

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

MIEJSKIEGO PRZEDSZKOLA NR 12

„POD TOPOLĄ”

ul. Gałczyńskiego 30

95 – 100 Zgierz



Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz

pl. Jana Pawła II 16

95 – 100 Zgierz

Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku

1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok budowy
	Gmina Miasto Zgierz		1977
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku
	ul.		ul. Gałczyńskiego nr bud. 30
	kod	95-100 miejscowość Zgierz	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	tel.	- fax -	powiat zgierski
			województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....			
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska <i>Bllososolka</i>			
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje			
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia)
1.	mgr inż. Barbara Kosowska	Opracowanie kompleksowe: - zapotrzebowanie na ciepło - warianty termomodernizacji - analiza ekonomiczna	Kurs audytorów energetycznych FPE
5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku 2			
3. Podstawa opracowania. 4			
3.1 Cel i zakres opracowania. 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku 7			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7			
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania. 8			
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 8			
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 9			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 9			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 9			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 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. 15			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. 19			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku. 19			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 20			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 22			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 25			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 27			
ZAŁĄCZNIKI..... 28			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 28			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 29			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 30			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. 31			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 31			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 31			
Z-7 Projektowana strata ciepła. 32			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. 33			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. 34			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 35			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 36			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. 37			
Z-13 Ciepła woda użytkowa. 38			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. 39			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej. 41			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 42			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące 43			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Mieszana	Mieszana
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	3 303	3 303
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	625	625
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	625	625
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	175	175
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	centralna	centralna
10.	Rodzaj systemu grzewczego budynku	pompowy z rozdziałem dolnym	pompowy z rozdziałem dolnym
11.	Współczynnik kształtu A/V [1/m]	0,490	0,490
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,255	0,220
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,951	0,179
3	Strop nad piwnicą	0,805	0,805
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,367	0,356
5	Okna, drzwi balkonowe	1,500	1,500
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	1,700	1,700
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,91	0,98
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,80	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	1,00
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	1,00

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,90	0,90	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,50	0,50	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	1,00	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	1 659	1 659	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,83	0,83	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	84,37	45,66	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	23,93	23,93	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	570,31	270,41	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	1 017,32	348,38	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	42,06	42,06	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	1 119,05	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	46,27	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	253,47	120,18	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	452,14	154,84	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	59,21	59,21	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	10 995,78	10 995,78	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	36,71	36,71	
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² powierzchni użytkowej	[zł/(m ² m-c)]	9,52	3,55	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	708 494,60	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	63,14
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	708 494,60	Premia termomodernizacyjna	[zł]	89 428,74
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	44 714,37			

¹⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

²⁾ Podane koszty są kosztami szacunkowymi.

3. Podstawa opracowania.

3.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku Miejskiego Przedszkola Nr 12 „Pod topolą” w Zgierzu, ul. Gałczyńskiego 30 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termo modernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) .

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1977
Adres budynku	ul. Gałczyńskiego 30, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	3 303	137	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	625	61	
Współczynnik kształtu	0,490		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	175	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany		458,75	0,951
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		456,58	1,255
Okna	S	0,00	1,500
	SW	99,05	1,500
	W	0,00	1,500
	NW	23,77	1,500
	N	0,00	1,500
	NE	92,30	1,500
	E	0,00	1,500
	SE	14,32	1,500

Drzwi wejściowe ewakuacyjne		4,03	5,000
Drzwi wejściowe		9,96	1,700
Strop nad piwnicą		76,25	0,805
Podłoga na gruncie		382,50	0,367

