

Tytuł opracowania:

# AUDYT ENERGETYCZNY

dla przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego  
do realizacji w trybie Ustawy z 21.11.2008 r. po nowelizacji

## BUDYNKU MIESZKALNEGO

**Wrocław**

**ul. Bolesława Prusa 15**

<b>Inwestor:</b>	Wspólnota Mieszkaniowa ul. Bolesława Prusa 15, 50-319 Wrocław
<b>Wykonawca:</b> tytuł, imię i nazwisko adres tel. kom.	Mgr inż. Robert Waluk ul. Skarbowców 123/7, 53-025 Wrocław 606 267 293

## Spis treści:

<b>STRONA TYTUŁOWA .....</b>	<b>5</b>
<b>KARTA AUDYTU .....</b>	<b>6</b>
<b>1 DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE INWESTORA .....</b>	<b>9</b>
1.1 CEL PRACY .....	9
1.2 WYTYCZNE, UWAGI, SUGESTIE I OGRANICZENIA ZLECENIODAWCY .....	9
1.3 MATERIAŁY I DANE DO AUDYTU .....	10
<b>2 INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU .....</b>	<b>10</b>
2.1 OGÓLNE DANE TECHNICZNE BUDYNKU .....	10
2.2 UPROSZCZONA DOKUMENTACJA TECHNICZNA .....	11
2.3 OPIS TECHNICZNY PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW .....	12
2.3.1 Ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych .....	12
2.3.2 Dach .....	12
2.3.3 Stropy .....	12
2.3.4 Ściany piwnic .....	12
2.3.5 Podłoga w piwnicy .....	13
2.3.6 Okna i drzwi .....	13
2.4 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU OGRZEWANIA .....	13
2.5 CHARAKTERYSTYKA INSTALACJI CIEPŁEJ WODY .....	13
2.6 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU WENTYLACJI .....	14
<b>3 CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU, OKREŚLENIE POTRZEB CIEPLNYCH ORAZ KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKU W STANIE ISTNIEJĄCYM..14</b>	
3.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I MOC CIEPLNĄ DO OGRZEWANIA .....	14
3.2 KOSZTY OGRZEWANIA .....	15
3.3 OBLICZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO I MOC CIEPLNĄ NA POTRZEBY PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ .....	16
<b>4 OCENA AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU .....</b>	<b>16</b>
4.1 OCENA STANU TECHNICZNEGO I IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH .....	16
4.2 OCENA AKTUALNEGO STANU ORAZ ROZWIĄZAŃ SYSTEMU OGRZEWANIA .....	18
4.3 OCENA AKTUALNEGO STANU INSTALACJI CIEPŁEJ WODY .....	19
4.4 OCENA ISTNIEJĄCEGO STANU WENTYLACJI .....	20
<b>5 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI ENERGETYCZNO-EKONOMICZNEJ RODZAJÓW USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....20</b>	
5.1 PRZEGLĄD MOŻLIWYCH USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH .....	20
5.2 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI RODZAJÓW USPRAWNIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH.....	20



5.2.1	<i>Modernizacja systemu grzewczego</i> .....	21
5.2.2	<i>Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej</i> .....	21
5.2.3	<i>Ocieplenie ścian zewnętrznych</i> .....	21
5.2.4	<i>Wymiana starych okien w częściach wspólnych</i> .....	21
5.2.5	<i>Wymiana starych drzwi wejściowych</i> .....	22
<b>6</b>	<b>DOKUMENTACJA WYKONANIA ALGORYTMU SŁUŻĄCEGO WSKAZANIU OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO</b> .....	<b>22</b>
6.1	WSKAZANIE RODZAJÓW USPRAWIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH MAJĄCYCH NA CELU ZMNIEJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO .....	22
6.2	OCENA OPLACALNOŚCI I WYBÓR USPRAWIEŃ PROWADZĄCYCH DO ZMNIEJSZENIA STRAT CIEPŁA PRZEZ PRZENIKANIE PRZEZ PRZEGRODY BUDOWLANE .....	23
6.2.1	<i>Ocieplenie ścian zewnętrznych</i> .....	24
6.3	OCENA OPLACALNOŚCI I WYZNACZENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERN. POLEGAJĄCEGO NA WYMIANIE OKIEN LUB DRZWI ORAZ POPRAWIE SYSTEMU WENTYLACJI .....	25
6.3.1	<i>Wymiana starych okien w częściach wspólnych</i> .....	27
6.3.2	<i>Wymiana starych drzwi wejściowych</i> .....	28
6.4	WYZNACZENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PROWADZĄCEGO DO ZMNIEJSZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ .....	29
6.4.1	<i>Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej</i> .....	29
6.5	ZESTAWIENIE OPTIMALNYCH USPRAWIEŃ TERMOMODERNIZACYJNYCH W KOLEJNOŚCI ROSNĄCEJ WARTOŚCI PROSTEGO CZASU ZWROTU NAKŁADÓW CHARAKTERYZUJĄCEGO KAŻDE USPRAWNIENIE (SPBT) .....	30
6.6	UTWORZENIE WARIANTÓW PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH ZE WSKAZANYCH USPRAWIEŃ POPRAWIAJĄCYCH SPRAWNOŚĆ SYSTEMU GRZEWczego .....	30
6.7	WYZNACZENIE OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO POPRAWIAJĄCEGO SPRAWNOŚĆ CIEPLNĄ SYSTEMU GRZEWczego .....	31
6.8	WYKAZ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI WARIANTÓW PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH .....	34
6.9	ZESTAW ULEPSZEŃ WCHODZĄCYCH W ZAKRES PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO NIEZBĘDNYCH DO SPEŁNIENIA WARUNKU DOTYCZĄCEGO ZMNIEJSZENIA ROCZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ I OCENA UZYSKANYCH OSZCZĘDNOŚCI ENERGII .....	35
6.10	WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO I UZASADNIENIE TEGO WYBORU .....	36
<b>7</b>	<b>OPIS TECHNICZNY OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI</b> .....	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>DALSZE DZIAŁANIA INWESTORA</b> .....	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>KLAUZULE I ZASTRZEŻENIA</b> .....	<b>41</b>

**ZALĄCZNIKI:**

1) Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego .....	43
2) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla stanu istniejącego .....	44
3) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla wariantu I .....	45
4) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla wariantu II .....	46
5) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla wariantu III .....	47
6) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla wariantu IV .....	48
7) Obliczenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku i zapotrzebowania budynku na moc cieplną dla wariantu V .....	49
8) Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku dla stanu istniejącego .....	51
9) Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku po modernizacji instalacji c.w.u. ....	52
10) Określenie nakładów inwestycyjnych .....	53
11) Rzut budynku z zaznaczeniem stron świata .....	54



## Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	mieszkalny wielorodzinny		1.2 Rok budowy
			1890
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Wspólnota Mieszkaniowa	1.4 Adres budynku	ul. Bolesława Prusa nr 15
	ul. Bolesława Prusa nr 15 kod 50-319 miejscowość Wrocław tel. 71/7726300 fax 71/7726300		kod 50-319 miejscowość Wrocław powiat wrocławski województwo dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON podmiotu wykonującego audyt:			
„ENERGO-BUD” ul. Skarbowców 123/7 53-025 Wrocław REGON 932963783			
3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:			
Robert Waluk, ul. Skarbowców 123/7 53-025 Wrocław tel. kom. 606 267 293		<div style="text-align: right;">   <small>mgr inż. ROBERT WALUK            AUDYTOR ENERGETYCZNY z listy krajowej KAPE            Krajowej Agencji Poszanowania Energii w Warszawie            Uprawnienia nr 0107 z dnia 11.04.2000            ZARZĄDCA ENERGETYCZNY-Certyfikat CEM            Certified Energy Manager            AEE Association of Energy Engineers            tel. 71/ 362 82 81, 606 267 293</small> </div>	
<i>Zarządca Energetyczny – Certyfikat CEM, AEE</i> <i>Autoryzowany audytor energetyczny z listy krajowej KAPE, listy BGK oraz z listy Ministerstwa Infrastruktury</i>			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac:			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego lub audytu remontowego	
1.	Bartosz Zaremba	Sporządzenie charakterystyki energetycznej, bilans ciepły <div style="text-align: right;">   <small>BARTOSZ ZAREMBA            CERTYFIKATOR ENERGETYCZNY            wpis do wykazu C- rej. cheb nr 443            Uprawnienia Ministra Infrastruktury do sporządzania świadectw            charakterystyki energetycznej nr M/35/119/1009            tel. 662 054 413</small> </div>	
5. Miejscowość: Wrocław data wykonania opracowania: 23.11.2023 r.			
6. Spis treści:			
1. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne inwestora .....			str. 9
2. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku .....			str. 10
3. Charakterystyka energetyczna budynku, określenie potrzeb cieplnych oraz kosztów ogrzewania budynku			
w stanie istniejącym .....			str. 14
4. Ocena aktualnego stanu technicznego budynku .....			str. 16
5. Wykaz wybranych do optymalizacji rodzajów usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych .....			str. 20
6. Dokumentacja wykonania algorytmu służącego wskazaniu optymalnego wariantu przedsięwzięcia			
termomodernizacyjnego.....			str. 22
7. Opis techniczny optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidzianego do realizacji			str. 40
8. Dalsze działania inwestora .....			str. 41
9. Klauzule i zastrzeżenia .....			str. 41
Załączniki .....			str. 42



## Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja / technologia budynku	tradycyjna	tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	5	5
3.	Kubatura części ogrzewanej [ m <sup>3</sup> ]	2888,84	2888,84
4.	Powierzchnia użytkowa budynku [ m <sup>2</sup> ]	982,80	982,80
5.	Powierzchnia użytkowa służąca celom mieszkalnym i wykonywaniu zadań publicznych przez organy administracji publicznej [ m <sup>2</sup> ]	898,83	898,83
6.	Wskaźnik udziału powierzchni (poz. 5) / (poz. 4) [%]	91,45604396	91,45604396
7.	Liczba lokali mieszkalnych	14	14
8.	Liczba osób użytkujących budynek	17	17
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	indywidualnie	centralnie
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	etażowe, węglowe	z sieci ciepłej
11.	Współczynnik kształtu A/V [ 1/m ]	0,49	0,49
12.	Liczba klatek schodowych	1	1
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane [ W/(m <sup>2</sup> ×K) ]			
1.	Ściana zewnętrzna od strony podwórza	1,428	0,196
2.	Ściana zewnętrzna ozdobna od strony frontowej (konserwator zabytków)	0,964 / 1,151	0,964 / 1,151
3.	Strop pod poddaszem	0,143	0,143
4.	Strop nad piwnicą nieogrzewaną	0,465	0,465
5.	Okna mieszkań	1,5 / 2,8	1,5 / 2,8
6.	Okna części wspólnych	1,4 / 5,1	1,4 / 0,9
7.	Drzwi zewnętrzne, bramy	1,7 / 5,6	1,7 / 1,3
8.	Przegrody wewnętrzne oddzielające pomieszcz. ogrzew. od nieogrzew.	1,266 / 2,600	1,266 / 2,600
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,65	0,98
2.	Sprawność przesyłu [-]	1,00	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,93
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,65	0,97
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,70
3.	Sprawność 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 wyw.	okna, kanały wyw.
3.	Strumień powietrza zewnętrznego [ m <sup>3</sup> /h ]	2103	2103
4.	Krotność wymian powietrza [ 1/h ]	0,7	0,7



