

**AUDYT ENERGETYCZNY
BUDYNKU
SZKOŁY PODSTAWOWEJ
W PRUSINOWIE**



Gdańsk, październik 2016

BAŁTYCKA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII sp. z o.o.

80-298 Gdańsk, ul. Budowlanych 31
tel.: (058) 347-55-35 faks: (058) 347-55-37

STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane identyfikacyjne budynku:				
1.1 Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej		1.2 Rok zakończenia budowy	1951
1.3 Właściciel lub zarządca	Gmina Gryfice ul. Plac Zwycięstwa 37 72-300 Gryfice tel. 91 384-20-21	1.4 Adres budynku	Szkoła Podstawowa w Prusinowie Prusinowo 10 72-300 Gryfice województwo: zachodniopomorskie	
2. Nazwa i adres firmy wykonującej audyt:				
Bałtycka Agencja Poszanowania Energii sp. z o.o. ul. Budowlanych 31 80-298 Gdańsk REGON 190967387				
3. Imię i nazwisko oraz adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:				
Luiza Napieralska-Rówczyńska Bałtycka Agencja Poszanowania Energii sp. z o.o. ul. Budowlanych 31 80-298 Gdańsk REGON 190967387				
4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje:				
Lp.	Imię i nazwisko	Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego	Posiadane kwalifikacje (ew. uprawnienia)	Podpis
1.	Luiza Napieralska-Rówczyńska	Opracowanie kompleksowe		
5. Miejscowość:		Gdańsk	Data wykonania opracowania:	10.2016r.

6. Spis treści

STRONA TYTUŁOWA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU.....	2
KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU1).....	6
1. Przedmiot i zakres opracowania.....	7
2. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora.....	7
3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku.....	8
3.1. Dane ogólne.....	8
3.2. Opis techniczny elementów budynku.....	9
3.3. Charakterystyka źródła ciepła i instalacji grzewczej.....	10
3.4. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u.....	11
3.5. Charakterystyka układu wentylacji.....	12
4. Charakterystyka energetyczna budynku.....	13
4.1. Sezonowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania budynków oraz szczytowa moc cieplna.....	13
4.2. Zapotrzebowanie na ciepło na przygotowanie c.w.u.....	15
5. Taryfa i opłaty za ciepło.....	17
6. Ocena stanu technicznego.....	18
6.1. Ocena stanu technicznego budynku.....	18
6.2. Ocena stanu technicznego źródła ciepła i instalacji c.o.	18
6.3. Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u.....	18
7. Wykaz usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych do optymalizacji	19
8. Optymalizacja usprawnień termomodernizacyjnych.....	20
8.1. Ocena opłacalności i wyboru usprawnień dot. zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody i zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego.....	20
8.2. Zestawienie wybranych usprawnień termomodernizacyjnych wg rosnącej wartości SPBT.....	21
9. Ocena i wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....	22
10. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....	25
10.1. Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych.....	25
10.2. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....	27
11. Wnioski.....	28
Załącznik 1. Dokumentacja fotograficzna.....	29
Załącznik 2, Zestawienie obowiązujących maksymalnych wsp. U dla budynków.....	31

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU¹⁾

Tabela 2. KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU ¹⁾			
1. Dane ogólne		Stan przed termomod.	Stan po termomod.
1.	Konstrukcja/technologia budynku	tradycyjna	tradycyjna
2.	Liczba kondygnacji	1//2	1//2
3.	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	4646	4 646,0
4.	Powierzchnia netto budynku [m ²]	1212	1 212,0
5.	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	-	-
6.	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	1212	1 212,0
7.	Liczba mieszkań	-	-
8.	Liczba osób użytkujących budynek	140	140
9.	Sposób przygotowania ciepłej wody	zasobnik pojemnościowy podłączony do sc	
10.	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Centralne, wodne, z rozdziałem dolnym	
11.	Współczynnik kształtu A/V dla całego budynku [1/m]	0,59	0,59
12.	Inne dane charakteryzujące budynek	-	-
2. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody ze wewnątrz [W/(m ² ·K)]			
1.	Ściany zewnętrzne	1,35-0,91	1,35-0,23
2.	Dach/stropodach/strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	0,75-0,36	0,48-0,17
3.	Strop nad piwnicą	-	-
4.	Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych	0,34-0,29	0,34-0,29
5.	Okna, drzwi balkonowe	1,9-1,5	1,9-1,5
6.	Drzwi zewnętrzne/bramy	2,0	2,0
7.	Inne	-	-
3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu			
1.	Sprawność wytwarzania η_g	0,93	3,50
2.	Sprawność przesyłu η_d	0,90	0,90
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,88	0,89
4.	Sprawność akumulacji η_s	1,00	1,00
5.	Uwzględnienie przerw na ogrzewaniu w okresie tygodnia	1	0,85
6.	Uwzględnienie przerw na ogrzewaniu w ciągu doby	0,95	0,95
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1.	Sprawność wytwarzania	0,93	0,93
2.	Sprawność przesyłu	0,7	0,7
3.	Sprawność regulacji i wykorzystania	1	1
4.	Sprawność akumulacji	0,85	0,85
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1.	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)	naturalna	naturalna
2.	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	okna, drzwi kanały went	okna, drzwi kanały went
3.	Strumień powietrza zewnętrznego [m ³ /h]	2 430	2 430
4.	Krotność wymiany powietrza [1/h]	0,5	0,5
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1.	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	103,2	73,8
2.	Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie c.w.u. [kW]	6,4	6,4
3.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku - bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	593,2	373,8
4.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzania budynku - z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	765,1	107,7
5.	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u. [GJ/rok]	66,3	66,3
6.	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	BRĄK	-
7.	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	BRĄK	-
8.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	136,0	85,7
9.	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	175,4	24,7
10. ²⁾	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0	74,5

7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu) brutto			
1.	Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku ³⁾ [zł/GJ]	83,95	127,14
2.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	20 028,15	4 403,40
3.	Koszt przygotowania 1 m ³ ciepłej wody użytkowej [zł/m ³]	-	-
4.	Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc ⁴⁾ [zł/(MW m-c)]	-	-
5.	Miesięczny koszt ogrzewania 1m ² powierzchni użytkowej [zł/m ² m-c]	-	-
6.	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	-	2,74
7.	Inne [zł]	-	-
8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowana kwota kredytu		[zł]	-
Planowane koszty całkowite		[zł]	761 517,60
Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię		[%]	79,1%
Premia termomodernizacyjna		[zł]	-
Roczna oszczędność kosztów energii		[zł/rok]	69 730,95

1) Dla budynku składającego się z części o różnych funkcjach użytkowych należy podać wszystkie dane oddzielnie dla każdej części budynku.

2) U_{oz} [%] obliczony zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw, jako udział odnawialnych źródeł energii w rocznym zapotrzebowaniu na energię końcową dostarczaną do budynku dla systemu grzewczego oraz dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej.

3) Opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii

4) Stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii

1. Przedmiot i zakres opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania jest audyt energetyczny budynku Szkoły Podstawowej w Prusinowie.