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Miejskiego Przedszkola Nr 12 „Pod topolą”, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Gałczyńskiego 30. Budynek wybudowany w 1977 roku, jest częściowo podpiwniczony wykonany w technologii mieszanej. Ściany zewnętrzne wykonane z płyty kanałowej i bloczków gazobetonowych grubości 36 cm, nieocieplone. Nad budynkiem zastosowano stropodach wentylowany, wykonany z płyt korytkowych na ściankach azurowych, kryty papą termozgrzewalną, ocieplony płytą pilśniową grubości 3 cm. W budynku zastosowano stropy typu „płyta Żerańska”. 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 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,20 W/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,25 W/m²K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- stropodach - 0,910 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 1,255 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,367 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji stropu nad piwnicą, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian poniżej gruntu oraz wymianę okien piwnicznych. Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie. Zgodnie z Warunkami Technicznymi podłoga na

gruncie w ogrzewanym pomieszczeniu powinna mieć izolację cieplną obwodową z materiału izolacyjnego w postaci warstwy o oporze cieplnym co najmniej $2,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do poziomu jednego metra poniżej gruntu.

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

- okna	-1,3 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
- drzwi	-1,7 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę okienną wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła $1,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

W budynku zastosowano drzwi wejściowe ewakuacyjne o współczynniku przenikania ciepła $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ w złym stanie technicznym oraz PCV o współczynniku przenikania ciepła $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, w dobrym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie tylko częściowa wymiana drzwi zewnętrznych.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii cieplnej, będący w złym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowane jego dostosowanie do Systemu Zarządzania Energią (wymiana lub modernizacja, leżąca po stronie gestora sieci).

Instalacja CO została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej $90/70^\circ\text{C}$ z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, prowadzonych po wierzchu bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest zły, w związku z tym w opracowaniu zostanie przeanalizowana jej wymiana 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 miejskiej sieci ciepłowniczej, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym i jej modernizacja 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.

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

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę drzwi ewakuacyjnych,
- wymianę instalacji centralnego ogrzewania wraz z montażem nowych grzejników i z głowicami termostatycznymi,
- dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Wymiana drzwi ewakuacyjnych.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią Montaż Systemu Zarządzania Energią.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, W/(m²*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, m²,

Sd - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok,

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona

- zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °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,
- $L_d(m)$ - 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.

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

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

gdzie:

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

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

A - jak we wzorze (3),

U_c - jak we wzorze (3),

UWAGA: Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
$T_e(m)$	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7
$L_d(m)$	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 458,75 [m²] R₀ = 1,052 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 413 [m²]

Materiał: granulata U₀ = 0,951 [W/(m²*K)]

λ = 0,044 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,136	2,188	0,457	66,96	0,008	78 470,00	5 480,04	14,319
0,06	1,364	2,415	0,414	60,66	0,008	79 296,00	5 957,25	13,311
0,07	1,591	2,643	0,378	55,44	0,007	80 122,00	6 352,37	12,613
0,08	1,818	2,870	0,348	51,05	0,006	80 948,00	6 684,91	12,109
0,09	2,045	3,097	0,323	47,31	0,006	81 774,00	6 968,65	11,735
0,10	2,273	3,324	0,301	44,07	0,006	82 600,00	7 213,59	11,451
0,11	2,500	3,552	0,282	41,25	0,005	83 426,00	7 427,18	11,233
0,12	2,727	3,779	0,265	38,77	0,005	84 252,00	7 615,08	11,064
0,13	2,955	4,006	0,250	36,57	0,005	85 078,00	7 781,66	10,933
0,14	3,182	4,233	0,236	34,61	0,004	85 904,00	7 930,36	10,832
0,15	3,409	4,461	0,224	32,84	0,004	86 730,00	8 063,90	10,755
0,16	3,636	4,688	0,213	31,25	0,004	87 556,00	8 184,50	10,698
0,17	3,864	4,915	0,203	29,81	0,004	88 382,00	8 293,94	10,656
0,18	4,091	5,143	0,194	28,49	0,004	89 208,00	8 393,71	10,628
0,19	4,318	5,370	0,186	27,28	0,003	90 034,00	8 485,03	10,611
0,20	4,545	5,597	0,179	26,18	0,003	90 860,00	8 568,94	10,603
0,21	4,773	5,824	0,172	25,15	0,003	91 686,00	8 646,30	10,604
0,22	5,000	6,052	0,165	24,21	0,003	92 512,00	8 717,85	10,612
0,23	5,227	6,279	0,159	23,33	0,003	93 338,00	8 784,22	10,626
0,24	5,455	6,506	0,154	22,52	0,003	94 164,00	8 845,95	10,645
0,25	5,682	6,733	0,149	21,76	0,003	94 990,00	8 903,51	10,669

