

„ELEKO”

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

„ELEKO”
FRANCISZEK RADOMYSKI

05-230 Kobyłka

ul. Nadarzyn 2a

☎ (22) 786 - 38 - 70

Tytuł opracowania: AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU
ZESPOŁU SZKÓŁ NR 1 W STARGARDZIE
Park 3 Maja 2
73-110 Stargard

Zamawiający: POWIAT STARGARDZKI
ul. Skarbowa 1
73 - 110 STARGARD

Termin zakończenia pracy: wrzesień 2019 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy	
			1910	
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Powiat Stargardzki		1.4 Adres budynku	
	ul.	Skarbowa nr 1		ul. Park 3 Maja nr bud. 2
	kod	73-110 miejscowość Stargard		kod 73-110 miejscowość Stargard
	tel.	- fax -		powiat stargardzki
		województwo zachodniopomorskie		
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>Bllosowka</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 Warszawa data wykonania opracowania: Wrzesień 2019 r.				
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.....			8	
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.....			8	
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.....			9	
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 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.....			22	
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.....			22	
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....			25	
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....			27	
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.....			30	
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....			32	
ZAŁĄCZNIKI.....			33	
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....			33	
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.....			34	
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.....			35	
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....			36	
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....			36	
Z-6 Projektowana strata ciepła.....			37	
Z-7 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			38	
Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....			39	
Z-9 Sprawności systemu grzewczego.....			40	
Z-10 Ciepła woda użytkowa.....			41	
Z-11 Obliczenie efektywności energetycznej.....			42	
Z-12 Obliczenie efektu ekologicznego.....			42	
Z-13 Podsumowanie przedsięwzięcia.....			43	

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	4	4
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	27 942	27 942
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	6 431	6 431
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	6 431	6 431
7.	Liczba lokali mieszkalnych	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	1205	1 205
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]	0,315	0,315
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,101	0,248
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	1,487	0,150
3	Strop nad piwnicą	1,110	1,110
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,232	0,232
5	Okna, drzwi balkonowe	2,600	0,900
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	3,120	1,300
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
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	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,60	
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]	17 797	17 797	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,74	0,74	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	545,71	276,27	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	127,20	127,20	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	4 322,90	1 952,11	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	6 156,22	2 079,56	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	356,65	356,65	
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)]	186,73	84,32	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	265,92	89,83	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	55,99	55,99	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	11 036,86	11 036,86	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	16,07	16,07	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	11 036,86	11 036,86	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	5,40	1,98	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu	[zł]	3 059 323,93	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	62,59
Planowane koszty całkowite	[zł]	3 059 323,93	Premia termomodernizacyjna	[zł]	489 491,83
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	263 932,15			

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Zespołu Szkół Nr 1 w Stargardzie 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. Budynek znajduje się pod ochroną konserwatorską i wszelkie prace remontowe i budowlane można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

3.4 Zadeklarowany maksymalny wkład własny Inwestora (Zleceniodawcy).

Kwota kredytu możliwego do zaciągnięcia przez Inwestora 4 000 000,00 zł

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1910
Adres budynku	Park 3 Maja 2 73 – 110 Stargard	Właściciel	Powiat Stargardzki ul. Skarbowa 1, 73 – 110 Stargard
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	-	4	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachodachówką		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	27 942	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	6 431	-	
Współczynnik kształtu	0,315		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	4,2	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	1 205	-	
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]
Strop poddasza		1 769,66	1,487
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (parter i Ip. od frontu)		520,86	1,101
Ściana zewnętrzna [SZ-2] ((parter i Ip. od dziedzińca)		1 450,83	1,101
Ściana zewnętrzna [SZ-3] (II p. i IIIp. od dziedzińca)		1 604,22	1,330
Ściana zewnętrzna [SZ-4] (II p. i IIIp. od frontu)		506,02	1,330
Okna PCV	S	109,87	1,500
	SW	21,66	1,500
	W	91,79	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	71,60	1,500
	SE	0,00	1,500

Okna drewniane	S	88,88	2,600
	SW	0,00	2,600
	W	122,64	2,600
	NW	0,00	2,600
	N	271,28	2,600
	NE	0,00	2,600
	E	351,28	2,600
	SE	0,00	2,600
Drzwi wejściowe stare		53,65	3,120
Podłoga na gruncie		1 769,66	0,232

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Zespołu Szkół Nr 1 zlokalizowany w Stargardzie, Park 3 Maja 2. Budynek wybudowany w 1910 roku jest niepodpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne budynku wykonane z cegły pełnej grubości 42cm i 54 cm, nieocieplone. Ostatnią kondygnację budynku stanowi poddasze użytkowe nieogrzewane. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. Nad budynkiem zastosowano dach konstrukcji drewnianej, kryty blachodachówką. 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/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,20 W/m²K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- strop poddasza - 1,487 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 1,101; 1,330 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,232 W/m²K,

są więc wyższe od wymaganych (z wyjątkiem podłogi na gruncie) i przegrody te powinny zostać ocieplone.

