

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIEJSKIEGO PRZEDSZKOLA NR 3
INTEGRACYJNE Z ODDZIAŁAMI SPECJALNYMI

ul. Mielczarskiego 26

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy	Brak danych
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul. Mielczarskiego	nr bud. 26
	pl. Jana Pawła II	nr 16	1.4 Adres budynku	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod 95-100 miejscowość Zgierz			powiat zgierski
	tel. - fax -			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....				
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllosoude</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 (Zleciendawcy)				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.				9
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.				9
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.				9
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				9
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło				10
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.				10
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji				17
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.				21
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.				22
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.				23
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				26
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.				28
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych				31
ZAŁĄCZNIKI				32
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.				32
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją				33
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.				35
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.				37
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego				37
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.				37
Z-7 Projektowana strata ciepła.				38
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.				39
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.				40
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.				41
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.				42
Z-12 Sprawności systemu grzewczego.				43
Z-13 Ciepła woda użytkowa.				44
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.				45
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej				47
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego				48
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące				49

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2 861	2 861
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	712	712
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	712	712
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	125	125
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,594	0,594
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,213	0,219
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,816	0,175
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,430	0,416
5	Okna, drzwi balkonowe	3,120	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	6,120	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,91	0,91
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,50	0,50	
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]	1 864	1 864	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,87	0,87	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	84,71	40,44	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	18,35	18,35	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	628,75	281,33	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 121,57	333,75	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	46,90	46,90	
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)]	245,16	109,70	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	437,32	130,14	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	52,24	52,24	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	8 792,24	8 792,24	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	15,55	15,55	
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)]	7,90	2,54	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	827 784,47	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	67,42
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	827 784,47	Premia termomodernizacyjna	[zł]	91 659,34
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	45 829,67			

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 Miejskiego Przedszkola Nr 3 w Zgierzu, ul. Mielczarskiego 26 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 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	Brak danych
Adres budynku	ul. Mielczarskiego 26, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, ul. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 861	218	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	712	97	
Współczynnik kształtu	0,594		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,0	2,4	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	125	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany		397,41	0,816
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		741,64	1,213
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (ocieplona)		51,09	0,314
Okna	S	51,29	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	43,46	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	7,55	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Polozenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Okna stare	S	0,00	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	0,00	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	0,00	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	0,55	3,120
	SE	0,00	3,120
Drzwi wejściowe		3,85	1,700
Drzwi wejściowe stare		5,55	6,120
Strop nad piwnicą		135,08	0,901
Podłoga na gruncie		262,33	0,430

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Miejskiego Przedszkola Nr 3, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Mielczarskiego 26. Budynek jest częściowo podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej i silikatowej grubości 48 cm, częściowo ocieplone styropianem 10 cm. Nad budynkiem zastosowano stropodach, kryty papą termozgrzewalną, nieocieplony. 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 - 0,18W/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:

- stropodach - 0,816 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,314; 1,213 W/m²K,
- strop nad piwnicą - 0,901 W/m²K,

- podłoga na gruncie

- 0,430 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian w części podpiwniczonej na głębokość jednego metra poniżej poziomu gruntu. Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie. Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej 2,0 m²K/W, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do głębokość jednego metra poniżej poziomu gruntu. Ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) w opracowaniu nie będzie analizowane dodatkowe ocieplenie ściany poddanej termomodernizacji.

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

- okna

-1,3 W/m²K

- drzwi

-1,7 W/m²K

W budynku część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowana tylko wymiana pozostałej starej stolarki okiennej. W budynku drzwi wejściowe główne wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są w dobrym stanie technicznym. Natomiast drzwi ewakuacyjne są w złym stanie technicznym (stalowe, nieszczelne, nie domykają się). W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie tylko częściowa wymiana drzwi zewnętrznych.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynków jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, którego właścicielem jest odbiorca energii cieplnej. Węzeł jest w złym stanie technicznym, w związku z tym przeanalizowana zostanie jego dostosowanie (wymiana lub modernizacja, leżąca po stronie gestora sieci) do Systemu Zarządzania Energią. Instalacja CO została wykonana jako wodna, z rozdzielaczem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, bez zaworów podpijonowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku

zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z miejskiej sieci ciepłowniczej, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana tylko wymiana źródła ciepła na potrzeby ciepłej wody użytkowej.

