

"ELEKO"

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

„ELEKO”
FRANCISZEK RADOMYSKI

05-230 Kobyłka

ul. Nadarzyn 2a

☎ (22) 786 - 38 - 70

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 8

ul. Boya - Żeleńskiego 4

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
	Gmina Miasto Zgierz		1987
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.	Boya - Żeleńskiego nr bud. 4	
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	
	powiat	zgierski	
tel.	- fax -	województwo	łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllosowska</i>			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku 2			
3. Podstawa opracowania. 4			
3.1 Cel i zakres opracowania. 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu. 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku 7			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7			
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania 8			
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 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 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej 21			
7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 23			
7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. 24			
7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 26			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 28			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 32			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych..... 35			
ZAŁĄCZNIKI..... 36			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 36			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 37			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 39			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. 41			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 41			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 41			
Z-7 Projektowana strata ciepła. 42			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. 43			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. 44			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 45			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 46			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. 47			
Z-13 Ciepła woda użytkowa. 48			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. 49			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej. 51			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 52			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące..... 53			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	10 244	10 244
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	2 299	2 299
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	2 299	2 299
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	394	394
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]	0,410	0,410
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	0,552	0,188
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,354	0,166
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,292	0,292
5	Okna, drzwi balkonowe	3,000	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,000	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,93	0,99
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
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	0,98	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,80	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	6 105	6 105	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,83	0,83	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	170,16	119,81	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	36,42	25,37	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 104,07	719,51	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 605,92	782,97	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	126,55	89,23	
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)]	133,43	86,95	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	194,08	94,62	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	59,21	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	10 995,78	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	20,45	14,24	
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)]	4,26	2,25	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	1 745 200,18	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	49,66
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	1 745 200,18	Premia termomodernizacyjna	[zł]	115 173,66
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	57 586,83			

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 Szkoły Podstawowej nr 8 w Zgierzu, ul. Boya - Żeleńskiego 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. 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 budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1987
Adres budynku	ul. Boya - Żeleńskiego 4, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	10 244	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 299	-	
Współczynnik kształtu	0,410		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,2	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	394	-	
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		1029,79	0,354
Stropodach pełny		62,60	0,281
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		1 238,82	0,552
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		210,24	0,347
Okna	S	231,84	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	70,38	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	73,44	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	69,84	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Okna stare	S	4,86	3,000
	SW	0,00	3,000
	W	5,40	3,000
	NW	0,00	3,000
	N	84,78	3,000
	NE	0,00	3,000
	E	6,48	3,000
	SE	0,00	3,000
Drzwi wejściowe stare		16,59	3,000
Drzwi wejściowe nowe		7,03	1,700
Podłoga na gruncie w piwnicy		673,62	0,248
Podłoga na gruncie		418,77	0,292

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Szkoły Podstawowej Nr 8, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Boya - Żeleńskiego 4. Obiekt, wybudowany w 1987 roku w technologii mieszanej, składa się z trzech segmentów A, B, C połączonych dwoma łącznikami. Segmenty A i B są niepodpiwniczone, natomiast segment C i łączniki są podpiwniczone. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej 38 cm, ocieplone styropianem 5 cm. Ściany zewnętrzne ogrzewanej piwnicy wykonane z cegły pełnej, ocieplone styropianem 5 cm. Nad segmentami A, B, C zastosowano stropodach wentylowany, kryty papą termozgrzewalną, ocieplony wełną mineralną grubości 12 cm. Nad łącznikami zastosowano stropodach pełny, ocieplony wełną mineralną grubości 12 cm. W budynkach zastosowano stropy typu "płyta Żerańska" Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna niektórych przegród zewnętrznych.

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

- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m²K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodachy - 0,281; 0,354 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,347; 0,552 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,248; 0,292 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone (z wyjątkiem podłóg na gruncie, które spełniają wymagania Warunków Technicznych).

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

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

W budynku 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 nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej, starej stolarki okiennej.

W budynku główne drzwi wejściowe wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są w dobrym stanie technicznym. Natomiast pozostałe drzwi drewniane są w złym stanie technicznym. 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 budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii cieplnej. Węzeł jest w złym stanie technicznym, w związku z tym przeanalizowana zostanie jego w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowane jego dostosowanie do Systemu Zarządzania Energią (wymiana lub modernizacja, leżąca po stronie gestora sieci).