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

- okna - 0,9 W/m²K
- drzwi - 1,3 W/m²K

W budynku zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m²K. W związku z tym że stolarka okienna PCV jest w dobrym stanie technicznym, w opracowaniu zostanie przeanalizowana tylko wymiana stolarki drewnianej.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/(m²K). Ze względu na zły stan techniczny stolarki drzwiowej drewnianej (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 węzeł cieplny zainstalowany w pomieszczeniu po byłej kotłowni, który jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym jego wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

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 węzła cieplnego co ciepło na potrzeby instalacji c.o. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym, dlatego jej wymiana nie będzie analizowana w dalszej części opracowania.

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 stropu poddasza,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę stolarki okiennej,
- wymianę stolarki drzwiowej,
- wymianę instalacji centralnego ogrzewania wraz z montażem nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi,
- montaż Systemu Zarządzania Energią.

7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Ponizej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropu poddasza. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Wymiana okien. Wymiana drzwi.

2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Montaż grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Montaż Systemu Zarządzania Energią.
---	---	--

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

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

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z n wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

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

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
 - dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
 - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
 - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m³ przeliczonej na zł/GJ,

- dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- y_0, y_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- O_{0m}, O_{1m} - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
- dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW*miesiąc),
 - dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
 - dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),
 - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),
- Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, zł.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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 Szczecin Dąbie:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-0,4	-2,0	2,5	7,7	12,7	12,3	8,3	3,5	-0,6
$Ld(m)$	31	28	31	30	20	10	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 16,0^{\circ}\text{C}$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu poddasza

Rozpatruje się ocieplenie stropu poddasza wełną mineralną o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1 769,66 [m²] R₀ = 0,673 [(m²*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 1 593 [m²]

Materiał: wełna mineralna U₀ = 1,487 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,07	1,750	2,423	0,413	241,43	0,026	350 460,00	44 239,91	7,922
0,08	2,000	2,673	0,374	218,85	0,024	352 053,00	45 830,25	7,682
0,09	2,250	2,923	0,342	200,13	0,022	353 646,00	47 148,51	7,501
0,10	2,500	3,173	0,315	184,36	0,020	355 239,00	48 259,00	7,361
0,11	2,750	3,423	0,292	170,89	0,019	356 832,00	49 207,26	7,252
0,12	3,000	3,673	0,272	159,26	0,017	358 425,00	50 026,42	7,165
0,13	3,250	3,923	0,255	149,11	0,016	360 018,00	50 741,16	7,095
0,14	3,500	4,173	0,240	140,17	0,015	361 611,00	51 370,25	7,039
0,15	3,750	4,423	0,226	132,25	0,014	363 204,00	51 928,21	6,994
0,16	4,000	4,673	0,214	125,17	0,014	364 797,00	52 426,47	6,958
0,17	4,250	4,923	0,203	118,82	0,013	366 390,00	52 874,12	6,929
0,18	4,500	5,173	0,193	113,07	0,012	367 983,00	53 278,50	6,907
0,19	4,750	5,423	0,184	107,86	0,012	369 576,00	53 645,59	6,889
0,20	5,000	5,673	0,176	103,11	0,011	371 169,00	53 980,32	6,876
0,21	5,250	5,923	0,169	98,75	0,011	372 762,00	54 286,79	6,867
0,22	5,500	6,173	0,162	94,75	0,010	374 355,00	54 568,44	6,860
0,23	5,750	6,423	0,156	91,07	0,010	375 948,00	54 828,16	6,857
0,24	6,000	6,673	0,150	87,65	0,010	377 541,00	55 068,42	6,856
0,25	6,250	6,923	0,144	84,49	0,009	379 134,00	55 291,33	6,857
0,26	6,500	7,173	0,139	81,54	0,009	380 727,00	55 498,69	6,860
0,27	6,750	7,423	0,135	78,80	0,009	382 320,00	55 692,09	6,865

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 24 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 24 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

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] styropianem o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	560,86	[m ²]	$R_0 = 0,908$	[(m ² *K)/W]
Pow. do ocieplenia =	ok. 521	[m ²]	$U_0 = 1,101$	[W/(m ² *K)]
Material: styropian				
$\lambda =$	0,032	[W/(m*K)]		