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 stropodachu,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropu nad piwnicą poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien,
- wymianę drzwi,
- wymianę instalacji, grzejników oraz montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

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 stropodachu Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie stropu nad piwnicą. Wymiana okien. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Modernizacja węzła cieplnego. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

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/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.

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

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

gdzie:

- U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$, 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), $\text{dzień} * \text{K}/\text{rok}$,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się wg wzoru:

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

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, $^{\circ}\text{C}$,
- $Ld(m)$ - 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 wg 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
$T_e(m)$	-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 stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	397,41	[m ²]	$R_0 = 1,226$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 398	[m ²]		
Materiał:	styropapa		$U_0 = 0,816$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

Cena Nu zawiera całkowity 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]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,476	0,404	51,27	0,006	83 456,10	3 422,30	24,386
0,06	1,500	2,726	0,367	46,56	0,006	84 648,33	3 730,09	22,693
0,07	1,750	2,976	0,336	42,65	0,005	85 840,56	3 986,15	21,535
0,08	2,000	3,226	0,310	39,35	0,005	87 032,79	4 202,53	20,710
0,09	2,250	3,476	0,288	36,52	0,005	88 225,02	4 387,77	20,107
0,10	2,500	3,726	0,268	34,07	0,004	89 417,25	4 548,16	19,660
0,11	2,750	3,976	0,252	31,92	0,004	90 609,48	4 688,38	19,326
0,12	3,000	4,226	0,237	30,04	0,004	91 801,71	4 812,00	19,078
0,13	3,250	4,476	0,223	28,36	0,004	92 993,94	4 921,81	18,894
0,14	3,500	4,726	0,212	26,86	0,003	94 186,17	5 020,01	18,762
0,15	3,750	4,976	0,201	25,51	0,003	95 378,40	5 108,34	18,671
0,16	4,000	5,226	0,191	24,29	0,003	96 570,63	5 188,21	18,613
0,17	4,250	5,476	0,183	23,18	0,003	97 762,86	5 260,79	18,583
0,18	4,500	5,726	0,175	22,17	0,003	98 955,09	5 327,04	18,576
0,19	4,750	5,976	0,167	21,24	0,003	100 147,32	5 387,74	18,588
0,20	5,000	6,226	0,161	20,39	0,003	101 339,55	5 443,56	18,616
0,21	5,250	6,476	0,154	19,60	0,002	102 531,78	5 495,08	18,659
0,22	5,500	6,726	0,149	18,87	0,002	103 724,01	5 542,76	18,713
0,23	5,750	6,976	0,143	18,19	0,002	104 916,24	5 587,03	18,779
0,24	6,000	7,226	0,138	17,57	0,002	106 108,47	5 628,24	18,853
0,25	6,250	7,476	0,134	16,98	0,002	107 300,70	5 666,69	18,935

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 18 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 18cm 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 wełną mineralną lub styropianem metodą bezpoinową.

