

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU

MIEJSKIEGO PRZEDSZKOLA NR 9

„SŁONECZNY DOM”

ul. Dubois 10

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	1954
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul.	Dubois nr bud. 10
	pl.	Jana Pawła II nr 16	1.4 Adres budynku	kod 95-100 miejscowość Zgierz
	kod	95-100 miejscowość Zgierz		powiat zgierski
	tel.	- fax -		województwo łódzkie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt: "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....				
3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis: mgr inż. Barbara Kosowska 				
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				8
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego				8
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				9
7.3 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne				16
7.4 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku				16
7.5 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego				17
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				19
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji				22
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych				24
ZAŁĄCZNIKI				25
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła				25
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją				26
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji				27
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację				28
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego				28
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła				28
Z-7 Projektowana strata ciepła				29
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego				30
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu				31
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009				32
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009				33
Z-12 Sprawności systemu grzewczego				34
Z-13 Ciepła woda użytkowa				35
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne				36
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej				38
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego				39
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące				40

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Tradycyjna	Tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2 104	2 104
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	598	598
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	0	0
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	598	598
7.	Liczba lokali mieszkalnych	0	0
8.	Liczba osób użytkujących budynek	118	118
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]	0,539	0,539
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,154	0,229
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,873	0,177
3	Strop nad piwnicą	0,711	0,711
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	-	-
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 [-]	0,65	0,94
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 [-]	0,90	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	0,95	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,65	0,85	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,60	0,60	
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	[-]	1,00	0,85	
4.	Sprawność akumulacji	[-]	1,00	1,00	
5. Charakterystyka systemu wentylacji					
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)		naturalna	naturalna	
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		okna /kanały	okna /kanały	
3.	Strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /h]	1 564	1 564	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,87	0,87	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	57,99	32,42	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	20,49	13,83	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	410,18	210,36	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	875,88	241,58	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	46,43	42,11	
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	-	-	
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	190,53	97,71	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	406,86	112,22	
10.	Udział odnawialnych źródeł energii	[%]	-	-	
7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)					
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku	[zł/GJ]	62,69	50,90	
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł/(MW m-c)]	-	-	
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej	[zł/m ³]	30,31	16,60	
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)]	7,65	2,21	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	759 194,67	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	69,24
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	759 194,67	Premia termomodernizacyjna	[zł]	79 678,62
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	39 839,31			

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 9 „Słoneczny Dom” w Zgierz, ul. Dubois 10 i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

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

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

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

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

4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1954
Adres budynku	ul. Dubois 10, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	2	
Rodzaj dachu	Dach kryty blachą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 104	777	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	598	299	
Współczynnik kształtu	0,539		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,0	2,8	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	118	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	10	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Strop poddasza		319,28	0,873
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		374,76	1,154
Okna	S	63,13	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	7,82	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	31,94	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	9,83	1,500
	SE	0,00	1,500

Drzwi wejściowe		7,56	1,700
Strop nad piwnicą		319,28	0,711

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Miejskiego Przedszkola Nr 9 „Słoneczny Dom”, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Dubois 10. Budynek wybudowany w 1954 roku, jest podpiwniczony wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany zewnętrzne wykonane z cegły pełnej grubości 48 cm, nieocieplone. Ściany nieogrzewanej piwnicy wykonane z cegły pełnej grubości 48 cm, nieocieplone. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem DMS, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy DMS. 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 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła U dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- dla dachów, stropodachów - 0,18 W/m²K,
- dla ścian zewnętrznych - 0,23 W/m²K,
- dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą - 0,25 W/m²K,
- dla podłogi na gruncie - 0,30 W/m²K.

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- strop poddasza - 0,922 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 1,154 W/m²K,
- strop nad piwnicą - 0,711 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. Nie wpłynie to bezpośrednio na zmniejszenie zużycia energii, ale spowoduje podniesienie temperatury w piwnicy i mniejsze straty energii przez strop piwnicy.

