _T				2,317	
Okna i drzwi 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	
	Styropian	20,0	0,200	0,040	5,000	
	Szlichta cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	R				5,531	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				5,731	
Dach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,173
	Deska sosnowa	2,5	0,025		0,156	
	Pustka powietrzna	5,0	0,050		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	20,0	0,200	0,040	5,000	
	R				5,574	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,040	
	R _T				5,784	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] drewniana	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] murowana	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	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	Tynk cem. - wap.	2,5	0,025	0,820	0,030	
	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	0,432
	Pustka powietrzna	15,0	0,15	0,000	0,160	
	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				0,863	
	Opór zastępczy gruntu				1,454	
	RT				2,317	
Okna wymienione				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,1	1,000	1,100
Drzwi wymienione				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	9	70	630
Łazienki	9	50	450
Klatki schodowe	1	39	39
Razem			1 080
Lokal usługowy		128	128
Ogółem			1 208
Strumień powietrza wentylacyjnego		[m ³ /sek]	0,336
Infiltracja		[m ³ /sek]	0,060
Ogółem		[m ³ /sek]	0,395
Współczynnik strat ciepła przez wentylację		[W/K]	474
Kubatura wentylowana		[m ³]	1 075
Krotność wymiany powietrza			1,32

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		1 075	0,5			537,6

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	336	7,1	2 385

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przełoga	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Strop poddasza	196,95	1,448	0,90	257	40	10,26	
Dach	12,60	1,275	1,00	16		0,64	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	144,72	0,769	1,00	111		4,45	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	150,42	1,380	1,00	208		8,30	
Okna PCV	6,59	1,700	1,00	11		0,45	
Okna drewniane	36,58	2,600	1,00	95		3,80	
Drzwi wejściowe	9,92	3,120	1,00	31		1,24	
Podłoga na gruncie	209,55	0,432	1,00	90		3,62	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	101,81	0,190	1,0	19		0,77	
nadproża	44,97	0,600	1,0	27		1,08	
podokien	44,97	0,570	1,0	26		1,03	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				891		35,65	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		538	0,34	183	7,31		
OGÓŁEM					42,96		

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przełoga	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Strop poddasza	196,95	0,174	0,90	31	40	1,24	
Dach	12,60	0,173	1,00	2		0,09	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	144,72	0,208	1,00	30		1,21	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	150,42	0,223	1,00	34		1,34	
Okna wymienione	6,59	1,100	1,00	7		0,29	
Okna wymienione	36,58	1,100	1,00	40		1,61	
Drzwi wejściowe	9,92	1,500	1,00	15		0,59	
Podłoga na gruncie	209,55	0,432	1,00	90		3,62	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	101,81	0,050	1,0	5		0,20	
nadproża	44,97	0,200	1,0	9		0,36	
podokien	44,97	0,220	1,0	10		0,40	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				274		10,95	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		538	0,34	183	7,31		
OGÓŁEM					18,26		

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]	14 432	13 036	11 477	8 247	721	787	9 209	10 774	13 264	81 947
Dach	[MJ]	904	816	719	516	45	49	577	675	831	5 132
Sciana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	6 258	5 652	4 976	3 576	312	341	3 993	4 672	5 751	35 532
Sciana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	11 678	10 548	9 287	6 673	583	637	7 452	8 718	10 733	66 309
Okna PCV	[MJ]	630	569	501	360	31	34	402	470	579	3 576
Okna drewniane	[MJ]	5 350	4 832	4 255	3 057	267	292	3 414	3 994	4 917	30 378
Drzwi wejściowe	[MJ]	1 740	1 572	1 384	994	87	95	1 110	1 299	1 599	9 881
Mostki liniowe	[MJ]	4 048	3 656	3 219	2 313	202	221	2 583	3 022	3 720	22 982
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 086	4 594	4 045	2 906	254	277	3 245	3 797	4 674	28 879
Straty przez przegrody	[MJ]	50 126	45 275	39 862	28 643	2 502	2 733	31 985	37 421	46 068	284 615
Wentylacja	[MJ]	26 681	24 099	21 217	15 246	1 332	1 455	17 025	19 918	24 521	151 494
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	76 806	69 373	61 079	43 889	3 834	4 188	49 010	57 339	70 589	436 109
Zyski słoneczne	[MJ]	1 512	1 479	3 012	3 608	4 547	2 998	2 273	1 090	856	21 374
Zyski wewnętrzne	[MJ]	6 389	5 771	6 389	6 183	1 030	1 030	6 389	6 183	6 389	45 754
Razem zyski	[MJ]	7 901	7 250	9 401	9 791	5 578	4 028	8 662	7 273	7 245	67 127
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1029	0,1045	0,1539	0,2231	1,4546	0,9618	0,1767	0,1268	0,1026	0,1539
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	336									
Pojemność cieplna	[J/K]	87 352 200									
Stała czasowa	[h]	18									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,18									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,18									
η		0,9938	0,9936	0,9858	0,9704	0,5515	0,6992	0,9813	0,9904	0,9938	
Zyski ciepła	[MJ]	7 852	7 203	9 267	9 501	3 076	2 817	8 499	7 203	7 200	62 618
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	68 954	62 171	51 812	34 388	758	1 372	40 511	50 136	63 389	373 491