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 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 20 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 456,58 \quad [\text{m}^2] \quad R_0 = 0,797 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 591 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropian} \quad U_0 = 1,255 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	$\Delta K_{\text{ogr}}z$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,047	0,489	71,24	0,009	206 850,00	8 462,17	24,444
0,06	1,500	2,297	0,435	63,48	0,008	207 736,50	9 049,38	22,956
0,07	1,750	2,547	0,393	57,25	0,007	208 800,30	9 521,32	21,930
0,08	2,000	2,797	0,358	52,13	0,007	210 041,40	9 908,89	21,197
0,09	2,250	3,047	0,328	47,86	0,006	211 459,80	10 232,86	20,665
0,10	2,500	3,297	0,303	44,23	0,006	213 055,50	10 507,69	20,276
0,11	2,750	3,547	0,282	41,11	0,005	214 828,50	10 743,79	19,996
0,12	3,000	3,797	0,263	38,40	0,005	216 778,80	10 948,79	19,799
0,13	3,250	4,047	0,247	36,03	0,005	218 906,40	11 128,47	19,671
0,14	3,500	4,297	0,233	33,94	0,004	221 211,30	11 287,24	19,598
0,15	3,750	4,547	0,220	32,07	0,004	223 693,50	11 428,55	19,573
0,16	4,000	4,797	0,208	30,40	0,004	226 353,00	11 555,13	19,589
0,17	4,250	5,047	0,198	28,89	0,004	229 189,80	11 669,17	19,641
0,18	4,500	5,297	0,189	27,53	0,003	232 203,90	11 772,45	19,724
0,19	4,750	5,547	0,180	26,29	0,003	235 395,30	11 866,42	19,837
0,20	5,000	5,797	0,173	25,15	0,003	238 764,00	11 952,28	19,976
0,21	5,250	6,047	0,165	24,11	0,003	242 310,00	12 031,04	20,140
0,22	5,500	6,297	0,159	23,16	0,003	246 033,30	12 103,55	20,327
0,23	5,750	6,547	0,153	22,27	0,003	249 933,90	12 170,52	20,536
0,24	6,000	6,797	0,147	21,45	0,003	254 011,80	12 232,57	20,765
0,25	6,250	7,047	0,142	20,69	0,003	258 267,00	12 290,21	21,014

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 15 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi $0,23 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W powierzchni i kosztach ocieplenia uwzględniono ocieplenie ścian poniżej gruntu do głębokości 1 m styroporem grubości 10 cm oraz wymianę okienek piwnicznych.. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

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

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

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

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

U - jak we wzorze (8),

- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, 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, określane w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, $m^3/(m^*h*daPa^{2/3})$,
- l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

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

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
- t_{z0} - jak we wzorze (5),
- A_{Ok} - jak we wzorze (8),
- U - jak we wzorze (8),

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

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

$$Q_{0\text{inf}}, Q_{1\text{inf}} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{w0} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [\text{GJ/rok}] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około $4,03 \text{ m}^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	5,0	1,2	1,0	10,73	0,001	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	5,77	0,001	299,49	7 044,98	23,52
2	1,6	1,0	1,0	5,64	0,001	307,28	7 246,26	23,58
3	1,5	1,0	1,0	5,51	0,001	315,07	7 326,77	23,25

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

7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	90 860,00	10,60
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	223 693,50	19,57
3	Wymiana drzwi	7 326,77	23,25

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. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu I

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	90 860,00	10,60
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	223 693,50	19,57
3	Wymiana drzwi	7 326,77	23,25
	Ogółem	321 880,27	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	90 860,00	10,60
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	223 693,50	19,57
	Ogółem	314 553,50	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropodachu	90 860,00	10,60
	Ogółem	90 860,00	

