„ELEKO”
FRANCISZEK RADOMYSKI

05-230 Kobyłka ul. Nadarzyn 2a ☎ (22) 786 - 38 - 70

Tytuł opracowania: **AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU**
DOMU POJEDNANIA I SPOTKAŃ
im. Św. Maksymiliana M. Kolbego
ul. Św. Trójcy 4
80-822 Gdańsk

Zamawiający: **DOM POJEDNANIA I SPOTKAŃ**
im. Św. Maksymiliana M. Kolbego
ul. Św. Trójcy 4
80-822 Gdańsk

Termin zakończenia pracy: **marzec 2017 roku**

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku					
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej			1.2 Rok budowy	1948
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Dom Pojednania i Spotkań ul. Św. Trójcy nr 4 kod 80-822 miejscowość Gdańsk tel. - fax -		1.4 Adres budynku	ul. Św. Trójcy nr bud. 4 kod 80-822 miejscowość Gdańsk powiat gdański województwo pomorskie	

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

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 Warszawa data wykonania opracowania: Marzec 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
3.4 Zadeklarowany maksymalny wkład własny 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. 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 10
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. 18
7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 23
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 25
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. 25
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 29
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 32
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 35
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 37
ZAŁĄCZNIKI 38
Z-1 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 38
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 40
Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. 41
Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 41
Z-5 Projektowana strata ciepła. 42
Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 44
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 45
Z-8 Sprawności systemu grzewczego. 46
Z-9 Ciepła woda użytkowa. 47
Z-10 Obliczenie efektywności energetycznej 48
Z-11 Obliczenie efektu ekologicznego 48

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne			Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku		Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji		5	5
3.	Kubatura części ogrzewanej	[m^3]	3 309	3 309
4.	Powierzchnia netto budynku	[m^2]	762	762
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej	[m^2]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych	[m^2]	762	762
7.	Liczba lokali mieszkalnych		0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek		12	12
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej		centralny	centralny
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku		pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V	[1/m]	0,388	0,388
12.	Inne dane charakteryzujące budynek		-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m^2K)]				
1	Ściany zewnętrzne		1,380	0,192
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami		3,008	0,149
3	Strop nad piwnicą		1,430	1,430
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych		-	-
5	Okna, drzwi balkonowe		3,120	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy		3,000	1,300
7	Inne		-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu				
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,95
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	0,95
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	[-]	1,00	1,00

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej				
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,88	0,88
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,80
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	0,85	0,85
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]	1 692	1 692
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,64	0,64
6. Charakterystyka energetyczna budynku				
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	99,35	42,69
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	19,77	14,83
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	694,53	223,62
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 238,90	282,35
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	262,07	196,55
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^2rok)]	253,32	81,56
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m^2rok)]	451,87	102,98
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%	-	-
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)				
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	56,69	56,69
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-
3.	Koszt przygotowania 1 m^3 ciepłej wody użytkowej	[zł/m^3]	67,84	50,88
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-
5.	Miesięczny koszt ogrzaewania 1 m^2 powierzchni użytkowej	[zł/(m^2 m-c)]	7,68	1,75
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-
7.	Inne	[zł]	-	-

8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu	[zł]		Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	68,09
Planowane koszty całkowite	[zł]		Premia termomodernizacyjna	[zł]	
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]				

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Domu Pojednania i Spotkań położonego w Gdańsku przy ul. Św. Trójcy 4 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. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 18 września 2015, poz.1422).

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.
3. Obiekt znajduje się w strefie ochronnej konserwatora zabytków i wszelkie prace modernizacyjne mogą być wykonane po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

3.4 Zadeklarowany maksymalny wkład własny Inwestora (Zleceniodawcy).

Kwota kredytu możliwego do zaciągnięcia przez Inwestora 1 000 000,00 zł

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1948
Adres budynku	ul. Św. Trójcy 4 80-822 Gdańsk	Właściciel	Dom Pojednania i Spotkań ul. Św. Trójcy 4, 80-822 Gdańsk

4.2 Dane techniczne ogólne		
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna	
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych
	1	4
Rodzaj dachu	Dach kryty dachówką	
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana
	3 309	524
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana
	762	200
Współczynnik kształtu	0,388	
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych
	2,5	2,2
Liczba pomieszczeń	-	
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała
	-	12
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny
	7	24

4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto [m^2]	U [W/m^2K]
Dach		245,00	3,008
Stropodach		61,00	0,317
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)		427,00	1,380
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)		50,00	1,800
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)		150,00	1,437
Okna frontowe	S	0,00	3,120
	SW	55,18	3,120
	W	0,00	3,120
	NW	0,00	3,120
	N	0,00	3,120
	NE	0,00	3,120
	E	0,00	3,120
	SE	0,00	3,120

Okna od podwórza	S	0,00	3,120
	SW	0,00	3,120
	W	0,00	3,120
	NW	15,90	3,120
	N	0,00	3,120
	NE	20,59	3,120
	E	0,00	3,120
	SE	0,00	3,120
Okna dachowe	S	0,00	1,500
	SW	5,04	1,500
	W	0,00	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	3,36	1,500
	E	0,00	1,500
	SE	0,00	1,500
Drzwi wejściowe frontowe		4,00	3,000
Drzwi wejściowe podwórzowe		4,56	3,000
Strop nad piwnicą		250,00	1,430