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, bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi oraz rury grzejne Faviera. 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, będący w złym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. jest w złym stanie technicznym dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana kompleksowa modernizacja instalacji 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 stropodachów,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę okien,
- wymianę drzwi,
- wymianę instalacji c.w.u.
- wymianę instalacji c.o., grzejników oraz montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- dostosowanie węzła cieplnego do z pracy z Systemem Zarządzana Energia,
- montaż Systemu Zarządzania Energia,

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 wentylowanego. Ocieplenie stropodachu pełnego. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Wymiana okien. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana i izolacja istniejących rurociągów. Montaż perlatorów przy punktach odbioru.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią 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:

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

gdzie:

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

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

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

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

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

dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m^3 przeliczonej na zł/GJ,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

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

Liczbę stopniodni Sd oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1029,79 [m²] R₀ = 2,828 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 927 [m²]

Materiał: granulいた U₀ = 0,354 [W/(m²*K)]

λ = 0,044 [W/(m*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	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,136	3,964	0,252	82,97	0,010	125 145,00	2 525,13	49,560
0,06	1,364	4,191	0,239	78,47	0,010	127 926,00	2 865,85	44,638
0,07	1,591	4,419	0,226	74,43	0,009	130 707,00	3 171,52	41,213
0,08	1,818	4,646	0,215	70,79	0,009	133 488,00	3 447,29	38,723
0,09	2,045	4,873	0,205	67,49	0,008	136 269,00	3 697,33	36,856
0,10	2,273	5,100	0,196	64,48	0,008	139 050,00	3 925,08	35,426
0,11	2,500	5,328	0,188	61,73	0,008	141 831,00	4 133,41	34,313
0,12	2,727	5,555	0,180	59,21	0,007	144 612,00	4 324,69	33,439
0,13	2,955	5,782	0,173	56,88	0,007	147 393,00	4 500,93	32,747
0,14	3,182	6,010	0,166	54,73	0,007	150 174,00	4 663,85	32,200
0,15	3,409	6,237	0,160	52,73	0,007	155 736,00	4 814,89	32,345
0,16	3,636	6,464	0,155	50,88	0,006	161 298,00	4 955,31	32,551
0,17	3,864	6,691	0,149	49,15	0,006	166 860,00	5 086,18	32,807
0,18	4,091	6,919	0,145	47,54	0,006	172 422,00	5 208,47	33,104
0,19	4,318	7,146	0,140	46,02	0,006	177 984,00	5 322,97	33,437
0,20	4,545	7,373	0,136	44,61	0,006	183 546,00	5 430,41	33,800
0,21	4,773	7,600	0,132	43,27	0,005	189 108,00	5 531,43	34,188
0,22	5,000	7,828	0,128	42,02	0,005	194 670,00	5 626,58	34,598
0,23	5,227	8,055	0,124	40,83	0,005	200 232,00	5 716,37	35,028
0,24	5,455	8,282	0,121	39,71	0,005	205 794,00	5 801,22	35,474
0,25	5,682	8,510	0,118	38,65	0,005	211 356,00	5 881,55	35,935

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 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m²K". 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 stropodachu pełnego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu pełnego styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 62,60 [m²] R₀ = 3,559 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 63 [m²]

Materiał: styropapa U₀ = 0,281 [W/(m²*K)]

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	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	4,809	0,208	4,16	0,001	9 202,02	110,60	83,203
0,06	1,500	5,059	0,198	3,95	0,000	9 540,06	126,16	75,620
0,07	1,750	5,309	0,188	3,77	0,000	9 878,09	140,25	70,431
0,08	2,000	5,559	0,180	3,60	0,000	10 216,12	153,08	66,737
0,09	2,250	5,809	0,172	3,44	0,000	10 554,16	164,80	64,041
0,10	2,500	6,059	0,165	3,30	0,000	10 892,19	175,56	62,043
0,11	2,750	6,309	0,159	3,17	0,000	11 230,22	185,46	60,553
0,12	3,000	6,559	0,152	3,05	0,000	11 568,26	194,61	59,443
0,13	3,250	6,809	0,147	2,94	0,000	12 219,29	203,09	60,168
0,14	3,500	7,059	0,142	2,83	0,000	12 870,31	210,96	61,008
0,15	3,750	7,309	0,137	2,74	0,000	13 521,34	218,30	61,939
0,16	4,000	7,559	0,132	2,64	0,000	14 172,37	225,15	62,946
0,17	4,250	7,809	0,128	2,56	0,000	14 823,40	231,57	64,014
0,18	4,500	8,059	0,124	2,48	0,000	15 474,42	237,58	65,133
0,19	4,750	8,309	0,120	2,41	0,000	16 125,45	243,23	66,296
0,20	5,000	8,559	0,117	2,34	0,000	16 776,48	248,56	67,496
0,21	5,250	8,809	0,114	2,27	0,000	17 427,51	253,58	68,727
0,22	5,500	9,059	0,110	2,21	0,000	17 765,54	258,32	68,773
0,23	5,750	9,309	0,107	2,15	0,000	18 103,57	262,81	68,885
0,24	6,000	9,559	0,105	2,09	0,000	18 441,61	267,06	69,053
0,25	6,250	9,809	0,102	2,04	0,000	18 779,64	271,10	69,272