Pow. obliczeniowa =	742,54	[m ²]	R ₀ =	0,824	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 816	[m ²]	U ₀ =	1,213	[W/(m ² *K)]
Materiał:	styropian		λ =	0,040	[W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,074	0,482	114,20	0,014	268 950,00	11 337,42	23,722
0,06	1,500	2,324	0,430	101,91	0,013	270 172,50	12 141,45	22,252
0,07	1,750	2,574	0,388	92,02	0,012	271 639,50	12 789,31	21,240
0,08	2,000	2,824	0,354	83,87	0,011	273 351,00	13 322,47	20,518
0,09	2,250	3,074	0,325	77,05	0,010	275 307,00	13 768,91	19,995
0,10	2,500	3,324	0,301	71,25	0,009	277 507,50	14 148,20	19,614
0,11	2,750	3,574	0,280	66,27	0,008	279 952,50	14 474,43	19,341
0,12	3,000	3,824	0,261	61,94	0,008	282 642,00	14 758,00	19,152
0,13	3,250	4,074	0,245	58,14	0,007	285 576,00	15 006,78	19,030
0,14	3,500	4,324	0,231	54,78	0,007	288 754,50	15 226,78	18,964
0,15	3,750	4,574	0,219	51,78	0,006	292 177,50	15 422,74	18,945
0,16	4,000	4,824	0,207	49,10	0,006	295 845,00	15 598,39	18,966
0,17	4,250	5,074	0,197	46,68	0,006	299 757,00	15 756,73	19,024
0,18	4,500	5,324	0,188	44,49	0,006	303 913,50	15 900,20	19,114
0,19	4,750	5,574	0,179	42,49	0,005	308 314,50	16 030,80	19,233
0,20	5,000	5,824	0,172	40,67	0,005	312 960,00	16 150,18	19,378
0,21	5,250	6,074	0,165	38,99	0,005	317 850,00	16 259,74	19,548
0,22	5,500	6,324	0,158	37,45	0,005	322 984,50	16 360,64	19,742
0,23	5,750	6,574	0,152	36,03	0,005	328 363,50	16 453,87	19,957
0,24	6,000	6,824	0,147	34,71	0,004	333 987,00	16 540,26	20,192
0,25	6,250	7,074	0,141	33,48	0,004	339 855,00	16 620,55	20,448

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. Dodatkowo w powierzchni i kosztach modernizacji uwzględniono ocieplenie ściany poniżej gruntu w części niepodpiwniczonej styroporem lub styropianem XPS grubości 10 cm na głębokość jednego metra. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące stropu nad nieogrzewaną piwnicą

Rozpatruje się ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu styroporem lub styropianem XPS na głębokość jednego metra

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 31,75 \quad [\text{m}^2] \quad R_0 = 1,308 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 32 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropor} \quad U_0 = 0,765 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,032 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

Cena Nu zawiera całkowity 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]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	2,870	0,348	0,99	0,000	10 795,00	413,08	26,133
0,06	1,875	3,183	0,314	0,89	0,000	10 844,61	421,35	25,737
0,07	2,188	3,495	0,286	0,81	0,000	10 904,14	428,15	25,468
0,08	2,500	3,808	0,263	0,74	0,000	10 973,59	433,82	25,295
0,09	2,813	4,120	0,243	0,69	0,000	11 052,97	438,64	25,198
0,10	3,125	4,433	0,226	0,64	0,000	11 142,27	442,77	25,165
0,11	3,438	4,745	0,211	0,60	0,000	11 241,48	446,37	25,184
0,12	3,750	5,058	0,198	0,56	0,000	11 350,63	449,51	25,251
0,13	4,063	5,370	0,186	0,53	0,000	11 469,69	452,30	25,359
0,14	4,38	5,683	0,176	0,50	0,000	11 598,67	454,77	25,504
0,15	4,688	5,995	0,167	0,47	0,000	11 740,75	456,99	25,692
0,16	5,000	6,308	0,159	0,45	0,000	11 889,58	458,99	25,904
0,17	5,313	6,620	0,151	0,43	0,000	12 048,33	460,80	26,147
0,18	5,625	6,933	0,144	0,41	0,000	12 217,00	462,44	26,418
0,19	5,938	7,245	0,138	0,39	0,000	12 395,60	463,95	26,718
0,20	6,250	7,558	0,132	0,37	0,000	12 584,11	465,32	27,044
0,21	6,563	7,870	0,127	0,36	0,000	12 782,55	466,60	27,395
0,22	6,875	8,183	0,122	0,35	0,000	12 990,91	467,77	27,772
0,23	7,188	8,495	0,118	0,33	0,000	13 209,19	468,85	28,173
0,24	7,500	8,808	0,114	0,32	0,000	13 437,39	469,86	28,598
0,25	7,813	9,120	0,110	0,31	0,000	13 675,52	470,80	29,047

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. W związku z tym, że w Warunkach Technicznych 2017 brak jest wymagań dla minimalnego oporu cieplnego warstwy materiału izolacyjnego izolacji obwodowej ściany poniżej gruntu dla nieogrzewaną piwnicy, ocieplenie o grubości 10 cm 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, m³/h,
 c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
 c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
 t_{z0} - jak we wzorze (5),
 A_{Ok} - jak we wzorze (8),
 U - jak we wzorze (8),
 a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, m³/(m*h*daPa^{2/3}),
 l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
 t_{z0} - jak we wzorze (5),

- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
 U - jak we wzorze (8),
 V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

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

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

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 $0,55 \text{ m}^2$) 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	3,1	1,1	1,0	1,80	0,000	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	1,37	0,000	23,00	577,50	25,11
2	1,1	1,0	1,0	1,33	0,000	24,87	605,00	24,33
3	0,9	1,0	1,0	1,30	0,000	26,75	715,00	26,73

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien 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. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około $5,55 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$\text{W/m}^2\text{K}$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,1	1,0	23,48	0,003	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	14,50	0,002	477,89	9 990,00	20,90
2	1,5	1,0	1,0	14,14	0,002	496,80	10 378,50	20,89
3	1,3	1,0	1,0	13,79	0,002	515,71	10 933,50	21,20

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 $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 177,50	18,94
3	Wymiana drzwi	10 378,50	20,89
4	Wymiana okien	605,00	24,33
5	Ocieplenie stropu nad piwnicą	11 142,27	25,16

7.5 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	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 177,50	18,94
3	Wymiana drzwi	10 378,50	20,89
4	Wymiana okien	605,00	24,33
5	Ocieplenie stropu nad piwnicą	11 142,27	25,16
	Ogółem	413 258,36	

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 177,50	18,94
3	Wymiana drzwi	10 378,50	20,89
4	Wymiana okien	605,00	24,33
	Ogółem	402 116,09	

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 177,50	18,94
3	Wymiana drzwi	10 378,50	20,89
	Ogółem	401 511,09	

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	292 177,50	18,94
	Ogółem	391 132,59	

Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	98 955,09	18,58
	Ogółem	98 955,09	

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

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

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

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

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- 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_{0CO} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} - jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą

izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

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

η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników, zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi oraz montaż Systemu Zarządzania Energią wraz z dostosowaniem węzła cieplnego do jego wymagań.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,0847	0,0847
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	629	629
3	Ogólna sprawność CO	-	0,5606	0,7207
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 122	746
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	58 590,82	38 966,86
8	Roczna opłata stała	zł/rok	8 936,43	8 936,43
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	21,57	21,57
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,4600	0,4600
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	46,90	46,90
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	66,63	66,63
13	Koszt ciepła CO	zł	67 527,25	47 903,29
14	Koszt ciepła CWU	zł	3 124,81	3 124,81
15	Koszt ciepła	zł	70 652,06	51 028,10
16	Oszczędność kosztów	zł		19 623,96
17	Szacowany koszt modernizacji	zł		414 526,12
18	SPBT	lat		21,12

¹⁾ Uwzględnienie systemu zarządzania energią

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

- a) planowane koszty całkowite N , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- b) kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- c) zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- d) kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- e) obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO				CWU				CO+CWU				Oszczędności		
	q _{co}	Q _{co}	η	w	Q _{co} *w/η	Oplata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Oplata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT				
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok	
0	0,0847	628,75	0,5606	1	1 121,57	67 527,25	0,006	46,90	3 124,81	1 168	70 652,06	788	67,42	45 829,67	
I+A	0,0404	281,33	0,7207	0,855	333,75	21 697,58	0,006	46,90	3 124,81	381	24 822,39	786	67,31	45 738,95	
II+A	0,0406	282,47	0,7207	0,855	335,11	21 788,30	0,006	46,90	3 124,81	382	24 913,11	786	67,27	45 714,41	
III+A	0,0406	282,79	0,7207	0,855	335,49	21 812,84	0,006	46,90	3 124,81	382	24 937,65	777	66,46	45 109,92	
IV+A	0,0417	290,80	0,7207	0,855	344,99	22 417,33	0,006	46,90	3 124,81	392	25 542,14	471	40,30	25 672,24	
V+A	0,0745	548,49	0,7207	0,855	650,71	41 855,01	0,006	46,90	3 124,81	698	44 979,82	376	32,15	19 623,96	
A	0,0847	628,75	0,7207	0,855	745,92	47 903,29	0,006	46,90	3 124,81	793	51 028,10				