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Domu Pojednania i Spotkań, zlokalizowany w Gdańsku przy ul. Św. Trójcy 4. Budynek jest podpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany budynku wykonane z cegły pełnej o grubości 38cm i 25 cm, nieocieplone, od strony frontowej obłożone klinkierem. Ostatnią kondygnację części frontowej budynku stanowi poddasze użytkowe. Nad poddaszem zastosowano dach konstrukcji drewnianej, kryty dachówką, nieocieplony. Od strony podwórza znajduje się dwukondygnacyjna dobudowa, nad którą zastosowano stropodach ocieplony wełną mineralną grubości 12 cm. 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 2021 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,15 W/m^{2}K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,20 W/m^{2}K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m^{2}K,

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodach, dach - 0,317; 3,008 W/m^{2}K,
- ściany zewnętrzne - 1,380; 1,437; 1,800 W/m^{2}K,
- strop nad piwnicą - 1,437 W/m^{2}K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względu na brak zgody konserwatora zabytków nie ma możliwości ocieplenia ściany frontowej. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do poziomu jednego metra poniżej gruntu Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- okna - 0,9 W/m^{2}K
- drzwi - 1,3 W/m^{2}K

W budynku zastosowano stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m^{2}K. W związku z tym że stolarka okienna jest w złym stanie technicznym, w obliczeniach przyjęto współczynniki zwiększające równe 1,2 i przeanalizowano jej wymianę. W połaci dachowej zamontowano okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m^{2}K. Stan techniczny tych okien jest bardzo dobry i ze względów ekonomicznych (bardzo długie SPBT) ich wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/(m^{2}K). Ze względu na zły stan techniczny stolarki drzwiowej (drzwi wypaczone, nieszczelne) w obliczeniach przyjęto współczynniki zwiększające równe 1,2 i przeanalizowano jej wymianę.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest dwufunkcyjny kocioł gazowy zainstalowany w pomieszczeniu kotłowni, który jest w złym stanie technicznym, w związku z tym w dalszej części opracowania przeanalizowano wymianę źródła ciepła.

Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników oraz instalacji jest zły, dlatego w ramach modernizacji systemu grzejnego przewidziano wymianę rurociągów wraz z montażem zaworów podpionowych oraz montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego kotła gazowego co ciepło na potrzeby instalacji c.o. Instalacja c.w.u. z wyjątkiem podejść do przyborów, jest w złym stanie technicznym dlatego w dalszej części opracowania przeanalizowano wymianę pionów instalacyjnych oraz wymianę źródła ciepła.

5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.
Modernizacja wentylacji grawitacyjnej mająca na celu obniżenie zużycia ciepła na podgrzewanie świeżego powietrza może być rozwiązana jedynie poprzez zastosowanie wentylacji wymuszonej oraz:
- poprzez zastosowanie recyrkulacji powietrza,
- poprzez zainstalowanie rekuperatorów.

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

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

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:
- ocieplenie dachu,
- ocieplenie stropodachu,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę stolarki okiennej,
- wymianę stolarki drzwiowej,
- wymianę instalacji c.w.u.,
- wymianę instalacji centralnego ogrzewania wraz z montażem nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi,
- wymianę źródła ciepła,
- 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 dachu. Ocieplenie stropodachu. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Wymiana okien frontowych. Wymiana drzwi frontowych. Wymiana okien od podwórza. Wymiana drzwi od podwórza.
2	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana instalacji c.w.u. Wymiana źródła ciepła
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana źródła ciepła. 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:

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

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:

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

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.

Wzór (3) dotyczy wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepłaQ$_{0u}$, Q$_{1u}$, oraz objaśnienie otrzymuje brzmienie:

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

gdzie:

U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m^2*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,

Wzór (4) dotyczący liczby stopniodni Sd oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

gdzie:

t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,

$t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m, przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, ^{o}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.

Wzór (5) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u}, q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oraz objaśnienie otrzymują brzmienie:

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

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 Gdańsk:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
T_e(m)	2,0	1,2	3,5	7,7	10,7	14,5	8,7	4,0	1,9
Ld(m)	31	28	31	30	20	10	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, T_{emin} = - 16,0°C									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące dachu

Rozpatruje się ocieplenie dachu wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy zamontować płyty gipsowo-kartonowe.