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

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

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

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych starą stolarkę drzwiową wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym spełnia wymagania Warunków Technicznych, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest kotłownia na paliwo stałe zlokalizowana w piwnicy budynku. Zainstalowany w 1994 r. kocioł opalany koksem o mocy 27 kW jest w złym stanie technicznym i w opracowaniu zostanie przeanalizowana jego wymiana.

Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej $90/70^\circ\text{C}$ z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny grzejników i instalacji jest zły, w związku z tym w dalszej części opracowania zostanie przeanalizowana kompleksowa modernizacja instalacji c.o.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z kotła na paliwo stałe zainstalowanego w piwnicy budynku, w złym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym, dlatego w dalszej części opracowania zostanie przeanalizowana tylko wymiana źródła ciepła na potrzeby c.w.u

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 stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie stropu piwnicy poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu,

- wymianę źródła ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.
- kompleksową wymianę instalacji c.o., montaż nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,
- 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 stropu pod poddaszem Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu[SG-1].
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana instalacji c.o. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Wymiana istniejących kotłów na paliwo stałe. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych,

odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),

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

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

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

gdzie:

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

Liczbę stopniodni Sd oblicza się ze wzoru:

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

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,
- $Ld(m)$ - liczba dni ogrzewania w miesiącu m , podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,
- L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u}, q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się 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 Ministerstwem Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Łódź:

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

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem styropianem lub wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (deskowanie lub płyty OSB)

Pow. obliczeniowa = 319,28 [m²] R₀ = 1,085 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 287 [m²]

Materiał: styropian

U₀ = 0,922 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,395	0,418	42,58	0,005	57 400,00	2 913,97	19,698
0,06	1,500	2,645	0,378	38,55	0,005	58 146,20	3 166,25	18,364
0,07	1,750	2,895	0,345	35,22	0,004	58 892,40	3 374,96	17,450
0,08	2,000	3,145	0,318	32,42	0,004	59 638,60	3 550,48	16,797
0,09	2,250	3,395	0,295	30,04	0,004	60 384,80	3 700,16	16,320
0,10	2,500	3,645	0,274	27,98	0,004	61 131,00	3 829,30	15,964
0,11	2,750	3,895	0,257	26,18	0,003	61 877,20	3 941,87	15,697
0,12	3,000	4,145	0,241	24,60	0,003	62 623,40	4 040,86	15,498
0,13	3,250	4,395	0,228	23,20	0,003	63 369,60	4 128,58	15,349
0,14	3,500	4,645	0,215	21,95	0,003	64 115,80	4 206,87	15,241
0,15	3,750	4,895	0,204	20,83	0,003	64 862,00	4 277,15	15,165
0,16	4,000	5,145	0,194	19,82	0,002	65 608,20	4 340,61	15,115
0,17	4,250	5,395	0,185	18,90	0,002	66 354,40	4 398,18	15,087
0,18	4,500	5,645	0,177	18,06	0,002	67 100,60	4 450,66	15,077
0,19	4,750	5,895	0,170	17,30	0,002	67 846,80	4 498,68	15,081
0,20	5,000	6,145	0,163	16,59	0,002	68 593,00	4 542,80	15,099
0,21	5,250	6,395	0,156	15,95	0,002	69 339,20	4 583,47	15,128
0,22	5,500	6,645	0,150	15,35	0,002	70 085,40	4 621,07	15,166
0,23	5,750	6,895	0,145	14,79	0,002	70 831,60	4 655,95	15,213
0,24	6,000	7,145	0,140	14,27	0,002	71 577,80	4 688,39	15,267
0,25	6,250	7,395	0,135	13,79	0,002	72 324,00	4 718,64	15,327

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 18 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 18 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa = 374,76 [m²] R₀ = 0,867 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 427 [m²]

Materiał: styropian U₀ = 1,154 [W/(m²*K)]