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾	Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
						[zł]	[zł/rok]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I+A	827 784,47	45 829,67	67,42	0,00 827 784,47	165 556,89	132 445,52	91 659,34
2	II+A	816 642,21	45 738,95	67,31	0,00 816 642,21	163 328,44	130 662,75	91 477,90
3	III+A	816 037,21	45 714,41	67,27	0,00 816 037,21	163 207,44	130 565,95	91 428,82
4	IV+A	391 132,59	45 109,92	66,46	0,00 391 132,59	78 226,52	62 581,21	90 219,84
5	V+A	513 481,21	25 672,24	40,30	0,00 513 481,21	102 696,24	82 156,99	51 344,48
6	A	414 526,12	19 623,96	32,15	0,00 414 526,12	82 905,22	66 324,18	39 247,92

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

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

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 816 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 0,219 W/m²*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu w części niepodpiwniczonej o powierzchni około 37 m² na głębokość jednego metra, styroporem lub styropianem XPS o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,032$ W/m*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu o powierzchni około 32 m², proponuje się wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032$ W/m*K. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie, po odkopaniu ściany należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Ocieplenie stropodachu pełnego

Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 398 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 17 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,175 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Wymianę okien o powierzchni około 0,55 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Wymianę drzwi o powierzchni około 5,55 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 47 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 47 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji mieszania pompowego za węzłem cieplnym,
- regulację instalacji grzewczej,

- dostosowanie węzła ciepłego do pracy z Systemem Zarządzania Energią, (koszty leżące po stronie gestora sieci i są wyłączone poza projekt),
- dostosowanie instalacji c.o. do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużyc mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,
- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,
- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,
- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,

- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,
- zastosowanie w systemie urządzeń pomiarowych co najmniej II klasy dokładności oraz umożliwić komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	827 784,47 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	91 659,34 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	45 829,67 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	18,06 lat

Barbara Kosowska

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	2 501,94	3 077,39
Razem opłata stała	zł(MW*m-c)	7 148,16	8 792,24
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	9,64	11,86
Razem opłata zmienna	zł/GJ	42,47	52,24
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]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,816
	Płyta stropowa	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	30,0			0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	5,0	0,050	0,180	0,278	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,24		0,260	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,16	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				1,086	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,226	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Mur z cegły pełnej		36,0	0,360	0,770	0,468	
Mur z cegły silikatowej		12,0	0,120	0,800	0,150	
Tynk cem.-wapienny		1,5	0,015	0,820	0,018	
R					0,654	
R _{si}					0,130	
R _{se}					0,040	
R _T					0,824	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,314
	Mur z cegły pełnej	24,0	0,240	0,770	0,312	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,120	0,800	0,150	
	Styropian	10,0	0,100	0,040	2,500	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				3,010	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,180	
Strop nad piwnicą	PVC	2,0	0,02	0,20	0,100	0,901
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Płyta pilśniowa	5,0	0,050	0,180	0,278	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				0,769	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				1,109	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie	PVC	1,0	0,010	0,200	0,050	0,430
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,05	0,019	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Beton	20,0	0,2	1,00	0,200	
	Piasek	20,0	0,2	0,40	0,500	
	R				0,852	
	Opór zastępczy gruntu				1,474	
	R _T				2,326	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna stare				2,600	1,2	3,120
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe				5,100	1,2	6,120