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 izolacjami, nowych grzejników, zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostaticznymi oraz montaż Systemu Zarządzania Energią wraz z dostosowaniem węzła cieplnego do jego wymagań.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,0844	0,0844
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	570	570
3	Ogólna sprawność CO	-	0,5606	0,7762
4	Obniżenie nocne	-	1,00	1,00
5	Obniżenie tygodniowe	-	1,00	1,00
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	1 017	735
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	60 235,52	43 504,55
8	Roczna opłata stała	zł/rok	11 136,53	11 136,53
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	18,93	18,93
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,4500	0,4500
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	42,06	42,06
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	87,61	87,61
13	Koszt ciepła CO	zł	71 372,05	54 641,08
14	Koszt ciepła CWU	zł	3 685,01	3 685,01
15	Koszt ciepła	zł	75 057,06	58 326,09
16	Oszczędność kosztów	zł		16 730,97
17	Szacowany koszt modernizacji	zł		386 614,33
18	SPBT	lat		23,11

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 _{cwu}	Q _{cwu}	Oplata CWU	Q _{co+cwu}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok		zł/rok	GJ/rok		zł/rok
0	0,0844	570,31	0,5606	1	1 017,32	71 372,04	3 685,01	1 059	75 057,05						
I+A	0,0457	270,41	0,7762	1	348,38	26 657,67	3 685,01	390	30 342,68	669	63,14	44 714,37	663	62,62	44 317,47
II+A	0,0462	274,71	0,7762	1	353,92	27 054,57	3 685,01	396	30 739,58	663	62,62	44 317,47	425	40,11	27 033,56
III+A	0,0702	459,82	0,7762	1	592,40	44 338,48	3 685,01	634	48 023,49	425	40,11	27 033,56	283	26,67	16 730,97
A	0,0844	570,31	0,7762	1	734,75	54 641,07	3 685,01	777	58 326,08	283	26,67	16 730,97			

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾				Premia termomodernizacyjna				
					[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł]	[zł]	[%]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych	2 lata oszczędności
1	2	3	4	5	6	7	8	9					
1	I+A	708 494,60	44 714,37	63,14	0,00	708 494,60	141 698,92	113 359,14	89 428,74				
2	II+A	701 167,83	44 317,47	62,62	0,00	701 167,83	140 233,57	112 186,85	88 634,94				
3	III+A	477 474,33	27 033,56	40,11	0,00	477 474,33	95 494,87	76 395,89	54 067,12				
4	A	386 614,33	16 730,97	26,67	0,00	386 614,33	77 322,87	61 858,29	33 461,94				

¹⁾ Podana kwota jest wielkością szacunkową

²⁾ W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

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

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

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 524 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,040$ W/m*K, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,220 W/m²*K. Dodatkowo w kosztach przedsięwzięcia uwzględniono wykonanie izolacji przeciwwilgociowej oraz ocieplenie ściany poniżej gruntu o powierzchni około 67 m² na głębokość jednego metra, styroporem lub styropianem ekstrudowanym o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,032$ W/m*K wraz z wymianą sześciu sztuk okienek piwnicznych. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, roboty ziemne, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

2. Ocieplenie stropodachu wentylowanego

Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 413 m² proponuje się wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 20 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda \leq 0,044$ W/m*K. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,179 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: obróbki blacharskie przy kominach, wymianę poszycia, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

3. Wymianę drzwi o powierzchni około 4,03 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
4. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:
- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
 - wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 53 szt.),
 - założenie dodatkowego grzejnika w wc personelu,
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 53 szt.),
 - montaż zaworów podpionowych,
 - montaż automatycznych odpowietrzników,
 - montaż instalacji mieszania pompowego za węzłem cieplnym,
 - regulację instalacji grzewczej,
 - dostosowanie węzła cieplnego do pracy z Systemem Zarządzania Energią, (koszty leżące po stronie gestora sieci i są wyłączone poza projekt),
 - dostosowanie instalacji c.o. do pracy z Systemem Zarządzania Energią,
 - prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
5. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.
- System Zarządzania Energią powinien zapewnić:
- monitorowanie zużyć mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
 - optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,