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. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda											
Htr Hve											
Strop poddasza	[MJ]	1 740	1 571	1 383	994	87	95	1 110	1 299	1 599	9 878
Dach	[MJ]	123	111	97	70	6	7	78	91	113	696
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	1 696	1 531	1 348	969	85	92	1 082	1 266	1 558	9 627
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	1 891	1 708	1 504	1 080	94	103	1 207	1 412	1 738	10 736
Okna wymienne	[MJ]	407	368	324	233	20	22	260	304	375	2 314
Okna wymienne	[MJ]	2 263	2 044	1 800	1 293	113	123	1 444	1 690	2 080	12 852
Mostki liniowe	[MJ]	1 349	1 218	1 073	771	67	74	861	1 007	1 240	7 658
Drzwi wejściowe	[MJ]	837	756	665	478	42	46	534	625	769	4 751
Podłoga na gruncie	[MJ]	5 086	4 594	4 045	2 906	254	277	3 245	3 797	4 674	28 879
Straty przez przegrody	[MJ]	15 391	13 902	12 240	8 795	768	839	9 821	11 490	14 145	87 391
Wentylacja	[MJ]	26 681	24 099	21 217	15 246	1 332	1 455	17 025	19 918	24 521	151 494
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	42 194	42 072	38 000	33 457	24 041	2 100	2 294	26 846	31 408	38 666
Zyski słoneczne	[MJ]	1 492	1 456	2 961	3 533	4 452	2 937	2 234	1 071	840	20 976
Zyski wewnętrzne	[MJ]	6 389	5 771	6 389	6 183	1 030	1 030	6 389	6 183	6 389	45 754
Razem zyski	[MJ]	7 881	7 227	9 350	9 716	5 483	3 968	8 623	7 254	7 229	66 730
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1873	0,1902	0,2795	0,4041	2,6104	1,7294	0,3212	0,2309	0,1870	0,2793
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	336									
Pojemność ciepła	[J/K]	87 352 200									
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		3,16									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,16									
η		0,9959	0,9957	0,9872	0,9653	0,3715	0,5302	0,9811	0,9925	0,9960	
Zyski ciepła	[MJ]	7 849	7 196	9 230	9 378	2 037	2 104	8 460	7 199	7 199	60 653
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	34 223	30 804	24 227	14 663	63	191	18 385	24 209	31 467	178 232

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-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	336	336
Liczba użytkowników	osoba	9	9
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	11 560,9	11 560,9
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	41,6	41,6
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	15 014,1	16 056,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	54,1	57,8
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,024	0,024
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	5,452	5,452
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,246	0,262
Max. moc c.w.u.	kW	8,92	9,52
Średnia moc c.w.u.	kW	1,6	1,7
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, 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.

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	666,95	185 263,89	185,26
zużycie po modernizacji	305,10	84 750,00	84,75
oszczędność	361,85	100 513,89	100,51
<i>energia elektryczna</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	54,05	15 013,89	15,01
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	54,05	15 013,89	15,01
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	721,00	200 277,78	200,27
zużycie po modernizacji	305,10	84 750,00	84,75
oszczędność	415,90	115 527,78	115,52
oszczędność %	57,68		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	733,65	203 790,28	203,79
zużycie po modernizacji	396,63	110 175,00	110,18
oszczędność	337,02	93 615,28	93,62
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	162,15	45 041,67	45,04
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	162,15	45 041,67	45,04
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	895,80	248 831,95	248,83
zużycie po modernizacji	396,63	110 175,00	110,18
oszczędność	499,17	138 656,95	138,65
oszczędność %	55,72		

Tabela nr 2. Efekt energetyczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	666,95	185 263,89	185,26
zużycie po modernizacji	340,58	94 605,56	94,61
oszczędność	326,37	90 658,33	90,66
<i>energia elektryczna</i>			0,00
zużycie przed modernizacją	54,05	15 013,89	15,01
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	54,05	15 013,89	15,01
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	721,00	200 277,78	200,27
zużycie po modernizacji	340,58	94 605,56	94,61
oszczędność	380,42	105 672,22	105,66
oszczędność %		52,76	
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	733,65	203 790,28	203,79
zużycie po modernizacji	442,75	122 987,22	122,99
oszczędność	290,89	80 803,06	80,80
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	162,15	45 041,67	45,04
zużycie po modernizacji	0,00	0,00	0,00
oszczędność	162,15	45 041,67	45,04
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	895,80	248 831,95	248,83
zużycie po modernizacji	442,75	122 987,22	122,99
oszczędność	453,04	125 844,73	125,84
oszczędność %		50,57	

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, 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.

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	666,95	-	94,73	63,18	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	15,01	0,832	12,49	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	305,10	-	94,96	28,97		
				75,67				28,97	46,70	61,71

Tabela nr 2. Efekt ekologiczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

	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	666,95	-	94,73	63,18	-	-	-	-		
energia elektryczna	-	15,01	0,832	12,49	-	-	-	-		
sieć miejska	-	-	-	-	340,58	-	94,96	32,34		
				75,67				32,34	43,33	57,26

Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- demontaż i utylizację istniejącego ocieplenia,
- ocieplenie ścian fundamentowych,
- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę elementów konstrukcyjnych dachu,
- wymianę oszalowania wraz z niezbędnymi pracami konserwatorskimi i malarskimi,
- prace wykończeniowe na elewacji,
- wymianę poszycia dachowego,
- przebudowę kominów,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,

- obróbki blacharskie,
- 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 termomodernizacyjnych.