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]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,175
	Płyta stropowa	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	30,0	0,300		0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	5,0	0,050	0,180	0,278	
	Strop gęstożebrowy	24,0	0,240	0,000	0,260	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	18,0	0,180	0,040	4,500	
	R				5,586	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,726	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Mur z cegły pełnej		36,0	0,36	0,770	0,468	
Mur z cegły silikatowej		12,0	0,12	0,800	0,150	
Tynk cem.-wapienny		1,5	0,015	0,820	0,018	
Styropian		15,0	0,15	0,040	3,750	
R					4,404	
R _{si}					0,130	
R _{se}					0,040	
R _T					4,574	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,314
	Mur z cegły pełnej	24,0	0,24	0,770	0,312	
	Mur z cegły silikatowej	12,0	0,12	0,800	0,150	
	Styropian	10,0	0,1	0,040	2,500	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				3,010	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,180	
	Strop nad piwnicą	PVC	2,0	0,020	0,200	
Gładź cementowa		3,0	0,03	1,000	0,030	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Płyta pilśniowa		5,0	0,05	0,180	0,278	
Strop gęstożebrowy		24,0	0,24		0,260	
Tynk cem.-wapienny		1,5	0,015	0,820	0,018	
R					0,769	
R _{si}					0,170	
R _{se}					0,170	
R _T					1,109	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie	PVC	1,0	0,010	0,200	0,050	0,416
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,050	0,019	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	20,0	0,2	1,000	0,200	
	Piasek	20,0	0,2	0,400	0,500	
	R				0,852	
	Opór zastępczy gruntu				1,554	
	RT				2,406	
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Okna wymienione				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	2 137		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	712		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	0,40		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,12	0,12	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	0,52	0,52	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	0,52	0,52	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	1 864	1 864	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	621,21	621,21	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,87	0,87	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		2 137	0,5			1 068,6

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	712	4,7	3 348

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach	397,41	0,816	1,0	324	40	12,97	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	741,64	1,213	1,0	900		36,00	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	51,09	0,314	1,0	16		0,64	
Okna	102,30	1,500	1,0	153		6,14	
Okna stare	0,55	3,120	1,0	2		0,07	
Drzwi wejściowe	3,85	1,700	1,0	7		0,26	
Drzwi wejściowe stare	5,55	6,120	1,0	34		1,36	
Strop nad piwnicą	135,08	0,901	0,67	82		3,26	
Podłoga na gruncie	262,33	0,430	1,0	113		4,51	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	225,60	0,190	1,0	43		1,71	
nadproża	69,48	0,600	1,0	42		1,67	
podokien	69,48	0,570	1,0	40		1,58	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				1 754		70,18	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		1 069	0,34	363			14,53
OGÓŁEM							84,71

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach	397,41	0,175	1,0	69	40	2,78	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	741,64	0,219	1,0	162		6,49	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	51,09	0,314	1,0	16		0,64	
Okna nowe	102,30	1,500	1,0	153		6,14	
Okna wymienione	0,55	1,100	1,0	1		0,02	
Drzwi wejściowe	3,85	1,700	1,0	7		0,26	
Drzwi wejściowe stare	5,55	1,500	1,0	8		0,33	
Strop nad piwnicą	135,08	0,901	0,64	78		3,12	
Podłoga na gruncie	262,33	0,430	1,0	113		4,51	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	225,60	0,050	1,0	11		0,45	
nadproża	69,48	0,200	1,0	14		0,56	
podokien	69,48	0,220	1,0	15		0,61	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				648		25,91	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		1 069	0,34	363			14,53
OGÓŁEM							40,44

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,55	0,39	0,75	24	27	66	91	126	67	44	21	17	483
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,55	0,39		24	27	66	91	126	67	44	21	17	483
Okna nowe													
S	51,29	35,91	0,67	4 038	3 778	7 490	8 093	10 248	6 805	5 626	2 627	2 009	50 715
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	43,46	30,42	0,67	1 613	1 874	4 141	5 990	8 107	4 895	3 208	1 502	1 175	32 504
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	7,55	5,28	0,67	288	334	813	1 117	1 539	826	537	260	209	5 924
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	102,30	71,61		5 940	5 986	12 444	15 201	19 894	12 526	9 371	4 388	3 393	89 143
OGÓLEM	102,85	72,00		5 964	6 013	12 510	15 292	20 020	12 593	9 415	4 410	3 410	89 626

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	51,29	35,91	0,67	4 038	3 778	7 490	8 093	10 248	6 805	5 626	2 627	2 009	50 715
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	43,46	30,42	0,67	1 613	1 874	4 141	5 990	8 107	4 895	3 208	1 502	1 175	32 504
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	8,10	5,67	0,67	309	358	872	1 199	1 652	886	576	279	224	6 356
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	102,85	72,00		5 961	6 010	12 503	15 282	20 006	12 586	9 410	4 407	3 408	89 575
OGÓŁEM	102,85	72,00		5 961	6 010	12 503	15 282	20 006	12 586	9 410	4 407	3 408	89 575

Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesięczą	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{ve}										
Stropodach	[MJ]	18 237	16 472	14 503	10 421	910	995	11 637	13 615	16 761	103 552
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	50 617	45 719	40 253	28 924	2 527	2 760	32 299	37 788	46 520	287 408
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	904	816	719	516	45	49	577	675	830	5 131
Okna	[MJ]	8 631	7 796	6 864	4 932	431	471	5 508	6 444	7 932	49 008
Okna stare	[MJ]	97	87	77	55	5	5	62	72	89	548
Drzwi wejściowe	[MJ]	368	332	293	210	18	20	235	275	338	2 089
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	1 910	1 726	1 519	1 092	95	104	1 219	1 426	1 756	10 848
Strop nad piwnicą	[MJ]	4 588	4 144	3 649	2 622	229	250	2 928	3 425	4 217	26 053
Mostki liniowe	[MJ]	6 983	6 308	5 553	3 990	349	381	4 456	5 213	6 418	39 651
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 343	5 729	5 044	3 624	317	346	4 047	4 735	5 829	36 013
Straty przez przegrody	[MJ]	98 679	89 129	78 473	56 388	4 926	5 381	62 966	73 668	90 690	560 301
Wentylacja	[MJ]	34 941	31 560	27 786	19 966	1 744	1 905	22 296	26 085	32 112	198 396
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	133 620	120 689	106 259	76 354	6 671	7 286	85 262	99 753	122 803	758 697
Zyski słoneczne	[MJ]	5 964	6 013	12 510	15 292	20 020	12 593	9 415	4 410	3 410	89 626
Zyski wewnętrzne	[MJ]	8 968	8 100	8 968	8 679	1 446	1 446	8 968	8 679	8 968	64 223
Razem zyski	[MJ]	14 932	14 113	21 478	23 971	21 466	14 040	18 383	13 088	12 378	153 849
Stosunek zysków do przeniesienia		0,1117	0,1169	0,2021	0,3139	3,2180	1,9268	0,2156	0,1312	0,1008	0,2028
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	809									
Pojemność ciepła	[J/K]	210 366 000									
Stała czasowa	[h]	25									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,64									
Parametr numeryczny a_{H+1}		3,64									
η		0,9973	0,9969	0,9882	0,9673	0,3008	0,4703	0,9863	0,9959	0,9979	
Zyski ciepła	[MJ]	14 891	14 070	21 226	23 187	6 458	6 603	18 131	13 035	12 352	129 952
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	118 729	106 619	85 033	53 167	213	683	67 131	86 718	110 451	628 745

Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Srednia 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										
Stropodach	[MJ]	3 904	3 526	3 105	2 231	195	213	2 491	2 914	3 588	22 167
Dach szatnie	[MJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	9 120	8 237	7 252	5 211	455	497	5 819	6 808	8 381	51 782
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	904	816	719	516	45	49	577	675	830	5 131
Okna	[MJ]	8 631	7 796	6 864	4 932	431	471	5 508	6 444	7 932	49 008
Okna stare	[MJ]	34	31	27	19	2	2	22	25	31	193
Drzwi wejściowe	[MJ]	368	332	293	210	18	20	235	275	338	2 089
Mostki liniowe	[MJ]	2 276	2 056	1 810	1 300	114	124	1 452	1 699	2 092	12 922
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	468	423	372	268	23	26	299	350	430	2 659
Strop nad piwnicą	[MJ]	4 383	3 959	3 485	2 505	219	239	2 797	3 272	4 028	24 886
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 343	5 729	5 044	3 624	317	346	4 047	4 735	5 829	36 013
Straty przez przegrody	[MJ]	36 430	32 904	28 970	20 817	1 819	1 987	23 246	27 197	33 481	206 850
Wentylacja	[MJ]	34 941	31 560	27 786	19 966	1 744	1 905	22 296	26 085	32 112	198 396
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	71 371	64 464	56 757	40 783	3 563	3 892	45 541	53 282	65 593	405 247
Zyski słoneczne	[MJ]	5 961	6 010	12 503	15 282	20 006	12 586	9 410	4 407	3 408	89 575
Zyski wewnętrzne	[MJ]	8 968	8 100	8 968	8 679	1 446	1 446	8 968	8 679	8 968	64 223
Razem zyski	[MJ]	14 929	14 110	21 471	23 961	21 453	14 032	18 378	13 086	12 376	153 797
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2092	0,2189	0,3783	0,5875	6,0209	3,6055	0,4035	0,2456	0,1887	0,3795
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	809									
Pojemność ciepła	[J/K]	210 366 000									
Stała czasowa	[h]	46									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametryczny a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		4,07									
Parametr numeryczny a _H + 1		5,07									
η		0,9986	0,9984	0,9880	0,9492	0,1660	0,2763	0,9850	0,9975	0,9991	
Zyski ciepła	[MJ]	14 909	14 087	21 214	22 744	3 561	3 877	18 103	13 053	12 365	123 914
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	56 462	50 377	35 543	18 039	2	15	27 439	40 228	53 229	281 333