λ = 0,040 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔK_{ogr}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,117	0,472	56,55	0,007	123 830,00	5 113,74	24,215
0,06	1,500	2,367	0,423	50,57	0,006	124 523,88	5 488,24	22,689
0,07	1,750	2,617	0,382	45,74	0,006	125 356,53	5 791,17	21,646
0,08	2,000	2,867	0,349	41,75	0,005	126 327,95	6 041,26	20,911
0,09	2,250	3,117	0,321	38,40	0,005	127 438,15	6 251,23	20,386
0,10	2,500	3,367	0,297	35,55	0,004	128 687,13	6 430,02	20,013
0,11	2,750	3,617	0,277	33,09	0,004	130 074,88	6 584,08	19,756
0,12	3,000	3,867	0,259	30,95	0,004	131 601,40	6 718,23	19,589
0,13	3,250	4,117	0,243	29,07	0,004	133 266,70	6 836,08	19,495
0,14	3,500	4,367	0,229	27,41	0,003	135 070,78	6 940,44	19,461
0,15	3,750	4,617	0,217	25,93	0,003	137 013,63	7 033,49	19,480
0,16	4,000	4,867	0,205	24,59	0,003	139 095,25	7 116,98	19,544
0,17	4,250	5,117	0,195	23,39	0,003	141 315,65	7 192,32	19,648
0,18	4,500	5,367	0,186	22,30	0,003	143 674,83	7 260,63	19,788
0,19	4,750	5,617	0,178	21,31	0,003	146 172,78	7 322,87	19,961
0,20	5,000	5,867	0,170	20,40	0,003	148 809,50	7 379,80	20,164
0,21	5,250	6,117	0,163	19,57	0,002	151 585,00	7 432,07	20,396
0,22	5,500	6,367	0,157	18,80	0,002	154 499,28	7 480,24	20,654
0,23	5,750	6,617	0,151	18,09	0,002	157 552,33	7 524,77	20,938
0,24	6,000	6,867	0,146	17,43	0,002	160 744,15	7 566,06	21,245
0,25	6,250	7,117	0,141	16,82	0,002	164 074,75	7 604,45	21,576

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące stropu nad piwnicą

Rozpatruje się ocieplenie stropu nad piwnicą poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] na głębokość 1 m styroporem o optymalnej grubości.

Pow. obliczeniowa =	52,56	[m ²]	$R_0 = 1,250$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 53	[m ²]	$U_0 = 0,800$	[W/(m ² *K)]
Materiał: styropor				
$\lambda =$	0,032	[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	1,563	2,812	0,356	5,97	0,001	17 344,80	467,87	37,071
0,06	1,875	3,125	0,320	5,37	0,001	17 607,60	505,30	34,846
0,07	2,188	3,437	0,291	4,88	0,001	17 922,96	535,92	33,443
0,08	2,500	3,750	0,267	4,48	0,001	18 290,88	561,43	32,579
0,09	2,813	4,062	0,246	4,13	0,001	18 711,36	583,02	32,094
0,10	3,125	4,375	0,229	3,84	0,000	19 184,40	601,53	31,893
0,11	3,438	4,687	0,213	3,58	0,000	19 710,00	617,57	31,916
0,12	3,750	5,000	0,200	3,36	0,000	20 288,16	631,60	32,122
0,13	4,063	5,312	0,188	3,16	0,000	20 918,88	643,98	32,484
0,14	4,38	5,625	0,178	2,98	0,000	21 602,16	654,99	32,981
0,15	4,688	5,937	0,168	2,83	0,000	22 343,26	664,83	33,607
0,16	5,000	6,250	0,160	2,69	0,000	23 131,66	673,70	34,335
0,17	5,313	6,562	0,152	2,56	0,000	23 972,62	681,71	35,165
0,18	5,625	6,875	0,145	2,44	0,000	24 866,14	689,00	36,090
0,19	5,938	7,187	0,139	2,34	0,000	25 812,22	695,66	37,105
0,20	6,250	7,500	0,133	2,24	0,000	26 810,86	701,76	38,205
0,21	6,563	7,812	0,128	2,15	0,000	27 862,06	707,37	39,388
0,22	6,875	8,125	0,123	2,07	0,000	28 965,82	712,55	40,651
0,23	7,188	8,437	0,119	1,99	0,000	30 122,14	717,35	41,991
0,24	7,500	8,750	0,114	1,92	0,000	31 331,02	721,81	43,406
0,25	7,813	9,062	0,110	1,85	0,000	32 592,46	725,95	44,896

