

AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU GIMNAZJUM NR 2
im. Jana Kochanowskiego z Oddziałami Dwujęzycznymi

ul. 3 Maja 46 a

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
1.3 Inwestor (nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)	Gmina Miasto Zgierz		ul. 3 Maja nr bud. 46a
	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 Kobylka, 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 Kobylka data wykonania opracowania: Maj 2017			
6. Spis treści			
1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1			
2. Karta audytu energetycznego budynku 2			
3. Podstawa opracowania. 4			
3.1 Cel i zakres opracowania. 4			
3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu. 4			
3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zleceniodawcy) 5			
4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku 6			
5. Ocena stanu technicznego budynku 7			
5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku. 7			
5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania. 8			
5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. 9			
5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji. 9			
6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. 9			
7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego..... 10			
7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło 10			
7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. 10			
7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. 18			
7.4 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne 23			
7.5 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku 23			
7.6 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. 26			
8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego 30			
9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. 33			
10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych 36			
ZAŁĄCZNIKI..... 37			
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła. 37			
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją. 38			
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji. 40			
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację. 42			
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego. 42			
Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła. 42			
Z-7 Projektowana strata ciepła. 43			
Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego. 45			
Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu. 46			
Z-10 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 47			
Z-11 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. 48			
Z-12 Sprawności systemu grzewczego. 49			
Z-13 Ciepła woda użytkowa. 50			
Z-14 Oświetlenie wewnętrzne. 51			
Z-15 Obliczenie efektywności energetycznej. 53			
Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego 54			
Z-17 Niezbędne roboty towarzyszące 55			
Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części mieszkalnej 56			

2. Karta audytu energetycznego budynku

1. Dane ogólne		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1.	Konstrukcja/technologia budynku	Uprzemysłowiona	Uprzemysłowiona
2.	Liczba kondygnacji	3	3
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	17 466	17 466
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	3 686	3 686
5.	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m ²]	52,36	52,36
6.	Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	3 633,64	3 633,64
7.	Liczba lokali mieszkalnych	1	1
8.	Liczba osób użytkujących budynek	368	368
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]	0,360	0,360
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m²K)]			
1	Ściany zewnętrzne	1,100	0,204
2	Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,571	0,171
3	Strop nad piwnicą	-	-
4	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,401	0,318
5	Okna, drzwi balkonowe	3,000	1,100
6	Drzwi zewnętrzne/bramy	5,100	1,500
7	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania [-]	0,95	0,95
2.	Sprawność przesyłu [-]	0,96	0,96
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania [-]	0,77	0,88
4.	Sprawność akumulacji [-]	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]	1,00	0,90
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]	1,00	0,95

4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej					
1.	Sprawność wytwarzania	[-]	0,91	0,91	
2.	Sprawność przesyłu	[-]	0,50	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]	8 892	8 892	
4.	Krotność wymian powietrza	[1/h]	0,71	0,71	
6. Charakterystyka energetyczna budynku					
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	361,14	201,19	
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[kW]	50,26	50,26	
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2 294,88	1 102,16	
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	3 268,13	1 174,12	
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej	[GJ/rok]	242,64	242,64	
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)]	172,94	83,06	
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/(m ² rok)]	246,29	88,48	
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]	30,00	30,00	
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)]	5,45	2,17	
6.	Miesięczna opłata abonamentowa	[zł/m-c]	-	-	
7.	Inne	[zł]	-	-	
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego					
Planowana kwota kredytu ¹⁾	[zł]	2 934 903,55	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię	[%]	59,65
Planowane koszty całkowite ²⁾	[zł]	2 934 903,55	Premia termomodernizacyjna	[zł]	290 170,06
Roczna oszczędność kosztów energii	[zł/rok]	145 085,03			

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 Gimnazjum Nr 2 w Zgierzu, ul. 3 Maja 46a 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	1974
Adres budynku	ul. 3 Maja 46a, 95 – 100 Zgierz	Właściciel	Gmina Miasto Zgierz, pl. Jana Pawła II 16, 95 – 100 Zgierz
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Uprzemysłowiona		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	3	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	17 466	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	3 686	-	
Współczynnik kształtu	0,360		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,2	2,7	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	474	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	14	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Położenie	Pow. netto [m ²]	U [W/m ² K]
Stropodach wentylowany		1250,10	0,571
Dach sala		302,27	0,543
Ściana zewnętrzna [SZ-1]		1 872,58	1,100
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		308,43	0,618
Okna nowe	S	426,41	1,500
	SW	0,00	1,500
	W	70,25	1,500
	NW	0,00	1,500
	N	213,61	1,500
	NE	0,00	1,500
	E	47,02	1,500
	SE	0,00	1,500

Przegroda	Położenie	Pow. netto	U
		[m ²]	[W/m ² K]
Okna stare drewniane	S	29,97	3,000
	SW	0,00	3,000
	W	4,86	3,000
	NW	0,00	3,000
	N	64,88	3,000
	NE	0,00	3,000
	E	4,86	3,000
	SE	0,00	3,000
Okna stare metalowe	S	63,00	6,120
	SW	0,00	6,120
	W	12,48	6,120
	NW	0,00	6,120
	N	33,30	6,120
	NE	0,00	6,120
	E	14,82	6,120
	SE	0,00	6,120
Drzwi wejściowe metalowe		16,75	6,120
Drzwi wejściowe nowe		6,99	1,700
Podłoga na gruncie sala		302,27	0,346
Podłoga na gruncie		231,13	0,401
Podłoga na gruncie w piwnicy		1 018,97	0,371

5. Ocena stanu technicznego budynku

5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.

W opracowaniu analizie poddano budynek Gimnazjum Nr 2, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. 3 Maja 46a. Budynek zbudowany w 1974 roku w technologii wielkopłytkowej o trzech kondygnacjach nadziemnych, częściowo podpiwniczony. Ściany zewnętrzne wielkoblokowe z cegły żerańskiej, nieocieplone. Stropy typu płyta „Żerańska”. Stropodach wentylowany wykonany z płyt korytkowych na ściankach ażurowych, kryty papą termozgrzewalną., nieocieplony.

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:

- stropodach, dach - 0,543; 0,571 W/m²K,
- ściany zewnętrzne - 0,618; 1,100 W/m²K,
- podłoga na gruncie - 0,346; 0,371; 0,401 W/m²K

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. 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 m²K/W, w związku z tym w opracowaniu przeanalizowano ocieplenie ścian zewnętrznych do poziomu gruntu.