Pow. obliczeniowa = 245 [m^2] R_0 = 0,333 [(m^2*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 245 [m^2]

Materiał: wełna mineralna U_0 = 3,008 [W/(m^2*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	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m^2*K)/W]	[(m^2*K)/W]	[W/(m^2*K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	1,750	2,198	0,455	34,65	0,003			
0,08	2,000	2,448	0,409	31,11	0,003			
0,09	2,250	2,698	0,371	28,23	0,003			
0,10	2,500	2,948	0,339	25,83	0,003			
0,11	2,750	3,198	0,313	23,81	0,002			
0,12	3,000	3,448	0,290	22,09	0,002			
0,13	3,250	3,698	0,270	20,59	0,002			
0,14	3,500	3,948	0,253	19,29	0,002			
0,15	3,750	4,198	0,238	18,14	0,002			
0,16	4,000	4,448	0,225	17,12	0,002			
0,17	4,250	4,698	0,213	16,21	0,002			
0,18	4,500	4,948	0,202	15,39	0,002			
0,19	4,750	5,198	0,192	14,65	0,001			
0,20	5,000	5,448	0,184	13,98	0,001			
0,21	5,250	5,698	0,176	13,37	0,001			
0,22	5,500	5,948	0,168	12,80	0,001			
0,23	5,750	6,198	0,161	12,29	0,001			
0,24	6,000	6,448	0,155	11,81	0,001			
0,25	6,250	6,698	0,149	11,37	0,001			
0,26	6,500	6,948	0,144	10,96	0,001			
0,27	6,750	7,198	0,139	10,58	0,001			

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 25 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m^2K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 25 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 stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa = 61 [m^2] R_0 = 3,159 [(m^2*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 61 [m^2]

Materiał: styropapa U_0 = 0,317 [W/(m^2*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	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	4,409	0,227	4,30	0,000			
0,06	1,500	4,659	0,215	4,07	0,000			
0,07	1,750	4,909	0,204	3,86	0,000			
0,08	2,000	5,159	0,194	3,67	0,000			
0,09	2,250	5,409	0,185	3,50	0,000			
0,10	2,500	5,659	0,177	3,35	0,000			
0,11	2,750	5,909	0,169	3,21	0,000			
0,12	3,000	6,159	0,162	3,08	0,000			
0,13	3,250	6,409	0,156	2,96	0,000			
0,14	3,500	6,659	0,150	2,85	0,000			
0,15	3,750	6,909	0,145	2,74	0,000			
0,16	4,000	7,159	0,140	2,65	0,000			
0,17	4,250	7,409	0,135	2,56	0,000			
0,18	4,500	7,659	0,131	2,48	0,000			
0,19	4,750	7,909	0,126	2,40	0,000			
0,20	5,000	8,159	0,123	2,32	0,000			
0,21	5,250	8,409	0,119	2,25	0,000			
0,22	5,500	8,659	0,115	2,19	0,000			
0,23	5,750	8,909	0,112	2,13	0,000			
0,24	6,000	9,159	0,109	2,07	0,000			
0,25	6,250	9,409	0,106	2,01	0,000			

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,15 W/m^2K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 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] wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 427 [m^2] R_0 = 0,724 [(m^2*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 427 [m^2]

Materiał: styropian U_0 = 1,380 [W/(m^2*K)]

λ = 0,038 [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	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m^2*K)/W]	[(m^2*K)/W]	[W/(m^2*K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,040	0,490	65,05	0,008			
0,06	1,579	2,303	0,434	57,62	0,007			
0,07	1,842	2,567	0,390	51,71	0,006			
0,08	2,105	2,830	0,353	46,90	0,005			
0,09	2,368	3,093	0,323	42,91	0,005			
0,10	2,632	3,356	0,298	39,54	0,005			
0,11	2,895	3,619	0,276	36,67	0,004			
0,12	3,158	3,882	0,258	34,18	0,004			
0,13	3,421	4,146	0,241	32,01	0,004			
0,14	3,684	4,409	0,227	30,10	0,003			
0,15	3,947	4,672	0,214	28,41	0,003			
0,16	4,211	4,935	0,203	26,89	0,003			
0,17	4,474	5,198	0,192	25,53	0,003			
0,18	4,737	5,461	0,183	24,30	0,003			
0,19	5,000	5,724	0,175	23,18	0,003			
0,20	5,263	5,988	0,167	22,16	0,003			
0,21	5,526	6,251	0,160	21,23	0,002			
0,22	5,789	6,514	0,154	20,37	0,002			
0,23	6,053	6,777	0,148	19,58	0,002			
0,24	6,316	7,040	0,142	18,85	0,002			
0,25	6,579	7,303	0,137	18,17	0,002			

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m^2K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono ocieplenie ścian do poziomu jednego metra poniżej gruntu. 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] wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa = 50 [m^2] R_0 = 0,556 [(m^2*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 50 [m^2]

Materiał: styropian U_0 = 1,800 [W/(m^2*K)]

λ = 0,038 [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	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m^2*K)/W]	[(m^2*K)/W]	[W/(m^2*K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	1,871	0,534	8,30	0,001			
0,06	1,579	2,135	0,468	7,28	0,001			
0,07	1,842	2,398	0,417	6,48	0,001			
0,08	2,105	2,661	0,376	5,84	0,001			
0,09	2,368	2,924	0,342	5,31	0,001			
0,10	2,632	3,187	0,314	4,88	0,001			
0,11	2,895	3,450	0,290	4,50	0,001			
0,12	3,158	3,714	0,269	4,18	0,000			
0,13	3,421	3,977	0,251	3,91	0,000			
0,14	3,684	4,240	0,236	3,67	0,000			
0,15	3,947	4,503	0,222	3,45	0,000			
0,16	4,211	4,766	0,210	3,26	0,000			
0,17	4,474	5,029	0,199	3,09	0,000			
0,18	4,737	5,292	0,189	2,94	0,000			
0,19	5,000	5,556	0,180	2,80	0,000			
0,20	5,263	5,819	0,172	2,67	0,000			
0,21	5,526	6,082	0,164	2,56	0,000			
0,22	5,789	6,345	0,158	2,45	0,000			
0,23	6,053	6,608	0,151	2,35	0,000			
0,24	6,316	6,871	0,146	2,26	0,000			
0,25	6,579	7,135	0,140	2,18	0,000			