- oszczędne gospodarowanie czynnikami energetycznymi przy zachowaniu normatywnych parametrów pracy instalacji i obiektu,
- pomiar referencyjnych temperatur, temperatury zewnętrznej, temperatur zasilania i powrotu w pomieszczeniu źródła.
- rejestrację wyników pomiarów (minimum co 15 min), archiwizację danych, podgląd mierzonych wartości w czasie rzeczywistym, tworzenie raportów, graficzne odzwierciedlenie pomiarów oraz tworzenie wykresów do ich analizy,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu),
- możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu,
- automatyczne tworzenie raportów o zużyciu w otwartych, publicznych formatach plików (np. PDF, XLS), w zadeklarowanych przez użytkownika profilach,
- zdalny dostęp do danych pomiarowych za pośrednictwem Internetu,
- wizualizację danych aktualnych i historycznych oraz analizy porównawczej pomiędzy innymi obiektami objętymi pomiarem na ogólnodostępnym panelu zamontowanym w obiekcie,
- rejestrację użytkowników i parametryzację poziomów dostępowych w zależności od typu użytkownika,
- zastosowanie w systemie urządzeń pomiarowych co najmniej II klasy dokładności oraz umożliwić komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Całkowity koszt robót szacuje się na	708 494,60 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	89 428,74 zł
3	Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	44 714,37 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	15,84 lat

Barbara Kosowska

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Oplata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 646,22	5 714,85
Przesył	zł(MW*m-c)	4 293,44	5 280,93
Razem oplata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Oplata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem oplata zmienna	zł/GJ	48,14	59,21
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,951
	Gładź cementowa	1,5	0,015	1,000	0,015	
	Płytki korytkowa	10,0	0,100	1,700	0,059	
	Pustka powietrzna	45,0				
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	3,0	0,03	0,050	0,600	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,912	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				1,052	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	1,255
	Płyta kanałowa	24,0	0,240		0,238	
	Gazobeton	12,0	0,120	0,380	0,316	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	
	R				0,627	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,797	
Strop nad piwnicą	Klepka	2,0	0,02	0,22	0,091	0,805
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Płyta pilśniowa	2,5	0,025	0,050	0,500	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				0,903	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				1,243	
Podłoga na gruncie	Klepka	2,0	0,020	0,220	0,091	0,367
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,05	0,019	
	Żwiroboton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Żużel paleniskowy	16,0	0,16	0,20	0,800	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,18	0,083	
	Szlichta cementowa	1,0	0,01	1,05	0,010	
	Gruzobeton	10,0	0,1	1,00	0,100	
	R				1,253	
	Opór zastępczy gruntu				1,474	
	R _T				2,727	
Okna				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe PCV				1,700	1,0	1,700
Drzwi wejściowe metalowe				5,000	1,0	5,000

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,179
	Gładź cementowa	1,5	0,015	1,000	0,015	
	Płytki korytkowa	10,0	0,100	1,700	0,059	
	Pustka powietrzna	45,0	0,450		0,000	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Płyta pilśniowa	3,0	0,030	0,050	0,600	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Strop kanałowy	24,0	0,240	0,000	0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Wełna mineralna	20,0	0,200	0,044	4,545	
	R				5,457	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				5,597	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	0,220
	Płyta kanałowa	24,0	0,24		0,238	
	Gazobeton	12,0	0,12	0,380	0,316	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	
	Styropian	15,0	0,15	0,040	3,750	
	R				4,377	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,547	
Strop nad piwnicą	Klepka	2,0	0,020	0,220	0,091	0,805
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyta pilśniowa	2,5	0,025	0,050	0,500	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,903	
	R _{si}				0,170	
	R _{se}				0,170	
	R _T				1,243	
Podłoga na gruncie	Klepka	2,0	0,020	0,220	0,091	0,356
	Gładź cementowa	2,0	0,02	1,050	0,019	
	Żwirobeton	15,0	0,15	1,000	0,150	
	Żużel paleniskowy	16,0	0,16	0,200	0,800	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Szlichta cementowa	1,0	0,01	1,050	0,010	
	Gruzobeton	10,0	0,1	1,000	0,100	
	R				1,253	
	Opór zastępczy gruntu				1,554	
	RT				2,807	
Okna				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe PCV				1,7	1,000	1,700