Przez audyt energetyczny należy rozumieć opracowanie określające zakres i parametry techniczne oraz ekonomiczne przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ze wskazaniem rozwiązania optymalnego, w szczególności z punktu widzenia kosztów realizacji przedsięwzięcia oraz oszczędności energii. Audyt stanowi jednocześnie założenia do projektu budowlanego.

2. Dokumenty i dane źródłowe wykorzystane przy opracowaniu audytu oraz wytyczne i uwagi inwestora

Niniejsze opracowanie wykonano w oparciu o:

- umowę zawartą pomiędzy Gminą Gryfice, a Bałtycką Agencją Poszanowania Energii sp. z o.o. w Gdańsku;
- wizje lokalne i inwentaryzacje dokonane w październiku 2016 roku (inwentaryzację wykonano wyłącznie w zakresie wymagań niniejszego audytu energetycznego);
- dane przekazane przez właściciela budynku;
- PT + kosztorys, sanitarny – Biuro Studiów i Projektów Rozwoju Rolnictwa „BIPROZET” w Warszawie, oddział w Koszalinie, listopad 1983 roku;
- Inwentaryzacja budowlana, Szkoła Podstawowa, Prusinowo – Biuro Studiów i Projektów Rozwoju Rolnictwa „BIPROZET” w Warszawie, oddział w Koszalinie, czerwiec 1983 roku;
- PT, architektura + konstrukcja, Szkoła Podstawowa, Prusinowo – Biuro Studiów i Projektów Rozwoju Rolnictwa „BIPROZET” w Warszawie, oddział w Koszalinie, listopad 1983 roku;
- PT, architektura + konstrukcja, budynek szkolno-mieszkalny z kotłownią, Prusinowo – Biuro Studiów i Projektów Rozwoju Rolnictwa „BIPROZET” w Warszawie, oddział w Koszalinie, listopad 1983 roku;
- Aktualna taryfa ENERGA-OPERATOR S.A.,

- Ustawę z dnia 21 listopada 2008r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz. U. Nr 223, poz. 1459);
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43, poz. 346) wraz z późniejszymi zmianami;
- 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) w tym Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Wodnej z dnia 5 lipca 2013r. zmieniające rozporządzenie,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej. (Dz. U. 2015r, poz. 376).
- Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2012 do raportowania w ramach Wspólnotowego Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2015"
- Baza statystycznych danych klimatycznych dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków ze strony internetowej Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju (www.mir.gov.pl)
- Polskimi Normami dotyczącymi między innymi sporządzenia bilansu ciepła dla budynku, określenia mocy dla budynku, zasad doboru jednostek kotłowych, projektowania sieci cieplnych.

Inwentaryzację wykonano wyłącznie w zakresie wymagań niniejszego audytu energetycznego.

3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

3.1. Dane ogólne

Budynek szkolny składa się z trzech części:

- część dwuklasowa z biblioteką i pomieszczeniem węzła; od jednego szczytu sąsiaduje z mieszkaniami własnościowymi, od drugiej z najstarszą częścią szkoły; obiekt dwukondygnacyjny, niepodpiwniczony z płaskim niewentylowanym stropodachem krytym papą;
- część najstarsza, z okresu przedwojennego, z elewacją z cegły pełnej; część ta jest pod opieką konserwatora zabytków; obiekt jednokondygnacyjny z użytkowym poddaszem, niepodpiwniczony; dach skośny o konstrukcji drewnianej kryty dachówką ceramiczną;
- część z 1986 roku, dwukondygnacyjna, niepodpiwniczona z płaskim stropodachem krytym papą oraz blachą trapezową; część ta połączona z częścią B łącznikiem jednokondygnacyjnym; w części tej znajduje się oprócz sal dydaktycznych sala gimnastyczna;

Do szkoły uczęszcza 119 dzieci oraz pracuje 20 osób. Zajęcia szkolne odbywają się od 7.30 do 15.00 przez pięć dni w tygodniu.

Podstawowe parametry budynku przedstawiono w **tabeli 3.1.**

Tabela 3.1. Podstawowe parametry budynku

Wyszczególnienie		
Powierzchnia ogrzewana	m ²	1 212,0
Powierzchnia użytkowa mieszkań	m ²	-
Kubatura całkowita	m ³	4 801,0
Wysokość kondygnacji w świetle	m	2,5-3,6//7,2

3.2. Opis techniczny elementów budynku

Opis techniczny elementów budynku: przegród zewnętrznych i wewnętrznych budynku przedstawiono w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Opis elementów budynku

Element budynku	Technologia, Współczynnik przenikania ciepła U
Ściany zewnętrzne części A.	Ściany zewnętrzne z cegły dziurawki grubości 38 cm $U = 1,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Ściany zewnętrzne części B	Ściany zewnętrzne z cegły ceramicznej pełnej grubości 51 cm $U = 1,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Ściany zewnętrzne części C	Ściany zewnętrzne z cegły dziurawki gr. 25 cm, warstwy powietrza niewentylowanego 5 cm i pustaków Siporex gr. 12 cm $U = 0,92 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Podłoga na gruncie – część A	Warstwa betonu gr. 3 cm, styropianu gr. 2 cm, papa asfaltowa, warstwa betonu gr. 10 cm na podsypce piaskowej gr. 15 cm, $U = 0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Podłoga na gruncie – część B	Warstwa betonu gr. 3 cm, płyty wiórowo-cementowe gr. 5 cm, warstwa betonu gr. 5 cm na podsypce piaskowej gr. 20 cm, $U = 0,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Podłoga na gruncie – część C	Warstwa betonu gr. 2 cm, papa asfaltowa, beton chudy gr. 2 cm, żużel paleniskowy gr. 20 cm na podsypce piaskowej gr. 20 cm, $U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Stropodach nad częścią A	Płyty wiórowo-cementowe gr. 2,5 cm na deskowaniu, tynk cementowo wapienny, $U = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Strop poddasza oraz skosy w części B	Ślepy pułap ocieplony warstwą polepy grubości 10 cm, tynk cementowo wapienny, ocieplenie z wełny mineralnej gr. 15 cm. $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Dach w części B	Dachówka ceramiczna gr. 2 cm, $U = 4,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Stropodach w części C	Wełna mineralna gr. 5 cm, żużel paleniskowy gr. 10 cm, płyty WPS, tynk cementowo wapienny, $U = 0,64 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Stropodach w części C - docieplony	Wełna mineralna gr. 10 cm, papa asfaltowa, styropian gr. 2 cm, deskowanie, $U = 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Stropodach w części C – sala gimnastyczna	Wełna mineralna 5 cm, styropian gr. 2 cm, deskowanie, $U = 0,48 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Okna	Okna nowe w ramach z PCV, dwuszybowe, zespolone $U = 1,5 - 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.
Drzwi wejściowe do budynku	Drzwi zewnętrzne nowe z PCV $U = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$.

3.3. Charakterystyka źródła ciepła i instalacji grzewczej.

Charakterystykę kotłowni oraz instalacji c.o. przedstawiono w **tabeli 3.3.**

Tabela 3.3. Charakterystyka źródła ciepła i instalacji c.o w budynku.