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m^2K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono ocieplenie ścian do poziomu jednego metra poniżej gruntu. 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:

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

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:

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

gdzie:

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

Q_0, Q_1 - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez

przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

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

q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc cieplną odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} - jak we wzorze (2),

Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

Sd - 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 ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

Sd - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m^3/h,

c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,

c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

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

gdzie:

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

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

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

U - jak we wzorze (8),

a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m*h*daPa^{2/3})$,

l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wzór (11) dotyczący wartości zapotrzebowania na moc cieplną q_0, q_1 w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ścienne, okna lub drzwi, oraz objaśnienie otrzymują brzmienie

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

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:

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

t_{w0}, $t_e(m)$- jak we wzorze (4),

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien frontowych (o powierzchni około 55,18 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	3,1	1,2	1,0	224,14	0,007			-
1	1,3	1,0	1,0	164,49	0,003			16,32
2	1,1	1,0	1,0	161,06	0,003			16,28
3	0,9	1,0	1,0	157,63	0,002			16,20

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=0,9 W/m^2K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien podwórzowych (o powierzchni około 36,50 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	3,1	1,2	1,0	148,25	0,005			-
1	1,3	1,0	1,0	108,79	0,002			20,40
2	1,1	1,0	1,0	106,53	0,002			20,06
3	0,9	1,0	1,0	104,26	0,002			19,93

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=0,9 W/m^2K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi frontowych (o powierzchni około 4,0 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	3,0	1,3	1,0	17,13	0,002			-
1	1,7	1,0	1,0	12,42	0,001			18,73
2	1,5	1,0	1,0	12,17	0,001			18,50
3	1,3	1,0	1,0	11,92	0,001			18,34

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,3 W/m^2K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi podwórzowych (o powierzchni około 4,56 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	3,0	1,3	1,0	19,52	0,002			-
1	1,7	1,0	1,0	14,15	0,002			17,68
2	1,5	1,0	1,0	13,87	0,002			17,62
3	1,3	1,0	1,0	13,59	0,002			17,51

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,3 W/m^{2}K. 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:

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

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:

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

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:

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

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.

Jak wspomniano w części opisowej audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego kotła gazowego co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania, który jest w złym stanie technicznym. Stan techniczny instalacji jest zły, dlatego proponuje się jej modernizację poprzez wymianę pionów instalacyjnych oraz wymianę istniejącego źródła ciepła na dwufunkcyjny, gazowy kocioł kondensacyjny. Koszty wymiany kotła gazowego uwzględniono przy analizie przedsięwzięcia dotyczącego modernizacji systemu grzewczego.
Szacuje się, że modernizacja instalacji c.w.u. wyniesie około 39 138,60 zł

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo 14 856,75 – 11 142,42 = 3 714,33 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:
SPBT = 39 138,60 / 3 714,33= 10,53 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
6	Wymiana drzwi od podwórza		17,51
7	Wymiana drzwi frontowych		18,34
8	Ocieplenie stropodachu		18,88
9	Wymiana okien od podwórza		19,93

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały, sprzęt itd.). Grubości warstw docieplеń 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 c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
6	Wymiana drzwi od podwórza		17,51
7	Wymiana drzwi frontowych		18,34
8	Ocieplenie stropodachu		18,88
9	Wymiana okien od podwórza		19,93
	Ogółem		

Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
6	Wymiana drzwi od podwórza		17,51
7	Wymiana drzwi frontowych		18,34
8	Ocieplenie stropodachu		18,88
	Ogółem		

Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
6	Wymiana drzwi od podwórza		17,51
7	Wymiana drzwi frontowych		18,34
	Ogółem		

Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
6	Wymiana drzwi od podwórza		17,51
	Ogółem		

Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]		17,21
	Ogółem		

Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
4	Wymiana okien frontowych		16,20
	Ogółem		

Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]		13,77
	Ogółem		

Tabela 7h. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
2	Ocieplenie dachu		12,21
	Ogółem		

Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IX

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacunkowy koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Modernizacja c.w.u.		10,54
	Ogółem		

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:

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

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:

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

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:

$$\eta_{o,} \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e , \quad (19)$$

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 źródło ciepła, instalacja jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na wymianie istniejącego kotła gazowego na kondensacyjny kocioł gazowy, montażu nowego orurowania wraz z zaworami podpionowymi, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan docelowy
1	Obliczeniowa moc cieplna	MW	0,0994	0,0994
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzg. sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	695	695
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,5606	0,7524
4	Obniżenie nocne[1)]	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe[1)]	-	1,00	0,95
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzg. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 238,90	876,93
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	70 233,24	49 713,16
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		20 520,08
9	Koszt modernizacji	zł		305 655,00
10	SPBT	lat		14,90