6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	72,081	57,298
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej [kW]	19,563	19,563
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	224,81	102,37
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	449,17	111,16
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania ciepłej wody użytkowej (z uwzględnieniem sprawności cwu) [GJ/rok]	171,30	131,19
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	brak	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	brak	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m <sup>2</sup> ×rok)]	69,5	31,6
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/(m <sup>2</sup> ×rok)]	138,8	34,4
10. <sup>1)</sup>	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,00	0,00
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku <sup>2)</sup> [zł/GJ]	92,96	93,83
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc <sup>3)</sup> [zł/(MW m-c)]	3819,13	16688,45
3.	Koszt przygotowania 1 m <sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej <sup>2)</sup> [zł/m <sup>3</sup> ]	32,04	30,91
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc <sup>3)</sup> [zł/(MW m-c)]	3819,13	16688,45
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m <sup>2</sup> powierzchni użytkowej [zł/(m <sup>2</sup> m-c)]	4,18	2,03
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	0,00	0,00
7.	Inne [zł]		
8.1 Wskaźniki dla optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	EK - wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	191,8	74,9
2.	EP - wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	219,4	64,4
3.	Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię [%]	60,9	
4.	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [GJ/rok]	378,12	
5.	Średnioroczna oszczędność energii finalnej [toe/rok]	9,0	
6.	Uniknięta emisja CO <sub>2</sub> [t CO <sub>2</sub> /rok]	36,85	
7.	Roczne oszczędności kosztów energii [zł/rok]	23747	
8.	Moc instalacji OZE w ramach termomodernizacji [kW] <sup>4)</sup>	0,000	



8.2 Charakterystyka ekonomiczna przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
1.	Koszty całkowite przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, bez kosztów, o których mowa w wierszu 2 [zł]	netto 739674,07	brutto 798848
2.	Koszty zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [zł] <sup>4)</sup>	netto 0,00	brutto 0,00
3.	Udział kosztów (brutto) zakupu, montażu, budowy albo modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii w łącznych kosztach (brutto) przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii [%] <sup>4)</sup>	0,00	
4.	Czy inwestorowi przyznano grant OZE: <del>TAK</del> / NIE <sup>5)</sup>		
5.	Premia termomodernizacyjna <sup>6)</sup> [zł] <sup>*)</sup>	189954,64	
9. Grant termomodernizacyjny			
1.	Maksymalna wartość wskaźnika EP określona zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]	65	
2.	Przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku ODPOWIADAJĄ / NIE ODPOWIADAJĄ <sup>7)</sup> wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane		
3.	Wysokość grantu termomodernizacyjnego [zł] <sup>8)***)</sup>	67647,66	
10. Premia MZG i grant MZG <sup>9)</sup>			
1.	Przed realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego / W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego <sup>7)</sup> w budynku jest spełniony warunek, o którym mowa w art. 11h ust. 1 ustawy: <del>TAK</del> / NIE, jeżeli TAK, to: – pkt 1 / – pkt 2 / – pkt 3 <sup>7)</sup>		
2.	Wysokość premii MZG [zł]		
3.	Wysokość grantu MZG [zł] <sup>4)***)</sup>		
4.	Wysokość premii MZG łącznie z wartością grantu MZG [zł]		
11. Inne			
1.	W ramach przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ZOSTANIE / NIE ZOSTANIE <sup>7)</sup> zastosowana wysokosprawna kogeneracja		
2.	Budynek JEST / NIE JEST <sup>7)</sup> wpisany do rejestru zabytków lub znajduje się na obszarze wpisanym do rejestru zabytków		
3.	Przedsięwzięcie STANOWI / NIE STANOWI <sup>7)</sup> przedsięwzięcia rewitalizacyjnego, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy		
4.	Z audytu energetycznego WYNIKA / NIE WYNIKA <sup>7)</sup> , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 i art. 11g ust. 1 pkt 4 ustawy <sup>10)</sup>		
<sup>1)</sup> U <sub>OZE</sub> [%] obliczany zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej. <sup>2)</sup> Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii. <sup>3)</sup> Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii. <sup>4)</sup> Jeśli dotyczy. <sup>5)</sup> Jeśli dotyczy, w przypadku gdy inwestorowi nie przyznano grantu OZE. <sup>6)</sup> Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi została przyznana premia MZG. <sup>7)</sup> Niepotrzebne skreślić. <sup>8)</sup> Należy wpisać 0, jeśli inwestorowi nie przysługuje premia termomodernizacyjna. <sup>9)</sup> Dotyczy inwestora, o którym mowa w art. 11g ust. 1 pkt 1 ustawy. <sup>10)</sup> Jeżeli z audytu energetycznego wynika, że nie jest możliwe spełnienie tego warunku, to w przypadku budynku, o którym mowa w art. 11g ust. 2 ustawy, audytor załącza do karty audytu energetycznego oświadczenie, które to potwierdza, wraz z uzasadnieniem. <sup>*)</sup> Wysokość premii termomodernizacyjnej wynosi: 1) 26% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 1 ustawy; 2) 31% kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2a ustawy; 3) 31% łącznych kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego oraz zakupu, montażu, budowy lub modernizacji instalacji odnawialnego źródła energii, w przypadku, o którym mowa w art. 5 ust. 2b ustawy. <sup>**) 10%</sup> kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego netto. <sup>***)</sup> 30% kosztów przedsięwzięcia netto.			



# **1 DOKUMENTY I DANE ŹRÓDŁOWE WYKORZYSTANE PRZY OPRACOWANIU AUDYTU ORAZ WYTYCZNE INWESTORA**

## **1.1 Cel pracy**

Celem pracy jest wykonanie audytu energetycznego wielorodzinnego budynku mieszkalnego należącego do Wspólnoty Mieszkaniowej przy ul. Bolesława Prusa 15 we Wrocławiu. Opracowanie jest sporządzone zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 17.03.2009r. (ze zmianami wg rozporządzeń Ministra Infrastruktury i Rozwoju z 03.09.2015r., Ministra Rozwoju z 29.04.2020r. oraz ze zmianami wg rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii z 15.12.2022r.) w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, warunkującego złożenie przez inwestora wniosku o przyznanie premii termomodernizacyjnej przy staraniu o kredyt na przedsięwzięcie termomodernizacyjne.

Zlecniodawca postawił następujące cele opracowania audytu energetycznego:

1. obniżenie zużycia ciepła
2. zmniejszenie kosztów ogrzewania budynku
3. sprawdzenie możliwości wykorzystania pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie z 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków, po nowelizacji

## **1.2 Wytyczne, uwagi, sugestie i ograniczenia zlecniodawcy**

Zlecniodawca podał następujące wytyczne dotyczące poprawy istniejącego stanu:

1. Usprawnienia powinny być realizowane przy zaangażowaniu własnych środków zlecniodawcy w wysokości 20 % (co stanowi 159770 zł), tzn. przy wykorzystaniu kredytu bankowego w wysokości 80 % (co stanowi 639078 zł).
2. Nie rozpatrywać: wymiany okien w mieszkaniach, ocieplenia stropu nad piwnicą oraz ocieplenia ozdobnej elewacji od strony frontowej ze względu na brak zgody Konserwatora Zabytków.
3. Rozważyć opłacalność: podłączenia c.o. i c.w.u. do miejskiej sieci ciepłowniczej, wymiany starych okien w częściach wspólnych, wymiany starych drzwi wejściowych zewnętrznych oraz ocieplenia elewacji od strony tylnej materiałem termoizolacyjnym grubości 15 cm.

4. Wziąć pod uwagę przewidywane możliwe do wynegocjowania ceny podane przez Inwestora.

### **1.3 Materiały i dane do audytu**

Przy opracowaniu audytu wykorzystano następujące materiały i dane:

1. Plan sytuacyjny
2. Część inwentaryzacji budowlanej
3. Wykaz przeprowadzonych usprawnień termomodernizacyjnych i prac remontowych
4. Ocenę stanu technicznego
5. Świadectwo charakterystyki energetycznej
6. Zestawienie dotyczące kosztów eksploatacji ogrzewania
7. Zestawienie dotyczące kosztów eksploatacji wody
8. Informacje udzielone przez Zarządcę Wspólnoty, pracowników działu technicznego oraz administracji
9. Kalkulacje materiałowe inwestora
10. Informacje udzielone przez mieszkańców
11. Wizje lokalne
12. Uzupełniające pomiary inwentaryzacyjne
13. Formularz danych do audytu
14. Orzeczenie techniczne dotyczące izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych
15. Obowiązujące aktualnie przepisy budowlane, rozporządzenia, ustawy, normy, programy, katalogi i cenniki lokalnych firm budowlano-instalacyjnych, materiały szkoleniowe Krajowej Agencji Poszanowania Energii i in. dotyczące przedmiotowego zagadnienia

## **2 INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA BUDYNKU**

### **2.1 Ogólne dane techniczne budynku**

#### **1) Dane ogólne**

Adres budynku: 50-319 Wrocław, ul. Bolesława Prusa 15

Właściciel: Wspólnota Mieszkaniowa, ul. Bolesława Prusa 15, 50-319 Wrocław

Przeznaczenie, rodzaj budynku: mieszkalny wielorodzinny w zabudowie szeregowej

Rok budowy: 1890

Technologia: tradycyjna

Kubatura ogrzewana: 2888,84 m<sup>3</sup>



Kubatura piwnic:	365,03 m <sup>3</sup>
Powierzchnia ogrzewana:	898,83 m <sup>2</sup>
Powierzchnia użytkowa mieszkalna:	898,83 m <sup>2</sup>
Powierzchnia użytkowa budynku:	982,80 m <sup>2</sup>
Liczba kondygnacji mieszkalnych:	5
Liczba klatek schodowych:	1
Budynek podpiwniczony, piwnice nie są ogrzewane	
Występuje dach płaski konstrukcji drewnianej	
Liczba mieszkańców:	17
Liczba lokali mieszkalnych:	14
Wysokość kondygnacji ogrzewanej:	2,8 ÷ 3,5 m
Wysokość piwnicy śr.:	2,2 m
Współczynnik kształtu:	0,49 m <sup>-1</sup>

## 2) Ch Charakterystyka podstawowych przegród:

Przegroda	Powierzchnia przegród do strat ciepła m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> *K)	Pow. okien m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> *K)	Pow. drzwi wejśc. m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> *K)
Ściana zewnętrzna	52,4	0,964	9,3	1,4	4,5	1,7
	209,5	1,151	121,2	1,5	2,6	5,6
	303,1	1,428	18,1	2,8		
			1,8	5,1		
Strop pod poddaszem nieogrzewanym	209,7	0,143				
Strop nad piwnicą nieogrzewaną	209,7	0,465				
Przegrody wewn. oddz. pom. ogrzew. od nieogrzew.	244,4	1,266				
	22,4	2,600				

## 2.2 Uproszczona dokumentacja techniczna

Wymagany ustawą rzut budynku z zaznaczeniem stron świata zawarty jest w załączniku. Dokumentacja do wglądu u inwestora.

## **2.3 Opis techniczny podstawowych elementów**

Obiekt o bardzo ładnym wystroju architektonicznym, zaprojektowany w technologii tradycyjnej, wybudowany ok. roku 1890, później sukcesywnie remontowany, adaptowany i modernizowany. Jest to budynek środkowy w zabudowie szeregowej, podpiwniczony, 5-kondygnacyjny, 1-klatkowy o rzucie poziomym na planie prostokąta, z dachem konstrukcji drewnianej. Układ konstrukcyjny mieszany. Budynek jest pod ochroną konserwatorską gdyż widnieje w Gminnej Ewidencji Zabytków miasta Wrocławia.