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 cm. W związku z tym, że w Warunkach Technicznych 2017 brak jest wymagań dla minimalnego oporu cieplnego warstwy materiału izolacyjnego izolacji obwodowej ściany poniżej gruntu dla nieogrzewanej piwnicy, ocieplenie o grubości 10 cm przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry

7.3 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu pod poddaszem	67 100,60	15,08
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	135 070,78	19,46
3	Ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą	19 184,40	31,89

7.4 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 stropu pod poddaszem	67 100,60	15,08
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	135 070,78	19,46
3	Ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą	19 184,40	31,89
	Ogółem	221 355,78	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu pod poddaszem	67 100,60	15,08
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	135 070,78	19,46
	Ogółem	202 171,38	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Ocieplenie stropu pod poddaszem	67 100,60	15,08
	Ogółem	67 100,60	

7.5 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 ciepłą przed i po wykonaniu modernizacji,

q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc ciepłą 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 kotły, instalacja c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na wymianie kotłów na paliwo stałe, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Stan istniejący - kotły na paliwo stałe,

Wariant 1 - kondensacyjny kocioł gazowy z priorytetem ciepłej wody użytkowej,

Wariant 2 - podłączenie do sieci miejskiej

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji	
				Wariant 1	Wariant 2
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,0580	0,0580	0,0580
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	410	410	410
3	Ogólna sprawność CO	-	0,4004	0,7445	0,7207
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	0,90	0,90	0,9
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	0,95	0,95	0,95
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	876	471	487
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	54 908,92	23 975,26	28 812,51
8	Roczna opłata stała	zł/rok	0,00	3 541,51	637,76
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	18,11	18,11	18,11
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,3900	0,4300	0,4300
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	46,43	42,11	42,11
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	62,69	50,90	59,21
13	Koszt ciepła CO	zł	54 908,92	27 516,77	29 450,27
14	Koszt ciepła CWU	zł	2 910,70	2 143,25	2 493,45
15	Koszt ciepła	zł	57 819,62	29 660,02	31 943,71
16	Oszczędność kosztów	zł		28 159,60	25 875,90
17	Szacowany koszt modernizacji	zł		537 838,89	514 772,89
18	SPBT	lat		19,10	19,89

¹⁾ Uwzględnienie systemu zarządzania energią

Z przeprowadzonej analizy wynika, że bardziej opłacalnym przedsięwzięciem jest wymiana istniejących kotłów na paliwo stałe na kondensacyjny kocioł gazowy z priorytetem c.w.u.

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

cieplej 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}	MW	Q _{CWU}	Oplata CWU	Q _{CO+CWU}	KOSZT	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	zł/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok	zł/rok	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok
0	0,0580	410,18	0,4004	0,855	875,88	54 908,92	0,007	46,43	922	57 819,62	639	69,24	39 839,31		
I+A	0,0324	210,36	0,7445	0,855	241,58	15 837,06	0,005	42,11	284	17 980,31	636	68,97	39 712,58		
II+A	0,0327	212,53	0,7445	0,855	244,07	15 963,79	0,005	42,11	286	18 107,04	481	52,17	31 824,65		
III+A	0,0500	347,48	0,7445	0,855	399,05	23 851,72	0,005	42,11	441	25 994,97	409	44,36	28 159,60		
A	0,0580	410,18	0,7445	0,855	471,06	27 516,77	0,005	42,11	513	29 660,02					

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		
														[zł]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9							
1	I+A	759 194,67	39 839,31	69,24	0,00 759 194,67	151 838,93	121 471,15	79 678,62							
2	II+A	740 010,27	39 712,58	68,97	0,00 740 010,27	148 002,05	118 401,64	79 425,16							
3	III+A	604 939,49	31 824,65	52,17	0,00 604 939,49	120 987,90	96 790,32	63 649,30							
4	A	537 838,89	28 159,60	44,36	0,00 537 838,89	107 567,78	86 054,22	56 319,20							