[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	$Q_{CO}*w/\eta$	Opłata CO	q_{CWU}	Q_{CWU}	Opłata 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	0,0994	694,53	0,5606	1	1 238,90		0,004	262,07		1 501				
I+A	0,0427	223,62	0,7524	0,95	282,35		0,003	196,55		479		1 022	68,09	
II+A	0,0449	241,85	0,7524	0,95	305,37		0,003	196,55		502		999	66,56	
III+A	0,0453	244,84	0,7524	0,95	309,15		0,003	196,55		506		995	66,31	
IV+A	0,0455	246,85	0,7524	0,95	311,68		0,003	196,55		508		993	66,14	
V+A	0,0458	249,14	0,7524	0,95	314,57		0,003	196,55		511		990	65,95	
VI+A	0,0679	433,41	0,7524	0,95	547,24		0,003	196,55		744		757	50,45	
VII+A	0,0713	455,65	0,7524	0,95	575,31		0,003	196,55		772		729	48,58	
VIII+A	0,0741	480,00	0,7524	0,95	606,06		0,003	196,55		803		698	46,53	
IX+A	0,0994	694,53	0,7524	0,95	876,93		0,003	196,55		1 073		427	28,48	
A	0,0994	694,53	0,7524	0,95	876,93		0,003	262,07		1 139		362	24,12	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu		Premia termomodernizacyjna		
							20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[%]	[zł]	[zł]	[zł]
					[zł]	[%]			
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A			68,09		0,00			
						100,00			
2	II+A			66,56		0,00			
						100,00			
3	III+A			66,31		0,00			
						100,00			
4	IV+A			66,14		0,00			
						100,00			
5	V+A			65,95		0,00			
						100,00			
6	VI+A			50,45		0,00			
						100,00			
7	VII+A			48,58		0,00			
						100,00			
8	VIII+A			46,53		0,00			
						100,00			
9	IX+A			28,48		0,00			
						100,00			
10	A			24,12		0,00			
						100,00			

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 427 m^2 oraz [SZ-2] o powierzchni około 50 m^2 proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła λ = 0,038 W/m*K, warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,192 W/m^2*K dla ścian [SZ-1] i 0,199 W/m^2*K dla ścian [SZ-2]. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu o powierzchni około 22 m^2 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 wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, instalacji odgromowej, obróbki blacharskie, roboty ziemne, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji, etc.

2. Ocieplenie dachu.
   Ocieplenie dachu o powierzchni około 245 m^2 proponuje się wykonać poprzez przymocowanie do połaci dachowej wełny mineralnej o grubości minimum 25cm i współczynniku przewodzenia λ = 0,040 W/m*K. Następnie należy przymocować płyty gipsowo-kartonowe. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,149 W/m^2*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

3. Ocieplenie stropodachu.
   Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 61 m^2 proponuje się wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego poszycia styropapy o grubości minimum 14cm i współczynniku przewodzenia

λ = 0,040 W/m*K. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,150 W/m^2*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

4. Wymianę okien frontowych o powierzchni około 55,18 m^2 oraz okna podwórzowe o powierzchni około 36,5 m^2 na okna o współczynniku przenikania U=0,9 W/m^{2}K zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi, Aprobatą Techniczną oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i okien, montaż i obróbkę nowych okien etc.

5. Wymianę drzwi frontowych o powierzchni około 4,0 m^2 oraz drzwi podwórzowych o powierzchni około 4,56 m^2 na drzwi o współczynniku przenikania U=1,3 W/m^{2}K zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi, Aprobatą Techniczną oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i drzwi, montaż i obróbkę nowych drzwi etc.

6. Modernizację instalacji c.w.u. poprzez
   - wymianę rurociągów pionowych oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
   - regulację instalacji c.w.u.,
   - prace instalacyjne i odtworzeniowe.

7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
   - wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
   - wymianę grzejników żeliwnych na grzejniki płytowe (około 47 szt.),
   - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 47 szt.),
   - montaż zaworów podpionowych,
   - montaż automatycznych odpowietrzników,
   - regulację instalacji grzewczej,
   - wymianę kotła gazowego na dwufunkcyjny kondensacyjny kocioł gazowy o mocy około 75 kW, wraz z niezbędną armaturą i niezbędnym dostosowaniem pomieszczenia,
   - prace instalacyjne i odtworzeniowe.

8. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u., 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.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	**Całkowity koszt robót szacuje się na**		**zł**
2	**Przewidywana premia termomodernizacyjna**		**zł**
3	**Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji**		**zł**
4	**Czas zwrotu nakładów SPBT**	**13,71**	**lat**

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	$[W/m^2K]$
Dach	Dachówka	0,5	0,005	1,000	0,005	
	Deska sosnowa	3,0	0,030	0,160	0,188	
	Wełna mineralna	0,0	0,000	0,040	0,000	
	Płyta gips. kart	0,0	0	0,23	0,000	
	Tynk cem.-wap.	0,0	0,0000	0,820	0,000	3,008
	R				0,193	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R_T				0,333	
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	4,0	0,040	1,000	0,040	
	Pustka powietrzna	30,0	0,300		0,160	
	Wełna mineralna	12,0	0,120	0,050	2,400	
	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	
	Strop gęstożebrowy	30,0	0,3		0,290	0,317
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				3,019	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R_T				3,159	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,554	1,380
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R_T				0,724	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Mur z cegły pełnej	25,0	0,250	0,770	0,325	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,386	1,800
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R_T				0,556	
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)	Mur z klinkieru	1,5	0,015	1,050	0,014	
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,526	1,437
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R				0,696	

Strop nad piwnicą	Marmur	3,0	0,03	3,50	0,009	1,430
	Podkład cementowy	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Strop gęstożebrowy	30,0	0,3		0,290	
	Tynk cem. wapienny	2,5	0,025	0,82	0,030	
	R				0,359	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R_T				0,699	
Okna				U_0	Wsp.	**U**
				[W/m^{2}K]	-	[W/m^{2}K]
				2,600	1,2	3,120
Okna dachowe				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe				2,500	1,2	3,000

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	$[W/m^2K]$
Dach	Dachówka	0,5	0,005	1,000	0,005	
	Deska sosnowa	3,0	0,030	0,160	0,188	
	Wełna mineralna	25,0	0,250	0,040	6,250	
	Płyta gips. kart	2,3	0,023	0,230	0,100	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,015	0,149
	R				6,558	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R_T				6,698	
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Szlichta cementowa	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Pustka powietrzna	30,0	0,3		0,160	
	Wełna mineralna	12,0	0,12	0,050	2,400	
	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	
	Strop gęstożebrowy	30,0	0,3	0,000	0,290	0,150
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	14,0	0,140	0,040	3,500	
	R				6,519	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R_T				6,659	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	0,192
	R				5,028	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R_T				5,198	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Mur z cegły pełnej	25,0	0,25	0,770	0,325	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	0,199
	R				4,859	
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R_T				5,029	
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)	Mur z klinkieru	1,5	0,015	1,050	0,014	
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,526	1,437
	Rsi				0,130	
	Rse				0,040	
	R_T				0,696	

Strop nad piwnicą	Marmur	3,0	0,030	3,500	0,009	1,430
	Podkład cementowy	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Strop gęstożebrowy	30,0	0,3	0,000	0,290	
	Tynk cem. wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,359	
	Rsi				0,170	
	Rse				0,170	
	R_T				0,699	
Okna nowe				U_0	Wsp.	**U**
				[W/m^{2}K]	-	[W/m^{2}K]
				0,9	1,000	0,900
Okna dachowe				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe				1,3	1,000	1,300

Z-3 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie		Jednostka	Strumień powietrza	
			obecnie	docelowo
Kubatura wentylowana V_{ve}		[m^3]	2 647	
Powierzchna ogrzewana A_f		[m^2]	762	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego		[m^3/s*m^2]	0,42*10^{-3}	
Średni strumień powietrza zewnętrznego		[m^3/s]	0,32	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację		[m^3/s]	0,15	0,15
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego		[m^3/s]	0,47	0,47
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]	0,47	0,47
Strumień powietrza		[m^3/h]	1 692	1 692
Współczynnik strat ciepła		[W/K]	564	564
Krotność wymiany powietrza		[1/h]	0,64	0,64

Z-4 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m^3]	[h^{-1}]	-	-	[m^3/h]
Strumień higieniczny		2 647	0,5			1 323,5

Z-5 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	ΔΘ	Φ
	[m^2]	[W/m^2K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach	245,00	3,008	1,0	737	36	26,53
Stropodach	61,00	0,317	1,0	19		0,70
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	427,00	1,380	1,0	589		21,22
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	50,00	1,800	1,0	90		3,24
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)	150,00	1,437	1,0	215		7,76
Okna frontowe	55,18	2,600	1,0	143		5,16
Okna od podwórza	36,50	2,600	1,0	95		3,42
Okna dachowe	8,40	1,500	1,0	13		0,45
Drzwi wejściowe frontowe	4,00	3,000	1,0	12		0,43
Drzwi wejściowe podwórzowe	4,56	3,000	1,0	14		0,49
Strop nad piwnicą	250,00	1,430	0,67	240		8,63
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	205,62	0,190	1,0	39		1,41
nadproża	88,48	0,600	1,0	53		1,91
podokien	88,48	0,570	1,0	50		1,82
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				2 310		83,15
Wentylacja		V_1	$\rho*c_p$	H_v		
		[$m^{3/}h$]	[$J/m^3/K$]	[W/K]		
		1 323	0,34	450		16,20
OGÓŁEM						99,35