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,03	0,938	1,845	0,542	93,28	0,010	119 830,00	6 782,96	17,666
0,04	1,250	2,158	0,463	79,77	0,009	120 171,91	7 734,22	15,538
0,05	1,563	2,470	0,405	69,68	0,008	120 627,78	8 444,82	14,284
0,06	1,875	2,783	0,359	61,86	0,007	121 197,63	8 995,82	13,473
0,07	2,188	3,095	0,323	55,61	0,006	121 881,44	9 435,57	12,917
0,08	2,500	3,408	0,293	50,51	0,006	122 679,22	9 794,67	12,525
0,09	2,813	3,720	0,269	46,27	0,005	123 590,97	10 093,45	12,245
0,10	3,125	4,033	0,248	42,68	0,005	124 616,69	10 345,92	12,045
0,11	3,438	4,345	0,230	39,62	0,004	125 756,38	10 562,07	11,906
0,12	3,750	4,658	0,215	36,96	0,004	127 010,03	10 749,23	11,816
0,13	4,063	4,970	0,201	34,63	0,004	128 377,66	10 912,85	11,764
0,14	4,375	5,283	0,189	32,59	0,004	129 859,25	11 057,11	11,744
0,15	4,688	5,595	0,179	30,77	0,003	131 454,81	11 185,26	11,753
0,16	5,000	5,908	0,169	29,14	0,003	133 164,34	11 299,85	11,785
0,17	5,313	6,220	0,161	27,67	0,003	134 987,84	11 402,93	11,838
0,18	5,625	6,533	0,153	26,35	0,003	136 925,31	11 496,15	11,911
0,19	5,938	6,845	0,146	25,15	0,003	138 976,75	11 580,85	12,001
0,20	6,250	7,158	0,140	24,05	0,003	141 142,16	11 658,16	12,107
0,21	6,563	7,470	0,134	23,04	0,003	143 421,53	11 729,00	12,228
0,22	6,875	7,783	0,128	22,12	0,002	145 814,88	11 794,15	12,363
0,23	7,188	8,095	0,124	21,26	0,002	148 322,19	11 854,28	12,512

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z WT 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm, jednakże zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi maksymalna grubość ocieplenia na ścianach frontowych nie może być większa niż 4 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] styropianem o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	1 450,83	[m ²]	$R_0 = 0,908$	[(m ² *K)/W]
Pow. do ocieplenia =	ok. 1 451	[m ²]	$U_0 = 1,101$	[W/(m ² *K)]
Materiał:	styropian			
$\lambda =$	0,032	[W/(m*K)]		

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	$\Delta Kogrz$	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	2,470	0,405	194,10	0,021	338 083,00	23 522,50	14,373
0,06	1,875	2,783	0,359	172,30	0,019	339 670,03	25 057,29	13,556
0,07	2,188	3,095	0,323	154,91	0,017	341 574,47	26 282,18	12,996
0,08	2,500	3,408	0,293	140,70	0,015	343 796,31	27 282,44	12,601
0,09	2,813	3,720	0,269	128,88	0,014	346 335,56	28 114,65	12,319
0,10	3,125	4,033	0,248	118,90	0,013	350 960,63	28 817,89	12,179
0,11	3,438	4,345	0,230	110,35	0,012	354 134,69	29 419,99	12,037
0,12	3,750	4,658	0,215	102,94	0,011	357 626,16	29 941,29	11,944
0,13	4,063	4,970	0,201	96,47	0,011	361 435,03	30 397,05	11,890
0,14	4,375	5,283	0,189	90,76	0,010	365 561,31	30 798,88	11,869
0,15	4,688	5,595	0,179	85,69	0,009	370 005,00	31 155,83	11,876
0,16	5,000	5,908	0,169	81,16	0,009	374 766,09	31 475,02	11,907
0,17	5,313	6,220	0,161	77,08	0,008	379 844,59	31 762,13	11,959
0,18	5,625	6,533	0,153	73,40	0,008	385 240,50	32 021,78	12,031
0,19	5,938	6,845	0,146	70,05	0,008	390 953,81	32 257,73	12,120
0,20	6,250	7,158	0,140	66,99	0,007	396 984,53	32 473,07	12,225
0,21	6,563	7,470	0,134	64,19	0,007	403 332,66	32 670,39	12,346
0,22	6,875	7,783	0,128	61,61	0,007	409 998,19	32 851,87	12,480
0,23	7,188	8,095	0,124	59,23	0,006	416 981,13	33 019,34	12,628
0,24	7,500	8,408	0,119	57,03	0,006	424 281,47	33 174,36	12,789
0,25	7,813	8,720	0,115	54,99	0,006	431 899,22	33 318,26	12,963

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z WT 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm, jednakże zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi maksymalna grubość ocieplenia na ścianach od dziedzica nie może być większa niż 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] styropianem o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1 604,22 [m²] R₀ = 0,752 [(m²*K)/W]

Pow. do ocieplenia = ok. 1 604 [m²]

Materiał: styropian U₀ = 1,330 [W/(m²*K)]