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,561	
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 izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i 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	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	Obecne	Docelowe
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	712,4	712,4
Liczba użytkowników	osoba	125	125
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	5 992,3	5 992,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	21,6	21,6
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,500	0,500
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,460	0,460
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	13 026,7	13 026,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	46,9	46,9
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,056	0,056
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,869	2,869
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,414	0,414
Max. moc c.w.u.	kW	18,35	18,35
Średnia moc c.w.u.	kW	6,4	6,4
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	18,3	18,3

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 56 sztuk opraw o mocy 80 W, 3 sztuki o mocy 40 W oraz żarowe w ilości 11 sztuk opraw o mocy 75 W.

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

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

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

gdzie:

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

A_f - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m^2].

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

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

gdzie:

P_N - jednostkowa moc opraw oświetlenia podstawowego w analizowanych pomieszczeniach [W/ m^2],

t - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	80	56	4 480
	40	3	120
	75	11	825
po modernizacji	45	56	2 520
	25	3	75
	25	11	275

Powierzchnia użytkowa A_f	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych P_{rzecz}	Moc jednostkowa P_N		Czas użytkowania oświetlenia t
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m ²]	[W]	[W/m ²]	[W/m ²]	[h/rok]
712	5 425	7,6	4,0	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m ² rok	15,23	8,06
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	10 850,00	5 740,00
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,73	0,73
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	7 920,50	4 190,20
Oszczędność energii elektrycznej	zł/kWh	5 110,00	
	%	47,10	
Oszczędność kosztów	zł/rok	3 730,30	
Nakłady inwestycyjne ¹⁾	zł	83 542,79	
SPBT	lata	22,40	

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

Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.o., montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

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

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 168,47	324 575,00	324,58
zużycie po modernizacji	380,65	105 736,11	105,74
oszczędność	787,82	218 838,89	218,84
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	45,31	12 586,50	12,59
zużycie po modernizacji	26,92	7 476,50	7,48
oszczędność	18,40	5 110,00	5,11
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 213,78	337 161,50	337,17
zużycie po modernizacji	407,57	113 212,61	113,22
oszczędność	806,22	223 948,89	223,95
oszczędność %	66,42		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 519,01	421 947,50	421,95
zużycie po modernizacji	494,85	137 456,94	137,46
oszczędność	1 024,17	284 490,56	284,49
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	135,93	37 759,50	37,76
zużycie po modernizacji	80,75	22 429,50	22,43
oszczędność	55,19	15 330,00	15,33
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 654,95	459 707,00	459,71
zużycie po modernizacji	575,59	159 886,44	159,89
oszczędność	1 079,35	299 820,56	299,82
oszczędność %	65,22		

Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnym Systemie Handlu Upewnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE)

	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	
sieć miejska	1 168,47	-	94,96	110,96	380,65	-	94,96	36,15		
energia elektryczna	-	12,59	0,832	10,47	-	7,48	0,832	6,22		
				121,43				42,37	79,06	65,11

Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną w obrębie naświetli do 1 m, izolacją przeciwwilgociową po obkopaniu naświetli po obwodzie oraz dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych wraz z wykonaniem odwodnienia i odtworzeniem obarierowania,
- wymianę zadaszeń nad wejściami do budynku,
- obróbki blacharskie,
- obróbki kominów,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp.) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- odnowienie tynku i malowanie elewacji ścian ocieplonych,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- 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.