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m^2]	[W/m^2K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach	245,00	0,149	1,0	37	36	1,32
Stropodach	61,00	0,150	1,0	9		0,33
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	427,00	0,192	1,0	82		2,96
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	50,00	0,199	1,0	10		0,36
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)	150,00	1,437	1,0	215		7,76
Okna frontowe	55,18	0,900	1,0	50		1,79
Okna od podwórza	36,50	0,900	1,0	33		1,18
Okna dachowe	8,40	1,500	1,0	13		0,45
Drzwi wejściowe	4,00	1,300	1,0	5		0,19
Drzwi wejściowe podwórzowe	4,56	1,300	1,0	6		0,21
Strop nad piwnicą	250,00	1,430	0,64	229		8,24
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	205,62	0,050	1,0	10		0,37
nadproża	88,48	0,200	1,0	18		0,64
podokien	88,48	0,220	1,0	19		0,70
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				736		26,49
Wentylacja		V_1	$\rho*c_p$	H_v		
		[m^3/h]	[$J/m^3/K$]	[W/K]		
		1 323	0,34	450		16,20
OGÓŁEM						42,69

Z-6 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	2,0	1,2	3,5	7,7	10,7	14,5	8,7	4,0	1,9	
Różnica temperatur		[°C]	18,0	18,8	16,5	12,3	9,3	5,5	11,3	16,0	18,1	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	20	10	31	30	31	242
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	0,864	2,678	2,592	2,678	20,909
Straty	H_{tr} H_{ve}											
Dach	736,84	[MJ]	35 524	33 512	32 564	23 492	11 841	3 501	22 301	30 558	35 721	229 015
Stropodach	19,31	[MJ]	931	878	853	616	310	92	584	801	936	6 001
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	589,39	[MJ]	28 415	26 806	26 047	18 791	9 472	2 801	17 838	24 443	28 573	183 185
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	89,98	[MJ]	4 338	4 093	3 977	2 869	1 446	428	2 723	3 732	4 362	27 968
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	215,49	[MJ]	10 389	9 801	9 523	6 870	3 463	1 024	6 522	8 937	10 447	66 976
Okna frontowe	143,47	[MJ]	6 917	6 525	6 340	4 574	2 306	682	4 342	5 950	6 955	44 590
Okna od podwórza	94,89	[MJ]	4 575	4 316	4 193	3 025	1 525	451	2 872	3 935	4 600	29 492
Okna dachowe	12,60	[MJ]	607	573	557	402	202	60	381	523	611	3 916
Drzwi wejściowe frontowe	12,00	[MJ]	579	546	530	383	193	57	363	498	582	3 730
Drzwi wejściowe podwórzowe	13,67	[MJ]	659	622	604	436	220	65	414	567	663	4 250
Strop nad piwnicą	239,61	[MJ]	11 552	10 898	10 589	7 639	3 851	1 139	7 252	9 937	11 616	74 472
Mostki liniowe	142,59	[MJ]	6 874	6 485	6 302	4 546	2 291	678	4 316	5 913	6 913	44 318
Straty przez przegrody	2 309,84	[MJ]	111 360	105 054	102 080	73 641	37 120	10 976	69 909	95 794	111 979	717 913
Wentylacja	564,00	[MJ]	27 191	25 651	24 925	17 981	9 064	2 680	17 070	23 390	27 342	175 295
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	138 551	130 705	127 005	91 623	46 184	13 656	86 979	119 184	139 321	893 208
Zyski słoneczne		[MJ]	5 053	5 068	9 468	14 844	19 743	12 123	9 003	4 460	3 794	83 557
Zyski wewnętrzne		[MJ]	16 319	14 740	16 319	15 792	10 528	5 264	16 319	15 792	16 319	127 391
Razem zyski		[MJ]	21 372	19 808	25 787	30 636	30 272	17 387	25 322	20 253	20 113	210 949
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1543	0,1515	0,2030	0,3344	0,6555	1,2732	0,2911	0,1699	0,1444	0,2362
Typ budynku			bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m^2]	762									
Pojemność cieplna		[J/K]	281 788 300									
Stała czasowa		[h]	27									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$			1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$		[h]	15									
Parametr numeryczny a_H			2,82									
Parametr numeryczny $a_H + 1$			3,82									
η			0,9956	0,9958	0,9910	0,9691	0,8690	0,6436	0,9778	0,9943	0,9963	
Zyski ciepła		[MJ]	21 278	19 725	25 556	29 689	26 306	11 191	24 761	20 138	20 039	198 682
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	117 273	110 980	101 449	61 934	19 878	2 465	62 218	99 046	119 282	694 526

Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	2,0	1,2	3,5	7,7	10,7	14,5	8,7	4,0	1,9	
Różnica temperatur		[°C]	18,0	18,8	16,5	12,3	9,3	5,5	11,3	16,0	18,1	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	20	10	31	30	31	242
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	1,728	0,864	2,678	2,592	2,678	20,909
Przegroda	Htr Hve											
Dach	36,58	[MJ]	1 764	1 664	1 617	1 166	588	174	1 107	1 517	1 773	11 370
Stropodach	9,16	[MJ]	442	417	405	292	147	44	277	380	444	2 847
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (38 cm)	82,14	[MJ]	3 960	3 736	3 630	2 619	1 320	390	2 486	3 407	3 982	25 531
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (25 cm)	9,94	[MJ]	479	452	439	317	160	47	301	412	482	3 090
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (frontowa)	215,49	[MJ]	10 389	9 801	9 523	6 870	3 463	1 024	6 522	8 937	10 447	66 976
Okna frontowe	49,66	[MJ]	2 394	2 259	2 195	1 583	798	236	1 503	2 060	2 408	15 435
Okna od podwórza	32,85	[MJ]	1 584	1 494	1 452	1 047	528	156	994	1 362	1 592	10 209
Okna dachowe	12,60	[MJ]	607	573	557	402	202	60	381	523	611	3 916
Drzwi wejściowe frontowe	5,20	[MJ]	251	237	230	166	84	25	157	216	252	1 616
Mostki liniowe	47,44	[MJ]	2 287	2 158	2 097	1 513	762	225	1 436	1 968	2 300	14 745
Drzwi wejściowe podwórzowe	5,93	[MJ]	286	270	262	189	95	28	179	246	287	1 842
Strop nad piwnicą	228,88	[MJ]	11 035	10 410	10 115	7 297	3 678	1 088	6 927	9 492	11 096	71 137
Straty przez przegrody	735,87	[MJ]	35 477	33 468	32 521	23 461	11 826	3 497	22 272	30 518	35 674	228 714
Wentylacja	564,00	[MJ]	27 191	25 651	24 925	17 981	9 064	2 680	17 070	23 390	27 342	175 295
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	62 668	59 119	57 446	41 442	20 889	6 177	39 342	53 908	63 017	404 009
Zyski słoneczne		[MJ]	4 514	4 528	8 458	13 260	17 637	10 830	8 043	3 985	3 389	74 645
Zyski wewnętrzne		[MJ]	16 319	14 740	16 319	15 792	10 528	5 264	16 319	15 792	16 319	127 391
Razem zyski		[MJ]	20 833	19 267	24 777	29 053	28 166	16 094	24 362	19 777	19 708	202 036
Stosunek zysków do przenoszenia			0,3324	0,3259	0,4313	0,7010	1,3483	2,6055	0,6192	0,3669	0,3127	0,5001
Typ budynku			bardzo ciężki (370 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m^2]	762									
Pojemność cieplna		[J/K]	281 788 300									
Stała czasowa		[h]	60									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$			1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$		[h]	15									
Parametr numeryczny a_H			5,01									
Parametr numeryczny $a_H + 1$			6,01									
η			0,9973	0,9976	0,9916	0,9429	0,6904	0,3819	0,9635	0,9958	0,9980	
Zyski ciepła		[MJ]	20 777	19 220	24 568	27 394	19 444	6 146	23 473	19 695	19 668	180 385
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	41 891	39 899	32 878	14 049	1 445	31	15 869	34 214	43 349	223 624

Z-8 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	kocioł gazowy w złym stanie technicznym
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	0,56	
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			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	kondensacyjny kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	wymienione przewody poziome i pionowe
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	0,75	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,95	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-9 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	762	762
Liczba użytkowników	osoba	12	12
Zużycie jednostkowe	$dm^3/(m^2doba)$	3,75	3,75
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,6	0,6
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	32 758,2	32 758,2
	GJ/rok	117,9	117,9
Sprawność wytwarzania	-	0,880	0,880
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,800
Sprawność akumulacji	-	0,850	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	–	0,450	0,600
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	72 796,1	54 597,1
	GJ/rok	262,1	196,6
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u. $V_{hśr}=(L*V_{cw})/18/1000$	m^3/h	0,033	0,033
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru $N_h=9,32*L^{\wedge(-0,244)}$	-	5,083	5,083
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody $Q_{cwj}=c_w*\rho*(\Theta_{cw}-Q_0)*k_t/\eta_c/10^6$	GJ/m^3	0,420	0,315
Max. moc c.w.u. $q_{cwu}^{max}=V_{hśr}*Q_{cwj}*N_h*10^6/3600$	kW	19,77	14,83
Średnia moc c.w.u. $q_{cwu}^{śr}=q_{cwu}^{max}/N_h$	kW	3,9	2,9
Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową	$kWh/(m^2*rok)$	95,6	71,7

Z-10 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej, modernizacja instalacji c.w.u., modernizacja instalacji c.o., wymiana źródła ciepła, montaż Systemu Zarządzania Energią).
W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:
- gaz ziemny – 1,1
Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:
$Q_p = Qk * w_p$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	1 500,97	416 936,11	416,94
zużycie po modernizacji	478,90	133 027,78	133,03
oszczędność	**1 022,07**	**283 908,33**	**283,91**
oszczędność %	**68,09**		
Energia pierwotna			
ciepło			
zużycie przed modernizacją	1 651,07	458 629,72	458,63
zużycie po modernizacji	526,79	146 330,56	146,33
oszczędność	**1 124,28**	**312 299,16**	**312,30**
oszczędność %	**68,09**		

Z-11 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO_2) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE).

	Efekt ekologiczny									
	zużycie energii		WE	emisja CO_2	zużycie energii		WE	emisja CO_2	emisja CO_2	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	obecnie				docelowo				redukcja	
gaz ziemny	1 500,97	-	56,10	84,20	478,90	-	56,10	26,87		
				84,20				**26,87**	**57,33**	**68,09**