	Rodzaj danych	Dane stanu istniejącego
1	Rodzaj źródła ciepła	Zasilanie z kotłowni lokalnej przez sieć dwururową
2	Rodzaj instalacji c.o.	Wodna, pompowa, dwururowa, z rozdziałem dolnym, systemu zamkniętego
3	Parametry pracy instalacji	95/70°C
4	Sposób pomiaru zużytego ciepła	Licznik ciepła na obiekt szkoły i mieszkania, rozliczanie odbywa się proporcjonalnie wg m ²
5	Rodzaj przewodów instalacji c.o.	Rury stalowe czarne, łączone przez spawanie prowadzone po wierzchu ścian oraz w kanałach w podłodze
6	Izolacje przewodów	Przewody prowadzone w kanałach zaizolowane matami z waty szklanej gr. 3 cm w płaszczu azbestowo-cementowym
7	Rodzaj grzejników	Członowe żeliwne, rurowe ożebrowane typu Favier, konwektorowe stalowe
8	Oslony grzejników	Część grzejników osłonięta
9	Sposób regulacji instalacji	Zawory termostatyczne
10	Liczba dni ogrzewania w tygodniu / godzin na dobę	7/20

Sprawność całkowitą systemu grzewczego obliczono ze wzoru:

$$\eta_0 = \eta_{g0} \cdot \eta_{d0} \cdot \eta_{e0} \cdot \eta_{s0}$$

Współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu przyjęto na podstawie Rozporządzenia MI w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego.

Sprawności składowe systemu ogrzewania przyjęto z Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. Przyjęte wartości sprawności systemu ogrzewania oraz współczynników przerw w ogrzewaniu przedstawiono w poniższej tabeli.

Przyjęte wartości sprawności systemu grzewczego oraz współczynników przerw w ogrzewaniu przedstawiono w **tabeli 3.4.**

Tabela 3.4. Sprawności systemu grzewczego w budynku i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu

Rodzaje sprawności i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu		Przed modernizacją
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła (brak elementów akumulacyjnych)	η_s	1,00
Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	η_g	0,93
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	η_e	0,88
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	η_d	0,90
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	w_t	1,00
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	w_d	0,95
Sprawność całkowita systemu grzewczego:	η	0,737

3.4. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u.

Charakterystykę systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. przedstawiono w tabeli 3.5.

Tabela 3.5. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u.

	Rodzaj danych	Dane stanu istniejącego
1	Sposób przygotowania c.w.u.	Wymiennik pojemnościowy – 400 l zainstalowany w węźle cieplnym
2	Rodzaj instalacji	Pompowa, wykonana z rur stalowych ocynkowanych
3	Charakterystyka układu cyrkulacji	Cyrkulacja w poziomach i pionach
4	Parametry pracy instalacji	Indywidualne
5	Izolacje przewodów	Przewody c.w. i cyrkulacji prowadzone w kanale c.o. zaizolowane matami z waty szklanej gr. 3 cm w płaszczu azbestowo-cementowym
6	Sposób pomiaru zużytego ciepła	Brak
7	Sposób pomiaru ilości zużytej wody ciepłej	Brak
8	Rodzaj punktów czerpalnych	Baterie czerpalne dla zlewozmywaków, umywalk i pryszniców
9	Regulacja c.w.u.	Brak
10	Ilość osób korzystających z instalacji c.w.u.	139

Sprawności składowe systemu przygotowania c.w.u. przyjęto, a sprawność całkowitą obliczono zgodnie z Rozporządzeniem MliR dotyczącym metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. Sprawność całkowitą systemu przygotowania c.w.u. obliczono wg wzoru:

$$\eta_{cw} = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s$$

i zestawiono w poniższej tablicy.

Tabela 3.6. Charakterystyka systemu przygotowania i dystrybucji c.w.u. w budynku

Rodzaje sprawności systemu c.w.u.		Przed modernizacją
średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_{cw,g}$	0,93
średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepłej wody	$\eta_{cw,d}$	0,70
średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepłej wody	$\eta_{cw,s}$	0,85
średnia sezonowa sprawność wykorzystania	$\eta_{cw,e}$	1,00
sprawność całkowita systemu przygotowania c.w.u.	η_{cw}	0,55

3.5. Charakterystyka układu wentylacji

W budynku jest system wentylacji grawitacyjnej. Nawiew w wentylacji naturalnej odbywa się za pomocą infiltracji oraz wietrzenia przez okna, wywiew zaś poprzez kanały wentylacyjne i wietrzenie pomieszczeń.

Dla wentylacji naturalnej przyjęto współczynniki korekcyjne wynikające ze szczelności okien i drzwi lub obserwowanego nadmiernego poziomu wentylacji oraz ze stopnia wyeksponowania budynku na działanie wiatru wg Tabeli 2 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego:

- okna bardzo nieszczelne (okna stare): $c_r = 1,2$; $c_m = 1,5$;
- okna szczelne ze skrzydłami rozwieralno-uchyłnymi (okna nowe), warunki wentylacji normalne: $c_r = 1,0$; $c_m = 1,0$;
- budynek na przestrzeni osłoniętej: $c_w = 1,0$.

Ilość powietrza wentylacyjnego dla obliczeń ciepła dla okien z uwzględnieniem godzin pracy.

Całkowita ilość powietrza w wentylacyjnego dla budynku – 2340,4 m³/h w tym ilość powietrza infiltracyjnego - 1164,1 m³/h.

4. Charakterystyka energetyczna budynku

4.1. Sezonowe zapotrzebowanie ciepła do ogrzewania budynków oraz szczytowa moc cieplna

Zapotrzebowanie budynku na moc i ciepło do ogrzewania obliczono zgodnie z z PN-EN-12831 za pomocą programu Audytor OZC wersja 6,6 Pro opracowanego przez Narodową Agencję Poszanowania Energii SA w Warszawie. W obliczeniach zapotrzebowania budynku na moc i ciepło do ogrzewania przyjęto następujące założenia:

- obliczeniowa temperatura zewn. dla I strefy klimatycznej Polski: $t_{zo} = -16^{\circ}\text{C}$;
- obliczeniowa temperatura powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:

pomieszczenia sali lekcyjnych i pozostałych użytkowych: $t_{wo} = +20^{\circ}\text{C}$,

pomieszczenia kotłownia i składu opału – nieogrzewane.

liczbę stopniodni wynikającą ze średnich wieloletnich temperatur miesiąca (dane klimatyczne Ministerstwa Infrastruktury dla stacji meteorologicznej w Koszalinie i liczby dni ogrzewania (Tabela 1 Rozporządzenia MI w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu).

Zapotrzebowanie na moc cieplną, oraz energię cieplną na ogrzewanie w sezonie grzewczym i wskaźniki energetyczne dla stanu istniejącego przedstawiono w **tabeli 4.1**, udział strat ciepła przez poszczególne elementy budynku w ogólnych stratach ciepła przedstawiono w **tabeli 4.2**. i na **wykresie 4.1**. a zestawienie sezonowych zysków ciepła w **tabeli 4.3**.