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 427 m² należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 14 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,229 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie stropu nad nieogrzewaną piwnicą poprzez ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 53 m² należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$ na głębokość jednego metra. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie należy odcinkami 1 m odkopywać ścianę poniżej gruntu. Pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej do spodu fundamentów i zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni oraz inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie stropu pod poddaszem
Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 287 m² należy wykonać poprzez rozłożenie płyt styropianowych grubości minimum 18 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$

na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (deskowanie lub płyty OSB). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż $0,179 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania oraz źródła ciepła poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 37 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 37 szt.),
- montaż zaworów podpionowych,
- montaż automatycznych odpowietrzników,
- montaż instalacji mieszania pompowego,
- regulację instalacji grzewczej,
- wymianę istniejących kotłów na paliwo stałe na kondensacyjny kocioł gazowy z priorytetem ciepłej wody użytkowej o mocy ok. 50 kW wraz z dostosowaniem pomieszczenia kotłowni do przepisów ppoz. wraz z likwidacją zsyków węglowych, wymianą stolarki okiennej i drzwiowej oraz odtworzeniem krat w oknach piwnicznych,

Urządzenia do ogrzewania powinny charakteryzować się obowiązującym od końca 2020 r. minimalnym poziomem efektywności energetycznej i normami emisji zanieczyszczeń, które zostały określone w środkach wykonawczych do dyrektywy 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiającej ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z 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 zużycie 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 umożliwiać komunikację opartą na otwartych protokołach komunikacyjnych.

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Calkowity koszt robót szacuje się na	759 194,67 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	79 678,62 zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	39 839,31 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	19,06 lat

Barbara Kosowska

mgr inż. Barbara Kosowska

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej obecnie		
Założenia:		
- obiekt	przedszkole	
- źródło ciepła	lokalna kotłownia	
- paliwo		koks
Zapotrzebowanie ciepła	GJ	922,31
Wartość opałowa paliwa	GJ/Mg	25,93
Zużycie paliwa roczne	Mg	35,6
Cena paliwa	zł/Mg	1 082
Koszt paliwa	zł	38 485,90
Koszty pozostałe	zł	19 332,00
Koszty ogółem	zł	57 817,90
Cena jednostkowa ciepła	zł/GJ	62,69

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej docelowo		
Zużycie gazu	[m ³]	24 249
	[kWh]	272 076
Współczynnik konwersji	[kWh/m ³]	11,220
Taryfa		W-4
Ceny gazu		
- za paliwo gazowe	[zł/kWh]	0,10865
- za przesył - stała	[zł/m-c]	222,34
- za przesył - zmienna	[zł/kWh]	0,0246
- abonament	[zł/m-c]	17,60
Koszt gazu zmienny	[zł]	36 243,20
Ciepło w gazie	[GJ]	875,88
Cena ciepła netto	[zł/GJ]	41,38
Cena ciepła brutto	[zł/GJ]	50,90
Opłata stała za gaz	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe netto	[zł/rok]	2 879,28
Koszty stałe brutto	[zł/rok]	3 541,51

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]
Strop poddasza	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,873
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	200,0				
	Trociny z piaskiem	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Strop DMS	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,945	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,100	
	R_T				1,145	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	1,154
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,480	0,770	0,623	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	
	R				0,697	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,867	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,800
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,480	0,770	0,623	
	R				0,642	
	Opór zastępczy gruntu				0,608	
	R_T				1,250	
Strop nad piwnicą	Klepka	2,0	0,02	0,22	0,091	0,711
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Trociny z piaskiem	6,0	0,06	0,090	0,667	
	Strop DMS	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,82	0,018	
	R				1,066	
	R_{si}				0,170	
	R_{se}				0,170	
	R_T				1,406	
Okna				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Drzwi wejściowe				1,700	1,0	1,700