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

- okna - 1,3 W/m²K
- drzwi - 1,7 W/m²K

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych część starej stolarki okiennej wymieniono na okna o współczynniku przenikania ciepła 1,5 W/m²K. Wymieniona stolarka jest w dobrym stanie technicznym, w związku z tym w opracowaniu nie będzie analizowana jej wymiana. Przeanalizowana zostanie natomiast wymiana pozostałej, starej stolarki okiennej. Ze względu na zły stan techniczny tej stolarki w obliczeniach uwzględniono współczynniki zwiększające 1,2.

W budynku w ramach prac termomodernizacyjnych drzwi wejściowe główne wymieniono na drzwi o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m²K i są w dobrym stanie technicznym. Natomiast pozostałe drzwi metalowe są w złym stanie technicznym. W związku z tym w opracowaniu przeanalizowana zostanie tylko częściowa wymiana drzwi zewnętrznych.

5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii cieplnej. Węzeł jest w dobrym stanie technicznym. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna o parametrach wody grzejnej 90/70°C z rozdziałem

dolnym w układzie dwururowym, pompowym. Instalacja została wykonana z rur stalowych czarnych, spawanych, bez zaworów podpionowych. Przewody poziome izolowane (zły stan izolacji), pionowe nieizolowane. W budynku zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi oraz rury grzejne Faviera. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana ich wymiana.

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

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z miejskiej sieci ciepłowniczej, a w budynku zainstalowano węzeł cieplny, który jest własnością dostawcy energii, będący w dobrym stanie technicznym. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym 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,
- ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien drewnianych,
- zmniejszenie powierzchni i wymianę okien metalowych,
- wymianę drzwi metalowych,
- wymianę instalacji c.o., grzejników oraz montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu wentylowanego. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną. Ocieplenie ścian zewnętrznych. Ocieplenie ścian poniżej gruntu. Wymiana okien drewnianych. Zmniejszenie powierzchni okien metalowych. Wymiana okien metalowych. Wymiana drzwi metalowych.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana orurowania. Wymiana grzejników. Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - składnikowi miesięcznych

kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),

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

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

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

gdzie:

U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$, przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji, m^2 ,

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

Liczbę stopniodni Sd oblicza się wg 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,

$t_c(m)$ - 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 wg 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
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu wentylowanego

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu wentylowanego granulatem wełny mineralnej o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa = 1250,10 [m²] R₀ = 1,751 [(m²*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 1125 [m²]

Materiał: granulata U₀ = 0,571 [W/(m²*K)]

λ = 0,044 [W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	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	2,887	0,346	138,29	0,017	196 875,00	6 799,11	28,956
0,06	1,364	3,114	0,321	128,20	0,016	199 687,50	7 563,49	26,401
0,07	1,591	3,341	0,299	119,48	0,015	202 500,00	8 223,89	24,623
0,08	1,818	3,569	0,280	111,87	0,014	205 312,50	8 800,18	23,330
0,09	2,045	3,796	0,263	105,17	0,013	208 125,00	9 307,46	22,361
0,10	2,273	4,023	0,249	99,23	0,012	210 937,50	9 757,43	21,618
0,11	2,500	4,251	0,235	93,93	0,012	213 750,00	10 159,28	21,040
0,12	2,727	4,478	0,223	89,16	0,011	216 562,50	10 520,34	20,585
0,13	2,955	4,705	0,213	84,85	0,011	219 375,00	10 846,52	20,225
0,14	3,182	4,932	0,203	80,94	0,010	222 187,50	11 142,64	19,940
0,15	3,409	5,160	0,194	77,38	0,010	225 000,00	11 412,67	19,715
0,16	3,636	5,387	0,186	74,11	0,009	227 812,50	11 659,91	19,538
0,17	3,864	5,614	0,178	71,11	0,009	230 625,00	11 887,14	19,401
0,18	4,091	5,841	0,171	68,35	0,009	233 437,50	12 096,69	19,298
0,19	4,318	6,069	0,165	65,79	0,008	238 500,00	12 290,54	19,405
0,20	4,545	6,296	0,159	63,41	0,008	243 562,50	12 470,40	19,531
0,21	4,773	6,523	0,153	61,20	0,008	248 625,00	12 637,72	19,673
0,22	5,000	6,751	0,148	59,14	0,007	253 687,50	12 793,78	19,829
0,23	5,227	6,978	0,143	57,22	0,007	258 750,00	12 939,67	19,997
0,24	5,455	7,205	0,139	55,41	0,007	263 812,50	13 076,36	20,175
0,25	5,682	7,432	0,135	53,72	0,007	268 875,00	13 204,68	20,362

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 dachu nad salą gimnastyczną

Rozpatruje się ocieplenie dachu styropapą o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	302,27	[m ²]	$R_0 = 1,841$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 303	[m ²]		
Materiał: styropapa			$U_0 = 0,543$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	0,040	[W/(m*K)]		

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

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	3,091	0,324	31,23	0,004	44 736,37	1 605,81	27,859
0,06	1,500	3,341	0,299	28,89	0,004	45 794,33	1 782,79	25,687
0,07	1,750	3,591	0,278	26,88	0,003	46 852,28	1 935,13	24,211
0,08	2,000	3,841	0,260	25,13	0,003	47 910,24	2 067,63	23,172
0,09	2,250	4,091	0,244	23,60	0,003	48 968,19	2 183,95	22,422
0,10	2,500	4,341	0,230	22,24	0,003	50 026,15	2 286,86	21,875
0,11	2,750	4,591	0,218	21,03	0,003	51 084,10	2 378,57	21,477
0,12	3,000	4,841	0,207	19,94	0,002	52 142,06	2 460,81	21,189
0,13	3,250	5,091	0,196	18,96	0,002	53 200,01	2 534,97	20,986
0,14	3,500	5,341	0,187	18,07	0,002	54 257,97	2 602,19	20,851
0,15	3,750	5,591	0,179	17,27	0,002	55 315,92	2 663,39	20,769
0,16	4,000	5,841	0,171	16,53	0,002	56 373,88	2 719,36	20,731
0,17	4,250	6,091	0,164	15,85	0,002	57 446,95	2 770,73	20,733
0,18	4,500	6,341	0,158	15,22	0,002	58 504,90	2 818,06	20,761
0,19	4,750	6,591	0,152	14,65	0,002	59 562,86	2 861,79	20,813
0,20	5,000	6,841	0,146	14,11	0,002	60 620,81	2 902,33	20,887
0,21	5,250	7,091	0,141	13,61	0,002	61 678,76	2 940,00	20,979
0,22	5,500	7,341	0,136	13,15	0,002	62 736,72	2 975,12	21,087
0,23	5,750	7,591	0,132	12,72	0,002	63 794,67	3 007,92	21,209
0,24	6,000	7,841	0,128	12,31	0,002	64 852,63	3 038,62	21,343
0,25	6,250	8,091	0,124	11,93	0,001	65 910,58	3 067,43	21,487