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza	
		obecnie	docelowo
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	1 994	
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	625	
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³	
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	0,35	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,11	0,11
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	0,46	0,46
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0
	c_w	-	1,0
	c_m	-	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	0,46	0,46
Strumień powietrza	[m ³ /h]	1 659	1 659
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	552,92	552,92
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,83	0,83

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		1 994	0,5			996,9

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	625	4,7	2 938

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Stropodach wentylowany	458,75	0,951	1,0	436	40	17,45	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	456,58	1,255	1,0	573		22,92	
Okna	229,44	1,500	1,0	344		13,77	
Drzwi wejściowe metalowe	4,03	5,000	1,0	20		0,81	
Drzwi wejściowe	9,96	1,700	1,0	17		0,68	
Strop nad piwnicą	76,25	0,805	0,8	49		1,96	
Podłoga na gruncie	382,50	0,367	1,0	140		5,61	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	260,80	0,190	1,0	50		1,98	
nadproża	120,50	0,600	1,0	72		2,89	
podokien	120,50	0,570	1,0	69		2,75	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				1 770		70,81	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		997	0,34	339		13,56	
OGÓŁEM						84,37	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]			
Stropodach wentylowany	458,75	0,179	1,0	82	40	3,28	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	456,58	0,220	1,0	100		4,02	
Okna nowe	229,44	1,500	1,0	344		13,77	
Drzwi wejściowe	4,03	1,500	1,0	6		0,24	
Drzwi wejściowe	9,96	1,700	1,0	17		0,68	
Strop nad piwnicą	76,25	0,805	0,8	49		1,96	
Podłoga na gruncie	382,50	0,367	1,0	140		5,61	
Mostki liniowe	l	ψ	□				
	[m]	[W/mK]					
ościeża	260,80	0,050	1,0	13		0,52	
nadproża	120,50	0,200	1,0	24		0,96	
podokien	120,50	0,220	1,0	27		1,06	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				803		32,10	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		997	0,34	339		13,56	
OGÓŁEM						45,66	

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	99,05	69,33	0,67	6 386	6 138	12 037	14 761	19 652	12 541	9 654	4 511	3 467	89 148
W	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	23,77	16,64	0,67	778	866	1 920	2 986	3 864	2 379	1 444	749	630	15 616
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	92,30	64,61	0,67	3 020	3 359	7 668	11 921	15 955	9 154	5 598	2 907	2 446	62 028
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	14,32	10,02	0,67	945	911	1 959	2 291	3 048	1 763	1 344	649	514	13 425
Razem	229,44	160,61		11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216
OGÓLEM	229,44	160,61		11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]											
Okna stare													
S	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0,00	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Okna nowe													
S	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	99,05	69,33	0,67	6 386	6 138	12 037	14 761	19 652	12 541	9 654	4 511	3 467	89 148
W	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NW	23,77	16,64	0,67	778	866	1 920	2 986	3 864	2 379	1 444	749	630	15 616
N	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NE	92,30	64,61	0,67	3 020	3 359	7 668	11 921	15 955	9 154	5 598	2 907	2 446	62 028
E	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	14,32	10,02	0,67	945	911	1 959	2 291	3 048	1 763	1 344	649	514	13 425
Razem	229,44	160,61		11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216
OGÓLEM	229,44	160,61		11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216