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Strop poddasza	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	0,177
	Deska sosnowa	2,5	0,025	0,160	0,156	
	Pustka powietrzna	200,0	2,000		0,000	
	Trociny z piaskiem	6,0	0,060	0,090	0,667	
	Strop DMS	24,0	0,240	0,000	0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropian	18,0	0,180	0,040	4,500	
	R				5,445	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,100	
				R_T	5,645	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,03	0,820	0,037	0,229
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,48	0,770	0,623	
	Tynk cem.-wapienny	3,0	0,030	0,820	0,037	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	R				4,197	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				4,367	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	0,203
	Mur z cegły pełnej	48,0	0,48	0,770	0,623	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				3,767	
	Opór zastępczy gruntu				1,157	
	R_T				4,924	
Strop nad piwnicą	Kleпка	2,0	0,020	0,220	0,091	0,711
	Gładź cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Trociny z piaskiem	6,0	0,06	0,090	0,667	
	Strop DMS	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				1,066	
	R_{si}				0,170	
	R_{se}				0,170	
	R_T				1,406	
Okna				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe				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]	1 794		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	598		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	0,33		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,10	0,10	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	0,43	0,43	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	0,43	0,43	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	1 564	1 564	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	521,46	521,46	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,87	0,87	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		1 794	0,5			897,0

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	598	4,7	2 811

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]		
Strop poddasza	319,28	0,873	0,90	251	40	10,04
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	374,76	1,154	1,00	432		17,30
Okna	112,71	1,500	1,00	169		6,76
Drzwi wejściowe	7,56	1,700	1,00	13		0,51
Strop nad piwnicą	319,28	0,711	0,67	152		6,08
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	213,72	0,190	1,0	41		1,62
nadproża	74,23	0,600	1,0	45		1,78
podokien	74,23	0,570	1,0	42		1,69
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				1 145		45,79
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		897	0,34	305	12,20	
OGÓLEM					57,99	

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Strop poddasza	319,28	0,177	0,90	51	40	2,04
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	374,76	0,229	1,00	86		3,43
Okna nowe	112,71	1,500	1,00	169		6,76
Drzwi wejściowe	7,56	1,700	1,00	13		0,51
Strop nad piwnicą	319,28	0,711	0,64	145		5,80
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	213,72	0,050	1,0	11		0,43
nadproża	74,23	0,200	1,0	15		0,59
podokien	74,23	0,220	1,0	16		0,65
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				506		20,22
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		897	0,34	305	12,20	
OGÓLEM					32,42	

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	63,13	44,19	0,67	4 970	4 650	9 219	9 961	12 613	8 375	6 924	3 233	2 473	62 418
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	7,82	5,47	0,67	290	337	745	1 078	1 458	881	577	270	211	5 847
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	31,94	22,36	0,67	1 045	1 160	2 529	3 814	4 667	3 097	1 923	1 006	847	20 087
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	9,83	6,88	0,67	376	435	1 059	1 455	2 005	1 076	700	338	272	7 716
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	112,71	78,90		6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068
OGÓLEM	112,71	78,90		6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068

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	63,13	44,19	0,67	4 970	4 650	9 219	9 961	12 613	8 375	6 924	3 233	2 473	62 418
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	7,82	5,47	0,67	290	337	745	1 078	1 458	881	577	270	211	5 847
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	31,94	22,36	0,67	1 045	1 160	2 529	3 814	4 667	3 097	1 923	1 006	847	20 087
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	9,83	6,88	0,67	376	435	1 059	1 455	2 005	1 076	700	338	272	7 716
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	112,71	78,90		6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068
OGÓLEM	112,71	78,90		6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068