Tabela 4.1. Charakterystyka energetyczna budynku dla stanu istniejącego

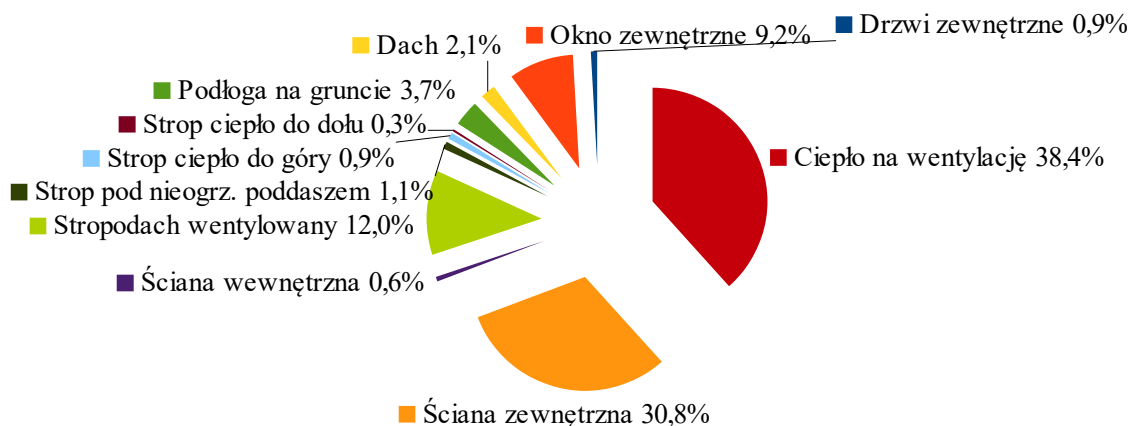
szczytowa moc grzewcza	kW	103,2
sezonowe zapotrzebowanie na ciepło	GJ/rok	593,2
wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło E	kWh/(m ³ ×rok)	175,4
kubaturowy wskaźnik zap. na szczytową moc grzewczą	W/m ³	21,5
powierzchniowy wskaźnik zap. na ciepło do ogrzewania	GJ/(m ² ×rok)	0,49

Tabela 4.2. Zestawienie sezonowych strat ciepła w budynku

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Drzwi zewnętrzne	9	2500	0,9
Okno zewnętrzne	93,26	25905	9,2
Dach	21,55	5986	2,1
Podłoga na gruncie	37,08	10300	3,7
Strop ciepło do dołu	2,83	785	0,3
Strop ciepło do góry	9,38	2605	0,9
Strop pod nieogrz. poddaszem	10,68	2966	1,1
Stropodach wentylowany	122,24	33955	12
Ściana wewnętrzna	6,59	1830	0,6
Ściana zewnętrzna	312,91	86918	30,8
Ciepło na wentylację	389,91	108309	38,4
Razem	1015,42	282061	100

Wykres 4.1. Udział strat ciepła przez poszczególne elementy budynku w ogólnych stratach ciepła

Szczegółowe zestawienie strat energii



W obliczeniach zysków ciepła od słońca przyjęto następujące założenia:

- pole powierzchni okien w świetle otworów w przegrodach określone na podstawie inwentaryzacji budowlanej;
- udział pola powierzchni płaszczyzny szklonej do całkowitego pola powierzchni okna albo powierzchni oszklonej wg Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku jw. wartość średnia: 0,7;
- średnie (wieloletnie) sumy miesięczne promieniowania słonecznego podającego na płaszczyznę pionową wg bazy danych klimatycznych Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju dla najbliższej stacji meteorologicznej tj. Koszalin.
- współczynnik przepuszczalności energii promieniowania: 0,67-0,75
- współczynnik zacienienia budynku jw.: 0,95.

W obliczeniach wewnętrznych zysków ciepła przyjęto następujące założenia:

- średnie obciążenie cieplne zyskami wewnętrznymi od ludzi i urządzeń powierzchni w oparciu o funkcję użytkową budynku przyjęto jak dla budynku oświatowego -12 W/m².

Tabela 4.3. Szczegółowe zestawienie zysków energii cieplnej w budynku

Opis	GJ/rok	kWh/rok	%
Zyski od słońca	171,96	47 766	32,9
Zyski wewnętrzne	350,75	97 431	67,1
Razem	522,71	145 197	100,0

4.2. Zapotrzebowanie na ciepło na przygotowanie c.w.u.

Obliczenia aktualnego zapotrzebowania budynku na moc i ciepło na przygotowanie c.w.u. przedstawiono w **tabeli 4.5**. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie c.w.u. wykonano w oparciu o przyjęte jednostkowe dobowe zapotrzebowanie na c.w.u. wg Rozporządzenia MliR dotyczącego metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku i obliczoną średnią sprawność systemu przygotowania c.w.u.

Obliczeniowe zapotrzebowanie na moc cieplną do przygotowania c.w.u. określono wg normy PN-B-01706:1992 Instalacje wodociągowe. Wymagania w projektowaniu jako zapotrzebowanie średnie godzinowe.

Założenia do obliczeń:

- wartość jednostkowego dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodą użytkową $V_{wi} = 0,8 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{dzień})$;
- współczynnik korekcyjny ze względu na przerwy w użytkowaniu ciepłej wody użytkowej $k_R = 0,55$;
- liczba godzin pracy instalacji w ciągu doby do obliczeń zapotrzebowania na moc: 8godzin/dobę.

Sprawność całkowitą systemu c.w.u. obliczono ze wzoru:

$$\eta_{cw} = \eta_g \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_s$$

Sprawności systemu grzewczego przyjęto z Rozporządzenia MI dotyczącego sporządzania świadectw energetycznych dla budynków. Sprawności zestawiono w **tablicy 4.4**.

Tabela 4.4. Sprawności układu przygotowania c.w.u.

Rodzaje sprawności systemu c.w.u.		Stan istniejący
średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	$\eta_{cw,g}$	0,93
średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepłej wody	$\eta_{cw,d}$	0,70
średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepłej wody	$\eta_{cw,s}$	0,85
średnia sezonowa sprawność wykorzystania	$\eta_{cw,e}$	1,00
sprawność całkowita systemu przygotowania c.w.u.	η_{cw}	0,55

Tabela 4.5. Obliczenie zapotrzebowania ciepła na przygotowanie c.w.u.