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 12 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 12 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

Pow. obliczeniowa =	1 238,82	[m ²]	R ₀ =	1,811	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 1 251	[m ²]	U ₀ =	0,552	[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	3,061	0,327	129,24	0,016	344 025,00	6 755,46	50,925
0,06	1,500	3,311	0,302	119,49	0,015	347 621,63	7 494,50	46,384
0,07	1,750	3,561	0,281	111,10	0,014	351 937,58	8 129,77	43,290
0,08	2,000	3,811	0,262	103,81	0,013	356 972,85	8 681,70	41,118
0,09	2,250	4,061	0,246	97,42	0,012	362 727,45	9 165,68	39,575
0,10	2,500	4,311	0,232	91,77	0,011	369 201,38	9 593,53	38,484
0,11	2,750	4,561	0,219	86,74	0,011	376 394,63	9 974,48	37,736
0,12	3,000	4,811	0,208	82,23	0,010	384 307,20	10 315,84	37,254
0,13	3,250	5,061	0,198	78,17	0,010	392 939,10	10 623,47	36,988
0,14	3,500	5,311	0,188	74,49	0,009	402 290,33	10 902,15	36,900
0,15	3,750	5,561	0,180	71,14	0,009	412 360,88	11 155,77	36,964
0,16	4,000	5,811	0,172	68,08	0,009	423 150,75	11 387,57	37,159
0,17	4,250	6,061	0,165	65,27	0,008	434 659,95	11 600,24	37,470
0,18	4,500	6,311	0,158	62,69	0,008	446 888,48	11 796,07	37,885
0,19	4,750	6,561	0,152	60,30	0,008	459 836,33	11 976,97	38,393
0,20	5,000	6,811	0,147	58,09	0,007	473 503,50	12 144,60	38,989
0,21	5,250	7,061	0,142	56,03	0,007	487 890,00	12 300,35	39,665
0,22	5,500	7,311	0,137	54,11	0,007	502 995,83	12 445,46	40,416
0,23	5,750	7,561	0,132	52,33	0,007	518 820,98	12 580,96	41,239
0,24	6,000	7,811	0,128	50,65	0,006	535 365,45	12 707,80	42,129
0,25	6,250	8,061	0,124	49,08	0,006	552 629,25	12 826,76	43,084

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 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". 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.

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, określane 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 $101,52 \text{ m}^2$) 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	3,0	1,0	1,0	177,20	0,014	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	122,08	0,007	3 339,44	116 748,00	34,96
2	1,1	1,0	1,0	115,60	0,006	3 732,32	121 824,00	32,64
3	0,9	1,0	1,0	109,11	0,005	4 125,19	142 128,00	34,45

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 $16,59 \text{ m}^2$) 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	3,0	1,1	1,0	29,50	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	21,38	0,003	490,56	32 682,30	66,62
2	1,5	1,0	1,0	20,32	0,003	554,77	33 843,60	61,01
3	1,3	1,0	1,0	19,26	0,002	618,97	37 991,10	61,38

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 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu stan techniczny instalacji ciepłej wody użytkowej jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 81 000 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 7 493,03 zł – 5 283,31 zł = 2 209,72 (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 81 000,00 / 2 209,72 = 36,66 lat.