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. miesięczą	[°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}										
Strop poddasza	[MJ]	14 116	12 750	11 226	8 066	705	770	9 008	10 538	12 973	80 152
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	24 325	21 971	19 345	13 900	1 214	1 327	15 522	18 160	22 356	138 121
Okna	[MJ]	9 510	8 589	7 562	5 434	475	519	6 068	7 099	8 740	53 996
Drzwi wejściowe	[MJ]	723	653	575	413	36	39	461	540	665	4 106
Strop nad piwnicą	[MJ]	8 551	7 724	6 800	4 887	427	466	5 457	6 384	7 859	48 555
Mostki liniowe	[MJ]	7 169	6 475	5 701	4 097	358	391	4 574	5 352	6 589	40 705
Straty przez przegrody	[MJ]	64 395	58 163	51 209	36 797	3 215	3 512	41 090	48 073	59 182	365 636
Wentylacja	[MJ]	29 330	26 492	23 324	16 760	1 464	1 599	18 715	21 896	26 956	166 537
Całkowite przenieszenie ciepła	[MJ]	93 725	84 655	74 534	53 557	4 679	5 111	59 805	69 970	86 138	532 172
Zyski słoneczne	[MJ]	6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 528	6 799	7 528	7 285	1 214	1 214	7 528	7 285	7 528	53 910
Razem zyski	[MJ]	14 209	13 381	21 079	23 593	21 957	14 642	17 652	12 132	11 331	149 977
Stosunek zysków do przenieszenia		0,1516	0,1581	0,2828	0,4405	4,6927	2,8649	0,2952	0,1734	0,1315	0,2818
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	897									
Pojemność ciepła	[J/K]	233 220 000									
Stała czasowa	[h]	39									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy		1									
$a_{H,0}$		15									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$	[h]	3,59									
Parametr numeryczny a_H		4,59									
Parametr numeryczny $a_H + 1$		4,59									
η		0,9990	0,9989	0,9923	0,9699	0,2124	0,3438	0,9912	0,9985	0,9994	
Zyski ciepła	[MJ]	14 196	13 366	20 917	22 882	4 665	5 034	17 496	12 114	11 324	121 993
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	79 529	71 288	53 616	30 676	14	76	42 309	57 856	74 814	410 179

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. miesięczą	[°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										
Strop poddasza	[MJ]	2 863	2 586	2 277	1 636	143	156	1 827	2 137	2 631	16 257
Ściana zewnętrzna [SZ-I]	[MJ]	4 827	4 360	3 839	2 759	241	263	3 080	3 604	4 437	27 410
Okna	[MJ]	9 510	8 589	7 562	5 434	475	519	6 068	7 099	8 740	53 996
Drzwi wejściowe	[MJ]	723	653	575	413	36	39	461	540	665	4 106
Mostki liniowe	[MJ]	2 355	2 127	1 872	1 345	118	128	1 502	1 758	2 164	13 370
Strop nad piwnicą	[MJ]	8 159	7 370	6 489	4 662	407	445	5 206	6 091	7 499	46 328
Straty przez przegrody	[MJ]	28 437	25 685	22 614	16 250	1 420	1 551	18 146	21 230	26 135	161 467
Wentylacja	[MJ]	29 330	26 492	23 324	16 760	1 464	1 599	18 715	21 896	26 956	166 537
Całkowite przenoszenie ciepła	[MJ]	57 767	52 177	45 939	33 010	2 884	3 150	36 861	43 126	53 091	328 004
Zyski słoneczne	[MJ]	6 681	6 582	13 552	16 307	20 743	13 428	10 124	4 847	3 803	96 068
Zyski wewnętrzne	[MJ]	7 528	6 799	7 528	7 285	1 214	1 214	7 528	7 285	7 528	53 910
Razem zyski	[MJ]	14 209	13 381	21 079	23 593	21 957	14 642	17 652	12 132	11 331	149 977
Stosunek zysków do przenoszenia		0,2460	0,2565	0,4589	0,7147	7,6137	4,6481	0,4789	0,2813	0,2134	0,4572
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	897									
Pojemność ciepła	[J/K]	233 220 000									
Stała czasowa	[h]	63									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		5,21									
Parametr numeryczny a _H + 1		6,21									
η		0,9995	0,9994	0,9905	0,9433	0,1313	0,2151	0,9886	0,9990	0,9997	
Zyski ciepła	[MJ]	14 202	13 373	20 880	22 254	2 884	3 149	17 451	12 120	11 328	117 642
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	43 565	38 804	25 059	10 755	0	1	19 410	31 005	41 763	210 362

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia na paliwo stałe
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,65	kocioł w złym stanie technicznym
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,400	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Sprawność systemu grzewczego dla optymalnego wariantu

1	Rodzaj systemu zasilania			kotłownia gazowa
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,94	kondensacyjny kocioł gazowy
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody poziome i pionowe zaizolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i regulacja miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,74	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecnie	docelowo
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	598,0	598,0
Liczba użytkowników	osoba	118	118
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doba)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doba	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	5 030,0	5 030,0
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	18,1	18,1
Sprawność wytwarzania	-	0,650	0,850
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,600
Sprawność akumulacji	-	1,000	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,390	0,430
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	12 897,5	11 697,7
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	46,4	42,1
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,052	0,052
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,910	2,910
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,483	0,326
Max. moc c.w.u.	kW	20,49	13,83
Średnia moc c.w.u.	kW	7,0	4,8
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	21,6	19,6

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 24 sztuki opraw o mocy 72 W, 3 sztuki o mocy 36W oraz żarowe w ilości 21 sztuk opraw o mocy 75 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	24	1 728
	75	21	1 575
	36	3	108
po modernizacji	45	24	1 080
	25	21	525
	25	3	75

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]
598	3 411	5,7	2,8	2 000

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	[kWh/m ² rok]	11,41	5,62
Zużycie energii do oświetlenia E_L	[kWh/rok]	6 822,00	3 360,00
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,61	0,61
Koszt energii elektrycznej	[zł/rok]	4 161,42	2 049,60
Oszczędność zużycia energii	[kWh/rok]	3 462,00	
	[%]	50,75	
Oszczędność kosztów	[zł/rok]	2 111,82	
Szacowane nakłady inwestycyjne ¹⁾	[zł]	43 981,18	
SPBT	[lata]	20,83	

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 instalacji c.o. i źródła ciepła, montaż Systemu Zarządzania Energią, wymiana oświetlenia wewnętrznego).

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny – 1,1.
- 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	922,31	256 197,22	256,20
zużycie po modernizacji	283,69	78 802,78	78,80
oszczędność	638,62	177 394,44	177,39
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	55,94	15 537,50	15,54
zużycie po modernizacji	43,47	12 075,50	12,08
oszczędność	12,46	3 462,00	3,46
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	978,25	271 734,72	271,74
zużycie po modernizacji	327,16	90 878,28	90,88
oszczędność	651,08	180 856,44	180,86
oszczędność %	66,56		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	1 014,54	281 816,94	281,82
zużycie po modernizacji	312,06	86 683,06	86,68
oszczędność	702,48	195 133,88	195,13
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	167,81	46 612,50	46,61
zużycie po modernizacji	130,42	36 226,50	36,23
oszczędność	37,39	10 386,00	10,39
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	1 182,35	328 429,44	328,43
zużycie po modernizacji	442,47	122 909,56	122,91
oszczędność	739,87	205 519,88	205,52
oszczędność %	62,58		

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 energii		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie energii		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	
węgiel kamienny	922,31	-	94,73	87,37	-	-	-	-		
gaz ziemny	-	-	-	-	283,69	-	56,10	15,92		
energia elektryczna	-	15,54	0,832	12,93	-	12,08	0,832	10,05		
				100,30				25,97	74,33	74,11

	Roczna redukcja emisji CO ₂ wynikająca ze zmiany źródła ciepła							
	Roczne zużycie energii	WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie energii	WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	kg/GJ	Mg	GJ	kg/GJ	Mg	Mg	%
	przed modernizacją			po modernizacji			redukcja	
węgiel kamienny	922,31	94,73	87,37	-	-	-		
gaz ziemny	0,00	0,00	0,00	513,17	56,10	28,79		
			87,37			28,79	58,58	67,05

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,
- odnowienie murków obwodowych,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszenia, drabiny, kraty, itp) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji wraz ze wzmocnieniem np. poprzez kotwy spiralne tam gdzie jest to niezbędne,
- niezbędne prace związane z wymianą konstrukcji dachu,
- 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 termo modernizacyjnych, oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.