### **2.3.1 Ściany zewnętrzne kondygnacji nadziemnych**

Ściana zewnętrzna kondygnacji nadziemnych od strony podwórza (tylna) - murowana z cegły ceramicznej pełnej grubości 38 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, obustronnie otynkowana, z zastosowaniem drobnych detali architektonicznych.

Ściany zewnętrzne od strony frontowej zostały niedawno wyremontowane. Ściana parteru - z cegły ceramicznej pełnej grubości 64 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, otynkowana obustronnie, wzbogacona zewnętrznym tynkiem ozdobnym, boniowaniem i gzymsem. Ściana pięter - z cegły ceramicznej pełnej grubości 51 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, obustronnie otynkowana, pokryta malowidłem przedstawiającym cegły w wątku główkowym, z bardzo bogatym detalem architektonicznym w postaci gzymśów pośrednich, wieńczących podpartych konsolami, opasek okiennych i sztukaterii elewacyjnej.

### **2.3.2 Dach**

Nad poddaszem nieogrzewanym występuje płaski dach konstrukcji drewnianej. Pokrycie stanowi papa na deskowaniu pełnym. Przestrzeń strychowa jest wentylowana.

### **2.3.3 Stropy**

Pod poddaszem nieogrzewanym (używany czasami jako strych) występuje strop drewniany na belkach rozstawionych co 80÷110 cm, ocieplony wełną mineralną grubości 25 cm. Wykończenie od spodu stanowi otynkowana podsufitka z desek grubości 2,5 cm, od góry podłoga drewniana grubości 3,2 cm.

Strop nad piwnicą - typu płyta ciężka Kleina, ocieplony żużlem grubości 23 cm, podłoga z desek grubości 3,2 cm na legarach.

### **2.3.4 Ściany piwnic**

Ściany piwnicy - murowane z cegły ceramicznej pełnej grubości 77 cm na zaprawie cementowo-wapiennej, z okładziną.



### **2.3.5 Podłoga w piwnicy**

Podłoga w piwnicy - betonowa grubości 10 cm na gruzobetonie grubości 15 cm i podsypce piaskowej.

### **2.3.6 Okna i drzwi**

Stolarka okienna nietypowa. W mieszkaniach występują okna drewniane oszklone podwójnie oraz wymienione w ostatnich latach przez lokatorów okna jednoramowe z tworzywa sztucznego oszklone szybą zespoloną.

W częściach wspólnych oprócz okien jednoramowych z tworzywa sztucznego oszklonych szybą zespoloną występują nietypowe okna drewniane oszklone szybą pojedynczą.

Drzwi wejściowe zewnętrzne do klatki nietypowe – od strony frontowej drewniane stylizowane oraz stalowe z szybą pojedynczą zbrojoną od strony tylnej.

## **2.4 Charakterystyka systemu ogrzewania**

W budynku występują mieszkaniowe ogrzewania indywidualne, etażowe. Zastosowano kotły węglowe, instalacje c.o. wodne typu tradycyjnego z rur stalowych czarnych prowadzonych po wierzchu, bez armatury kontrolno-pomiarowej i bez automatyki pogodowej. Widoczne są drobne nieszczelności oraz oznaki korozji instalacji i pieców.

Jako elementy grzejne służą głównie grzejniki członowe żeliwne oraz stalowe, bez możliwości samoczynnej regulacji miejscowej, częściowo osłonięte i obudowane, zainstalowane w większości przy ścianach zewnętrznych pod parapetami okien. Zauważono drobne nieszczelności i korozję części grzejników.

Sprawność systemu ogrzewania:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| - wytwarzania ciepła               | $\eta_{H,g} = 0,65$ - kotły węglowe z lat 1980-2000       |
| - przesyłu ciepła                  | $\eta_{H,d} = 1,00$ - ogrzewania mieszkaniowe             |
| - regulacji i wykorzystania ciepła | $\eta_{H,e} = 0,77$ - bez automatycznej regul. miejscowej |
| - akumulacji ciepła                | $\eta_{H,s} = 1,00$ - bez zasobnika                       |

Budynek jest ogrzewany przez całą dobę we wszystkie dni tygodnia.

## **2.5 Charakterystyka instalacji ciepłej wody**

Uzyskiwanie ciepłej wody otrzymywane jest za pomocą kotłów znajdujących się w poszczególnych mieszkaniach. Instalacja c.w.u. wykonana została z przewodów stalowych ocynkowanych. Wyposażenie stanowi standardowa armatura oraz indywidualny wodomierz wody zimnej. Stwierdzono brak cyrkulacji oraz częściową korozję.

Sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej:

- wytwarzania ciepła  $\eta_{w,g} = 0,65$  - kotły stałotemp. dwufunkcyjne
- przesyłu ciepła  $\eta_{w,d} = 0,80$  - miejscowe, dla grupy punktów poboru  
w jednym lokalu mieszkalnym
- wykorzystania ciepła  $\eta_{w,e} = 1,00$  - przyjmuje się
- akumulacji ciepła  $\eta_{w,s} = 1,00$  - bez zasobnika

## 2.6 Charakterystyka systemu wentylacji

Wentylacja pomieszczeń mieszkalnych - naturalna grawitacyjna. Występują kominy murowane.

## 3 CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU, OKREŚLENIE POTRZEB CIEPLNYCH ORAZ KOSZTÓW OGRZEWANIA BUDYNKU W STANIE ISTNIEJĄCYM

### 3.1 Zapotrzebowanie na ciepło i moc cieplną do ogrzewania

Obliczeń dla tzw. standardowego sezonu ogrzewczego dokonano przy wykorzystaniu programu komputerowego, m.in. Audytor 4.8 Pro 6.7.

Wartości obliczeniowe dotyczące średnich wieloletnich miesięcznych temperatur powietrza zewnętrznego przyjęto na podstawie danych dla stacji meteorologicznej Wrocław.

Do obliczeń przyjęto:

- Strumień powietrza wentylacyjnego: 2103 m<sup>3</sup>/h
- Sprawność systemu ogrzewania:
  - sprawność wytwarzania ciepła  $\eta_{H,g} = 0,65$
  - sprawność przesyłu ciepła  $\eta_{H,d} = 1,00$
  - sprawność regulacji i wykorzystania ciepła  $\eta_{H,e} = 0,77$
  - sprawność akumulacji ciepła  $\eta_{H,s} = 1,00$

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 224,81 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$Q = Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s) =$$



$$= 224,81 * 1,00 * 1,00 / (0,65 * 1,00 * 0,77 * 1,00)$$

$$Q = 449,17 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą:

$$q_{moc} = 72081 \text{ W}$$

### 3.2 Koszty ogrzewania

Przy zużyciu energii na ogrzewanie w wysokości 449170 MJ/a obliczeniowe zapotrzebowanie węgla wyniesie (przy wartości opałowej 25 MJ/kg):

$$B_w = 449170 \text{ MJ} / 25 \text{ MJ/kg} = 17967 \text{ kg}$$

Koszt roczny węgla do ogrzania budynku w istniejących warunkach wyniesie:

$$17,967 \text{ t/a} * 2324 \text{ zł/t} = 41755 \text{ zł/a}$$

Przy istniejącym stanie średni koszt produkcji 1GJ wynosi:

$$41755 \text{ zł/a} / 449,17 \text{ GJ/a} = 92,96$$

$$O_z = 92,96 \text{ zł/GJ}$$

Opłata odpowiadająca kosztom stałym ponoszonym przez właściciela za 1MW wynosi (wywóz odpadów): opłata roczna 4200 zł/a

$$350 \text{ zł/m-c} / \Sigma q_{moc} = 3819,13$$

$$O_m = 3819,13 \text{ zł/(MW, miesiąc)}$$

Miesięczna opłata abonamentowa nie występuje:

$$A_b = 0,00 \text{ zł/miesiąc}$$

Przyjęto jako aktualny koszt ogrzewania w standardowym sezonie grzewczym wartość:

$$K_{og} = 92,96 * 449,17 + 3819,13 * 0,072081 * 12 + 0,00 * 12 = 45058$$

$$K_{og} = 45058 \text{ zł/a} = 4,18 \text{ zł/m}^2 \text{p.u./m-c}$$

Uwaga: Przyjęto, że konserwację kotła przeprowadza użytkownik.

Rzeczywiste koszty wyniosły około 95 % wartości obliczonej dla standardowego sezonu grzewczego, ale osiągane temperatury wewnętrzne były o ok. 1°C niższe od wymagań normowych.

### 3.3 Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej

Do obliczeń przyjęto:

- Sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej:
 

sprawność wytwarzania ciepła	$\eta_{w,g} = 0,65$
sprawność przesyłu ciepła	$\eta_{w,d} = 0,80$
sprawność wykorzystania ciepła	$\eta_{w,e} = 1,00$
sprawność akumulacji ciepła	$\eta_{w,s} = 1,00$
- Pozostałe dane do obliczeń zawarte są w załączniku nr 8.

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku wynosi:

$$Q_{w,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody wynosi:

$$Q_{k,w} = Q_{w,nd} / \eta_{w,tot} = Q_{w,nd} / 0,5200$$

$$Q_{k,w} = 171,30 \text{ GJ}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku wynosi:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$

Koszt ogrzewania na cele c.w.u. (podgrzania) wynosi:

$$K_{og \text{ c.w.u.}} = 92,96 * 171,30 + 3819,13 * 0,019563 * 12 = 16821$$

$$K_{og \text{ c.w.u.}} = 16821 \text{ zł} = 32,04 \text{ zł/m}^3$$

Założenia:

- dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę  $1,60 \text{ dm}^3/(\text{m}^2 * \text{dzień})$
- liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby 18
- liczba dni użytkowania instalacji w roku 365
- obliczeniowa temperatura ciepłej wody  $55 \text{ }^\circ\text{C}$
- obliczeniowa temperatura zimnej wody  $10 \text{ }^\circ\text{C}$

## 4 OCENA AKTUALNEGO STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

### 4.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych

Ogólny stan techniczny ścian zewnętrznych budynku od strony frontowej (niedawno wyremontowanych) jest bardzo dobry, natomiast ścian od strony podwórza jest średni.



Występujące usterki, to: mostki termiczne na połączeniach, zabrudzenia, zagrzybienia, spękania tynku, lokalne ubytki i odparzenia tynku, korozja obróbek, rynien i rur spustowych, drobne uszkodzenia elewacji, częściowy brak izolacji przeciwwilgociowej oraz zawilgocenie ścian głównie części cokołowej od podwórza.

Stan techniczny nowych okien z tworzywa sztucznego jest bardzo dobry, a okien starych drewnianych dostateczny. Występują drobne nieszczelności spowodowane wypaczeniem drewna, większość okien w mieszkaniach została jednak uszczelniona przez lokatorów. Kilku okien w częściach wspólnych nie można otworzyć. W okresie zimowym występuje wychładzanie pomieszczeń z uwagi na bardzo niekorzystny współczynnik przenikania ciepła starych okien części wspólnych.

Stan techniczny drzwi wejściowych od strony frontowej jest dobry, wyposażenie stanowi samozamykacz. Stan techniczny drzwi wejściowych od strony podwórza jest dostateczny, stwierdzono niesprawny samozamykacz, w okresie zimowym może występować nadmierny napływ chłodu, co wpływa na wychładzanie klatki schodowej.

Przegrody poziome - w stanie technicznym dobrym. Występują jedynie lokalne nieszczelności, nierówności i korozja obróbek od strony podwórza.

Część przegród nie posiada jednak wystarczającej izolacyjności cieplnej.

Współczynniki przenikania ciepła przegród są następujące:

- ściana zewnętrzna od strony podwórza	$U = 1,428 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ściana zewnętrzna ozdobna od strony frontowej 1	$U = 0,964 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ściana zewnętrzna ozdobna od strony frontowej 2	$U = 1,151 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- strop pod poddaszem nieogrzewanym	$U = 0,143 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- strop nad piwnicą nieogrzewaną	$U = 0,465 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- okna nowe w mieszkaniach	$U = 1,500 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- okna stare w mieszkaniach	$U = 2,800 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- okna nowe w częściach wspólnych	$U = 1,400 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- okna stare w częściach wspólnych	$U = 5,100 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- drzwi wejściowe zewnętrzne drewniane stylizowane	$U = 1,700 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- drzwi wejściowe zewnętrzne stalowe jednoszybowe	$U = 5,600 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- drzwi wewnętrzne	$U = 2,600 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ściany wewnętrzne oddzielające pom. ogrzewane	$U = 1,266 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ścianki wewnętrzne działowe 1	$U = 2,210 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ścianki wewnętrzne działowe 2	$U = 2,670 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

- podłoga w piwnicy nieogrzewanej	$U = 0,468 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ściany zewnętrzne piwnicy nieogrzewanej	$U = 0,829 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- ściany piwnicy nieogrzewanej przy gruncie	$U = 0,677 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Powyższe współczynniki są w części znacznie gorsze od wartości granicznych które obowiązują od 01.01.2021r., wg których wymagane współczynniki  $U$  wynoszą:

- dla okien i drzwi balkonowych	$0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla drzwi zewnętrznych	$1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla ścian zewnętrznych	$0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla ścian wewnętrznych kl.sch.	$1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla dachu, stropu pod nieogrzewanym poddaszem	$0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą	$0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Rozpoczęcie i zakończenie realizacji projektu planowane jest w 2024r.-2025r. zatem konieczne jest przyjęcie ww. wymagań granicznych dla przegród które mają podlegać modernizacji wg niniejszego audytu, tj. dla ścian zewnętrznych od strony podwórza  $U \leq 0,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , dla starych okien w częściach wspólnych  $U \leq 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  i dla starych drzwi wejściowych zewnętrznych  $U \leq 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

**Wskazane jest więc poprawienie izolacyjności termicznej niektórych przegród.**

## **4.2 Ocena aktualnego stanu oraz rozwiązań systemu ogrzewania**

Istniejące kotły węglowe tak jak i całe instalacje – o stosunkowo niskiej sprawności. Wykonane w latach 1980-2000 ogrzewania etażowe były rozwiązaniem stosowanym standardowo, nie sprzyjały jednak racjonalnemu użytkowaniu energii cieplnej. Regulacja ogrzewania w dostosowaniu do temperatur zewnętrznych dokonywana jest przez użytkowników na podstawie subiektywnej oceny aktualnych warunków, jednak w czasie sezonu grzewczego występuje niedogrzewanie niektórych pomieszczeń. Podczas najzimniejszych dni sezonu użytkownicy zmuszeni są do stosowania dodatkowych okryć.

Na podstawie oględzin ogólny stan techniczny użytkowanych od wielu lat kotłów oraz instalacji c.o. ocenia się jako zły. Wiele zastrzeżeń budzą m.in.: duże przekroje, nieizolowane przewody, korozja części rur i grzejników, częste zapowietrzanie niektórych grzejników, oznaki nieszczelności, niekontrolowane ubytki wody, zanieczyszczone grzejniki, brak możliwości samoczynnej regulacji temperatury, widoczne zużycie eksploatacyjne, częściowo



osłonięte i obudowane grzejniki, zbyt mała moc części grzejników, niedogrzone niektóre pomieszczenia.

Zastrzeżenia budzi głównie brak zaworów termostatycznych, co uniemożliwia indywidualną automatyczną regulację miejscową przyczyniając się do nadmiernego zużycia energii cieplnej. Dodatkowo stwierdzono miejsca powstawania ubytków wody instalacyjnej.

Długi okres eksploatacji może sugerować o występowaniu zanieczyszczeń produktami korozji wewnętrznej instalacji i grzejników. Szczególnie narażone i czułe na wszelkie zanieczyszczenia są zawory przygrzejnikowe. Grzejniki żeliwne charakteryzują się dość dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na korozję, ale w przypadku stwierdzenia przez użytkowników niezadowalającego ich stanu, zaleca się przeprowadzić ocenę sieci wewnętrznej na podstawie badania wycinków instalacji c.o. oraz dokonać niezbędnej wymiany po tak długim okresie eksploatacji.

Spełnienie aktualnych wymagań, doprowadzenie do obowiązujących standardów oraz stworzenie warunków do prowadzenia bardziej oszczędnej gospodarki energią ciepłą jest obecnie możliwe poprzez: wykonanie nowej instalacji c.o. systemu zamkniętego z odpowiednio izolowanymi przewodami, mieszkaniowymi licznikami ciepła oraz prawidłowo usytuowanymi grzejnikami z zaworami i głowicami termostatycznymi (o działaniu proporcjonalno-całkującym PI z funkcjami adaptacyjną i optymalizującą), współpracującej z wysokiej klasy węzłem cieplnym wymiennikowym wyposażonym w automatyczną regulację. Zastosowanie automatyki pogodowej pozwoli na elastyczne dostosowanie mocy cieplnej instalacji c.o. do zmiennych warunków atmosferycznych.

Wskazane jest poprawienie sprawności cieplnej systemu grzewczego. Możliwe jest uzyskanie oszczędności zużycia ciepła poprzez kompleksową modernizację systemu grzewczego oraz podniesienie sprawności wytwarzania a także regulacji i wykorzystania ciepła. Będzie można wówczas zapewnić dużą niezawodność działania instalacji, elastyczność pracy, wysoką sprawność, stateczność hydrauliczną i cieplną. Usprawnienia umożliwią jednocześnie dostosowanie cieplne i hydrauliczne instalacji centralnego ogrzewania do zmniejszonych potrzeb cieplnych pomieszczeń budynku po poprawieniu izolacyjności termicznej przegród.

### ***4.3 Ocena aktualnego stanu instalacji ciepłej wody***

Instalacja i armatura typu tradycyjnego, bez wodomierza ciepłej wody. Stan przewodów jest zły, a armatury dostateczny. Przewody nie są izolowane, stwierdzono brak cyrkulacji i częściową korozję. Niska sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej powoduje zwiększone zużycie energii końcowej dla potrzeb c.w.u.

#### **4.4 Ocena istniejącego stanu wentylacji**

Otwory wentylacyjne w większości usytuowane zadowalająco. Nie stwierdzono braku możliwości przewietrzania. Większość starych okien w mieszkaniach została uszczelniona przez lokatorów. Nowe okna posiadają funkcję rozszczelniania. Aktualne rozwiązanie systemu wentylacji uniemożliwia ewentualne wprowadzenie wentylacji mechanicznej zrównoważonej. Stwierdzono niewystarczającą ilość przewodów spalinowych.

### **5 WYKAZ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI ENERGETYCZNO-EKONOMICZNEJ RODZAJÓW USPRAWNIEŃ I PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH**

#### **5.1 Przegląd możliwych usprawnień termomodernizacyjnych**

Jako usprawnienia, które mogłyby być zastosowane w obiekcie rozpatrzono następujące:

- zmiana źródła ciepła poprzez przyłączenie do miejskiej sieci ciepłowniczej,
- modernizacja systemu grzewczego,
- modernizacja instalacji c.w.u.,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropu nad piwnicą nieogrzewaną,
- wymiana starych okien w częściach wspólnych,
- wymiana starych drzwi wejściowych.

Z powyższych możliwości wyeliminowano:

- docieplenie ozdobnej elewacji od strony frontowej ze względu na brak zgody Konserwatora Zabytków,
- ocieplenie stropu nad piwnicą nieogrzewaną, z uwagi na brak możliwości technicznych oraz stosunkowo niewielki efekt.

#### **5.2 Wykaz wybranych do optymalizacji rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych**

Poniżej wymieniono grupy usprawnień, które przyjęto do dalszej analizy. Następnie w grupach przeprowadzi się obliczenia optymalizacyjne, na podstawie których dokona się wyboru usprawnienia optymalnego w danej grupie - usprawnienia o najniższej wartości SPBT.



### **5.2.1 Modernizacja systemu grzewczego**

Usprawnienie (po przyłączeniu do miejskiej sieci ciepłowniczej) obejmuje:

- montaż węzła cieplnego wymiennikowego wyposażonego w automatykę pogodową, w wyniku czego nastąpi podwyższenie współczynnika sprawności wytwarzania ciepła oraz współczynnika sprawności regulacji i wykorzystania ciepła,
- wykonanie nowej instalacji c.o. systemu zamkniętego z licznikami ciepła posiadającymi funkcję zdalnego odczytu oraz prawidłowo usytuowanymi grzejnikami z zaworami i głowicami termostatycznymi wraz z regulacją, w wyniku czego nastąpi podwyższenie współczynnika sprawności regulacji i wykorzystania ciepła,
- odpowiednie oizolowanie przewodów instalacji c.o., w wyniku czego nastąpi zmiana współczynnika sprawności przesyłu ciepła.

Uwzględniono wprowadzenie 8 godzinnej przerwy w ogrzewaniu w ciągu doby.

### **5.2.2 Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej**

Usprawnienie obejmuje:

- wymianę i izolację przewodów, wykonanie cyrkulacji oraz wprowadzenie wodomierzy c.w.u. posiadających funkcję zdalnego odczytu, w wyniku czego nastąpi podwyższenie całkowitej sprawności systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

### **5.2.3 Ocieplenie ścian zewnętrznych**

Założono oczyszczenie, osuszenie, odgrzybienie, wyrównanie, uszczelnienie, odtworzenie izolacji przeciwwilgociowej, obróbkę, rur spustowych, naprawę uszkodzeń, odpowiednie przygotowanie podłoża, a następnie ocieplenie ścian zewnętrznych (oprócz ozdobnej elewacji od strony frontowej) – systemem bezspoinowego ocieplania, z odtworzeniem detali architektonicznych od strony podwórza. Przyjęto do rozpatrzenia wariantowo warstwę materiału termoizolacyjnego grubości 15, 16 i 17 cm (np. ze styropianu o  $\lambda=0,034$  lub alternatywnie częściowo z wełny mineralnej albo pianki poliizocyjanuratu PIR o  $\lambda=0,022$  grubości min 10 cm ze względów przeciwpożarowych, i techniczno-wilgotnościowych). Optymalną grubość określi się wybierając tą, dla której prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

### **5.2.4 Wymiana starych okien w częściach wspólnych**

Założono wymianę starych okien w częściach wspólnych – na okna o wyższych parametrach izolacyjności termicznej i mniejszej infiltracji. Przyjęto do rozpatrzenia okna

rozwieralno–uchylne z funkcją rozszczelniania, o następujących parametrach:  $U=1,1$ ;  $U=0,9$  i  $U=0,8$  oraz  $0,5 < a < 1,0$ . Optymalny rodzaj okien określi się wybierając ten, dla którego prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

### **5.2.5 Wymiana starych drzwi wejściowych**

Założono wymianę starych drzwi wejściowych zewnętrznych – na drzwi o wyższych parametrach izolacyjności termicznej i mniejszej infiltracji. Przyjęto do rozpatrzenia drzwi o następujących parametrach:  $U=1,7$ ;  $U=1,5$  i  $U=1,3$  oraz  $a=0,5$ . Optymalny rodzaj drzwi określi się wybierając ten, dla którego prosty czas zwrotu nakładów przyjmie wartość minimalną.