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 16 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 16 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

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

Pow. obliczeniowa =	1 872,58	[m ²]	R ₀ =	0,909	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 2 145	[m ²]	U ₀ =	1,100	[W/(m ² *K)]
Materiał:	styropian		λ =	0,040	[W/(m*K)]

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

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,250	2,159	0,463	277,03	0,035	714 285,00	28 860,17	24,750
0,06	1,500	2,409	0,415	248,28	0,031	717 502,50	31 037,79	23,117
0,07	1,750	2,659	0,376	224,93	0,028	721 363,50	32 805,89	21,989
0,08	2,000	2,909	0,344	205,60	0,026	725 868,00	34 270,06	21,181
0,09	2,250	3,159	0,317	189,33	0,024	731 016,00	35 502,47	20,591
0,10	2,500	3,409	0,293	175,44	0,022	736 807,50	36 554,11	20,157
0,11	2,750	3,659	0,273	163,46	0,020	743 242,50	37 462,03	19,840
0,12	3,000	3,909	0,256	153,00	0,019	750 321,00	38 253,82	19,614
0,13	3,250	4,159	0,240	143,80	0,018	758 043,00	38 950,40	19,462
0,14	3,500	4,409	0,227	135,65	0,017	766 408,50	39 567,99	19,369
0,15	3,750	4,659	0,215	128,37	0,016	775 417,50	40 119,30	19,328
0,16	4,000	4,909	0,204	121,83	0,015	785 070,00	40 614,45	19,330
0,17	4,250	5,159	0,194	115,93	0,015	795 366,00	41 061,60	19,370
0,18	4,500	5,409	0,185	110,57	0,014	806 305,50	41 467,43	19,444
0,19	4,750	5,659	0,177	105,68	0,013	817 888,50	41 837,39	19,549
0,20	5,000	5,909	0,169	101,21	0,013	830 115,00	42 176,05	19,682
0,21	5,250	6,159	0,162	97,10	0,012	842 985,00	42 487,21	19,841
0,22	5,500	6,409	0,156	93,32	0,012	856 498,50	42 774,10	20,024
0,23	5,750	6,659	0,150	89,81	0,011	870 655,50	43 039,44	20,229
0,24	6,000	6,909	0,145	86,56	0,011	885 456,00	43 285,59	20,456
0,25	6,250	7,159	0,140	83,54	0,010	900 900,00	43 514,53	20,703

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 2014 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 15 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 poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] na głębokość 1 m styroporem lub styropianem XPS o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	308,43	[m ²]	$R_0 = 1,617$	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 182	[m ²]		
Materiał: styropor			$U_0 = 0,618$	[W/(m ² *K)]
$\lambda =$	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_{ogrz}	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,563	3,179	0,315	30,98	0,004	58 057,60	2 166,92	26,793
0,06	1,875	3,492	0,286	28,21	0,004	59 191,54	2 376,92	24,903
0,07	2,188	3,804	0,263	25,89	0,003	60 552,26	2 552,42	23,723
0,08	2,500	4,117	0,243	23,93	0,003	62 139,78	2 701,27	23,004
0,09	2,813	4,429	0,226	22,24	0,003	63 954,08	2 829,12	22,606
0,10	3,125	4,742	0,211	20,77	0,003	65 995,16	2 940,12	22,446
0,11	3,438	5,054	0,198	19,49	0,002	68 263,04	3 037,39	22,474
0,12	3,750	5,367	0,186	18,35	0,002	70 757,70	3 123,34	22,655
0,13	4,063	5,679	0,176	17,34	0,002	73 479,15	3 199,82	22,963
0,14	4,38	5,992	0,167	16,44	0,002	76 427,39	3 268,33	23,384
0,15	4,688	6,304	0,159	15,62	0,002	79 620,56	3 330,05	23,910
0,16	5,000	6,617	0,151	14,89	0,002	83 022,37	3 385,94	24,520
0,17	5,313	6,929	0,144	14,22	0,002	86 650,97	3 436,78	25,213
0,18	5,625	7,242	0,138	13,60	0,002	90 506,36	3 483,24	25,983
0,19	5,938	7,554	0,132	13,04	0,002	94 588,53	3 525,86	26,827
0,20	6,250	7,867	0,127	12,52	0,002	98 897,49	3 565,09	27,741
0,21	6,563	8,179	0,122	12,04	0,002	103 433,24	3 601,32	28,721
0,22	6,875	8,492	0,118	11,60	0,001	108 195,78	3 634,88	29,766
0,23	7,188	8,804	0,114	11,19	0,001	113 185,11	3 666,06	30,874
0,24	7,500	9,117	0,110	10,80	0,001	118 401,22	3 695,11	32,043
0,25	7,813	9,429	0,106	10,45	0,001	123 844,12	3 722,23	33,272

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 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 10 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

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

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

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

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

gdzie:

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

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

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

gdzie:

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

przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

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

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

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

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

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

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

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

gdzie:

S_d - jak we wzorze (4),

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

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

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

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

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

gdzie:

- Sd - jak we wzorze (4),
 U - jak we wzorze (8),
 A_{Ok} - jak we wzorze (8),
 V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m³/h,
 c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,
 c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
 t_{z0} - jak we wzorze (5),
 A_{Ok} - jak we wzorze (8),
 U - jak we wzorze (8),
 a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określane w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, m³/(m*h*daPa^{2/3}),
 l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną q₀, q₁ w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się wg wzoru:

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

gdzie:

- t_{w0} - jak we wzorze (4),
 t_{z0} - jak we wzorze (5),

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

U - jak we wzorze (8),

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

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

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

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

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

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

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien drewnianych (o powierzchni około $104,57 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	$W/m^2 \cdot K$	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,0	1,2	1,0	280,80	0,014	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	193,92	0,007	5 222,07	116 071,81	22,23
2	1,1	1,0	1,0	187,24	0,006	5 626,75	122 345,96	21,74
3	0,9	1,0	1,0	180,57	0,005	6 031,42	143 259,80	23,75

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 W/m^2K$. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi metalowych (o powierzchni około 16,75 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,2	1,0	45,49	0,005	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	19,72	0,002	1 558,34	33 330,51	21,39
2	1,5	1,0	1,0	18,65	0,002	1 623,16	34 335,45	21,15
3	1,3	1,0	1,0	17,58	0,002	1 687,98	37 182,78	22,03

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,5 W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien metalowych (o powierzchni około 32,56 m²) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,1	1,1	1,0	98,76	0,008	-	-	-
1	1,5	1,0	1,0	47,53	0,002	3 099,76	36 141,60	11,66
2	1,1	1,0	1,0	43,37	0,002	3 351,77	38 095,20	11,37
3	0,9	1,0	1,0	41,29	0,002	3 477,78	44 607,20	12,83