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

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{ve}										
Stropodach wentylowany	[MJ]	24 536	22 162	19 512	14 021	1 225	1 338	15 657	18 317	22 550	139 318
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	32 224	29 106	25 626	18 414	1 609	1 757	20 562	24 057	29 615	182 969
Okna	[MJ]	19 358	17 485	15 394	11 062	966	1 056	12 352	14 452	17 791	109 915
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	1 132	1 023	900	647	57	62	722	845	1 041	6 428
Drzwi wejściowe	[MJ]	952	860	757	544	48	52	608	711	875	5 406
Strop nad piwnicą	[MJ]	2 761	2 494	2 196	1 578	138	151	1 762	2 061	2 538	15 679
Mostki liniowe	[MJ]	10 717	9 680	8 523	6 124	535	584	6 838	8 001	9 849	60 852
Podłoga na gruncie	[MJ]	7 890	7 126	6 274	4 509	394	430	5 034	5 890	7 251	44 799
Straty przez przegrody	[MJ]	99 571	89 935	79 182	56 898	4 971	5 430	63 536	74 334	91 510	565 366
Wentylacja	[MJ]	31 100	28 090	24 732	17 771	1 553	1 696	19 844	23 217	28 582	176 584
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	130 670	118 025	103 914	74 669	6 523	7 126	83 380	97 551	120 092	741 950
Zyski słoneczne	[MJ]	11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 868	7 106	7 868	7 614	1 269	1 269	7 868	7 614	7 868	56 344
Razem zyski	[MJ]	18 997	18 380	31 452	39 573	43 788	27 106	25 908	16 429	14 926	236 560
Stosunek zysków do przenieszenia		0,1454	0,1557	0,3027	0,5300	6,7124	3,8040	0,3107	0,1684	0,1243	0,3188
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	686									
Pojemność cieplna	[J/K]	178 360 000									
Stała czasowa	[h]	21									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$		1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	15									
Parametr numeryczny a_H		2,42									
Parametr numeryczny a_{H+1}		3,42									
η		0,9920	0,9906	0,9608	0,8860	0,1477	0,2552	0,9586	0,9888	0,9944	
Zyski ciepła	[MJ]	18 845	18 208	30 218	35 062	6 468	6 917	24 835	16 246	14 842	171 640
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	111 826	99 816	73 696	39 607	55	209	58 545	81 305	105 250	570 310

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

Wyszczególnienie	Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesięca	[°C]	-1,0	-1,0	3,3	7,6	13,5	12,9	6,6	3,8	0,7	
Różnica temperatur	[°C]	21,0	21,0	16,7	12,4	6,5	7,1	13,4	16,2	19,3	
Liczba dni w miesiącu		31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.	[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve										
Stropodach wentylowany	[MJ]	4 610	4 164	3 666	2 634	230	251	2 942	3 442	4 237	26 176
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	5 648	5 101	4 492	3 227	282	308	3 604	4 216	5 191	32 070
Okna	[MJ]	19 358	17 485	15 394	11 062	966	1 056	12 352	14 452	17 791	109 915
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	340	307	270	194	17	19	217	254	312	1 929
Mostki liniowe	[MJ]	3 580	3 234	2 847	2 046	179	195	2 284	2 673	3 290	20 328
Drzwi wejściowe	[MJ]	952	860	757	544	48	52	608	711	875	5 406
Strop nad piwnicą	[MJ]	2 761	2 494	2 196	1 578	138	151	1 762	2 061	2 538	15 679
Podłoga na gruncie	[MJ]	7 890	7 126	6 274	4 509	394	430	5 034	5 890	7 251	44 799
Straty przez przegrody	[MJ]	45 139	40 771	35 896	25 794	2 253	2 461	28 803	33 698	41 485	256 301
Wentylacja	[MJ]	31 100	28 090	24 732	17 771	1 553	1 696	19 844	23 217	28 582	176 584
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	76 239	68 861	60 628	43 565	3 806	4 157	48 647	56 915	70 067	432 885
Zyski słoneczne	[MJ]	11 129	11 274	23 584	31 959	42 519	25 837	18 040	8 815	7 058	180 216
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 868	7 106	7 868	7 614	1 269	1 269	7 868	7 614	7 868	56 344
Razem zyski	[MJ]	18 997	18 380	31 452	39 573	43 788	27 106	25 908	16 429	14 926	236 560
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2492	0,2669	0,5188	0,9084	11,5049	6,5200	0,5326	0,2887	0,2130	0,5465
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	686									
Pojemność cieplna	[J/K]	178 360 000									
Stała czasowa	[h]	37									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		3,44									
Parametr numeryczny a _H + 1		4,44									
η		0,9937	0,9921	0,9467	0,8103	0,0869	0,1532	0,9429	0,9900	0,9961	
Zyski ciepła	[MJ]	18 877	18 236	29 774	32 065	3 805	4 152	24 428	16 265	14 868	162 471
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	57 362	50 625	30 853	11 499	1	6	24 219	40 651	55 199	270 414