Obliczeniowa temperatura wody zimnej	°C	10
Temperatura ciepłej wody, t_c	°C	55
Zapotrzebowanie na ciepło		
Jednostkowe dobowe zużycie c.w.u.	dm ³ /(j.o.)dobra	0,80
Liczba jednostek odniesienia	m ²	1 212,0
wsp. korekcyjny	k_t	0,55
Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	m ³ /rok	177,0
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania c.w.u. Q_{ocwp}	GJ/rok	36,7
Średnia sprawność dystrybucji c.w.u., h_{cw}	-	0,55
Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania c.w.u.: $Q_{ocw} = Q_{ocwp} / \text{sprawność}$	GJ/rok	66,3
Zapotrzebowanie na moc cieplną		
Ilość godzin pracy instalacji na dobę	h	8
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u.:	dm ³ /h	121,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u.	kW	6,4
Współczynnik nierównomierności przepływu	-	2,8
Max godzinowe zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie c.w.u.: $q_{ocw} = g h_{\max} \times 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C}) \times 0,28 \text{ Wh/kJ} \times 0,995 \text{ dm}^3/\text{kg} \times (t_c - t_z) \times 10^{-4}$	kW	17,8

5. Taryfa i opłaty za ciepło

Budynek jest zaopatrywany w energię ciepłą na potrzeby ogrzewania oraz c.w.u. z kotłowni lokalnej administrowanej przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Gryficach.

Węzeł cieplny rozdziela ciepło na szkołę oraz dwa mieszkania własnościowe znajdujące się przy części A. Węzeł jest własnością szkoły, a mieszkańcy rozliczani są proporcjonalnie wg zużycia z licznika ciepła przeliczone na m². Mieszkańcy korzystają również z tego samego zasobnika pojemnościowego do przygotowania c.w.u. C.w.u. w mieszkaniach rozliczana jest wg wodomierzy.

Zużycie ciepła dla szkoły w 2015 roku wyniosło 761 GJ.

Koszty ogrzewania budynku bazując na aktualnie obowiązującej taryfie dla tego budynku – wynoszą jak poniżej.

Opłaty obowiązujące w taryfie przedstawiono w **tabeli 5.1.**

Tabela 5.1. Opłaty za zakup ciepła-istniejąca taryfa (brutto)

Składowe		Stawka opłaty brutto
Opłata zmienna		
Koszt zakupu ciepła	zł/GJ	78,51
Koszt za usługi przesyłowe	zł/GJ	11,13
Opłata stała		
Opłata za zamówioną moc ciepłą	zł/MW/m-c	18 775,42
Opłata za usługę przesyłową	zł/MW/m-c	1 252,73

Obecnie moc zamówiona na potrzeby c.o. i c.w.u. wynosi 0,148 MW.

Obecnie roczne koszty ogrzewania budynku oraz przygotowania c.w.u. dla roku standardowego przedstawiono w **tabeli 5.2.**

Tabela 5.2. Koszty ciepła

zł/rok	
c.o.	c.w.u.
89 021	7 098

6. Ocena stanu technicznego

6.1. Ocena stanu technicznego budynku

Elewacja jest w złym stanie technicznym. Ze względu na ochronę konserwatorską nie można ocieplić ścian zewnętrznych części B budynku. W 2004 roku ocieplono część stropodachu w części C budynku wełną mineralną grubości 10 cm, a w 2009 wymieniono dach oraz wykonano ocieplenie z wełny mineralnej grubości 15 cm w części B. W 2015r. wymieniono blachodachówkę oraz wykonano ocieplenie z wełny mineralnej w części budynku C (nad salą gimnastyczną i zapleczem sali).

Sukcesywnie wymieniono wszystkie okna i drzwi.

Ściany zewnętrzne budynku nie spełniają obecnie obowiązujących wymagań dotyczących oszczędności energii i izolacyjności cieplnej zgodnie z Rozporządzeniem MTBiGM z dn. 5 lipca 2013r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Powyższe wymagania są spełnione, jeżeli współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych budynku nie przekraczają wartości maksymalnych określonych w załączniku do tego rozporządzenia. Obowiązujące wielkości współczynników przenikania ciepła przedstawiono w **załączniku nr 2**.

W celu poprawy komfortu cieplnego w budynku oraz uzyskania oszczędności energii, a tym samym zmniejszenia kosztów ciepła do ogrzewania budynku, a także dostosowania przegród w budynku do aktualnie obowiązujących wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej należy przeprowadzić termomodernizację przegród zewnętrznych budynku (ścian zewnętrznych i stropodachu).

6.2. Ocena stanu technicznego źródła ciepła i instalacji c.o.

Stan techniczny węzła cieplnego jest bardzo zły, przewody są skorodowane, ubytki na izolacji termicznej, zawory zakamienione i skorodowane. Wymiennik pojemnościowy nowy, brak regulacji temperatury ciepłej wody. Z rozdzielacza wyprowadzone są dwa obiegi, jeden na szkołę, a drugi na mieszkania. Licznik ciepła zamontowany jest przed rozdzielaczem. Ze względu na brak regulacji i występowanie mieszkań nie można obecnie stosować obniżen nocnych i weekendowych w szkole. Powoduje to bardzo duże straty ciepła. Jedyne obniżenia stosowane są przez dostawcę ciepła.

Stan techniczny instalacji c.o. jest dostateczny. Wszędzie zamontowano zawory termostatyczne przygrzejnikowe w 2008 r oraz założono automatyczne zawory odpowietrzające.

6.3. Ocena stanu technicznego instalacji c.w.u.

Stan techniczny instalacji c.w.u. jest dobry.

Z uwagi na to, że c.w.u, przygotowywana jest centralnie i dostarczana przez rozbudowany system z układem cyrkulacyjnym instalacja charakteryzuje się stosunkowo wysokimi stratami ciepła.

6.4. Ocena stanu technicznego systemu wentylacji naturalnej i mechanicznej

W budynku nie obserwuje się zawyżonej (ponadnormatywnej) infiltracji powietrza zewn. przez okna w budynku. Istniejące kanały wentylacyjne są drożne.

7. Wykaz usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych wybranych do optymalizacji

Celem uzyskania obniżenia kosztów energii cieplnej w budynku przeanalizowano wszystkie elementy mające wpływ na te koszty, tj. głównie elementy powodujące straty ciepła, oraz zaproponowano usprawnienia termomodernizacyjne mogące zmniejszyć lub wyeliminować poszczególne straty. Przeanalizowano elementy dotyczące struktury budowlanej, systemu grzewczego, wentylacyjnego i ciepłej wody użytkowej.

W wyniku przeprowadzonej analizy możliwych do wykonania i racjonalnych dla tego budynku usprawnień i przedsięwzięć termomodernizacyjnych, do optymalizacji zostały wybrane następujące działania:

A – ocieplenie ścian zewnętrznych metodą bezspoinową z użyciem płyt styropianowych;

B – ocieplenie stropodachu poprzez położenie płyt styropianowych wraz z warstwą papy termozgrzewalnej;

C – modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła

W przypadku ulepszeń polegających na ocieplaniu/docieplaniu przegród budowlanych optymalizacja polega na wyborze optymalnego dodatkowego oporu cieplnego (ΔR) odpowiadającego optymalnej grubości warstwy ocieplenia przegrody, dla którego prosty czas zwrotu nakładów (SPBT) przyjmuje wartość minimalną. Jednocześnie wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody po termomodernizacji powinna spełniać aktualnie obowiązujące (od 1.01.2014 do 1.01.2017 r.) wymagania wg rozporządzenia MTBiGM z dn. 5 lipca 2013r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

W niniejszym opracowaniu dążono do tego aby przegrody po wykonaniu proponowanych prac termomodernizacyjnych, spełniały wymagania opisane w **Warunkach Technicznych jak dla roku 2017**. Szczegółowe zestawienie wymagań przedstawiono w załączniku 2.