λ = 0,032 [W/(m*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 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	1,563	2,315	0,432	229,07	0,025	375 336,00	33 513,67	11,199
0,06	1,875	2,627	0,381	201,82	0,022	376 839,75	35 432,46	10,635
0,07	2,188	2,940	0,340	180,37	0,020	378 644,25	36 943,27	10,249
0,08	2,500	3,252	0,307	163,03	0,018	380 749,50	38 163,73	9,977
0,09	2,813	3,565	0,281	148,74	0,016	383 155,50	39 170,20	9,782
0,10	3,125	3,877	0,258	136,75	0,015	387 667,55	40 014,41	9,688
0,11	3,438	4,190	0,239	126,55	0,014	390 675,05	40 732,69	9,591
0,12	3,750	4,502	0,222	117,77	0,013	393 983,30	41 351,25	9,528
0,13	4,063	4,815	0,208	110,12	0,012	397 592,30	41 889,51	9,491
0,14	4,375	5,127	0,195	103,41	0,011	401 502,05	42 362,16	9,478
0,15	4,688	5,440	0,184	97,47	0,011	405 712,55	42 780,49	9,484
0,16	5,000	5,752	0,174	92,17	0,010	410 223,80	43 153,38	9,506
0,17	5,313	6,065	0,165	87,42	0,010	415 035,80	43 487,83	9,544
0,18	5,625	6,377	0,157	83,14	0,009	420 148,55	43 789,51	9,595
0,19	5,938	6,690	0,149	79,26	0,009	425 562,05	44 063,00	9,658
0,20	6,250	7,002	0,143	75,72	0,008	431 276,30	44 312,08	9,733
0,21	6,563	7,315	0,137	72,48	0,008	437 291,30	44 539,87	9,818
0,22	6,875	7,627	0,131	69,51	0,008	443 607,05	44 749,00	9,913
0,23	7,188	7,940	0,126	66,78	0,007	450 223,55	44 941,67	10,018
0,24	7,500	8,252	0,121	64,25	0,007	457 140,80	45 119,74	10,132
0,25	7,813	8,565	0,117	61,91	0,007	464 358,80	45 284,82	10,254

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z WT 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm, jednakże zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi maksymalna grubość ocieplenia na ścianach od dziedzica nie może być większa niż 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4] styropianem o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	506,02	[m ²]	$R_0 = 0,752$	[(m ² *K)/W]
Pow. do ocieplenia =	ok. 506	[m ²]		
Materiał: styropian			$U_0 = 1,330$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,032	[W/(m*K)]		

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 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]
0,03	0,938	1,690	0,592	98,98	0,011	116 380,00	8 688,97	13,394
0,04	1,250	2,002	0,499	83,53	0,009	116 688,34	9 776,93	11,935
0,05	1,563	2,315	0,432	72,25	0,008	117 099,47	10 571,11	11,077
0,06	1,875	2,627	0,381	63,66	0,007	117 613,38	11 176,35	10,523
0,07	2,188	2,940	0,340	56,89	0,006	118 230,06	11 652,90	10,146
0,08	2,500	3,252	0,307	51,43	0,006	118 949,53	12 037,86	9,881
0,09	2,813	3,565	0,281	46,92	0,005	119 771,78	12 355,33	9,694
0,10	3,125	3,877	0,258	43,14	0,005	120 696,81	12 621,62	9,563
0,11	3,438	4,190	0,239	39,92	0,004	121 724,63	12 848,18	9,474
0,12	3,75	4,502	0,222	37,15	0,004	122 855,22	13 043,29	9,419
0,13	4,063	4,815	0,208	34,74	0,004	124 139,19	13 213,07	9,395
0,14	4,375	5,127	0,195	32,62	0,004	125 475,35	13 362,16	9,390
0,15	4,688	5,440	0,184	30,74	0,003	126 914,29	13 494,11	9,405
0,16	5,000	5,752	0,174	29,07	0,003	128 456,01	13 611,73	9,437
0,17	5,313	6,065	0,165	27,58	0,003	130 100,51	13 717,23	9,484
0,18	5,625	6,377	0,157	26,22	0,003	131 847,79	13 812,38	9,546
0,19	5,938	6,690	0,149	25,00	0,003	133 697,85	13 898,65	9,619
0,20	6,250	7,002	0,143	23,88	0,003	135 650,69	13 977,22	9,705
0,21	6,563	7,315	0,137	22,86	0,002	137 706,32	14 049,07	9,802
0,22	6,875	7,627	0,131	21,93	0,002	139 864,73	14 115,03	9,909
0,23	7,188	7,940	0,126	21,06	0,002	142 125,91	14 175,81	10,026

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z WT 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm, jednakże zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi maksymalna grubość ocieplenia na ścianach frontowych nie może być większa niż 4 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy.

7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

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

$$SPBT = (N_{ok} + N_w) / \sum (\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

- N_{ok} – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,
- N_w – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,
- ΔO_{rok} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- ΔO_{rw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}$ dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_0, Q_1 - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, m^2 ,

Q_{inf} - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

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

- V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m^3/h ,
- c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
- c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

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

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),
- a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m \cdot h \cdot daPa^{2/3})$,
- 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 ściennie, 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:

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

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 $834,08 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	2,6	1,1	1,0	2 824,72	0,088	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	2 274,73	0,049	31 225,11	916 667,76	29,36
2	1,1	1,0	1,0	2 219,59	0,043	34 378,24	983 394,16	28,61
3	0,9	1,0	1,0	2 164,46	0,037	37 531,38	940 022,00	25,05

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 (o powierzchni około $53,65 m^2$) 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	203,24	0,019	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	149,86	0,016	3 023,14	83 157,50	27,51
2	1,4	1,0	1,0	148,09	0,016	3 124,55	85 840,00	27,47
3	1,3	1,0	1,0	146,32	0,016	3 225,96	88 522,50	27,44