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,91	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,56	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,98	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody w dobrym stanie technicznym
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	0,78	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Z-13 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	625,0
Liczba użytkowników	osoba	175
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	5 257,1
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	18,9
Sprawność wytwarzania	-	0,900
Sprawność przesyłu	-	0,500
Sprawność akumulacji	-	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000
Sprawność całkowita	-	0,450
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	11 682,5
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	42,1
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m^3/h	0,078
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,643
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m^3 wody	GJ/m^3	0,419
Max. moc c.w.u.	kW	23,93
Średnia moc c.w.u.	kW	9,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$	18,7

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 114 sztuk opraw o mocy 72 W oraz żarowe w ilości 52 sztuk opraw o mocy 40 W.

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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

gdzie:

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

t - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	72	114	8 208
	40	52	2 080
po modernizacji	45	114	5 130
	25	52	1 300

Powierzchnia użytkowa A_f	Moc zainstalowanych opraw oświetleniowych P_{rzecz}	Moc jednostkowa P_N		Czas użytkowania oświetlenia t
		przed modernizacją	po modernizacji	
[m ²]	[W]	[W/m ²]	[W/m ²]	[h/rok]
625	10 288	16,5	10,3	1 500

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m ² rok]	24,69	15,43
Zużycie energii do oświetlenia E_L	[kWh/rok]	15 432,00	9 645,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,79	0,79
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	12 191,28	7 619,55
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	5 787,00	
	[%]	37,50	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	4 571,73	
Szacunkowe nakłady inwestycyjne ¹⁾	[zł]	95 557,12	
SPBT	[lata]	20,90	

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

Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej

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

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

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

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh
Energia końcowa			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 059,38	294 272,22	294,27
zużycie po modernizacji	390,44	108 455,56	108,46
oszczędność	668,94	185 816,67	185,82
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	48,89	13 581,50	13,58
zużycie po modernizacji	28,06	7 794,50	7,79
oszczędność	20,83	5 787,00	5,79
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 108,27	307 853,72	307,85
zużycie po modernizacji	418,50	116 250,06	116,25
oszczędność	689,77	191 603,67	191,60
oszczędność %	62,24		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 377,19	382 553,89	382,55
zużycie po modernizacji	507,57	140 992,22	140,99
oszczędność	869,62	241 561,67	241,56
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	146,68	40 744,50	40,74
zużycie po modernizacji	84,18	23 383,50	23,38
oszczędność	62,50	17 361,00	17,36
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 523,87	423 298,39	423,29
zużycie po modernizacji	591,75	164 375,72	164,37
oszczędność	932,12	258 922,67	258,92
oszczędność %	61,17		

Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

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

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie ciepła		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	1 059,38	-	94,96	100,60	390,44	-	94,96	37,08		
energia elektryczna	-	13,58	0,832	11,30	-	7,79	0,832	6,48		
				111,90				43,56	68,34	61,07

Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące

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

- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę rur spustowych i orynowania,
- wykonanie opaski fundamentowej wraz z izolacją termiczną do 1 m oraz izolacją przeciwwilgociową po odkopaniu po obwodzie wraz z dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymianę instalacji odgromowej,
- obróbkę kominów,
- wymianę włazu dachowego,
- wymianę poszycia dachowego,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- demontaż i utylizację starych futryn i drzwi,
- obróbkę nowych drzwi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termomodernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.