7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	81 000,00	36,66
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	402 290,33	36,90
5	Ocieplenie stropodachu pełnego	11 568,26	59,44
6	Wymiana drzwi	33 843,60	61,01

7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

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

Tabela 7a. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	81 000,00	36,66
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	402 290,33	36,90
5	Ocieplenie stropodachu pełnego	11 568,26	59,44
6	Wymiana drzwi	33 843,60	61,01
	Ogółem	800 700,18	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	81 000,00	36,66
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	402 290,33	36,90
5	Ocieplenie stropodachu pełnego	11 568,26	59,44
	Ogółem	766 856,58	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	81 000,00	36,66
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	402 290,33	36,90
	Ogółem	755 288,33	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
3	Modernizacja instalacji c.w.u.	81 000,00	36,66
	Ogółem	352 998,00	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
2	Wymiana okien	121 824,00	32,64
	Ogółem	271 998,00	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	150 174,00	32,20
	Ogółem	150 174,00	

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

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

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

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

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- ΔO_{rCO} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

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

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 – całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,

w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,

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

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

q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

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

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

gdzie:

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

η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,

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

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

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno instalacja c.o. 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 ciepłego do jego wymagań.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,1702	0,1702
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	1 104	1 104
3	Ogólna sprawność CO	-	0,6875	0,7857
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	1 606	1 201
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	95 086,52	71 137,85
8	Roczna opłata stała	zł/rok	22 457,78	22 457,78
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	69,60	69,60
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,5500	0,7800
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	126,55	89,23
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	59,21	59,21
13	Koszt ciepła CO	zł	117 544,30	93 595,64
14	Koszt ciepła CWU	zł	7 493,03	5 283,31
15	Koszt ciepła	zł	125 037,33	98 878,95
16	Oszczędność kosztów	zł		26 158,39
17	Szacowany koszt modernizacji	zł		944 500,00
18	SPBT	lat		36,11

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}	Opłata CO	q _{cwu}	Q _{cwu}	Opłata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok				
0	0,1702	1 104,07	0,6875	1	1 605,92	117 544,30	0,008	126,55	7 493,03	1 732	125 037,33				
I+A	0,1198	719,51	0,7857	0,855	782,97	62 167,19	0,005	89,23	5 283,31	872	67 450,50	860	49,66	57 586,83	
II+A	0,1208	727,12	0,7857	0,855	791,25	62 790,68	0,005	89,23	5 283,31	880	68 073,99	852	49,18	56 963,34	
III+A	0,1211	729,58	0,7857	0,855	793,93	62 991,83	0,005	89,23	5 283,31	883	68 275,14	849	49,02	56 762,19	
IV+A	0,1518	966,35	0,7857	0,855	1 051,59	82 296,74	0,005	89,23	5 283,31	1 141	87 580,05	592	34,15	37 457,28	
V+A	0,1518	966,35	0,7857	0,855	1 051,59	82 296,74	0,005	126,55	7 493,03	1 178	89 789,77	554	32,00	35 247,56	
VI+A	0,1624	1 044,17	0,7857	0,855	1 136,26	88 713,04	0,005	126,55	7 493,03	1 263	96 206,07	470	27,11	28 831,26	
A	0,1702	1 104,07	0,7857	0,855	1 201,45	93 595,64	0,005	126,55	7 493,03	1 328	101 088,67	404	23,35	23 948,66	

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾ [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[%]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	I+A	1 745 200,18	57 586,83	49,66	0,00 1 745 200,18	0,00 100,00	349 040,04	279 232,03	115 173,66
2	II+A	1 711 356,58	56 963,34	49,18	0,00 1 711 356,58	0,00 100,00	342 271,32	273 817,05	113 926,68
3	III+A	1 699 788,33	56 762,19	49,02	0,00 1 699 788,33	0,00 100,00	339 957,67	271 966,13	113 524,38
4	IV+A	1 297 498,00	37 457,28	34,15	0,00 1 297 498,00	0,00 100,00	259 499,60	207 599,68	74 914,56
5	V+A	1 216 498,00	35 247,56	32,00	0,00 1 216 498,00	0,00 100,00	243 299,60	194 639,68	70 495,12
6	VI+A	1 094 674,00	28 831,26	27,11	0,00 1 094 674,00	0,00 100,00	218 934,80	175 147,84	57 662,52
7	A	944 500,00	23 948,66	23,35	0,00 944 500,00	0,00 100,00	188 900,00	151 120,00	47 897,32