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien metalowych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła U=1,1 W/m²K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących zmniejszenia powierzchni okien metalowych (o powierzchni około 91 m²), poprzez zamurowanie i ocieplenie zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c _r	c _m	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	6,12	1,3	1,0	178,08	0,022	-	-	-
1	0,20	1,0	1,0	5,93	0,001	10 430,25	68 280,00	6,55

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że zmniejszenie powierzchni okien metalowych, poprzez zamurowanie i ocieplenie ściany zwróci się w ciągu 6,55 lat. 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	Koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	56 373,88	20,73
6	Wymiana drzwi metalowych	34 335,45	21,15
7	Wymiana okien drewnianych	122 345,96	21,74
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	65 995,16	22,45

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	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	56 373,88	20,73
6	Wymiana drzwi metalowych	34 335,45	21,15
7	Wymiana okien drewnianych	122 345,96	21,74
8	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	65 995,16	22,45
	Ogółem	1 394 280,65	

Tabela 7b. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu II

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	56 373,88	20,73
6	Wymiana drzwi metalowych	34 335,45	21,15
7	Wymiana okien drewnianych	122 345,96	21,74
	Ogółem	1 328 285,49	

Tabela 7c. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu III

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	56 373,88	20,73
6	Wymiana drzwi metalowych	34 335,45	21,15
	Ogółem	1 205 939,53	

Tabela 7d. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu IV

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
5	Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	56 373,88	20,73
	Ogółem	1 171 604,08	

Tabela 7e. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu V

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
4	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	775 417,50	19,33
	Ogółem	1 115 230,20	

Tabela 7f. Szacowane koszty modernizacji budynku wg. wariantu VI

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
3	Ocieplenie stropodachu wentylowanego	233 437,50	19,30
	Ogółem	339 812,70	

Tabela 7g. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
2	Wymiana okien metalowych	38 095,20	11,37
	Ogółem	106 378,20	

Tabela 7h. Szacowane koszty modernizacji budynku wg wariantu VIII

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Szacowany koszt [zł]	SPBT
1	2	3	4
1	Zamurowanie okien metalowych	68 280,00	6,55
	Ogółem	68 280,00	

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 c.o. jak i grzejniki są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji c.o., polegającą na montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna CO	MW	0,3611	0,3611
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	2 295	2 295
3	Ogólna sprawność CO	-	0,7022	0,8026
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CO z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	3 268	2 445
7	Roczna opłata zmienna	zł/rok	193 505,98	144 751,28
8	Roczna opłata stała	zł/rok	47 646,91	47 646,91
9	Roczne zapotrzebowanie na ciepło C.W.U	GJ/rok	111,62	111,62
10	Ogólna sprawność C.W.U	-	0,4600	0,4600
11	Roczne zapotrzebowanie na ciepło CWU z uwzględnieniem sprawności	GJ/rok	242,64	242,64
12	Cena ciepła C.W.U	zł/GJ	72,40	72,40
13	Koszt ciepła CO	zł	241 152,89	192 398,19
14	Koszt ciepła CWU	zł	17 566,37	17 566,37
15	Koszt ciepła	zł	258 719,26	209 964,56
16	Oszczędność kosztów	zł		48 754,70
17	Szacowany koszt modernizacji	zł		1 547 057,90
18	SPBT	lat		31,73

¹⁾ Uwzględnienie systemu zarządzania energią

8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

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

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

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

wariant	CO										CWU			CO+CWU			Oszczędności		
	q _{CO}	Q _{CO}	η	w	Q _{CO*w/η}	Oplata CO	q _{CWU}	Q _{CWU}	Oplata CWU	Q _{CO+CWU}	KOSZT	GJ/rok	%	zł/rok	GJ/rok	%	zł/rok		
	MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok								
0	0,3611	2 294,88	0,7022	1	3 268,13	241 152,89	0,024	242,64	17 566,37	3 511	258 719,26								
I+A	0,2012	1 102,16	0,8026	0,855	1 174,12	96 067,86	0,024	242,64	17 566,37	1 417	113 634,23	2 094	59,65	145 085,03					
II+A	0,2068	1 145,07	0,8026	0,855	1 219,83	99 513,26	0,024	242,64	17 566,37	1 462	117 079,63	2 048	58,34	141 639,63					
III+A	0,2148	1 164,63	0,8026	0,855	1 240,67	101 802,79	0,024	242,64	17 566,37	1 483	119 369,16	2 027	57,75	139 350,10					
IV+A	0,2179	1 188,12	0,8026	0,855	1 265,69	103 688,75	0,024	242,64	17 566,37	1 508	121 255,12	2 002	57,04	137 464,14					
V+A	0,2224	1 222,31	0,8026	0,855	1 302,11	106 438,57	0,024	242,64	17 566,37	1 545	124 004,94	1 966	56,00	134 714,32					
VI+A	0,3131	1 920,77	0,8026	0,855	2 046,17	162 460,50	0,024	242,64	17 566,37	2 289	180 026,87	1 222	34,81	78 692,39					
VII+A	0,3331	2 076,21	0,8026	0,855	2 211,76	174 904,68	0,024	242,64	17 566,37	2 454	192 471,05	1 056	30,09	66 248,21					
VIII+A	0,3396	2 127,08	0,8026	0,855	2 265,95	178 975,96	0,024	242,64	17 566,37	2 509	196 542,33	1 002	28,55	62 176,93					
A	0,3611	2 294,88	0,8026	0,855	2 444,71	192 398,19	0,024	242,64	17 566,37	2 687	209 964,56	823	23,45	48 754,70					

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite ¹⁾ [zł]	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię [%]	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu ²⁾		Premia termomodernizacyjna		
					[zł]	[%]	[zł]	20% kredytu	16% kosztów całkowitych
1	2	3	4	5	6		7	8	9
1	I+A	2 941 338,55	145 085,03	59,65	0,00	0,00	588 267,71	470 614,17	290 170,06
2	II+A	2 875 343,39	141 639,63	58,34	2 941 338,55	100,00	575 068,68	460 054,94	283 279,26
3	III+A	2 752 997,43	139 350,10	57,75	0,00	0,00	550 599,49	440 479,59	278 700,20
4	IV+A	2 718 661,98	137 464,14	57,04	2 875 343,39	100,00	543 732,40	434 985,92	274 928,28
5	V+A	2 662 288,10	134 714,32	56,00	0,00	0,00	532 457,62	425 966,10	269 428,64
6	VI+A	1 886 870,60	78 692,39	34,81	2 752 997,43	100,00	377 374,12	301 899,30	157 384,78
7	VII+A	1 653 436,10	66 248,21	30,09	2 718 661,98	100,00	330 687,22	264 549,78	132 496,42
8	VIII+A	1 615 337,90	62 176,93	28,55	0,00	0,00	323 067,58	258 454,06	124 353,86
9	A	1 547 057,90	48 754,70	23,45	1 653 436,10	100,00	309 411,58	247 529,26	97 509,40
					1 615 337,90	100,00			
					0,00	0,00			
					1 547 057,90	100,00			

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 2 145 m² oraz należy wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 15 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,215 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
2. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 182 m² należy wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie, po odkopaniu ściany należy pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej na całej głębokości oraz zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.
3. Ocieplenie stropodachu wentylowanego.
Ocieplenie stropodachu wentylowanego o powierzchni około 1 125 m² należy wykonać poprzez wdmuchanie granulatu wełny mineralnej grubości minimum 18 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,044 \text{ W/m}^*\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,171 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze,

w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

4. Ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną

Ocieplenie dachu o powierzchni około 303 m² należy wykonać poprzez przyklejenie do istniejącego pokrycia dachowego styropapy o grubości minimum 16 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,171 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np.: demontaż i montaż instalacji odgromowej, obróbki blacharskie, prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

5. Wymianę drzwi metalowych o powierzchni około 16,75 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

6. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 104,57 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Wymianę okien metalowych o powierzchni około 32,56 m² na okna o współczynniku przenikania $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną i z zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

8. Zamurowanie bloczkami gazobetonowymi części okien metalowych o powierzchni około 91 m², a następnie ocieplenie ściany według uwag dotyczących ocieplenia ścian [SZ-1]. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono pozostałe prace niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

9. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację w pomieszczeniach nieogrzewanych,
- wymianę istniejących grzejników na grzejniki płytowe (około 236 szt.),
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi (około 236 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.

10. Instalację Systemu Zarządzania Energią uwzględniającą montaż urządzeń niezbędnych do funkcjonowania systemu, odczyt oraz analizę pomiarów mediów takich jak: energia elektryczna, energia cieplna dla potrzeb instalacji c.o., energia cieplna dla potrzeb instalacji c.w.u, woda, z udziałem elektronicznego narzędzia, które ma umożliwiać bieżącą kontrolę oraz zmianę parametrów pracy instalacji c.o. w sposób zdalny z dowolnego miejsca za pośrednictwem komputera wyposażonego w dostęp do Internetu. Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy, w sposób zapewniający optymalne zużycie energii z jednoczesnym zachowaniem komfortu cieplnego w okresie użytkowania budynku. W kosztach inwestycji uwzględniono inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia, w tym szkolenie w zakresie działania systemu.

System Zarządzania Energią powinien zapewnić:

- monitorowanie zużycia mediów: energii cieplnej, energii elektrycznej, wody,
- optymalizację parametrów pracy instalacji c.o. w celu zminimalizowania strat ciepła,

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

10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych

1	Calkowity koszt robót szacuje się na	2 941 338,55 zł
2	Przewidywana premia termomodernizacyjna	290 170,06 zł
3	Efekt modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji	145 085,03 zł
4	Czas zwrotu nakładów SPBT	20,27 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%
Opłata 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 opłata stała	zł(MW*m-c)	8 939,66	10 995,78
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	32,83	40,38
Przesył	zł/GJ	15,31	18,83
Razem opłata 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	0,571
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Płyty korytkowe	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	40,0	0,4			
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Strop kanałowy	24,0	0,24		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,0200	0,820	0,024	
	R				1,551	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,100	
R_T				1,751		
Dach sala	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,543
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty korytkowe	8,0	0,080	1,000	0,080	
	R				1,701	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				1,841	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	1,100
	Gazobeton	24,0	0,240	0,380	0,632	
	Żelbet	12,0	0,120	1,700	0,071	
	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,739	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,909	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,618
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,600	0,770	0,779	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	R				0,881	
	Opór zastępczy gruntu				0,736	
	R_T				1,617	
Podłoga na gruncie sala	Klepka	2,2	0,022	0,220	0,100	0,346
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Pustka powietrzna	3,0	0,03		0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Żużel	15,0	0,15	1,05	0,143	
	Piasek	30,0	0,3	0,40	0,750	
	R				1,350	
	Opór zastępczy gruntu				1,539	
	R_T				2,889	

Przegroda	Wyszczególnienie	d_l	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie	PCW	1,9	0,019	0,220	0,086	0,401
	Podkład cementowy	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Filc wełny mineralnej	3,0	0,030	0,520	0,058	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	12,0	0,12	1,30	0,092	
	Piasek	30,0	0,3	0,40	0,750	
	R				1,105	
	Opór zastępczy gruntu				1,386	
	R_T				2,491	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Lastico	2,0	0,020	1,050	0,019	0,371
	Podkład cementowy	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Filc wełny mineralnej	3,0	0,030	0,520	0,058	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	12,0	0,12	1,30	0,092	
	Piasek	30,0	0,3	0,40	0,750	
	R				1,037	
	Opór zastępczy gruntu				1,660	
	R_T				2,697	
Okna nowe				U_0	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,500	1,0	1,500
Okna stare drewniane				2,500	1,2	3,000
Drzwi wejściowe nowe				1,700	1,0	1,700
Okna metalowe				5,100	1,2	6,120
Drzwi wejściowe metalowe				5,100	1,2	6,120

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach wentylowany	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,171
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Płyty korytkowe	10,0	0,100	1,000	0,100	
	Pustka powietrzna	40,0	0,400		0,000	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,070	0,052	1,346	
	Strop kanałowy	24,0	0,240		0,180	
	Tynk cem.-wap.	2,0	0,020	0,820	0,024	
	Wełna mineralna	18,0	0,180	0,044	4,091	
	R				5,641	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,100	
	R _T				5,841	
Dach sala	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,171
	Szlichta cementowa	2,5	0,025	1,000	0,025	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty wełny mineralnej	7,0	0,07	0,052	1,346	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Płyty korytkowe	8,0	0,08	1,000	0,080	
	Styropapa	16,0	0,16	0,040	4,000	
	R				5,701	
	Rsi				0,100	
	Rse				0,040	
	R _T				5,841	
	Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	1,5	0,015	0,820	
Gazobeton		24,0	0,24	0,380	0,632	
Żelbet		12,0	0,12	1,700	0,071	
Styropian		15,0	0,15	0,040	3,750	
Tynk cem.-wapienny		1,5	0,015	0,820	0,018	
R					4,489	
Rsi					0,130	
Rse					0,040	
R _T					4,659	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]		Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083
	Mur z cegły pełnej	60,0	0,6	0,770	0,779	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				4,006	
	Opór zastępczy gruntu				1,319	
	R _T				5,325	

Przełoga	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Podłoga na gruncie sala	Klepka	2,2	0,022	0,220	0,100	0,278
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Pustka powietrzna	3,0	0,030	0,000	0,160	
	Gładź cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Żużel	15,0	0,150	1,050	0,143	
	Piasek	30,0	0,300	0,400	0,750	
	R				1,350	
	Opór zastępczy gruntu				2,254	
	R _T				3,604	
Podłoga na gruncie	PCW	1,9	0,019	0,220	0,086	0,318
	Podkład cementowy	3,5	0,035	1,000	0,035	
	Filc wełny mineralnej	3,0	0,03	0,520	0,058	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	12,0	0,12	1,300	0,092	
	Piasek	30,0	0,3	0,400	0,750	
	R				1,105	
	Opór zastępczy gruntu				2,042	
	RT				3,147	
Podłoga na gruncie w piwnicy	Lastico	2,0	0,02	1,050	0,019	0,363
	Podkład cementowy	3,5	0,04	1,000	0,035	
	Filc wełny mineralnej	3,0	0,03	0,520	0,058	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	0,083	
	Gruzobeton	12,0	0,12	1,300	0,092	
	Piasek	30,0	0,30	0,400	0,750	
	R				1,037	
	Opór zastępczy gruntu				1,719	
	RT				2,756	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,5	1,000	1,500
Okna wymienione				1,1	1,000	1,100
Drzwi wejściowe wymienione				1,5	1,000	1,500
Drzwi wejściowe nowe				1,7	1,000	1,700

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	12 591		
Powierzchnia ogrzewana A_f	[m ²]	3 153		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s]	1,77		
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,70	0,70	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	2,47	2,47	
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]	2,47	2,47	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	8 892	8 892	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 934,36	2 934,36	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,71	0,71	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		12 591	0,5			6 295,3

Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

	Powierzchnia	Strumień ciepła	Zysk ciepła
	[m ²]	[W/m ²]	[W]
Wewnętrzne zyski ciepła	3 153	4,7	14 821

Z-7 Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła obecnie

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach wentylowany	1 250,10	0,571	1,0	714	40	28,56
Dach sala	302,27	0,543	1,0	164		6,57
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 872,58	1,100	1,0	2 061		82,42
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	308,43	0,618	1,0	191		7,63
Okna	757,29	1,500	1,0	1 136		45,44
Okna stare drewniane	104,57	3,000	1,0	314		12,55
Drzwi wejściowe metalowe	16,75	6,120	1,0	103		4,10
Okna stare metalowe	123,60	6,120	1,0	756		30,26
Drzwi wejściowe nowe	6,99	1,700	1,0	12		0,48
Podłoga na gruncie sala	302,27	0,346	1,0	105		4,19
Podłoga na gruncie	231,13	0,401	1,0	93		3,71
Podłoga na gruncie w piwnicy	1018,97	0,371	1,0	378		15,11
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
ościeża	845,94	0,190	1,0	161		6,43
nadproża	599,98	0,600	1,0	360		14,40
podokien	599,98	0,570	1,0	342		13,68
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00
Ogółem				6 888		275,52
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		6 295	0,34	2140	85,62	
OGÓŁEM						361,14

Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ	
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]	
Stropodach wentylowany	1250,10	0,171	1,0	214	40	8,56	
Dach sala	302,27	0,171	1,0	52		2,07	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1872,58	0,215	1,0	402		16,08	
Ściana zewn. [SZ-2] okna metal.	91,04	0,204	1,0	19		0,74	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	308,43	0,188	1,0	58		2,32	
Okna nowe	757,29	1,500	1,0	1 136		45,44	
Okna wymienione	104,57	1,100	1,0	115		4,60	
Drzwi wejściowe	16,75	1,500	1,0	25		1,00	
Okna metalowe wymienione	32,56	1,100	1,0	36		1,43	
Drzwi wejściowe nowe	6,99	1,700	1,0	12		0,48	
Podłoga na gruncie sala	302,27	0,278	1,0	84		3,36	
Podłoga na gruncie	231,13	0,318	1,0	73		2,94	
Podłoga na gruncie w piwnicy	1018,97	0,363	1,0	370		14,79	
Mostki liniowe	l	ψ					
	[m]	[W/mK]					
ościeża	845,94	0,050	1,0	42		1,69	
nadproża	599,98	0,200	1,0	120		4,80	
podokien	599,98	0,220	1,0	132		5,28	
balkony	0,00	0,650	1,0	0		0,00	
Ogółem				2 889		115,57	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v			
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]			
		6 295	0,34	2140	85,62		
OGÓLEM						201,19	

Z-8 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla stanu obecnego.

	Pow.	Wsp. przep.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]											[MJ]
Okna stare												
S	92,97	0,75	8 194	7 665	15 197	16 421	20 793	13 806	11 414	5 330	4 077	102 897
SW	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	17,34	0,75	721	837	1 849	2 675	3 620	2 186	1 433	671	525	14 516
NW	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	98,18	0,75	3 596	3 992	8 703	13 123	16 058	10 656	6 619	3 461	2 913	69 119
NE	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	19,68	0,75	842	975	2 373	3 262	4 495	2 412	1 569	758	610	17 296
SE	0,00	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	228,17		13 353	13 469	28 123	35 481	44 966	29 060	21 034	10 219	8 124	203 828
Okna nowe												
S	426,41	0,67	33 573	31 407	62 269	67 282	85 195	56 568	46 767	21 839	16 704	421 604
SW	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	70,25	0,67	2 608	3 028	6 693	9 681	13 102	7 911	5 185	2 427	1 899	52 533
NW	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	213,61	0,67	6 989	7 759	16 915	25 506	31 211	20 711	12 864	6 726	5 662	134 343
NE	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	47,02	0,67	1 798	2 082	5 065	6 963	9 594	5 149	3 348	1 618	1 301	36 917
SE	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	757,29		44 967	44 276	90 942	109 432	139 101	90 338	68 164	32 610	25 565	645 396
OGÓŁEM	985,46		58 320	57 745	119 065	144 913	184 067	119 398	89 198	42 830	33 689	849 225

Z-9 Zyski ciepła od nasłonecznienia dla optymalnego wariantu.

	Pow.	Pow.netto	Wsp.	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
	[m ²]	[m ²]	przep.										
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	468,48	327,94	0,67	36 885	34 506	68 413	73 920	93 600	62 149	51 381	23 994	18 352	463 199
SW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	87,59	61,31	0,67	3 251	3 776	8 345	12 071	16 336	9 864	6 465	3 026	2 367	65 500
NW	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	298,95	209,27	0,67	9 782	10 858	23 673	35 696	43 680	28 985	18 003	9 414	7 924	188 014
NE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	66,70	46,69	0,67	2 550	2 953	7 185	9 877	13 609	7 304	4 749	2 295	1 846	52 368
SE	0,00	0,00	0,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Razem	921,72	645,20		52 468	52 093	107 615	131 564	167 226	108 301	80 599	38 728	30 488	769 082
OGÓLEM	921,72	645,20		52 468	52 093	107 615	131 564	167 226	108 301	80 599	38 728	30 488	769 082

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 _{wp}												
Stropodach wentylowany		[MJ]	40 167	36 280	31 942	22 952	2 005	2 190	25 630	29 986	36 915	228 068
Dach sala		[MJ]	9 234	8 341	7 343	5 277	461	504	5 892	6 894	8 487	52 433
Ściana zewnętrzna [SZ-I]		[MJ]	115 902	104 685	92 169	66 230	5 786	6 320	73 956	86 526	106 519	658 094
Ściana poniżej gruntu [SG-I]		[MJ]	10 730	9 691	8 533	6 131	536	585	6 847	8 010	9 861	60 923
Okna		[MJ]	63 892	57 709	50 810	36 510	3 190	3 484	40 769	47 698	58 720	362 783
Okna stare drewniane		[MJ]	17 645	15 937	14 032	10 083	881	962	11 259	13 173	16 217	100 188
Drzwi wejściowe metalowe		[MJ]	5 765	5 208	4 585	3 295	288	314	3 679	4 304	5 299	32 737
Okna stare metalowe		[MJ]	42 547	38 429	33 835	24 312	2 124	2 320	27 149	31 763	39 102	241 581
Drzwi wejściowe nowe		[MJ]	668	604	532	382	33	36	426	499	614	3 795
Mostki liniowe		[MJ]	48 524	43 828	38 588	27 728	2 422	2 646	30 963	36 225	44 596	275 521
Podłoga na gruncie sala		[MJ]	5 886	5 316	4 681	3 363	294	321	3 756	4 394	5 409	33 421
Podłoga na gruncie		[MJ]	5 220	4 714	4 151	2 983	261	285	3 331	3 897	4 797	29 637
Podłoga na gruncie w piwnicy		[MJ]	21 248	19 192	16 897	12 142	1 061	1 159	13 558	15 862	19 528	120 645
Straty przez przegrody		[MJ]	387 427	349 934	308 097	221 387	19 342	21 127	247 215	289 231	356 064	2 199 825
Wentylacja		[MJ]	165 047	149 075	131 252	94 313	8 240	9 000	105 316	123 215	151 686	937 144
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	552 474	499 009	439 349	315 700	27 581	30 127	352 531	412 446	507 750	3 136 968
Zyski słoneczne		[MJ]	58 320	57 745	119 065	144 913	184 067	119 398	89 198	42 830	33 689	849 225
Zyski wewnętrzne		[MJ]	39 696	35 855	39 696	38 416	6 403	6 403	39 696	38 416	39 696	284 277
Razem zyski		[MJ]	98 016	93 600	158 761	183 329	190 470	125 801	128 894	81 246	73 385	1 133 502
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1774	0,1876	0,3614	0,5807	6,9058	4,1756	0,3656	0,1970	0,1445	0,3613
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	3 686									
Pojemność ciepła		[J/K]	958 360 000									
Stała czasowa		[h]	27									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}			1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}		[h]	15									
Parametr numeryczny a _H			2,81									
Parametr numeryczny a _H + 1			3,81									
η												
Zyski ciepła		[MJ]	0,9936	0,9926	0,9625	0,8956	0,1443	0,2362	0,9615	0,9916	0,9962	
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	97 387	92 905	152 814	164 193	27 477	29 711	123 933	80 562	73 110	842 090
		[MJ]	455 088	406 104	286 535	151 507	104	417	228 599	331 885	434 641	2 294 878

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. miesiaca	[°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]	12 037	10 872	9 572	6 878	601	656	7 681	8 986	11 063	68 346
Dach sala	[MJ]	2 911	2 629	2 315	1 663	145	159	1 857	2 173	2 675	16 527
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	[MJ]	22 608	20 420	17 979	12 919	1 129	1 233	14 426	16 878	20 778	128 370
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	[MJ]	3 258	2 943	2 591	1 862	163	178	2 079	2 432	2 994	18 499
Okna	[MJ]	63 892	57 709	50 810	36 510	3 190	3 484	40 769	47 698	58 720	362 783
Okna stare drewniane	[MJ]	6 470	5 844	5 145	3 697	323	353	4 128	4 830	5 946	36 736
Drzwi wejściowe metalowe	[MJ]	1 413	1 276	1 124	807	71	77	902	1 055	1 299	8 024
Mostki liniowe	[MJ]	16 553	14 951	13 163	9 459	826	903	10 562	12 357	15 213	93 987
Drzwi wejściowe nowe	[MJ]	668	604	532	382	33	36	426	499	614	3 795
Podłoga na gruncie sala	[MJ]	4 718	4 262	3 752	2 696	236	257	3 011	3 522	4 336	26 789
Podłoga na gruncie	[MJ]	4 131	3 732	3 285	2 361	206	225	2 636	3 084	3 797	23 458
Podłoga na gruncie w piwnicy	[MJ]	20 793	18 781	16 535	11 882	1 038	1 134	13 268	15 523	19 110	118 063
Straty przez przegrody	[MJ]	162 511	146 784	129 235	92 864	8 113	8 862	103 698	121 322	149 356	922 744
Wentylacja	[MJ]	165 047	149 075	131 252	94 313	8 240	9 000	105 316	123 215	151 686	937 144
Całkowite przeniesienie ciepła	[MJ]	327 558	295 859	260 487	187 176	16 353	17 862	209 013	244 537	301 042	1 859 888
Zyski słoneczne	[MJ]	52 468	52 093	107 615	131 564	167 226	108 301	80 599	38 728	30 488	769 082
Zyski wewnętrzne	[MJ]	39 696	35 855	39 696	38 416	6 403	6 403	39 696	38 416	39 696	284 277
Razem zyski	[MJ]	92 164	87 947	147 312	169 980	173 628	114 704	120 295	77 144	70 184	1 053 359
Stosunek zysków do przeniesienia		0,2814	0,2973	0,5655	0,9081	10,6177	6,4216	0,5755	0,3155	0,2331	0,5664
Typ budynku		ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana	[m ²]	3 686									
Pojemność ciepła	[J/K]	958 360 000									
Stała czasowa	[h]	46									
Metoda obliczeniowa		miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}		1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}	[h]	15									
Parametr numeryczny a _H		4,05									
Parametr numeryczny a _H + 1		5,05									
η		0,9958	0,9948	0,9542	0,8385	0,0942	0,1557	0,9517	0,9936	0,9979	
Zyski ciepła	[MJ]	91 773	87 491	140 560	142 532	16 352	17 854	114 480	76 648	70 036	757 724
Zapotrzebowanie ciepła	[MJ]	235 786	208 368	119 927	44 645	1	8	94 534	167 889	231 006	1 102 163

Z-12 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

1	Rodzaj systemu zasilania			sieć miejska
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna, brak regulacji miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,702	
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	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,96	przewody poziome i pionowe izolowane
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,85	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-13 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	Obecne	Docelowe
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	3 686	3686
Liczba użytkowników	osoba	474	474
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	31 004,5	31 004,5
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	111,6	111,6
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,500	0,500
Sprawność akumulacji	-	1,000	1,000
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,460	0,460
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	67 401,1	67 401,1
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	GJ/rok	242,6	242,6
Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła	m ³ /h	0,211	0,211
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru	-	2,073	2,073
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody	GJ/m ³	0,414	0,414
Max. moc c.w.u.	kW	50,26	50,26
Średnia moc c.w.u.	kW	24,2	24,2
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię	kWh/(m ² *rok)	18,3	18,3

Z-14 Oświetlenie wewnętrzne.

W celu zmniejszenia zużycia energii elektrycznej proponuje się wymianę oświetlenia wewnętrznego. W budynku zastosowano oświetlenie jarzeniowe w ilości 435 sztuk opraw o mocy 75 W, żarowe w ilości 55 sztuk opraw o mocy 75 W i halogenowo - tlenowych o mocy 400 W w ilości 12 sztuk opraw.

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

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

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

gdzie:

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

A_f - powierzchnia użytkowa pomieszczeń, w których modernizowane jest oświetlenie [m²].

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

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

gdzie:

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

t - czas użytkowania oświetlenia [h/rok].

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabelach poniżej:

Rodzaj opraw oświetleniowych	Jednostkowa moc opraw oświetleniowych W	Ilość szt.	Moc opraw oświetleniowych W
przed modernizacją	75	435	32 625
	75	55	4 125
	400	12	4 800
po modernizacji	45	435	19 575
	25	55	1 375
	200	12	2 400

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]
3 686	37 425	10,2	6,0	1 200

	Jednostka	Przed modernizacją	Po modernizacji
Zużycie energii do oświetlenia LENI	kWh/m ² rok	12,18	7,15
Zużycie energii do oświetlenia	kWh/rok	44 910,00	26 370,00
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	0,62	0,62
Koszt energii elektrycznej	zł/rok	27 844,20	16 349,40
Oszczędność energii elektrycznej	zł/kWh	18 540,00	
	%	41,28	
Oszczędność kosztów	zł/rok	11 494,80	
Nakłady inwestycyjne ¹⁾	zł	390 377,85	
SPBT	lata	33,96	

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 okien, 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	3 510,77	975 213,89	975,21
zużycie po modernizacji	1 416,76	393 544,44	393,54
oszczędność	2 094,01	581 669,44	581,67
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	168,25	46 736,50	46,74
zużycie po modernizacji	101,51	28 196,50	28,20
oszczędność	66,74	18 540,00	18,54
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	3 679,02	1 021 950,39	1 021,95
zużycie po modernizacji	1 518,27	421 740,94	421,74
oszczędność	2 160,75	600 209,44	600,21
oszczędność %	58,73		
Energia pierwotna			
<i>ciepło</i>			
zużycie przed modernizacją	4 564,00	1 267 778,06	1 267,78
zużycie po modernizacji	1 841,79	511 607,78	511,61
oszczędność	2 722,21	756 170,28	756,17
<i>energia elektryczna</i>			
zużycie przed modernizacją	504,75	140 209,50	140,21
zużycie po modernizacji	304,52	84 589,50	84,59
oszczędność	200,23	55 620,00	55,62
<i>ogółem</i>			
zużycie przed modernizacją	5 068,76	1 407 987,56	1 407,99
zużycie po modernizacji	2 146,31	596 197,28	596,20
oszczędność	2 922,45	811 790,28	811,79
oszczędność %	57,66		

W tabeli poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla części mieszkalnej. Powierzchnia użytkowa mieszkania służbowego wynosi 52,36 m², powierzchnia użytkowa całego budynku wynosi 3 686 m².

Z-16 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnym 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	3 510,77	-	94,96	333,38	1 416,76	-	94,96	134,54		
energia elektryczna	-	46,74	0,832	38,89	-	28,20	0,832	23,46		
				372,27				158,00	214,27	57,56

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 w obrębie naświetli do 1 m, izolacją przeciwwilgociową po odkopaniu naświetli po obwodzie oraz dostosowaniem naświetli do wykonanych prac termomodernizacyjnych wraz z wykonaniem odwodnienia i odtworzeniem obarierowania,
- prace modernizacyjne kanalizacji deszczowej odprowadzającej wodę z dachu,
- obróbki blacharskie,
- wymianę instalacji odgromowej,
- otynkowanie kominów,
- na ocieplanych elewacjach przełożenie zewnętrznych przewodów pod tynk,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji (wraz z elementami znajdującymi się na elewacji np. kratki wentylacyjne, zadaszania, drabiny, kraty) w tym naprawa tynków i malowanie elewacji, naprawa ścian metodą iniekcji, tam gdzie to niezbędne,
- ocieplenie zadasznień wejść do budynku wraz z remontem izolacji i odprowadzeniem wody deszczowej, celem eliminacji mostków cieplnych,
- demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
- obróbkę nowych okien i drzwi,
- odtworzenie i malowanie ubytków po pracach instalacyjnych w kolorystyce zgodnej z danym pomieszczeniem,
- prace instalacyjne i odtworzeniowe,
- wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termomodernizacyjnych oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku

Z-18 Efekt energetyczny i ekologiczny części mieszkalnej

Poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej, redukcję emisji CO₂ oraz koszty przedsięwzięcia dla części mieszkalnej, które są kosztami niekwalifikowanymi.

Powierzchnia użytkowa mieszkania służbowego wynosi 52,36 m², powierzchnia użytkowa całego budynku wynosi 3 686 m². Powierzchnia mieszkalna stanowi 1,44%.

Oszczędność energii końcowej: 31,14 GJ; 8 648,89 kWh; 8,65 MWh.

Oszczędność energii pierwotnej: 42,11 GJ; 11 697,73 kWh; 11,70 MWh.

Redukcja emisji CO₂: 3,09 Mg CO₂

Niekwalifikowane koszty całego przedsięwzięcia = 3 331 716,40 zł * 1,44% = 48 009,34 zł.