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 $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63	12,18
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	120 171,91	15,54
6	Wymiana okien	940 022,00	25,05
7	Wymiana drzwi	88 522,50	27,44

7.5 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. Koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63	12,18
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	120 171,91	15,54
6	Wymiana okien	940 022,00	25,05
7	Wymiana drzwi	88 522,50	27,44
	Ogółem	2 381 573,93	

Tabela 7b. Koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63	12,18
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	120 171,91	15,54
6	Wymiana okien	940 022,00	25,05
	Ogółem	2 293 051,43	

Tabela 7c. Koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63	12,18
5	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	120 171,91	15,54
	Ogółem	1 353 029,43	

Tabela 7d. Koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63	12,18
	Ogółem	1 232 857,52	

Tabela 7e. Koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34	11,94
	Ogółem	881 899,90	

Tabela 7f. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55	9,69
	Ogółem	765 208,55	

Tabela 7g. Koszty modernizacji budynku wg. wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00	6,86
	Ogółem	377 544,00	

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

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

- x_0, x_1 – udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{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 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 zaworami podpiopnowymi, 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	0,5457	0,5457
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzgl. sprawności wg normy PN EN ISO 13790:2009	GJ/rok	4 323	4 323
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,7022	0,8026
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	6 156,22	4 605,13
7	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł/rok	416 960,53	330 115,00
8	Oszczędność kosztów	zł/rok		86 845,53
9	Koszt modernizacji	zł		677 750,00
10	SPBT	lat		7,80

¹⁾ Uwzględnienie Systemu Zarządzania Energią

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO						CWU				CO+CWU			Oszczędności		
	q _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO-w/η}	Oplata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Oplata CWU	Q _{CO+CWU}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok		
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok					
0	0,5457	4 322,90	0,7022	1	6 156,22	416 960,53	0,077	356,65	30 174,91	6 513	447 135,44					
I+A	0,2763	1 952,11	0,8026	0,855	2 079,56	153 028,38	0,077	356,65	30 174,91	2 436	183 203,29	4 077	62,59	263 932,15		
II+A	0,2798	1 983,03	0,8026	0,855	2 112,50	155 334,35	0,077	356,65	30 174,91	2 469	185 509,26	4 044	62,09	261 626,18		
III+A	0,3308	2 398,90	0,8026	0,855	2 555,52	186 899,65	0,077	356,65	30 174,91	2 912	217 074,56	3 601	55,29	230 060,88		
IV+A	0,3337	2 505,03	0,8026	0,855	2 668,57	193 608,76	0,077	356,65	30 174,91	3 025	223 783,67	3 488	53,55	223 351,77		
V+A	0,3806	2 922,70	0,8026	0,855	3 113,52	224 733,09	0,077	356,65	30 174,91	3 470	254 908,00	3 043	46,72	192 227,44		
VI+A	0,4048	3 057,83	0,8026	0,855	3 257,47	236 000,98	0,077	356,65	30 174,91	3 614	266 175,89	2 899	44,51	180 959,55		
VII+A	0,4679	3 622,91	0,8026	0,855	3 859,45	278 057,52	0,077	356,65	30 174,91	4 216	308 232,43	2 297	35,27	138 903,01		
A	0,5457	4 322,90	0,8026	0,855	4 605,13	330 115,00	0,077	356,65	30 174,91	4 962	360 289,91	1 551	23,82	86 845,53		

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			
		[zł]	[zł/rok]			[zł]	[zł/rok]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności	
		3	4	5	6	[zł]	[zł/rok]	[zł]	[zł/rok]	[zł]	[zł/rok]
1	2										
1	I+A	3 059 323,93	263 932,15	62,59	0,00	0,00	0,00	611 864,79	489 491,83	527 864,30	
2	II+A	2 970 801,43	261 626,18	62,09	0,00	0,00	0,00	594 160,29	475 328,23	523 252,36	
3	III+A	2 030 779,43	230 060,88	55,29	0,00	0,00	0,00	406 155,89	324 924,71	460 121,76	
4	IV+A	1 910 607,52	223 351,77	53,55	0,00	0,00	0,00	382 121,50	305 697,20	446 703,54	
5	V+A	1 559 649,90	192 227,44	46,72	0,00	0,00	0,00	311 929,98	249 543,98	384 454,88	
6	VI+A	1 055 294,00	180 959,55	44,51	0,00	0,00	0,00	211 058,80	168 847,04	361 919,10	
7	VII+A	1 055 291,00	138 903,01	35,27	0,00	0,00	0,00	211 058,20	168 846,56	277 806,02	
8	A	677 750,00	86 845,53	23,82	0,00	0,00	0,00	135 550,00	108 440,00	173 691,06	
						677 750,00					

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 stropu poddasza.

Ocieplenie stropu poddasza o powierzchni około 1 593 m² proponuje się wykonać poprzez rozłożenie na stropie wełny mineralnej o grubości minimum 24cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,150 W/m²*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. ułożenie ciągów komunikacyjnych z płyt OSB, etc.

2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] (parter i Ip od frontu) o powierzchni około 521 m² proponuje się wykonać płytami ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości 4 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,463 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. Wszelkie prace remontowe należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.

3. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] (parter i Ip od dziedzińca) o powierzchni około 1 451 m² proponuje się wykonać płytami ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości 10 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,248 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. Wszelkie prace remontowe należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. W kosztach

inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.

4. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3] (IIp i IIIp od dziedzińca) o powierzchni około 1 604 m² proponuje się wykonać płytami ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości 10 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,258 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. Wszelkie prace remontowe należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
5. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4] (IIp i IIIp pd frontu) o powierzchni około 506 m² proponuje się wykonać płytami ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$, warstwą o grubości 4 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,499 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. Wszelkie prace remontowe należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
6. Wymianę okien o powierzchni około 834,08 m² na okna o współczynniku przenikania $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, wytycznymi konserwatorskimi oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i okien, montaż i obróbkę nowych okien etc.
7. Wymianę drzwi o powierzchni około 53,65 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, wytycznymi konserwatorskimi oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np. demontaż starych futryn i drzwi, montaż i obróbkę nowych drzwi etc.

8. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów,
- wymianę grzejników żeliwnych na grzejniki płytowe (około 196 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 196 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- regulację instalacji grzewczej,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe.

9. 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 umożliwić 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

10.1 Całkowity koszt robót szacuje się na		- 3 059 323,93zł.
10.2 Udział środków własnych Inwestora powinien wynosić	0,00%	- 0,00 zł.
10.3 Kredyt bankowy	100,00%	- 3 059 323,93zł.
10.4 Przewidywana premia termomodernizacyjna		- 489 491,83 zł.
10.5 Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji ok.		- 263 932,15 zł.
10.6 Czas zwrotu nakładów SPBT		- 11,59 lat.

ZALĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej
Opłaty za zużycie ciepła wg PEC w Stargardzie

Założenia:

- opłaty dla potrzeb centralnego ogrzewania bez zmian przed i po modernizacji
- opłaty dla potrzeb ciepłej wody użytkowej przed i po modernizacji

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	5 706,06	7 018,45
Przesył	zł(MW*m-c)	3 267,00	4 018,41
Razem opłata stała	zł(MW*m-c)	8 973,06	11 036,86
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	26,38	32,45
Przesył	zł/GJ	19,14	23,54
Razem opłata zmienna	zł/GJ	45,52	55,99
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^2K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0	0,156	1,487
	Pustka powietrzna	20,0	0,200		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,16	0,156	
	R				0,473	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				0,673	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] i [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,101
	Mur z cegły pełnej	54,0	0,540	0,770	0,701	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,738	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,908	
Ściana zewnętrzna [SZ-3] i [SZ-4]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,330
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,420	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,582	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,752	
Podłoga na gruncie	Lastrico	1,5	0,015	0,720	0,021	0,232
	Podkład z betonu	4,0	0,040	1,050	0,038	
	Żwiroboton	12,0	0,120	1,300	0,092	
	Piasek	55,0	0,550	0,400	1,375	
	R				1,526	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,736	
	U _{konstr.}				0,576	
	U _{equiv}				0,232	
Okna PCV				U _o	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna drewniane				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe				2,600	1,2	3,120

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	0,150
	Pustka powietrzna	20,0	0,200		0,160	
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Wełna mineralna	24,0	0,240	0,040	6,000	
	R				6,473	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,100	
	R _T				6,673	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,463
	Mur z cegły pełnej	54,0	0,54	0,770	0,701	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	4,0	0,04	0,032	1,250	
	R				1,988	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				2,158	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,248
	Mur z cegły pełnej	54,0	0,54	0,770	0,701	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,863	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,033	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,258
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,42	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,707	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				3,877	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,499
	Mur z cegły pełnej	42,0	0,42	0,770	0,545	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	4,0	0,04	0,032	1,250	
	R				1,832	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				2,002	
Podłoga na gruncie	Lastrico	1,5	0,02	0,720	0,021	0,232
	Podkład z betonu	4,0	0,04	1,050	0,038	
	Żwiroboton	12,0	0,12	1,300	0,092	
	Piasek	55,0	0,55	0,400	1,375	
	R				1,526	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,736	
	Ukonstr.				0,576	
Uequiv				0,232		
Okna i drzwi balkonowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
Okna wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe				0,9	1,000	0,900
				1,3	1,000	1,300

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	24 162		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	6 431		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	3,60		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	1,34	1,34	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	4,94	4,94	
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]	4,94	4,94	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	17 797	17 797	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	5 932,28	5 932,28	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,74	0,74	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		24 162	0,5			12 081

Z-6 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]		
Strop poddasza	1 769,66	1,487	0,90	2 368	36	85,26
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	520,86	1,101	1,0	574		20,65
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1 450,83	1,101	1,0	1 598		57,53
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	1 604,22	1,330	1,0	2 133		76,79
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	506,02	1,330	1,0	673		24,22
Drzwi wejściowe stare	53,65	3,120	1,0	167		6,03
Okna PCV	294,92	1,500	1,0	442		15,93
Okna drewniane	834,08	2,600	1,0	2 169		78,07
Podłoga na gruncie	1769,66	0,232	1,0	411		14,78
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	2 580,04	0,200	1,0	516		18,58
Ogółem				11 051		397,84
Wentylacja		V_1	$\rho*c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		12 081	0,34	4107	147,87	
OGÓŁEM					545,71	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_r	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop poddasza	1769,66	0,150	0,90	239	36	8,59
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	520,86	0,463	1,0	241		8,69
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	1450,83	0,248	1,0	360		12,95
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	1604,22	0,258	1,0	414		14,90
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	506,02	0,499	1,0	253		9,10
Drzwi wejściowe wymienione	53,65	1,300	1,0	70		2,51
Okna PCV	294,92	1,500	1,0	442		15,93
Okna wymienione	834,08	0,900	1,0	751		27,02
Podłoga na gruncie	1769,66	0,232	1,0	411		14,78
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	2 580,04	0,150	1,0	387		13,93
Ogółem				3 567		128,40
Wentylacja		V_1	$\rho*c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		12 081	0,34	4107	147,87	
OGÓŁEM					276,27	

Z-7 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]	-2,6	-1,9	3,2	9,2	14,4	12,8	8,5	1,3	-2,1		
Różnica temperatur	[°C]	22,6	21,9	16,8	10,8	5,6	7,2	11,5	18,7	22,1		
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_r, H_{ve}											
Strop poddasza	[MJ]	143 359	125 475	106 567	66 298	5 729	7 366	72 948	114 793	140 187	782 723	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	34 728	30 395	25 815	16 060	1 388	1 784	17 671	27 808	33 959	189 610	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	96 732	84 665	71 907	44 735	3 866	4 971	49 222	77 457	94 592	528 145	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	129 124	113 016	95 986	59 715	5 161	6 635	65 705	103 395	126 268	705 005	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	[MJ]	40 729	35 648	30 277	18 836	1 628	2 093	20 725	32 614	39 828	222 377	
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	10 132	8 868	7 532	4 686	405	521	5 156	8 113	9 908	55 321	
Okna PCV	[MJ]	26 778	23 438	19 906	12 384	1 070	1 376	13 626	21 442	26 186	146 205	
Okna drewniane	[MJ]	131 270	114 894	97 581	60 707	5 246	6 745	66 797	105 113	128 366	716 719	
Mostki liniowe	[MJ]	31 235	27 338	23 219	14 445	1 248	1 605	15 894	25 011	30 544	170 539	
Podłoga na gruncie	[MJ]	24 852	21 752	18 474	11 493	993	1 277	12 646	19 900	24 302	135 689	
Straty przez przegrody	[MJ]	668 939	585 489	497 264	309 358	26 735	34 373	340 389	535 648	654 139	3 652 334	
Wentylacja	[MJ]	359 092	314 295	266 936	166 066	14 351	18 452	182 724	287 540	351 148	1 960 604	
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	1 028 031	899 784	764 200	475 424	41 086	52 825	523 113	823 188	1 005 287	5 612 938	
Zyski słoneczne	[MJ]	47 796	57 534	115 507	168 597	219 771	145 635	86 152	49 277	39 647	929 917	
Zyski wewnętrzne	[MJ]	98 179	88 677	98 179	95 012	15 835	15 835	98 179	95 012	98 179	703 085	
Razem zyski	[MJ]	145 975	146 212	213 686	263 609	235 607	161 470	184 331	144 289	137 825	1 633 002	
Stosunek zysków do przenoszenia		0,1420	0,1625	0,2796	0,5545	5,7345	3,0567	0,3524	0,1753	0,1371	0,2909	
Typ budynku		ciężki (260 000)										
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	6 431										
Pojemność ciepła	[J/K]	1 672 013 200										
Stać czasowa	[h]	27										
Metoda obliczeniowa		miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1										
Stać czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15										
Parametr numeryczny a_H		2,82										
Parametr numeryczny $a_H + 1$		3,82										
η		0,9965	0,9950	0,9801	0,9058	0,1733	0,3176	0,9653	0,9939	0,9968		
Zyski ciepła	[MJ]	145 468	145 487	209 437	238 783	40 841	51 287	177 931	143 416	137 390	1 290 039	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	882 563	754 297	554 763	236 641	245	1 538	345 182	679 772	867 897	4 322 899	

Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem	
Srednia temp. miesiąca	[°C]	-2,6	-1,9	3,2	9,2	14,4	12,8	8,5	1,3	-2,1		
Różnica temperatur	[°C]	22,6	21,9	16,8	10,8	5,6	7,2	11,5	18,7	22,1		
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222	
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181	
Przegroda	Htr Hve											
Strop poddasza	[MJ]	14 449	12 646	10 741	6 682	577	742	7 352	11 570	14 129	78 888	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	14 611	12 788	10 861	6 757	584	751	7 435	11 700	14 288	79 774	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	[MJ]	21 776	19 060	16 188	10 071	870	1 119	11 081	17 437	21 295	118 896	
Ściana zewnętrzna [SZ-3]	[MJ]	25 047	21 922	18 619	11 583	1 001	1 287	12 745	20 056	24 492	136 752	
Ściana zewnętrzna [SZ-4]	[MJ]	15 299	13 391	11 373	7 075	611	786	7 785	12 251	14 961	83 533	
Drzwi wejściowe stare	[MJ]	4 222	3 695	3 138	1 952	169	217	2 148	3 381	4 128	23 051	
Okna PCV	[MJ]	26 778	23 438	19 906	12 384	1 070	1 376	13 626	21 442	26 186	146 205	
Okna drewniane	[MJ]	45 440	39 771	33 778	21 014	1 816	2 335	23 122	36 385	44 434	248 095	
Mostki liniowe	[MJ]	23 426	20 504	17 414	10 834	936	1 204	11 920	18 758	22 908	127 904	
Podłoga na gruncie	[MJ]	24 852	21 752	18 474	11 493	993	1 277	12 646	19 900	24 302	135 689	
Straty przez przegrody	[MJ]	215 900	188 966	160 492	99 845	8 629	11 094	109 860	172 880	211 123	1 178 788	
Wentylacja	[MJ]	359 092	314 295	266 936	166 066	14 351	18 452	182 724	287 540	351 148	1 960 604	
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	574 992	503 261	427 427	265 911	22 980	29 546	292 584	460 420	562 271	3 139 392	
Zyski słoneczne	[MJ]	44 080	53 097	106 330	155 203	202 148	134 133	79 482	45 521	36 574	856 568	
Zyski wewnętrzne	[MJ]	98 179	88 677	98 179	95 012	15 835	15 835	98 179	95 012	98 179	703 085	
Razem zyski	[MJ]	142 259	141 775	204 509	250 214	217 983	149 969	177 661	140 532	134 752	1 559 653	
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2474	0,2817	0,4785	0,9410	9,4858	5,0758	0,6072	0,3052	0,2397	0,4968	
Typ budynku		ciężki (260 000)										
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	6 431										
Pojemność cieplna	[J/K]	1 672 013 200										
Stala czasowa	[h]	49										
Metoda obliczeniowa		miesięczna										
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1										
Stala czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15										
Parametr numeryczny a _H		4,26										
Parametr numeryczny a _H + 1		5,26										
η		0,9980	0,9967	0,9770	0,8337	0,1054	0,1969	0,9494	0,9956	0,9983		
Zyski ciepła	[MJ]	141 980	141 312	199 795	208 595	22 979	29 522	168 675	139 908	134 519	1 187 285	
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	433 012	361 949	227 632	57 316	1	23	123 909	320 512	427 752	1 952 107	

Z-9 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	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	0,70	
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			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	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	0,80	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-10 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	
Ciepło właściwe wody	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	4,19
Gęstość wody	kg/dm^3	1
Powierzchnia pomieszczeń A_f	m^2	6 431
Liczba użytkowników	osoba	1205
Zużycie jednostkowe	$\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$	0,80
Temperatura ciepłej wody	$^{\circ}\text{C}$	55
Temperatura wody zimnej	$^{\circ}\text{C}$	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	54 092,4
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	194,7
Sprawność wytwarzania	-	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,600
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,546
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	99 070,3
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	356,7
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,803
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	0,484
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,345
Max. moc c.w.u.	kW	37,28
Średnia moc c.w.u.	kW	77,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	15,4

Z-11 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.o., montaż Systemu Zarządzania Energią).

W obliczeniach przyjęto współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla miejskiej sieci ciepłowniczej równy 0,96 na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	6 512,87	1 809 130,56	1 809,13
zużycie po modernizacji	2 436,21	676 725,00	676,73
oszczędność	4 076,66	1 132 405,56	1 132,40
oszczędność %	62,59		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	6 252,36	1 736 765,33	1 736,77
zużycie po modernizacji	2 338,76	649 656,00	649,66
oszczędność	3 913,59	1 087 109,33	1 087,11
oszczędność %	62,59		

Z-12 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie. Ze względu na to, iż budynek zasilany jest w ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej, zużycie energii końcowej zostało pomnożone przez współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej równy 0,96 na podstawie informacji umieszczonej na stronie internetowej Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o w Stargardzie.

	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	
sieć miejska	6 252,36	-	69,60	435,16	2 338,76	-	69,60	162,78		
				435,16				162,78	272,39	62,59

Z-13 Podsumowanie przedsięwzięcia

W poniższej tabeli przedstawiono nakłady całego przedsięwzięcia. Podane ceny są cenami brutto.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Nakład [zł]
1	2	3
1	Ocieplenie stropu poddasza	377 541,00
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-3]	387 667,55
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-4]	116 688,34
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	350 960,63
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	120 171,91
4	Wymiana okien	940 022,00
5	Wymiana drzwi	88 522,50
6	Wymiana instalacji c.o.	650 750,00
8	Montaż Systemu Zarządzania Energią	27 000,00
	Ogółem	3 059 323,93

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 3 059 323,93 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 263 935,15 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 11,59 lat