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 1 251 m² oraz należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,188 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.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie stropodachu wentylowanego.
Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 927 m² należy wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 14 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,166 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.
3. Ocieplenie stropodachu pełnego
Ocieplenie stropodachu o powierzchni około 63 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości 12 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,152 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 drzwi o powierzchni około 16,59 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5$ W/m²K 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.
5. Wymianę okien o powierzchni około 101,52 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1$ W/m²K 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.
6. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:
 - wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
 - montaż perlatorów przy punktach odbioru,
 - regulację instalacji,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
 - wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
 - wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 128 szt.),
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 128 szt.),
 - montaż zaworów podpionowych,
 - montaż automatycznych odpowietrzników,
 - montaż instalacji zmieszania pompowego za węzłem cieplnym,
 - regulację instalacji grzewczej,
 - dostosowanie węzła cieplnego 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.

8. 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 zużycia 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	1 745 200,18 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	115 173,66 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	57 586,83 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	30,31 lat



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%
Oplata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem oplata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oplata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem oplata zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,354
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	40,0	0,4			
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,12	0,050	2,400	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop kanałowy	30,0	0,3		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,0200	0,820	0,024	
	R				2,688	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				2,828	
	Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	
Szlichta cementowa		2,5	0,025	1,000	0,025	
Żużel		12,0	0,120	0,220	0,545	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Płyty wełny mineralnej		12,0	0,120	0,050	2,400	
Papa asfaltowa		1,5	0,015	0,180	0,083	
Strop kanałowy		30,0	0,3		0,180	
Tynk cem.-wap.		1,5	0,0150	0,820	0,018	
R					3,419	
R_{si}					0,100	
R_{se}					0,040	
R_T					3,559	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Styropian	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,641	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				1,811	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,347
	Styropian	5,0	0,050	0,045	1,111	
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,510	0,770	0,662	
	R				1,792	
	Opór zastępczy gruntu				1,091	
	R_T				2,883	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie w piwnicy	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,248
	Podkład cementowy	4,0	0,04	1,00	0,040	
	Papa asfaltowa	5,0	0,05	0,18	0,278	
	Styropian	6,0	0,06	0,05	1,333	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Grunt	20,0	0,2	1,74	0,115	
	R				1,867	
	Opór zastępczy gruntu				2,160	
	R_T				4,027	
Podłoga na gruncie	Klepka	1,9	0,019	0,220	0,086	0,292
	Podkład cementowy	4,0	0,04	1,00	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Styropian	6,0	0,06	0,045	1,333	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Grunt	20,0	0,2	1,74	0,115	
	R				1,818	
	Opór zastępczy gruntu				1,610	
	R_T				3,428	
	Okna nowe				U_0	
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna stare				2,500	1,2	3,000
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe stare				2,500	1,2	3,000

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 wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,166
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	Pustka powietrzna	40,0	0,400			
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,120	0,050	2,400	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop kanałowy	30,0	0,300		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	
	Wełna mineralna	14,0	0,140	0,044	3,182	
	R				5,870	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				6,010	
Stropodach pełny	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,152
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Żużel	12,0	0,120	0,220	0,545	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	12,0	0,120	0,050	2,400	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop kanałowy	30,0	0,300		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	Styropapa	12,0	0,120	0,040	3,000	
	R				6,419	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				6,559	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,188
	Mur z cegły pełnej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian	5,0	0,05	0,045	1,111	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	R				5,141	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,311	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,347
	Styropian	5,0	0,05	0,045	1,111	
	Mur z cegły pełnej	51,0	0,51	0,770	0,662	
	Styropian XPS		0	0,034	0,000	
	R				1,792	
	Opór zastępczy gruntu				1,091	
	R _T				2,883	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie w piwnicy	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,248
	Podkład cementowy	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	5,0	0,05	0,180	0,278	
	Styropian	6,0	0,06	0,045	1,333	
	Beton	10,0	0,1	1,300	0,077	
	Grunt	20,0	0,2	1,740	0,115	
	R				1,867	
	Opór zastępczy gruntu				2,160	
	R _T				4,027	
Podłoga na gruncie	Klepka	1,9	0,019	0,220	0,086	0,292
	Podkład cementowy	4,0	0,04	1,000	0,040	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Styropian	6,0	0,06	0,045	1,333	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,1	1,300	0,077	
	Grunt	20,0	0,2	1,740	0,115	
	R				1,818	
	Opór zastępczy gruntu				1,610	
	R _T				3,428	
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 wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	7 355		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	2 299		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	1,29		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,41	0,41	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	1,70	1,70	
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]	1,70	1,70	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	6 105	6 105	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 034,97	2 034,97	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,83	0,83	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		7 355	0,5			3 677,6

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	2 299	4,7	10 803

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Stropodach wentylowany	1 029,79	0,354	1,0	364	40	14,57	
Stropodach pełny	62,60	0,281	1,0	18		0,70	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 238,82	0,552	1,0	684		27,36	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	210,24	0,347	1,0	73		2,92	
Okna	445,50	1,500	1,0	668		26,73	
Okna stare	101,52	3,000	1,0	305		12,18	
Drzwi wejściowe stare	16,59	3,000	1,0	50		1,99	
Drzwi wejściowe nowe	7,03	1,700	1,0	12		0,48	
Podłoga na gruncie w piwnicy	673,62	0,248	0,8	134		5,35	
Podłoga na gruncie	418,77	0,292	1,0	122		4,89	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	1158,12	0,190	1,0	220		8,80	
nadproża	302,92	0,600	1,0	182		7,27	
podokien	302,92	0,570	1,0	173		6,91	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				3 004	120,15		
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		3 678	0,34	1250		50,02	
OGÓLEM						170,16	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Stropodach wentylowany	1029,79	0,166	1,0	171	40	6,85	
Stropodach pełny	62,60	0,152	1,0	10		0,38	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1238,82	0,188	1,0	233		9,33	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	210,24	0,347	1,0	73		2,92	
Okna nowe	445,50	1,500	1,0	668		26,73	
Okna wymienione	101,52	1,100	1,0	112		4,47	
Drzwi wejściowe	16,59	1,500	1,0	25		1,00	
Drzwi wejściowe nowe	7,03	1,700	1,0	12		0,48	
Podłoga na gruncie w piwnicy	673,62	0,248	0,8	134		5,35	
Podłoga na gruncie	418,77	0,292	1,0	122		4,89	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	1158,12	0,050	1,0	58		2,32	
nadproża	302,92	0,200	1,0	61		2,42	
podokien	302,92	0,220	1,0	67		2,67	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				1 745	69,80		
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		3 678	0,34	1250		50,02	
OGÓLEM						119,81	

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	4,86	3,40	0,75	428	401	794	858	1 087	722	597	279	213	5 379
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	5,40	3,78	0,75	224	261	576	833	1 127	681	446	209	163	4 521
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	84,78	59,35	0,75	3 105	3 447	7 515	11 332	13 867	9 201	5 715	2 988	2 515	59 686
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	6,48	4,54	0,75	277	321	781	1 074	1 480	794	516	250	201	5 695
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	101,52	71,06		4 035	4 429	9 667	14 098	17 561	11 398	7 275	3 725	3 093	75 280
Okna nowe													
S	231,84	162,29	0,67	18 254	17 076	33 856	36 581	46 320	30 756	25 427	11 874	9 082	229 225
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	70,38	49,27	0,67	2 613	3 034	6 705	9 700	13 127	7 926	5 195	2 432	1 902	52 634
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	73,44	51,41	0,67	2 403	2 667	5 815	8 769	10 730	7 120	4 423	2 313	1 946	46 187
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	69,84	48,89	0,67	2 670	3 092	7 524	10 342	14 250	7 648	4 973	2 403	1 932	54 833
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	445,50	311,85		25 939	25 869	53 900	65 392	84 427	53 450	40 018	19 021	14 863	382 879
OGÓLEM	547,02	382,91		29 974	30 299	63 567	79 489	101 988	64 848	47 292	22 747	17 955	458 159

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	236,70	165,69	0,67	18 636	17 434	34 565	37 348	47 291	31 400	25 960	12 123	9 272	234 030
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	75,78	53,05	0,67	2 813	3 267	7 220	10 444	14 134	8 534	5 594	2 618	2 048	56 672
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	158,22	110,75	0,67	5 177	5 747	12 529	18 892	23 118	15 340	9 528	4 982	4 194	99 507
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	76,32	53,42	0,67	2 918	3 379	8 222	11 301	15 572	8 357	5 434	2 626	2 112	59 921
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	547,02	382,91		29 544	29 826	62 536	77 985	100 115	63 632	46 516	22 349	17 626	450 129
OGÓLEM	547,02	382,91		29 544	29 826	62 536	77 985	100 115	63 632	46 516	22 349	17 626	450 129