W przypadku przedsięwzięć polegających na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji (wentylacji naturalnej i mechanicznej wywiewnej) porównuje się warianty o tym samym zakresie ulepszeń. Jednocześnie wartość współczynnika ciepła przenikania ciepła okien po wymianie nie może być większa niż określona w rozporządzeniu j.w.

W przypadku przedsięwzięć termomodernizacyjnych prowadzących do zmniejszenia zapotrzebowania na energię przez system wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej oraz w przypadku przedsięwzięć termomodernizacyjnych związanych ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej porównuje się warianty o tym samym zakresie ulepszeń.

8. Optymalizacja usprawnień termomodernizacyjnych

Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wykonano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dn. 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego wraz z uwzględnieniem zmian z 13 października 2015r.

8.1. Ocena opłacalności i wyboru usprawnień dot. zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody i zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie powietrza wentylacyjnego

W niniejszym rozdziale w kolejnych tabelach dokonuje się:

- Oceny opłacalności i wyboru optymalnych usprawnień prowadzących do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne,
- Zestawienia optymalnych usprawnień i przedsięwzięć w kolejności rosnącej wartości prostego czasu zwrotu nakładów (SPBT) charakteryzującego każde usprawnienie.

Tabela 8.1. Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty przez ściany zewnętrzne

Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie				Przegroda		
				Ściany zewnętrzne		
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia strat				A	=	889,3 m ²
powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia				A_{koszt}	=	1030 m ²
Opis wariantów usprawnienia:						
Przewiduje się ocieplenie ścian metodą bezspoinową z użyciem płyt styropianowych o współczynniku przewodności $\lambda=0,040$ W/mK, przełożenie instalacji odgromowej, założenie nowych parapetów podokiennych oraz przesunięcie rur spustowych i przełożenie instalacji kablowych ze ścian. Rozpatruje się 3 warianty różniące się grubością warstwy izolacji termicznej:						
Lp.	Opis	Jedn.	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej; g	m		0,12	0,14	0,16
2	Wartość wsp. przenikania ciepła przegrody budowlanej U_c	W/m ² *K	1,25	0,26	0,23	0,21
3	$Q_{0U}, Q_{1U} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A \cdot U_c$	GJ/a	440,17	92,73	81,95	73,41
4	$q_{0U}, q_{1U} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - t_{z0}) \cdot U_c$	MW	0,046	0,010	0,009	0,008
5	Roczna oszczędność kosztów ΔO_{ru}	zł/a		37 953	39 131	40 063
6	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m ²		227,55	233,70	246,00
7	Koszt realizacji usprawnienia N_U	zł		234 377	240 711	253 380
8	$SPBT = N_U / \Delta O_{ru}$	lata		6,18	6,15	6,32
Podstawa przyjętych wartości N_U						
Koszt usprawnienia stanowi iloczyn ceny jednostkowej i całkowitej powierzchni ścian zewnętrznych z odliczeniem powierzchni okien i drzwi.						
Wybrany wariant: 2		Koszt: 240 711,0 zł		SPBT= 6,15 lat		

Tabela 8.1. Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty przez stropodach

Ocena opłacalności i wybór wariantu zmniejszającego straty ciepła przez przenikanie				Przegroda		
				Stropodach		
Dane: powierzchnia przegrody do obliczenia strat				A	=	291,65 m ²
powierzchnia przegrody do obliczenia kosztu usprawnienia				A_{koszt}	=	330 m ²
Opis wariantów usprawnienia:						
Przewiduje się ocieplenie stropodachu warstwą izolacji z płyt styropianowych laminowanych papą o współczynniku przewodności $\lambda=0,04$ W/mK wraz z wykonaniem warstwy wierzchniej z papy termozgrzewalnej oraz wykonaniem niezbędnych obróbek blacharskich. Rozpatruje się 3 warianty różniące się grubością warstwy izolacji termicznej:						
Lp.	Opis	Jedn.	Stan istniejący	Warianty		
				1	2	3
1	Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej; g	m		0,15	0,18	0,20
2	Wartość wsp. przenikania ciepła przegrody budowlanej U_c	W/m ² *K	291,65	0,20	0,17	0,16
3	$Q_{0U}, Q_{1U} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A \cdot U_c$	GJ/a	84,46	22,20	19,34	17,82
4	$q_{0U}, q_{1U} = 10^{-6} \cdot A \cdot (t_{w0} - t_{z0}) \cdot U_c$	MW	0,009	0,0023	0,0020	0,0019
5	Roczna oszczędność kosztów ΔO_{nu}	zł/a		6 801	7 113	7 279
6	Cena jednostkowa usprawnienia	zł/m ²		226,32	238,62	252,15
7	Koszt realizacji usprawnienia N_U	zł		74 686	78 745	83 210
8	$SPBT = N_U / \Delta O_{nu}$	lata		10,98	11,07	11,43
Podstawa przyjętych wartości N_U						
Koszt usprawnienia stanowi iloczyn ceny jednostkowej i całkowitej powierzchni stropu piwnicy.						
Wybrany wariant: 2		Koszt: 78 745 zł		SPBT= 11,07 lat		

8.2. Zestawienie wybranych usprawnień termomodernizacyjnych wg rosnącej wartości SPBT.

Wskazane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w wyniku zmniejszenia strat ciepła przez przegrody zewnętrzne oraz modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej uszeregowane według rosnącej wartości SPBT przedstawiono w tabeli 8.3.

Tabela 8.3. Usprawnienia modernizacyjne uszeregowane według rosnącej wartości SPBT.

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Wariant	Planowane koszty robót, zł	SPBT lata
1	2	3	4	5
1.	Ocieplenie ścian zewnętrznych	14 cm	240 711,00	6,2
2.	Ocieplenie stropodachu	18 cm	78 744,60	11,1

9. Ocena i wybór 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 nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Zaproponowano takie przedsięwzięcie termomodernizacyjne dotyczące systemu grzewczego, które poprawi jego sprawność i dostosuje system do aktualnych wymagań technicznych oraz nowych potrzeb ciepłych budynku po pełnej termomodernizacji budynku.

W **Wariancie B** zaproponowano montaż pompy ciepła z sondą głębinową. Przedsięwzięcie będzie polegać na:

- montażu pompy ciepła z sondami głębinowymi wraz z automatyką,
- wymianie instalacji c.o., poziomów pionów i gałęzek przygrzejnikowych oraz zastosowaniu grzejników wyposażonych w głowice termostatyczne;

Sprawności składowe i sprawność całkowitą systemu grzewczego oraz współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby i tygodnia przed i po modernizacji przedstawiono w **tabeli 9.1**.