## **6 DOKUMENTACJA WYKONANIA ALGORYTMU SŁUŻĄCEGO WSKAZANIU OPTYMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO**

Analizę i wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przeprowadzono przy uwzględnieniu korzystania z kredytu.

### **6.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło**

Jako rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych, które mają na celu zmniejszenie strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane, przyjęto:

- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę starych okien w częściach wspólnych,
- wymianę starych drzwi wejściowych.

Jako rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych, które mają na celu zmniejszenie zapotrzebowania ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, przyjęto:

- modernizację instalacji c.w.u. poprzez: wymianę i izolację przewodów, wykonanie cyrkulacji oraz wprowadzenie wodomierzy c.w.u. z odczytem radiowym.



## 6.2 Ocena opłacalności i wybór usprawnień prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody budowlane

Przyjęto założenie, że optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez ściany, stropy i dachy są to usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną.

Wartość najmniejszą optymalnego oporu cieplnego przegrody zewnętrznej po termomodernizacji przyjęto zgodnie z wymogami odpowiednich przepisów.

Do wyznaczenia optymalnego usprawnienia skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = N_u / \sum_n \Delta O_{rU}, [\text{lata}]$$

gdzie:

- $N_u$  - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- $\Delta O_{rU}$  - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rU}$  dla n-tego źródła obliczono ze wzoru:

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

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie  $Q_{0u}$ ,  $Q_{1u}$ , obliczono ze wzoru:

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

Liczbę stopniodni  $Sd$  obliczono ze wzoru:

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

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie  $q_{0u}$ ,  $q_{1u}$  przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego obliczono ze wzoru:

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

### 6.2.1 Ocieplenie ścian zewnętrznych

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia strat	m <sup>2</sup>	303,1			
2	U <sub>0</sub> , U <sub>1</sub>	W/(m <sup>2</sup> *K)	1,428	0,196	0,185	0,175
3	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej o λ=0,034	m	-	<b>0,15</b>	0,16	0,17
4	Zwiększenie oporu cieplnego	(m <sup>2</sup> *K)/W	-	4,412	4,706	5,000
5	Opór cieplny	(m <sup>2</sup> *K)/W	0,700	5,112	5,406	5,700
6	Liczba stopniodni	dzień*K/rok	3706,9			
7	Q <sub>0U</sub> , Q <sub>1U</sub>	GJ/a	138,680	18,990	17,957	17,031
8	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	20,0			
9	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-18,0			
10	q <sub>0u</sub> , q <sub>1u</sub>	MW	0,016454	0,002253	0,002131	0,002021
11	Roczna oszczędność kosztów ΔO <sub>ru</sub>	zł/a	-	11 777	11 879	11 970
12	Powierzchnia izolowana	m <sup>2</sup>	392,7			
13	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m <sup>2</sup>	-	793,0	807,9	822,8
14	Koszt realizacji usprawnienia N <sub>U</sub>	zł	-	311 411	317 262	323 114
15	SPBT=N <sub>U</sub> /ΔO <sub>ru</sub>	lata	-	<b>26,44</b>	26,71	26,99

**Optymalnym rozwiązaniem jest ocieplenie grubością 15 cm**

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.  
Koszt realizacji 392,7 m<sup>2</sup> wybranego usprawnienia 311411 zł.



### 6.3 Ocena opłacalności i wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodern. polegającego na wymianie okien lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji

Przyjęto założenie, że 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.

Do wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_w) / \sum_n (\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rw}), [\text{lata}]$$

gdzie:

$N_{Ok}$  - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,

$N_w$  - planowane koszty związane z modernizacją wentylacji, zł

$\Delta O_{rOk}$  - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok,

$\Delta O_{rw}$  - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii  $\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rw}$  dla n-tego źródła obliczono ze wzoru:

$$\Delta O_{rOk} + \Delta O_{rw} = (x_o \cdot Q_o \cdot O_{0z} - x_1 \cdot Q_1 \cdot O_{1z}) + 12(y_o \cdot q_o \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_1 \cdot O_{1m}) + 12(Ab_o - Ab_1), [\text{zł/rok}]$$

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło  $Q_0$ ,  $Q_1$ , w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, obliczono ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot Sd \cdot A_{Ok} \cdot U + Q_{inf}, [\text{GJ/rok}]$$

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło  $Q_0$ ,  $Q_1$ , w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi obliczono ze wzoru:

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

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

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

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okien lub drzwi obliczono ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U + 3,4 \cdot 10^{-7} \cdot V_{obl} \cdot (t_{wo} - t_{zo}), [MW]$$

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

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



### 6.3.1 Wymiana starych okien w częściach wspólnych

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia okien	m <sup>2</sup>	1,8			
2	Współczynnik przenikania okien	W/(m <sup>2</sup> *K)	5,1	1,1	0,9	0,8
3	Liczba stopniodni	dzień*K/a	2798,9			
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{Ok} \cdot U$	GJ/a	2,220	0,479	0,392	0,348
5	Współczynnik korekcyjny wentyl. $c_r$	-	1,00	1,00	1,00	1,00
6	Współczynnik korekcyjny wentyl. $c_m$	-	1,00	1,00	1,00	1,00
7	Współczynnik korekcyjny wyeksp.	-	1,00	1,00	1,00	1,00
8	Strumień powietrza wentyl.	m <sup>3</sup> /h	51			
9	$2,94 \cdot 10^{-5} \cdot c_r \cdot c_w \cdot V_{nom} \cdot S_d$	GJ/a	4,197	4,197	4,197	4,197
10	$Q_0, Q_1$	GJ/a	6,417	4,676	4,589	4,545
11	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	16,0			
12	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-18,0			
13	$10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$	MW	0,000312	0,000067	0,000055	0,000049
14	$3,4 \cdot 10^{-7} \cdot V_{obl} \cdot (t_{wo} - t_{zo})$	MW	0,000590	0,000590	0,000590	0,000590
15	$q_0, q_1$	MW	0,000902	0,000657	0,000645	0,000639
16	Roczna oszczędność kosztów $\Delta Q_{rOk} + \Delta Q_{rw}$	zł/rok	-	173	182	186
17	Cena jednostkowa okien	zł/m <sup>2</sup>	-	2868	2975	3082
18	Koszt wymiany okien $N_{Ok}$	zł	-	5 162	5 355	5 548
19	$SPBT = (N_{Ok} + N_w) / \Sigma(\Delta Q_{rOk} + \Delta Q_{rw})$	lata	-	29,84	29,42	29,83

**Optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie okien o  $U=0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$**

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt realizacji 1,8 m<sup>2</sup> okien 5355 zł.

### 6.3.2 Wymiana starych drzwi wejściowych

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Powierzchnia drzwi	m <sup>2</sup>	2,6			
2	Współczynnik przenikania drzwi	W/(m <sup>2</sup> *K)	5,6	1,7	1,5	1,3
3	Liczba stopniodni	dzień*K/a	2798,9			
4	$8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A_{Ok} \cdot U$	GJ/a	3,521	1,069	0,943	0,817
5	Współczynnik przepływu	m <sup>3</sup> /(m h daPa <sup>2/3</sup> )	3,5	0,5	0,5	0,5
6	Długość zewnętrznych szczelin	m	8,58			
7	$\Sigma [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} \cdot L_d(m)$	dzień*K/a	16068,4			
8	Q <sub>inf</sub>	GJ/a	0,690	0,099	0,099	0,099
9	Q <sub>0</sub> , Q <sub>1</sub>	GJ/a	4,211	1,168	1,042	0,916
10	Obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego	°C	16,0			
11	Obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego	°C	-18,0			
12	$10^{-6} \cdot A_{Ok} \cdot (t_{wo} - t_{zo}) \cdot U$	MW	0,000495	0,000150	0,000133	0,000115
13	$1,65 \cdot 10^{-8} \cdot a \cdot l \cdot (t_{wo} - t_{zo})^{5/3}$	MW	0,000177	0,000025	0,000025	0,000025
14	q <sub>0</sub> , q <sub>1</sub>	MW	0,000672	0,000175	0,000158	0,000140
15	Roczna oszczędność kosztów $\Delta Q_{rOk} + \Delta Q_{rW}$	zł/rok	-	306	318	331
16	Cena jednostkowa drzwi	zł/m <sup>2</sup>	-	3619	3737	3855
17	Koszt wymiany drzwi N <sub>Ok</sub>	zł	-	9 409	9 716	10 023
18	SPBT = (N <sub>Ok</sub> + N <sub>W</sub> )/Σ(ΔQ <sub>rOk</sub> +ΔQ <sub>rW</sub> )	lata	-	30,75	30,55	30,28

**Optymalnym rozwiązaniem jest zastosowanie drzwi o  $U=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$**

Uwagi:

Ceny jednostkowe przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt realizacji 2,6 m<sup>2</sup> wybranego usprawnienia 10023 zł.



## 6.4 Wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego prowadzącego do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

Przyjęto założenie, że optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, związanego ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej, jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną.

Dla wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = N_{cw} / \sum_n \Delta O_{rcw}, [\text{lata}], \text{ gdzie:}$$

$N_{cw}$  - planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody użytkowej, zł,

$\Delta O_{rcw}$  - 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  $\Delta O_{rcw}$  n-tego źródła obliczono ze wzoru:

$$\Delta O_{rcw} = (x_0 \cdot Q_{0cw} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot Q_{1cw} \cdot O_{1z}) + 12(y_0 \cdot q_{0cw} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1cw} \cdot O_{1m}) + 12(Ab_0 - Ab_1) \text{ zł/rok}]$$

### 6.4.1 Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej

L.p.	Opis	Jednostki	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie c.w.u.	GJ/a	171,30	131,19
2	Zapotrzebowanie mocy na przygotowanie c.w.u.	MW	0,019563	0,019563
3	Roczna oszczędność kosztów $\Delta O_{rcw}$	zł/a	-	3 729
4	Koszt modernizacji $N_{cw}$	zł	-	98 249
5	$SPBT = N_{cw} / \Delta O_{rcw}$	lata	-	26,35

Uwagi:

Wartość  $N_{cw}$  przyjęto na podstawie ofert lokalnych firm i kalkulacji inwestora.

Koszt wymiany i izolacji przewodów, wykonania cyrkulacji oraz wprowadzenia wodomierzy c.w.u. z odczytem radiowym 98249 zł. Sprawność całkowita systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej ulegnie poprawie  $0,5200 \rightarrow 0,6790$

### **6.5 Zestawienie optymalnych usprawnień termomodernizacyjnych w kolejności rosnącej wartości prostego czasu zwrotu nakładów charakteryzującego każde usprawnienie (SPBT)**

Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane oraz wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego modernizacji systemu przygotowania ciepłej wody, uszeregowane według rosnącej wartości SPBT, przedstawiono w poniższej tabeli.

Określenie planowanych kosztów robót przedstawiono w załączniku.

L.p.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego albo wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty robót [zł]	SPBT [lata]
1	2	3	4
1.	Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej	98 249	26,35
2.	Ocieplenie ścian zewnętrznych (oprócz ozdobnej elewacji od strony frontowej) – systemem bezspoinowego ocieplania warstwą izolacji termicznej grubości 15 cm	311 411	26,44
3.	Wymiana starych okien w częściach wspólnych – na okna o współczynniku $U=0,9 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$	5 355	29,42
4.	Wymiana starych drzwi wejściowych – na drzwi o współczynniku $U=1,3 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$	10 023	30,28

### **6.6 Utworzenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych ze wskazanych usprawnień poprawiających sprawność systemu grzewczego**

Na wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczący systemu grzewczego składają się usprawnienia, które mają na celu poprawienie sprawności systemu grzewczego oraz dostosowanie do aktualnych wymagań technicznych. Przyjęto następujący zestaw usprawnień:



- montaż wężła cieplnego wymiennikowego wyposażonego w automatykę pogodową,
- wykonanie nowej instalacji c.o. systemu zamkniętego z licznikami ciepła z odczytem radiowym, odpowiednio izolowanymi przewodami oraz prawidłowo usytuowanymi grzejnikami z zaworami i głowicami termostatycznymi wraz z regulacją.

Uwzględniono wprowadzenie 8 godzinnej przerwy w ogrzewaniu w okresie doby.

### **6.7 Wyznaczenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność cieplną systemu grzewczego**

Przyjęto założenie, że optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{co}}{\sum_n \Delta O_{rco}}, \text{ [lata]}, \text{ gdzie:}$$

$N_{co}$  - planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł

$\Delta O_{rco}$  - 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  $\Delta O_{rco}$  n-tego źródła obliczono ze wzoru:

$$\Delta O_{rco} = (x_0 \cdot w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{oco} \cdot O_{oz} / \eta_0 - x_1 \cdot w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{oco} \cdot O_{iz} / \eta_1) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{om} \cdot O_{om} - y_1 \cdot q_{lm} \cdot O_{lm}) + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1), \text{ [zł/rok]}$$

Całkowitą sprawność systemu grzewczego  $\eta_o, \eta_1$ , obliczono ze wzoru:

$$\eta_o, \eta_1 = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s, \text{ gdzie:}$$

$\eta_{H,g}$  - sprawność wytwarzania ciepła,

$\eta_{H,d}$  - sprawność przesyłu ciepła,

$\eta_{H,e}$  - sprawność regulacji i wykorzystania ciepła,

$\eta_{H,s}$  - sprawność akumulacji ciepła.

**Wyniki obliczeń:**

Opis	Jednostki	Stan istniejący	Stan po modernizacji
Sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło $Q_{oco}$	GJ/a	224,81	224,81
Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną $q_{om}$ , $q_{lm}$	MW	0,072081	0,072081
Uwzględnienie przerw tygodniowych $w_t$	-	1,00	1,00
Uwzględnienie przerw dobowych i/lub podzielników kosztów $w_d$	-	1,00	0,95
Sprawność całkowita systemu grzewczego $\eta$	-	0,5005	0,8749
Oplata zmienna $O_z$	zł/GJ	92,96	93,83
Oplata stała $O_m$	zł/MW/m-c	3819,13	16688,45
Miesięczna opłata abonamentowa $Ab$	zł	0,00	0,00
Roczna oszczędność kosztów $\Delta O_{rco} = (w_{t0} * w_{d0} * Q_{oco} * O_{oz} / \eta_0 - w_{t1} * w_{d1} * Q_{oco} * O_{oz} / \eta_1) + 12(q_{om} * O_{om} - q_{lm} * O_{lm}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1)$	zł/a	-	7 719
Koszt przedsięwzięcia $N_{co}$	zł	-	373 810
$SPBT = N_{co} / \Delta O_{rco}$	lata	-	48,43

**Wariant ten jest rozwiązaniem opłacalnym****Uwagi:**

Wartość  $N_{co}$  przyjęto na podstawie kalkulacji inwestora, analizy oferowanych lokalnych cen rynkowych.

Koszt modernizacji systemu grzewczego 373810 zł.



**Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych składające się na optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiający sprawność systemu grzewczego:**

Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych	Wartości sprawności składowych $\eta$ oraz współczynników $w$
1	2
<b>Wytwarzania ciepła:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przyłączenie do sieci miejskiej, węzeł cieplny</li> </ul>	$\eta_{H,g} = 0,65 \rightarrow 0,98$
<b>Przesyłu ciepła:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• wykonanie przewodów (izolowanych)</li> </ul>	$\eta_{H,d} = 1,00 \rightarrow 0,96$
<b>Regulacji i wykorzystania ciepła:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• automatyka pogodowa</li> <li>• nowa instalacja c.o. systemu zamkniętego</li> <li>• nowe grzejniki</li> <li>• dynamiczne zawory grzejnikowe z głowicami termostatycznymi (o działaniu proporcjonalno-całkującym PI z funkcjami adaptacyjną i optymalizującą)</li> <li>• regulacja hydrauliczna instalacji</li> </ul>	$\eta_{H,e} = 0,77 \rightarrow 0,93$
<b>Akumulacji ciepła:</b> <div>bez zmian</div>	$\eta_{H,s} = 1,00$
<b>Uwzględnienie wprowadzenia przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia:</b> <div>bez zmian</div>	$w_t = 1,00$
<b>Uwzględnienie wprowadzenia przerw na ogrzewanie w ciągu doby:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• przerwa 8 godzin, liczniki ciepła</li> </ul>	$w_d = 1,00 \rightarrow 0,95$
<b>Sprawność całkowita systemu grzewczego</b> $\eta_g \eta_d \eta_e \eta_s =$	$0,5005 \rightarrow 0,8749$

Uwagi:

Koszt usprawnień wyniesie 373810 zł.

### 6.8 Wykaz wybranych do optymalizacji wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych (kombinacji, zestawów usprawnień) dokonano wg zasady ich rozbudowywania. Rozpatrzono następujące warianty:

L.p.	Nazwa wariantu	Zakres, zestaw usprawnień
1	Wariant I	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modernizacja systemu grzewczego.</li> </ul>
2	Wariant II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modernizacja systemu grzewczego</li> <li>• modernizacja instalacji ciepłej wody</li> </ul>
3	Wariant III	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modernizacja systemu grzewczego</li> <li>• modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>• ocieplenie ścian zewnętrznych</li> </ul>
4	Wariant IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modernizacja systemu grzewczego</li> <li>• modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>• ocieplenie ścian zewnętrznych</li> <li>• wymiana starych okien w częściach wspólnych</li> </ul>
5	Wariant V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modernizacja systemu grzewczego</li> <li>• modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>• ocieplenie ścian zewnętrznych</li> <li>• wymiana starych okien w częściach wspólnych</li> <li>• wymiana starych drzwi wejściowych</li> </ul>



**6.9 Zestaw ulepszeń wchodzących w zakres przedsięwzięcia termomodernizacyjnego niezbędnych do spełnienia warunku dotyczącego zmniejszenia rocznego zapotrzebowania na energię i ocena uzyskanych oszczędności energii**

Zakres prac niezbędnych do spełnienia warunku dotyczącego zmniejszenia rocznego zapotrzebowania na energię		
Lp.	Rodzaj prac (ulepszeń) zmniejszających zapotrzebowanie na energię	
1.	Modernizacja systemu grzewczego	
2.	Modernizacja instalacji ciepłej wody	
3.	Ocieplenie ścian zewnętrznych	
4.	Wymiana starych okien w częściach wspólnych	
5.	Wymiana starych drzwi wejściowych	
Istniejące roczne zapotrzebowanie na energię końcową (co+cwu)		kWh/rok 172 353
Roczne zapotrzebowanie na energię końcową po modernizacji (co+cwu)		kWh/rok 67 319
Powierzchnia ogrzewana		m <sup>2</sup> 898,83
Współczynnik nakładu na nieodnawialną energię pierwotną dla węgla kamiennego miejscowo		- 1,1
Współczynnik nakładu na nieodnawialną energię pierwotną dla ciepła sieciowego z kogeneracji		- 0,8
Współczynnik nakładu na nieodnawialną energię pierwotną dla sieci elektroenergetycznej syst.		- 2,5
Wskaźnik CO <sub>2</sub> dla węgla kamiennego		kg/GJ 94,73
Wskaźnik CO <sub>2</sub> dla energii elektrycznej		kg/kWh 0,708
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą (c.o., przed)		kWh/m <sup>2</sup> rok 2,97
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą (c.w.u., przed)		kWh/m <sup>2</sup> rok 0,43
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą (c.o., po)		kWh/m <sup>2</sup> rok 1,49
Roczne zapotrzebowanie na energię pomocniczą (c.w.u., po)		kWh/m <sup>2</sup> rok 0,29
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową (przed modernizacją)		kWh/m <sup>2</sup> rok 191,8
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową (po modernizacji)		kWh/m <sup>2</sup> rok 74,9
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (przed modernizacją)		kWh/m <sup>2</sup> rok 219,4
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną (po modernizacji)		kWh/m <sup>2</sup> rok 64,4
Zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię		% 60,9
Zmniejszenie zapotrzebowania na energię		GJ/rok 378,12
Średnioroczna oszczędność energii finalnej		toe/rok 9,0
Uniknięta emisja CO <sub>2</sub>		t CO <sub>2</sub> /rok 36,85
Roczne oszczędności kosztów energii		zł/rok 23 747

60,3%

70,6%

## **6.10 Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i uzasadnienie tego wyboru**

1) W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, obliczono 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  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia obliczoną zgodnie z wzorem:

$$\Delta O_r = (w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0co} / \eta_0 + Q_{0cw} / \eta_{0w}) \cdot O_{0z} - (w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1co} / \eta_1 + Q_{1cw} / \eta_{1w}) \cdot O_{1z}, \text{ [zł/rok]} \\ + 12 \cdot [(q_{0m} + q_{0cw}) \cdot O_{0m} - (q_{1m} + q_{0cw}) \cdot O_{1m}] + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1)$$

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, 2 i 3 ustawy po nowelizacji.

2) Następnie sprawdzono spełnienie warunków ustawy oraz spełnienie warunku kwoty środków własnych i kwoty kredytu o wysokości nie większej niż zadeklarowana przez inwestora.

Rozpatrywano kolejny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego bez usprawnienia o największym wskaźniku SPBT.

Postępowanie powtarzano aż do znalezienia pierwszego wariantu spełniającego wszystkie warunki.



## Wyniki analizy:

Nazwa wariantu	N Koszt całkowity zł	Kredyt zł	Środki własne zł	% udziału kredytu	% udziału własnego
1	2	3	4	5	6
Wariant I	373 810	299 048	74 762	80,00	20,00
Wariant II	472 059	377 647	94 412	80,00	20,00
Wariant III	783 470	626 776	156 694	80,00	20,00
Wariant IV	788 825	631 060	157 765	80,00	20,00
Wariant V	798 848	639 078	159 770	80,00	20,00

cd.

Nazwa wariantu	$W_{t0}$ $W_{t1}$	$W_{d0}$ $W_{d1}$	$Q_{0co}$ $Q_{1co}$ GJ/rok	$Q_{0cw}$ $Q_{1cw}$ GJ/rok (z uwzgl. sprawności cwu)	$\eta_0$ $\eta_1$	$O_z$ zł/GJ	$O_m$ zł/(MW mc)	$A_b$ zł	$q_0$ $q_1$ MW	$q_{0cw}$ $q_{1cw}$ MW	$\Delta O_r$ zł/rok
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
St. istn.	1,00	1,00	224,81	171,30	0,5005	92,96	3819,13	0,00	0,072081	0,019563	
I			224,81	171,30					0,072081	0,019563	4 549
II			224,81	131,19					0,072081	0,019563	8 312
III	1,00	0,95	106,32	131,19	0,8749	93,83	16688,45	0,00	0,057880	0,019563	23 228
IV			104,90	131,19					0,057689	0,019563	23 411
V			102,37	131,19					0,057298	0,019563	23 747

## Uwagi:

Koszt planowany N realizacji poszczególnych usprawnień określono w załączniku.

Zakłada się sporządzenie dokumentacji w ramach ceny robót.

## Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Koszty całkowite [zł]	Roczne oszczędności kosztów energii [zł / rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z wzgl. sprawności całkowitej) [%]	Premia termomodernizacyjna [zł]
1	2	3	4	5	6
1	<b>Wariant V</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>modernizacja systemu grzewczego</li> <li>modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>ocieplenie ścian zewnętrznych</li> <li>wymiana starych okien w częściach wspólnych</li> <li>wymiana starych drzwi wejściowych</li> </ul>	798 848	23 747	60,9	189 954,64
2	<b>Wariant IV</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>modernizacja systemu grzewczego</li> <li>modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>ocieplenie ścian zewnętrznych</li> <li>wymiana starych okien w częściach wspólnych</li> </ul>	788 825	23 411	60,5	187 571,32
3	<b>Wariant III</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>modernizacja systemu grzewczego</li> <li>modernizacja instalacji ciepłej wody</li> <li>ocieplenie ścian zewnętrznych</li> </ul>	783 470	23 228	60,3	186 297,97
4	<b>Wariant II</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>modernizacja systemu grzewczego</li> <li>modernizacja instalacji ciepłej wody</li> </ul>	472 059	8 312	39,5	112 248,89
5	<b>Wariant I</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>modernizacja systemu grzewczego</li> </ul>	373 810	4 549	33,0	88 886,68

Przyjęto, że wariantem optymalnym jest pierwszy z kolejnych wariantów spełniający wymagania określone w art. 3 ustawy, a wysokość premii termomodernizacyjnej oblicza się zgodnie z art. 5 ustawy.

Uznaje się jako optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego - pierwszy z kolejnych wariantów dla którego: wartości w kolumnach 5 i 6 spełniają odpowiednio wymagania ustawy określone w art. 3 ust. 1 ustawy (kolumna 5), a wysokość premii jest określona zgodnie z art. 5 ustawy (kolumna 6).

### **Wariantem optymalnym jest wariant V**

**Uwaga:** Wszystkie wartości spełniają wymagania ustawy.



Ostatecznie na podstawie przeprowadzonej analizy i biorąc pod uwagę wytyczne zleceńodawcy stwierdzono, iż wariantem optymalnym w przedmiotowym budynku jest wariant V przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

Zostały spełnione wszystkie warunki ustawowe:

- oszczędność zapotrzebowania na ciepło wyniesie 60,9 %, czyli powyżej 25 %,
- kwota kredytu stanowi co najmniej 50 % kosztów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- wysokość niezbędnych środków własnych wyniesie 159770 zł, czyli 20,00 % kosztów całkowitych,
- wysokość kredytu wyniesie 639078 zł, czyli 80,00 % kosztów całkowitych,
- przewidywana wysokość premii termomodernizacyjnej wynosi 189954,64 zł, co stanowi iloczyn 26 % kosztów poniesionych na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i wskaźnika 0,9145604396 udziału powierzchni użytkowej lokali mieszkalnych w powierzchni użytkowej wszystkich lokali w tym budynku,
- przewidywana wysokość grantu termomodernizacyjnego wynosi 67647,66 zł, co stanowi 10 % kosztów netto poniesionych na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i wskaźnika 0,9145604396 udziału powierzchni użytkowej lokali mieszkalnych w powierzchni użytkowej wszystkich lokali w tym budynku.

Wariant ten spełnia warunki kredytowania wg kryteriów ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków, pozwala uzyskać znaczne obniżenie zużycia energii i kosztów eksploatacyjnych. Obejmuje możliwie kompleksową poprawę stanu technicznego przegród, a jednocześnie jego realizacja w oparciu o kredyt bankowy jest możliwa przy nie zwiększonych wydatkach (spłata kredytu i odsetek nastąpi z uzyskanych oszczędności).

Roczna oszczędność kosztów energii wyniesie 23747 zł.

Czas zwrotu nakładów bez uwzględnienia premii 798848 / 23747 wynosi ok. 34 lat.

Ponadto wariant tego przedsięwzięcia spełnia wszystkie wytyczne i oczekiwania inwestora. Wysokość kredytu bankowego wyniesie 639078 zł, czyli zgodnie z deklaracjami inwestora. Zaangażowanie środków własnych wyniesie 159770 zł, czyli zgodnie z deklaracjami inwestora.

## **7 OPIS TECHNICZNY OPTIMALNEGO WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘCIA TERMOMODERNIZACYJNEGO PRZEWIDZIANEGO DO REALIZACJI**

Wskazany optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego przewidziany do realizacji obejmuje następujące prace:

- Ocieplenie ścian zewnętrznych (oprócz ozdobnej elewacji od strony frontowej) – systemem bezspoinowego ocieplania warstwą izolacji termicznej grubości 15 cm za kwotę 311411 zł.
- Wymiana starych okien w częściach wspólnych – na okna rozwieralno–uchylne z funkcją rozszczelniania, o parametrach  $U=0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  za kwotę 5355 zł.
- Wymiana starych drzwi wejściowych – na drzwi o współczynniku  $U=1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  za kwotę 10023 zł.
- Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej obejmująca: wymianę i izolację przewodów, wykonanie cyrkulacji oraz wprowadzenie wodomierzy c.w.u. posiadających funkcję zdalnego odczytu. Łączny koszt tych prac wyniesie 98249 zł.
- Modernizacja systemu grzewczego (po przyłączeniu do miejskiej sieci ciepłowniczej) obejmująca: montaż węzła cieplnego wymiennikowego wyposażonego w automatykę pogodową, wykonanie nowej instalacji c.o. systemu zamkniętego z licznikami ciepła posiadającymi funkcję zdalnego odczytu, odpowiednio izolowanymi przewodami oraz prawidłowo usytuowanymi grzejnikami z zaworami i głowicami termostatycznymi wraz z regulacją. Łączny koszt tych prac wyniesie 373810 zł.

Całkowity koszt modernizacji wg rekomendowanego wariantu wyniesie 798848 zł. W tym 159770 zł (20,00 %) stanowi udział środków własnych, a 639078 zł (80,00 %) kredyt bankowy.



## **8 DALSZE DZIAŁANIA INWESTORA**

W celu zrealizowania określonego wyżej przedsięwzięcia konieczne jest wykonanie następujących czynności:

1. Zarezerwowanie przez inwestora środków na realizację modernizacji w wysokości 159770 zł oraz zapewnienie poręczenia na pozostałą część nakładów
2. Przygotowanie i złożenie wniosku kredytowego oraz przeprowadzenie postępowania dotyczącego uzyskania kredytu w wysokości 639078 zł
3. Przygotowanie projektów modernizacji
4. Przeprowadzenie procedury wyboru wykonawców
5. Zawarcie umów z wykonawcami robót
6. Realizacja robót przy zapewnieniu odpowiedniego nadzoru i odbioru technicznego
7. Zawarcie umowy z dostawcą ciepła na zapotrzebowanie mocy cieplnej dla c.o. + c.w.u. (wg audytu 0,076861 MW)
8. Zakończenie całości przedsięwzięcia zgodnie z terminem określonym w umowie kredytowej i wystąpienie o premię termomodernizacyjną w wysokości 189954,64 zł
9. Wystąpienie o grant termomodernizacyjny w wysokości 67647,66 zł
10. Przeprowadzenie obserwacji i oceny rezultatów przeprowadzonej termomodernizacji

## **9 KLAUZULE I ZASTRZEŻENIA**

- Przedmiot i cel wykonania audytu energetycznego oraz jego zakres określił Zleceniodawca
- Niniejszy audyt energetyczny:
  - nie może być wykorzystany do żadnego innego celu niż określony w opracowaniu,
  - nie może być traktowany jako ekspertyza techniczna.
- Autor opracowania przyjął w dobrej wierze informacje (zawarte w udostępnionej dokumentacji, a także udzielone przez Inwestora i inne osoby zainteresowane) niezbędne do wykonania audytu
- W przypadku powstania niejasności należy zwrócić się do autora opracowania o dodatkowe informacje
- Bezpośrednio przed złożeniem audytu energetycznego do banku należy zwrócić się do autora opracowania o aktualizację

# ZAŁĄCZNIKI



**Obliczenie strumienia powietrza wentylacyjnego**

1. Pomieszczenia mieszkalne			
Rodzaj pomieszczeń	Liczba pomieszczeń	Przyjęto m <sup>3</sup> /h	Strumień powietrza m <sup>3</sup> /h
Kuchnie	14	70	980
Łazienki	14	50	700
Oddzielne WC	0	30	0
Σ=			1680 m <sup>3</sup> /h
2. Piwnice			
Kubatura $V_p = 373,52 \text{ m}^3$ Strumień powietrza = $V_p \times \text{liczba wymian} = V_p \times 0,3 =$			112 m <sup>3</sup> /h
3. Pozostałe pomieszczenia			
Kubatura $V_{kl} = 621,72 \text{ m}^3$ Strumień powietrza = $V \times \text{liczba wymian} = V \times 0,5 =$			311 m <sup>3</sup> /h
<b>Razem =</b>			<b>2103 m<sup>3</sup>/h</b>

## Stan istniejący

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 224,81 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$\begin{aligned} Q &= Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s) = \\ &= Q_h \cdot 1,00 \cdot 1,00 / (0,65 \cdot 1,00 \cdot 0,77 \cdot 1,00) \\ Q &= 449,17 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 72081 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{W,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$\begin{aligned} Q_{k,W} &= Q_{W,nd} / \eta_{W,tot} = Q_{W,nd} / 0,5200 \\ Q_{k,W} &= 171,30 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$



## Wariant I

*Modernizacja systemu grzewczego (po przyłączeniu do miejskiej sieci ciepłowniczej)*

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 224,81 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$\begin{aligned} Q &= Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_c \cdot \eta_s) = \\ &= Q_h \cdot 1,00 \cdot 0,95 / (0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 1,00) \\ Q &= 244,11 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 72081 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{w,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$Q_{k,w} = 171,30 \text{ GJ}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$

## Wariant II

*Modernizacja systemu grzewczego + Modernizacja instalacji c.w.u.*

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 224,81 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$\begin{aligned} Q &= Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s) = \\ &= Q_h \cdot 1,00 \cdot 0,95 / (0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 1,00) \\ Q &= 244,11 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 72081 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{w,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$\begin{aligned} Q_{k,w} &= Q_{w,nd} / \eta_{w,tot} = Q_{w,nd} / 0,6790 \\ Q_{k,w} &= 131,19 \text{ GJ} \end{aligned}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$



## Wariant III

*Modernizacja systemu grzewczego + Modernizacja instalacji c.w.u*  
*+ Ocieplenie ścian zewnętrznych*

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 106,32 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$Q = Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s) =$$
$$= Q_h \cdot 1,00 \cdot 0,95 / (0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 1,00)$$

$$Q = 115,45 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc cieplną:

$$q_{moc} = 57880 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{W,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$Q_{k,W} = 131,19 \text{ GJ}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$

## Wariant IV

*Modernizacja systemu grzewczego + Modernizacja instalacji c.w.u*  
*+ Ocieplenie ścian zewnętrznych + Wymiana starych okien w częściach wspólnych*

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 104,90 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$Q = Q_h \cdot W_t \cdot W_d / (\eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_c \cdot \eta_s) =$$

$$= Q_h \cdot 1,00 \cdot 0,95 / (0,98 \cdot 0,96 \cdot 0,93 \cdot 1,00)$$

$$Q = 113,90 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą:

$$q_{moc} = 57689 \text{ W}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{W,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$Q_{k,W} = 131,19 \text{ GJ}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$



## Wariant V

*Modernizacja systemu grzewczego + Modernizacja instalacji c.w.u*  
*+ Ocieplenie ścian zewnętrznych + Wymiana starych okien w częściach wspólnych*  
*+ Wymiana starych drzwi wejściowych*

Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku  $Q_h$ :

$$Q_h = 102,37 \text{ GJ}$$

Roczne obliczeniowe zużycie energii z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewania  $Q$ :

$$Q = Q_h * W_t * W_d / (\eta_g * \eta_d * \eta_e * \eta_s) =$$

$$= Q_h * 1,00 * 0,95 / (0,98 * 0,96 * 0,93 * 1,00)$$

$$Q = 111,16 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą:

$$q_{moc} = 57298 \text{ W}$$

W rozpatrywanym wariantcie koszty ogrzewania będą następujące (oferta dostawcy ciepła):

- Opłata za 1 MW mocy zamówionej:

$$\text{opłata stała za miesiąc} \quad 11704,16 + 4984,29 = 16688,45$$

$$O_m = 16688,45 \text{ zł/MW/m-c}$$

- Opłata za zużycie 1 GJ:

$$\text{opłata zmienna} \quad 74,05 + 19,78 = 93,83$$

$$O_z = 93,83 \text{ zł/GJ}$$

- Miesięczna opłata abonamentowa nie występuje:

$$A_b = 0,00 \text{ zł/m-c}$$

Przyjęto jako koszt całkowity ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym:

$$K_{og} = 93,83 * 111,16 + 16688,45 * 0,057298 * 12 + 0,00 * 12 = 21905$$

$$K_{og} = 21905 \text{ zł/a} = 2,03 \text{ zł/m}^2 \text{p.u./m-c}$$

Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$Q_{w,nd} = 89,08 \text{ GJ}$$

Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania ciepłej wody:

$$Q_{k,w} = 131,19 \text{ GJ}$$

Obliczeniowa moc cieplna na potrzeby przygotowania ciepłej wody dla budynku:

$$q_{cw} = 19563 \text{ W}$$

Koszt ogrzewania na cele c.w.u. (podgrzania) wyniesie:

$$K_{og \text{ c.w.u.}} = 93,83 * 131,19 + 16688,45 * 0,019563 * 12 = 16227$$

$$K_{R \text{ c.w.u.}} = 16227 \text{ zł} = 30,91 \text{ zł/m}^3$$



**Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną  
na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku**

**Stan istniejący przed modernizacją c.w.u.**

Opis	Oznaczenie	Wielkość	Jednostki		
1	2	3	4		
Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową	$V_{wi}$	1,60	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dzień})$		
Powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia użytkowa ogrzewana)	$A_f$	898,83	$\text{m}^2$		
Ciepło właściwe wody	$c_w$	4,19	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{K})$		
Gęstość wody	$\rho_w$	1	$\text{kg}/\text{dm}^3$		
Obliczeniowa temperatura ciepłej wody	$\theta_w$	55	$^\circ\text{C}$		
Obliczeniowa temperatura zimnej wody	$\theta_o$	10	$^\circ\text{C}$		
Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu cwu	$k_R$	0,90	-		
Liczba dni w roku	$t_R$	365	dzień		
Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.	$Q_{w,nd}$	24743,26	kWh/rok	89,08	GJ
<b>Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u.</b>	<b><math>Q_{k,w}</math></b>	<b>47583,19</b>	<b>kWh/rok</b>	<b>171,30</b>	<b>GJ</b>
Liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby	$\tau$	18	h/d		
Liczba użytkowników	$u$	17	osób		
Współczynnik godzinowej nierównomierności rozbioru	$N_h$	4,669	-		
Cena 1 $\text{m}^3$ zimnej wody	$C_{zw}$	11,80	zł/ $\text{m}^3$		
Średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{d\ \text{śr}}$	1,438	$\text{m}^3/\text{d}$		
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{h\ \text{śr}}$	0,080	$\text{m}^3/\text{h}$		
Obliczeniowa moc cieplna średnia godzinowa	$\Phi_{h\ \text{śr}}$	4,190	kW		
Roczne zużycie c.w.u.	$V_{cw}$	525	$\text{m}^3$		
Roczny koszt przygotowania c.w.u. (podgrzania)	$K_{R\ cw}$	16821	zł		
Roczny koszt wody zimnej	$K_{R\ zw}$	6195	zł		
Sumaryczny koszt c.w.u.	$K_R$	23016	zł		
Średni koszt 1 $\text{m}^3$ c.w.u.	$K_{\text{śr}}$	43,84	zł/ $\text{m}^3$		
Średni koszt podgrzania 1 $\text{m}^3$ c.w.u.	$K_{p\ \text{śr}}$	32,04	zł/ $\text{m}^3$		
Obliczeniowa moc cieplna maksymalna godzinowa	$\Phi_{h\ \text{max}}$	19,563	kW		

gdzie:  $\eta_{w,\text{tot}} = \eta_{w,g} * \eta_{w,d} * \eta_{w,e} * \eta_{w,s} = 0,65 * 0,80 * 1,00 * 1,00 = 0,5200$

**Obliczenie zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną  
na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku**

**Stan po modernizacji instalacji c.w.u.**

Opis	Oznaczenie	Wielkość	Jednostki		
1	2	3	4		
Jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową	$V_{wi}$	1,60	$\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{dzień})$		
Powierzchnia pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza (powierzchnia użytkowa ogrzewana)	$A_r$	898,83	$\text{m}^2$		
Ciepło właściwe wody	$c_w$	4,19	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$		
Gęstość wody	$\rho_w$	1	$\text{kg}/\text{dm}^3$		
Obliczeniowa temperatura ciepłej wody	$\theta_w$	55	$^{\circ}\text{C}$		
Obliczeniowa temperatura zimnej wody	$\theta_0$	10	$^{\circ}\text{C}$		
Współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu cwu	$k_R$	0,90	-		
Liczba dni w roku	$t_R$	365	dzień		
Zapotrzebowanie na energię użytkową do przygotowania c.w.u.	$Q_{w,nd}$	24743,26	kWh/rok	89,08	GJ
Zapotrzebowanie na energię końcową dla systemu przygotowania c.w.u.	$Q_{k,w}$	36440,74	kWh/rok	131,19	GJ
Liczba godzin użytkowania instalacji w ciągu doby	$\tau$	18	h/d		
Liczba użytkowników	$u$	17	osób		
Współczynnik godzinowej nierównomierności rozbioru	$N_h$	4,669	-		
Cena 1 $\text{m}^3$ zimnej wody	$C_{zw}$	11,80	zł/ $\text{m}^3$		
Średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{d\ \acute{s}r}$	1,438	$\text{m}^3/\text{d}$		
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę	$q_{h\ \acute{s}r}$	0,080	$\text{m}^3/\text{h}$		
Obliczeniowa moc cieplna średnia godzinowa	$\Phi_{h\ \acute{s}r}$	4,190	kW		
Roczne zużycie c.w.u.	$V_{cw}$	525	$\text{m}^3$		
Roczny koszt przygotowania c.w.u. (podgrzania)	$K_{R\ cw}$	16227	zł		
Roczny koszt wody zimnej	$K_{R\ zw}$	6195	zł		
Sumaryczny koszt c.w.u.	$K_R$	22422	zł		
Średni koszt 1 $\text{m}^3$ c.w.u.	$K_{\acute{s}r}$	42,71	zł/ $\text{m}^3$		
Średni koszt podgrzania 1 $\text{m}^3$ c.w.u.	$K_{p\ \acute{s}r}$	30,91	zł/ $\text{m}^3$		
Obliczeniowa moc cieplna maksymalna godzinowa	$\Phi_{h\ max}$	19,563	kW		

gdzie:  $\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} * \eta_{w,d} * \eta_{w,e} * \eta_{w,s} = 0,97 * 0,70 * 1,00 * 1,00 = 0,6790$



## Obliczenie nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych usprawnień

1. Nakłady inwestycyjne dla poszczególnych usprawnień; oferowane ceny modernizacji przyjęto na podstawie kalkulacji inwestora, analizy lokalnych cen rynkowych, ofert dostawców i wykonawców:

1.1. Modernizacja systemu grzewczego (po przyłączeniu do miejskiej sieci ciepłowniczej):

a) montaż węzła ciepłego (podstawowe elementy, m.in.: wymiennik płytowy, automatyka pogodowa, armatura odcinająca i kontrolno-pomiarowa, modernizacja przyłączy, roboty instalacyjne i elektryczne, roboty budowlane i demontażowe, projekt, nadzór)

• nakłady wg oferty: 1 komplet \* 95315 zł/komplet = 95315 zł

b) wykonanie nowej instalacji centralnego ogrzewania (podstawowe elementy, m.in.: inwentaryzacja, dokumentacja techniczna, grzejniki, zawory odcinające, głowice termostatyczne, liczniki ciepła posiadające funkcję zdalnego odczytu, automatyczne zawory odpowietrzające, podpionowe zawory regulacyjno-pomiarowe, rury, kształtki, otulina izolacyjna, osprzęt, roboty demontażowe, instalacyjne i budowlane, regulacja hydrauliczna instalacji c.o., projekt, nadzór)

• nakłady wg oferty: 1 komplet \* 278495 zł/komplet = 278495 zł

RAZEM łącznie nakłady **373810 zł**

1.2 Modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej (wymiana i izolacja przewodów, wykonanie cyrkulacji oraz wprowadzenie wodomierzy c.w.u. posiadających funkcję zdalnego odczytu, prace demontażowe, budowlane i instalacyjne, inwentaryzacja, dokumentacja techniczna, nadzór): 1 komplet \* 98249 zł/komplet = **98249 zł**

1.3 Ocieplenie ścian zewnętrznych oprócz ozdobnej elewacji od strony frontowej (optymalną grubością 15 cm o  $\lambda=0,034$ , cena 793 zł/m<sup>2</sup>, w tym koszt dokumentacji, prac przygotowawczych, robót towarzyszących i nadzoru):

$392,7 \text{ m}^2 * 793 \text{ zł/m}^2 =$  **311411 zł**

1.4 Wymiana starych okien w częściach wspólnych (optymalny wariant  $U=0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $0,5 < a < 1,0$ , cena  $2975 \text{ zł/m}^2$ , w tym koszt prac przygotowawczych, robót towarzyszących i nadzoru):

$$1,8 \text{ m}^2 * 2975 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{5355 \text{ zł}}}$$

1.5 Wymiana starych drzwi wejściowych (optymalny wariant  $U=1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ,  $a=0,5$ , cena  $3855 \text{ zł/m}^2$ , w tym koszt prac przygotowawczych, robót towarzyszących i nadzoru):

$$2,6 \text{ m}^2 * 3855 \text{ zł/m}^2 = \underline{\underline{10023 \text{ zł}}}$$

Całkowity koszt modernizacji wyniesie 798848 zł.

W tym 159770 zł (20,00 %) stanowi udział środków własnych, a 639078 zł (80,00 %) kredyt bankowy.





# PLAN SYTUACYJNY

1:500