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
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
Straty	H_{ht}, H_{ve}										
Stropodach wentylowany	[MJ]	20 484	18 501	16 289	11 705	1 023	1 117	13 071	15 292	18 825	116 307
Stropodach pełny	[MJ]	989	894	787	565	49	54	631	739	909	5 618
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	38 471	34 748	30 594	21 984	1 921	2 098	24 548	28 720	35 357	218 440
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	4 102	3 705	3 262	2 344	205	224	2 618	3 062	3 770	23 292
Okna	[MJ]	37 587	33 949	29 890	21 478	1 876	2 050	23 984	28 060	34 544	213 418
Okna stare	[MJ]	17 130	15 473	13 623	9 789	855	934	10 931	12 789	15 744	97 267
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	2 799	2 528	2 226	1 600	140	153	1 786	2 090	2 573	15 895
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	672	607	535	384	34	37	429	502	618	3 818
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	7 527	6 799	5 986	4 301	376	410	4 803	5 619	6 918	42 740
Mostki liniowe	[MJ]	32 311	29 184	25 695	18 464	1 613	1 762	20 618	24 122	29 696	183 464
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 871	6 206	5 464	3 926	343	375	4 384	5 129	6 315	39 012
Straty przez przegrody	[MJ]	168 945	152 595	134 351	96 540	8 434	9 213	107 803	126 125	155 268	959 273
Wentylacja	[MJ]	114 459	103 383	91 023	65 405	5 714	6 242	73 036	85 449	105 194	649 905
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	283 404	255 978	225 374	161 945	14 148	15 454	180 839	211 574	260 462	1 609 178
Zyski słoneczne	[MJ]	29 974	30 299	63 567	79 489	101 988	64 848	47 292	22 747	17 955	458 159
Zyski wewnętrzne	[MJ]	28 935	26 135	28 935	28 002	4 667	4 667	28 935	28 002	28 935	207 212
Razem zyski	[MJ]	58 909	56 433	92 502	107 491	106 655	69 515	76 227	50 748	46 890	665 371
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2079	0,2205	0,4104	0,6637	7,5383	4,4981	0,4215	0,2399	0,1800	0,4135
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	2 837									
Pojemność ciepłota	[J/K]	737 730 760									
Stała czasowa	[h]	41									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		3,71									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,71									
η		0,9977	0,9971	0,9780	0,9141	0,1326	0,2217	0,9762	0,9962	0,9986	
Zyski ciepła	[MJ]	58 772	56 273	90 470	98 255	14 142	15 409	74 410	50 555	46 824	505 110
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	224 632	199 705	134 904	63 690	7	45	106 429	161 018	213 638	1 104 068

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
Średnia temp. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Stropodach wentylowany	[MJ]	9 638	8 706	7 665	5 508	481	526	6 150	7 195	8 858	54 727
Stropodach pełny	[MJ]	537	485	427	307	27	29	343	401	493	3 048
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	13 119	11 850	10 433	7 497	655	715	8 371	9 794	12 057	74 492
Ściana poniżej gruntu [SG-I]	[MJ]	4 102	3 705	3 262	2 344	205	224	2 618	3 062	3 770	23 292
Okna	[MJ]	37 587	33 949	29 890	21 478	1 876	2 050	23 984	28 060	34 544	213 418
Okna stare	[MJ]	6 281	5 673	4 995	3 589	314	343	4 008	4 689	5 773	35 665
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	1 400	1 264	1 113	800	70	76	893	1 045	1 286	7 947
Mostki liniowe	[MJ]	10 413	9 405	8 281	5 950	520	568	6 645	7 774	9 570	59 126
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	672	607	535	384	34	37	429	502	618	3 818
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	7 527	6 799	5 986	4 301	376	410	4 803	5 619	6 918	42 740
Podłoga na gruncie	[MJ]	6 871	6 206	5 464	3 926	343	375	4 384	5 129	6 315	39 012
Straty przez przegrody	[MJ]	98 148	88 649	78 051	56 084	4 900	5 352	62 628	73 272	90 202	557 286
Wentylacja	[MJ]	114 459	103 383	91 023	65 405	5 714	6 242	73 036	85 449	105 194	649 905
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	212 607	192 032	169 073	121 490	10 614	11 594	135 664	158 721	195 396	1 207 190
Zyski słoneczne	[MJ]	29 544	29 826	62 536	77 985	100 115	63 632	46 516	22 349	17 626	450 129
Zyski wewnętrzne	[MJ]	28 935	26 135	28 935	28 002	4 667	4 667	28 935	28 002	28 935	207 212
Razem zyski	[MJ]	58 479	55 961	91 471	105 987	104 782	68 299	75 451	50 351	46 561	657 341
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2751	0,2914	0,5410	0,8724	9,8720	5,8910	0,5562	0,3172	0,2383	0,5445
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	2 837									
Pojemność ciepłota	[J/K]	737 730 760									
Stać czasowa	[h]	54									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stać czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		4,61									
Parametr numeryczny a _H + 1		5,61									
η		0,9981	0,9976	0,9722	0,8730	0,1013	0,1697	0,9692	0,9966	0,9990	
Zyski ciepła	[MJ]	58 369	55 827	88 923	92 530	10 614	11 591	73 131	50 178	46 513	487 677
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	154 238	136 205	80 150	28 959	0	3	62 533	108 542	148 883	719 514

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,93	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	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	0,688	
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	0,93	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	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	0,79	
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	2 299	2299
Liczba użytkowników	osoba	394	394
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doba)	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	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	19 333,9	19 333,9
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	69,6	69,6
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,980
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,800
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,550	0,780
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	35 152,6	24 787,1
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	126,6	89,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,175	0,175
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,168	2,168
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,345	0,240
Max. moc c.w.u.	kW	36,42	25,37
Średnia moc c.w.u.	kW	16,8	11,7
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	15,3	10,8

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 200 sztuk opraw o mocy 72 W, 71 sztuki o mocy 36 W oraz żarowe w ilości 81 sztuk opraw o mocy 60 W i LEDowe w ilości 14 sztuk opraw o mocy 18 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 [m²].

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],

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	36	71	2 556
	60	81	4 860
	18	14	252
	45	200	9 000
po modernizacji	20	71	1 420
	25	81	2 025
	18	14	252
	36	71	2 556

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]
2 299	22 068	9,6	5,5	1 600

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m ² rok	15,36	8,84
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	35 308,80	20 315,20
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,69	0,69
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	24 363,07	14 017,49
Oszczędność energii elektrycznej	zł/kWh	14 993,60	
	%	42,46	
Oszczędność kosztów	zł/rok	10 345,58	
Szacunkowe nakłady inwestycyjne ¹⁾	zł	268 996,24	
SPBT	lata	26,00	

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 i drzwi, wymiana instalacji c.o. i instalacji cw.u., 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:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa:			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 732,47	481 241,67	481,24
zużycie po modernizacji	872,20	242 277,78	242,28
oszczędność	860,27	238 963,89	238,96
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	131,96	36 654,50	36,65
zużycie po modernizacji	77,98	21 660,90	21,66
oszczędność	53,98	14 993,60	14,99
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 864,43	517 896,17	517,89
zużycie po modernizacji	950,18	263 938,68	263,94
oszczędność	914,25	253 957,49	253,95
oszczędność %	49,04		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	2 252,21	625 614,17	625,61
zużycie po modernizacji	1 133,86	314 961,11	314,96
oszczędność	1 118,35	310 653,06	310,65
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	395,87	109 963,50	109,96
zużycie po modernizacji	233,94	64 982,70	64,98
oszczędność	161,93	44 980,80	44,98
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	2 648,08	735 577,67	735,57
zużycie po modernizacji	1 367,80	379 943,81	379,94
oszczędność	1 280,28	355 633,86	355,63
oszczędność %	48,35		

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	1 732,47	-	94,96	164,52	872,20	-	94,96	82,82		
energia elektryczna	-	36,65	0,832	30,49	-	21,66	0,832	18,02		
				195,01				100,85	94,16	48,29

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 odwodnienia naświetli i zmianę kierunku odwodnienia dachów nad łącznikami,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- 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,
- zamurowanie dwóch zsypów,
- budowę wiatrolapu przed wejściem głównym,
- 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,
- modernizację instalacji elektrycznej, rozwiązującej problem z zasilaniem elektrycznym (np. poprzez położenie dodatkowego obwodu do jednej z części budynku),
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.