Tabela 9.1. Współczynniki sprawności

Rodzaje sprawności i współczynników uwzględniających przerwy w ogrzewaniu		Przed modernizacją	Po modernizacji pompa ciepła
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła (brak elementów akumulacyjnych)	η_s	1,00	1,00
Średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła	η_g	0,93	3,50
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła	η_e	0,88	0,89
Średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) ciepła	η_d	0,90	0,90
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia	w_t	1,00	0,85
Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby	w_d	0,95	0,88
Sprawność całkowita systemu grzewczego:	η	0,737	2,804

Nakłady na modernizację systemu grzewczego obejmują roboty montażowe, dostawy urządzeń i materiałów oraz nadzór inwestycyjny i prace rozruchowe. Podstawą ustalenia wartości robót były oferty wykonawców.

Nakłady na modernizację instalacji c.o. i pompy ciepła przedstawiono w tabeli 9.2.

Tabela 9.2. Koszty modernizacji

Rodzaj modernizacji	Jednostka	Liczba jednostek	Koszt jednostkowy netto	Nakłady z VAT
			zł	zł
Montaż pompy ciepła z sondami głębinowymi o mocy cieplnej 80 kW wraz z automatyką	kpl.	1	250 000	307 500
Wymiana rur poziomych w kanałach	mb.	150	180	33 210
Montaż grzejników stalowych konwektorowych wyposażonych w zawory termostatyczne wraz z pionami i gałkami doprowadzającymi	szt.	64	1 100	86 592
Niezbędne prace budowlane i dokumentacja techniczna	kpl.	1	12 000	14 760
SUMA				442 062

Opłacalność przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego przedstawiono poniżej. W tabeli poniżej zestawiono zapotrzebowanie na ciepło dla stanu po termomodernizacji przy rozpatrywanym źródle ciepła. Koszty odniesiono do stanu wyjściowego, którym jest zapotrzebowanie na ciepło po przeprowadzonej termomodernizacji struktury budowlanej.

Opłacalność przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego dla **Wariantu B** przedstawiono w tabeli 9.3.

Tabela 9.3. Ocena proponowanego przedsięwzięcia

l.p.	Opis	Jednostka	Stan odniesienia	Stan po modern.
1	Sprawność całkowita systemu grzewczego η	-	0,737	2,804
2	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia wt	-	1,00	0,85
3	Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby wd	-	0,95	0,95
4	Oszczędność kosztów ΔO_{reo}	zł/a		60 143
5	Koszt przedsięwzięcia N_{co}	zł		442 062
6	SPBT	lata		7,4

10. Wybór optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizację systemu wentylacji, instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, obliczono kolejno:

- planowane nakłady całkowite na przedsięwzięcie termomodernizacyjne 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;
- kwotę rocznych oszczędności kosztów energii cieplnej ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia zgodnie ze wzorem:

$$\Delta O_r = (w_{to} * w_{do} * Q_{0co}/\eta_0 + Q_{ocw}) * O_{oz} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{1co}/\eta_1 + Q_{1cw}) * O_{1z} + 12 * [(q_{om} + q_{ocw}) * O_{om} - (q_{1m} + q_{1cw}) * O_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) \quad [\text{zł/rok}]$$

gdzie:

Q_{0co}, Q_{1co} – całkowite zapotrzebowanie budynku na ciepło na ogrzewanie przed i po termomodernizacji, GJ/rok,

Q_{0cw}, Q_{1cw} – całkowite zapotrzebowanie budynku na ciepło na przygotowanie c.w.u. przed i po termomodernizacji, GJ/rok,

q_{0m}, q_{1m} – całkowite zapotrzebowanie budynku na moc cieplną na c.o. przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, MW,

q_{0cw}, q_{1cw} – całkowite zapotrzebowanie budynku na moc na przygotowanie c.w.u. przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, MW,

O_{0m}, O_{1m} – stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii przed i po wykonaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego; [zł/MW/m-c],

O_{0z}, O_{1z} – opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii przed i po wykonaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego; [zł/GJ].

- zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej;

10.1. Określenie wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

Rozpatruje się następujące warianty:

Tabela 10.1.

l.p.	Przedsięwzięcie	Jednostka	Nr wariantu		
			1	2	3
1.	Ocieplenie ścian zewnętrznych	zł	240 711	240 711	
2.	Ocieplenie stropodachu	zł	78 745		
3.	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła	zł	442 062	442 062	442 062
4.	Razem	zł	761 518	682 773	442 062

Zestawienie przedsięwzięć termomodernizacyjnych oraz wybór przedsięwzięcia optymalnego przedstawiono w tabeli 10.2 i 10.3.

Tabela 10.2 Charakterystyka wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego											
$Q_0 = W_{d0} * Q_{0CO} / \eta + Q_{0CW}$ $q_0 = q_{0CO} + q_{0CW}$ $O_{or} = Q_0 * O_z + q_0 * O_m * 12$ $O_r = O_{r1} - O_{r0}$						$Q_{11} = w_{d1} * Q_{1CO} / \eta_1 + Q_{1CW}$ $q_1 = q_{1CO} + Q_{1CW}$ $Q_{1r} = Q_1 * O_z + q_1 * O_m * 12$					
Wariant	Q_{0CO} Q_{0CO} GJ	q_{0CO} q_{0CO} kW	η_0 η_1 -	W_d W_t -	Q_{0CW} Q_{1CW} GJ	q_{0CW} q_{0CW} kW	Q_0 Q_1 GJ	q_0 q_1 kW	O_{or} O_{1r} zł/rok	ΔO_r zł	N zł
stan istn.	593,2	103,2	0,737	0,95 1,00	66,3	6,4	831,4	109,5	96 119		
1.	373,8	73,8	2,804	0,95 0,85	66,3	6,4	174,0	80,2	26 388	69 731	761 518
2.	417,6	79,0	2,804		66,3	6,4	186,6	85,4	28 269	67 850	682 773
3.	593,2	103,2	2,804		66,3	6,4	237,2	109,5	35 976	60 143	442 062

Tabela 10.3. Dokumentacja wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termo modernizacyjnego

Lp.	Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczędność kosztów energii	Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię (z uwzględnieniem sprawności całkowitej) [(Q ₀ -Q ₁)/Q ₀]*100%	Optymalna kwota kredytu / środki własne	Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów całkowitych	dwukrotność rocznej oszczędności kosztów energii
		zł	zł	%	zł,%	zł	zł	zł
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych	761 518	69 730,95	79,1%	0,00	0,00	121 842,82	139 461,90
	Ocieplenie stropodachu				761 517,60			
	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła							
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych	682 773	67 850,14	77,6%	0,00	0,00	109 243,68	135 700,28
	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła				682 773,00			
	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła							
3	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła	442 062	96 119	71,5%	0	0	70 730	192 238
					442 062			

Wariantem optymalnym spełniającym wymagania Ustawy oraz Inwestora jest **wariant 1**

10.2. Wskazanie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Optymalnym wariantem przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w rozpatrywanym budynku jest **wariant nr 1** obejmujący usprawnienia:

Lp.	Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Wariant
1.	Ocieplenie ścian zewnętrznych	14 cm
2.	Ocieplenie stropodachu	18 cm
3.	Modernizacja instalacji c.o. i źródła ciepła	-

W tabeli poniżej pokazano dane energetyczne i koszty ogrzewania dla stanu obecnego oraz dla wybranego wariantu

	Stan przed termomod.	Stan po termomod.
Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	103,2	73,8
Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie c.w.u. [kW]	6,4	6,4
Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku - bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	593,2	373,8
Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzania budynku - z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu [GJ/rok]	765,1	107,7
Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u [GJ/rok]	66,3	66,3
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m²rok]	136,0	85,7
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m²rok]	175,4	24,7
Koszty ogrzewania na potrzeby c.o.	89021,0	19290,1
Koszty przygotowania c.w.u.	7097,9	7097,9

11. Wnioski

1. W wyniku obliczeń za najbardziej uzasadnione rozwiązanie pod względem energetycznym i ekonomicznym uznano **wariant 1** obejmujący:

Rodzaj i zakres usprawnienia termomodernizacyjnego	Wariant	Planowane koszty robót, zł
Przewiduje się ocieplenie ścian metodą bezspoinową z użyciem płyt styropianowych o współczynniku przewodności $\lambda = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, przełożenie instalacji odgromowej, założenie nowych parapetów podokiennych oraz przesunięcie rur spustowych,	14 cm	240 711
Przewiduje się ocieplenie stropodachu warstwą izolacji z płyt styropianowych laminowanych papą o współczynniku przewodności $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ wraz z wykonaniem warstwy wierzchniej z papy termozgrzewalnej oraz wykonaniem niezbędnych obróbek blacharskich.	18 cm	78 745
Przewiduje się następujące usprawnienia poprawiające sprawność systemu grzewczego i dostosowujące instalację do aktualnych wymagań technicznych: - montaż pompy ciepła o mocy 26 kW wraz z automatyką i wykonaniem sond głębinowych oraz pełną automatyką; - całościowa wymiana instalacji c.o., grzejniki wraz z rurami rozprzewadzającymi w pionie i poziomie i montażem zaworów regulacji ciśnień, termostatycznymi i odpowietrzającymi; moc grzejników musi być dostosowana do potrzeb budynku po termomodernizacji i nowego źródła ciepła; należy uwzględnić również blokadę zaworów termostatycznych przed demontażem przez dzieci.	-	442 062

Koszt proponowanego rozwiązania termomodernizacyjnego wynosi **761 518 zł**. Cena zawiera podatek VAT w wysokości 23% .

W przypadku zastosowania w pomieszczeniach okien o dużej szczelności, uniemożliwiającej infiltrację powietrza zewnętrznego w niezbędnej ilości, należy przewidzieć odpowiednie urządzenia nawiewne.

W pomieszczeniach o temperaturze obliczeniowej $+20^{\circ}\text{C}$ w przypadku stosowania obniżen temperatury nie powinna być niższa niż 16°C . Ograniczenie to ma na celu przeciwdziałanie zawilgoceniu i zagrzybieniu, które może występować przy nadmiernym obniżeniu temperatury w pomieszczeniach. W eksploatacji ocieplonego budynku należy zwrócić uwagę na dotrzymanie wymagań wentylacji, aby nie dopuścić do powstania pleśni i zawilgoceń.

Stosowane w termomodernizacji technologie oraz materiały muszą być dopuszczone do stosowania w Polsce przez uprawnione do tego instytucje (Instytut Techniki Budowlanej i inne). Dostawca lub wykonawca obowiązany jest przedstawić odpowiednie dokumenty stanowiące podstawę do stosowania w budownictwie (certyfikat oraz aprobatę techniczną lub deklarację zgodności).

Roboty termomodernizacyjne powinny być wykonane w krótkim okresie, najlepiej bezpośrednio przed rozpoczęciem sezonu grzewczego, aby były ekonomicznie najbardziej opłacalne.

Termomodernizację najlepiej jest wykonywać jednocześnie z remontem elewacji np. w ramach remontu kapitalnego. W trakcie wykonywania prac termomodernizacyjnych należy zwrócić uwagę na elementy konstrukcji budynku, aby wykonać wszystkie niezbędne prace remontowe.

Na proponowane w Audycie rozwiązania budowlane konieczne jest sporządzenie dokumentacji projektowej wg zasad określonych przepisami Prawa Budowlanego i rozporządzeń wykonawczych.

Załącznik 1. Dokumentacja fotograficzna

Elewacja południowo-zachodnia

Elewacja północno-zachodnia

Załącznik 2, Zestawienie obowiązujących maksymalnych wsp. U dla budynków**Budynek użyteczności publicznej**

Maksymalne wartości wsp. U dla budynków użyteczności publicznej zawarte w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami) szczególnie ze zmianą z 5 lipca 2013r.

Stan po 1 stycznia 2014r. oraz stan na 1 styczeń roku 2017.

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² · K)]*	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² · K)]**
1	2	3	4
1	Ściany zewnętrzne: a) przy $t_i \geq 16\text{ °C}$ b) przy $8\text{ °C} \leq t_i < 16\text{ °C}$ c) przy $t_i < 8\text{ °C}$	0,25 0,45 0,90	0,23 0,45 0,90
2	Ściany wewnętrzne: a) przy $\Delta t_i \geq 8\text{ °C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy b) przy $\Delta t_i < 8\text{ °C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	1,00 bez wymagań 0,30	1,00 bez wymagań 0,30
3	Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości: a) do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm b) powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny	3,00 0,70	3,00 0,70
4	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań	bez wymagań
5	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i \geq 16\text{ °C}$ b) przy $8\text{ °C} \leq t_i < 16\text{ °C}$ c) przy $t_i < 8\text{ °C}$	0,20 0,30 0,70	0,18 0,30 0,70
6	Podłogi na gruncie: a) przy $t_i \geq 16\text{ °C}$ b) przy $8\text{ °C} \leq t_i < 16\text{ °C}$ c) przy $t_i < 8\text{ °C}$	0,30 1,20 1,50	0,30 1,20 1,50
7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: a) przy $t_i \geq 16\text{ °C}$ b) przy $8\text{ °C} \leq t_i < 16\text{ °C}$ c) przy $t_i < 8\text{ °C}$	0,45 0,25 0,30 1,00	0,45 0,25 0,30 1,00
8	Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne: a) przy $\Delta t_i \geq 8\text{ °C}$ b) przy $\Delta t_i < 8\text{ °C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	bez wymagań 1,00 bez wymagań 0,25	bez wymagań 1,00 bez wymagań 0,25

*wartości, które zaczną obowiązywać od 1 stycznia 2014r.

**wartości, które zaczną obowiązywać od 1 stycznia 2017r.

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² · K)]	Współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m ² · K)]
1	2	3	3
1	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$ b) przy $t_i < 16^\circ\text{C}$	1,3 1,8	1,1 1,6
2	Okna połaciowe: a) przy $t_i \geq 16^\circ$ b) przy $t_i < 16^\circ$	1,5 1,8	1,3 1,6
3	Okna w ścianach wewnętrznych: a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$ c) oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	1,50 bez wymagań 1,50	1,30 bez wymagań 1,30
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań	bez wymagań

t_i - Temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia.