

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek dydaktyczny		1.2 Rok budowy
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Powiat Wałbrzyski Aleja Wyzwolenia 20-24 58-300 Wałbrzych	1.4 Adres budynku	Ul. Nowa Kolonia 9 58-320 Walim Województwo Dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
Pracownia Projektowa „KONSTRUKTOR” ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice, biuro: ul. Broniewskiego 1B, 58-309 Wałbrzych tel./fax (0-74) 665-96-96			REGON: 890658291
3. Imię, nazwisko, adres audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis			
mgr inż. Piotr Rajca ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice		inżynier budownictwa – uprawnienia budowlane NBGP.V-7342/3/75/98 i 691/01/DUW kurs audytorów energetycznych KAPE/99/115	Podpis:
4. Współautorzy			
Lp.	4.1 Imię i nazwisko	4.2 Zakres udziału w audycie	4.3 Posiadane kwalifikacje
5. Miejscowość: Wałbrzych		data wykonania opracowania: wrzesień 2020 r.	
6. Spis treści			
1. DANE OGÓLNE. 5 1.1 Podstawa formalna 5 1.2 Podstawa prawna 5 1.3 Przedmiot opracowania 5 2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU. 5 2.1 Opis techniczny konstrukcji 6 2.1.1. Ściany zewnętrzne 6 2.1.2. Przegrody poziome 6 2.1.3. Ściany wewnętrzne 7 2.1.4. Okna i drzwi 7 2.1.5. Podsumowanie 7 2.2. System grzewczy 8 2.2.1. Charakterystyka 8 2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 9 2.3. System c.w.u. 9 2.4. System wentylacji 10 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 10 3.1. Przegrody budowlane 10 3.2. System grzewczy..... 12 3.3. System c.w.u. i wentylacji 12 3.4. Oświetlenie i energia elektryczna 12			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.	13
5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.	13
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody	13
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych	14
5.1.2. Docieplenie stropodachu niewentylowanego	14
5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okienną i drzwiową	15
5.2.1. Zmniejszenie strat przez stolarkę okienną	15
5.2.2. Zmniejszenie strat przez stolarkę drzwiową	15
5.3. Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło c.w.u.	16
5.4. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	17
5.5. Podsumowanie	18
6. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.	19
7. ZAŁĄCZNIKI.	21
8. LITERATURA	22

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia budynku – tradycyjna murowana z cegły ceramicznej pełnej	
2	Liczba kondygnacji	2-3	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1026,3	
4	Powierzchnia użytkowa budynku [m ²]	418,2	
5	Powierzchnia użytkowa lokali mieszkalnych [m ²]	-----	
6	Udział powierzchni użytkowej lokali mieszkalnych w całkowitej powierzchni użytkowej budynku [m ²]	0,00	
7	Liczba lokali mieszkalnych	-----	
8	Liczba osób użytkujących budynek	50	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej	Centralny z kotłowni gazowej w zasobniku ciepłej wody użytkowej	
10	Rodzaj systemu grzewczego budynku	Kotłownia gazowa – 2 kotły Viessmann Atola o mocy 84 kW każdy	
11	Współczynnik A/V [l/m]	0,80	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne	1,148	0,186
2	Stropodach niewentylowany	1,282	0,142
3	Strop pod poddaszem nieużytkowym	0,196	0,196
4	Dach części użytkowej	0,198	0,198
5	Stolarka okienna	2,90	0,90
6	Stolarka drzwiowa	3,40	1,30
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_{Hg}	0,94	0,94
2	Sprawność przesyłania η_{Hd}	0,80	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_{He}	0,77	0,88
4	Sprawność akumulacji η_{Hs}	1,00	1,00
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia w_t	0,85	0,85
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby w_d	0,95	0,95
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1	Sprawność wytwarzania	0,92	2,60
2	Sprawność przesyłania	0,60	0,80
3	Sprawność akumulacji	0,60	0,85
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nieszczelności	nawietrzaki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	843,1	843,1
4	Liczba wymian [1/h]	0,82	0,82
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	46,1	24,5
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	4,4	4,4
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	255,3 70 919	74,6 20 709
4	Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	356,0 98 900	71,9 19 959
5	Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowania c.w.u. [GJ/rok]	41,4 11 498	7,2 1 990
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	342	-
7	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u. (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	-	-
8	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	169,6	49,5
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	236,49	47,73

10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	10,49	18,53
7. Opłaty jednostkowe			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	52,20	52,20
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	0	0
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u. [zł]	18,0	18,0
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł]	0,0	0,0
5	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej [zł]	3,92	0,83
6	Opłata abonamentowa [zł]	0,0	0,0
7	Inne [zł]	-	-
8. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowane koszty całkowite [zł]		592 217,68	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		17 664,3	79,10
9. Inne			
Wraz z realizacją przedsięwzięcia termomodernizacyjnego w budynku ZOSTANIE / NIE ZOSTANIE zainstalowana mikroinstalacja odnawialnego źródła energii o mocy maksymalnej KW			
Z audytu energetycznego WYNIKA / NIE WYNIKA , że po zrealizowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego elementy budynku poddane temu przedsięwzięciu termomodernizacyjnemu będą spełniać stosowane od dnia 31 grudnia 2020 r. wymagania, o których mowa w art. 5a ust. 2 ustawy.			

10. Informacje dodatkowe		Stan przed termom.	Stan po termom.	Efekt termom.	Efekt %
1	Zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku [kWh/rok]	121438	21955	99483	81,92
2	Zapotrzebowanie na energię elektryczną - oświetlenie [MWh/rok]	12,5	3,3	9,2	73,60
3	Zapotrzebowanie na energię elektryczną – oświetlenie + energia pomocnicza [MWh/rok]	12,9	3,7	9,2	71,32
4	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych związanych z użytkowaniem obiektu – emisja CO ₂ [Mg CO ₂ /rok]	21,99	4,19	17,79	80,93

WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:

1. Uwzględnienie w pierwszej kolejności usprawnienia obejmującego docieplenie ścian zewnętrznych budynków, docieplenie stropodachu niewentylowanego, wymiana stolarki okiennej i drzwiowej.
2. Usprawnienie instalacji c.w.u. – zmiana sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wspomaganej elektrycznie istniejącą instalacją fotowoltaiki
3. Usprawnienie systemu grzewczego – wymiana instalacji wewnętrznej c.o. oraz przewodów sieci ciepłowniczej zasilającej budynek
4. Wymiana instalacji oraz opraw oświetleniowych
5. Budynek posiada istniejącą instalację fotowoltaiki

Dokumenty i dane źródłowe z których korzystał audytor:

1. Informacja dotycząca ilości osób użytkujących budynek szkolny oraz czasu użytkowania budynku – dane uzyskane od Użytkownika obiektu,
2. Informacja dotycząca rzeczywistych kosztów ogrzewania budynku.

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek szkoły Zespołu Placówek Resocjalizacyjnych w Walimiu** zostało wykonane zlecenie Powiatu Wałbrzyskiego na podstawie zlecenia wykonania audytu energetycznego.

1.2. PODSTAWA PRAWNA

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (zmiana z dnia 29.04.2020) oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz wzorów świadectw charakterystyki energetycznej.

1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest budynek dydaktyczny – internat Zespołu Placówek Resocjalizacyjnych położony przy ul. Nowa Kolonia 9 w Walimiu.

W opracowaniu zaproponowano i przeanalizowano (pod kątem oszczędności energii oraz opłacalności) szereg przedsięwzięć termomodernizacyjnych odnoszących się do w/w budynku.

Opracowanie kończy się wyborem najbardziej optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – wariant wybrany zgodnie z algorytmem oceny opłacalności, który spełnia wszystkie warunki i kryteria określone w ustawie, przeznaczony do realizacji. Wybrany wariant spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.

2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO – BUDOWLANA OBIEKTU

Opisywany budynek szkoły jest zlokalizowany przy ul. Nowa Kolonia 9 w Walimiu. Budynek został oddany do użytku ok. 1930r. Budynek jest obiektem wolnostojącym. Budynek został wykonany w technologii tradycyjnej murowanej z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cem.-wap.

Budynek jest obiektem w części dwu, a w części trzykondygnacyjnym. W budynku znajdują się pomieszczenia dydaktyczne oraz administracyjne.

Według informacji uzyskanych od użytkownika budynku, obiekt użytkowany jest przez ok. 50 (uczniowie z nauczycielami).

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ pomiary budynku z natury,
- ◆ inwentaryzacja budowlana budynku opracowana przez Pracownię Projektową „KONSTRUKTOR” ze Świebodzice opracowana w marcu 2016 r.
- ◆ audyt energetyczny opracowany w marcu 2016r.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Budynek został wykonany w technologii tradycyjnej murowanej z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Tynki zewnętrzne wykonane jako cementowo-wapienne. Elewacja budynku prosta bez detali architektonicznych. Stropy budynku drewniane. Konstrukcja dachu drewniana z pokryciem z blachy na części głównej oraz z papy na przybudówce. W zasadniczej części budynek z poddaszem nieużytkowym, nad sanitariatami stropodach niewentylowany.

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[m]	1,90-2,60
2	Powierzchnia użytkowa obiektu	[m ²]	418,2

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

Ściany zewnętrzne obu budynków wykonane są jako murowane z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Średnia grubość ściany – 54 cm.

Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	mur z cegły	54,0	0,77

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.2. PRZEGRODY POZIOME

W budynku rozróżnia się dwa typy stropów. Nad kondygnacją piwnicy występują stropy masywne ceramiczne na belkach stalowych (strop odcinkowy), pokryte dodatkowo warstwami ocieplającymi (izolacja akustyczna) i wykończeniowymi.

Pozostałe stropy drewniane z izolacją z zasypki żużlowej.

Strop nad II kondygnacją użytkową, a pod poddaszem nieużytkowym wykonany jako drewniany z dociepleniem z wełny mineralnej gr. 16cm (docieplenie wykonane podczas remontu pokrycia dachowego).

Tabela 3. Układ warstw stropu nad piwnicą

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk cem-wap	2,5	0,16
2	Cegła ceramiczna	25,0	0,77
3	Zasypka z żużla	5,0	0,28
4	Posadzka cementowa	6,0	1,00

Tabela 4. Układ warstw stropu pod poddaszem nieużytkowym

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta OSB	2,0	0,13
2	Wełna mineralna	16,0	0,035
3	Deski	2,5	0,16
4	Tynk cem-wap	2,0	0,82

Dach nad II kondygnacją użytkową, o konstrukcji drewnianej z dociepleniem z wełny mineralnej gr. 16cm (docieplenie wykonane podczas remontu pokrycia dachowego).

Tabela 5. Układ warstw dachu nad poddaszem użytkowym

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Blacha	0,7	---
2	Płyta OSB	2,0	0,13
3	Wełna mineralna	16,0	0,035
4	Deski	2,5	0,16
5	Tynk cem-wap	2,0	0,82

Nad sanitariatami stropodach niewentylowany z izolacją z zasypki żużlowej. Pokrycie dachu stanowi papa termozgrzewalna. Układ warstw dachu pokazano w tabeli 6.

Tabela 6. Układ warstw stropodachu niewentylowanego

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Papa termozgrzewalna	0,02	--
2	Deski	2,5	0,16
3	Pustka powietrzna	10,0	--
4	Żużel paleniskowy	4,0	0,28
5	Deski	2,5	0,16
6	Tynk cem-wap	2,0	0,82

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.3. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

Ściany wewnętrzne nośne wykonane jako murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 30 cm

2.1.4. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się stolarka okienna drewniana oraz PCV (stara stolarka wymieniana przez Użytkownika w latach 2000-2008). Stan techniczny stolarki starej drewnianej oraz PCV zły – nadaje się do wymiany (stolarka o niskich parametrach cieplnych).

Stolarka drzwiowa w budynku w drewniana (przyziemie) oraz stalowa (piwnice).

Do obliczeń cieplny przyjęto następujące założenia dotyczące stolarki okiennej i drzwiowej:

Stolarka okienna stara drewniana i PCV - $U = 2,90$ W/m²K

Stolarka drzwiowa drewniana i stalowa - $U = 3,40$ W/m²K

2.1.5. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej opracowania zamieszczono elewacje analizowanego budynku pochodzące z inwentaryzacji budowlanej opracowanej przez Pracownię Projektową „KONSTRUKTOR” ze Świebodzic.

W tabeli 7 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 7. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (bez odliczania powierzchni okien i drzwi).

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściany zewnętrzne	445,3	1,148
2	Stropodach niewentylowany	51,0	1,282
3	Strop pod strychem nieużytkowym	63,0	0,196
4	Dach pod poddaszem użytkowym	93,0	0,198
5	Strop piwnicy	32,7	1,078
6	Posadzka przyziemia	119,0	0,950

2.2. SYSTEM GRZEWczy

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek zasilany jest dla potrzeb c.o. i c.w.u. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w piwnicy budynku sąsiedniego (budynek internatu) poprzez sieć ciepłowniczą. Kotłownia została zmodernizowana w 1998r. na kotłownię gazową. Kotłownia wyposażona jest w dwa kotły gazowe firmy Viessmann typu Atola o mocy 84kW każdy. Kotłownia wyposażona jest w pełną automatykę zgodną z wymaganiami producenta kotła. Kotły pracują również na potrzeby ciepłej wody użytkowej (podgrzewanie do zasobnika ciepłej wody). Instalacja c.o. wykonana jest z rur stalowych i wyposażona w grzejniki płytowe. Na instalacji zamontowane dawniej były zawory termostatyczne – obecnie uszkodzone mechanicznie (brak możliwości regulacji zaworów).

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z lokalnej kotłowni. Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015).

Sprawność regulacji przyjęto na podstawie wzoru:

$$\eta_{H,e} = \eta_{H,e}' + 0,03 \cdot X - 0,03$$

$\eta_{H,e}' = 0,77$ (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5a) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku regulacji centralnej bez automatycznej regulacji miejscowej

$X = 1,00$ (stosunek mocy grzejników usytuowanych przy ścianach zewnętrznych do sumy mocy cieplnej wszystkich grzejników w systemie grzewczym) – na podstawie oględzin stwierdzono, że grzejniki usytuowane są przy ścianach zewnętrznych

$$\eta_{H,e} = 0,77 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,77$$

Tabela 7. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_{Hg}	0,94
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_{Hd}	0,80
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_{He}	0,77
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	w_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,57904

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Na podstawie danych uzyskanych od dostawcy ciepła uzyskano opłaty za energię cieplną.

Tabela 8. Taryfy opłat za energię cieplną .

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	52,20
Abonament	[zł/m-c]	0,0

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła analizowanego budynku wyznaczone dla standardowego sezonu grzewczego wykonano przy użyciu programu Certo 2015 – zgodnie z Rozporządzeniem MIR z dnia 27.02.2015:

Tabela 9. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym z uwzględnieniem przerw i sprawności.

	Jedn.	Suma c.o.
Energia pobrana	[GJ]	356,0
Moc	[MW]	0,0365

2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada zaopatrzenie w c.w.u. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w budynku sąsiednim. W części piwnicznej budynku szkoły znajduje się stary zasobnik c.w.u.

Instalacja c.w.u. wykonana jest z rur stalowych. Zasilanie ze zasobnika c.w.u. do poszczególnych punktów poboru wody odbywa się instalacją z cyrkulacją.

Obiekt według danych inwestora użytkowany jest przez 50 osób

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 0,8 dm³/m²*doba
- Czas użytkowania – 200,8 doby/rok
- Sprawność wytwarzania– 92%
- Sprawność akumulacji – 60% (zasobnik wyprodukowany przed 1995)
- Sprawność transportu – 60% (instalacje małe bez izolowanych przewodów),

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową dostarczana do budynku dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej $Q_{k,w}$ obliczono:

$$O_{k,w} = Q_{W,nd} / \eta_{W,tot}$$

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 4,4 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u.– 41,4 GJ

Cena za ciepło na cele c.w.u. w stanie istniejącym

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Opłata abonamentowa – w cenie energii budynku	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	52,20

2.4. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w kuchniach i łazienkach. Założenia do wentylacji przyjęto zgodnie z RMIR z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

Podstawowy strumień powietrza wentylacji naturalnej do ciepła

$$- V_{ve,1,s} = 0,00056 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$$

Uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego w strefie ogrzewanej

$$- V_{ve,1,n} = 0,234 \text{ m}^3/\text{s}$$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego – 843,1 m³/h.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Przedmiotowy budynek jest już eksploatowany od ponad 80 lat. Widoczne jest już zużycie elewacji oraz tynków zewnętrznych. Nie stwierdzono jednak znacznego zniszczenia budynków pod względem konstrukcyjnym. Stwierdzono uszkodzenia i odspojenia tynków zewnętrznych. Pokrycie dachowe części głównej znajduje się w stanie dobrym – remont pokrycia z blachy z dociepleniem wełną mineralną wykonano w 2014r.

Stara stolarka okienna budynku w PCV jednak wymieniana w latach 2000-2008 – nie spełnia obecnie obowiązujących przepisów – stolarka nadaje się do wymiany.

Strop pod poddaszem nieużytkowym z izolacją cieplną z wełny mineralnej gr. 16cm – docieplenie wykonano podczas remontu dachu. Dach (skosy) w części użytkowej z izolacją cieplną z wełny mineralnej gr. 16cm – docieplenie wykonano podczas remontu dachu.

Stropodach nad sanitariatami z niewielką izolacją z zasypki żużlowej.

Budynek ze względu na okres w jakim został wybudowany posiada przegrody zewnętrzne o małej izolacyjności termicznej, które należało by poddać termomodernizacji.

Na podstawie przeprowadzonego przeglądu nie stwierdzono w elementach konstrukcyjnych uszkodzeń czy też zużycia zagrażającemu bezpieczeństwu konstrukcji.

Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym ocenia się jako zadowalający.



Fotografia 1 . widok elewacji frontowej i obocznej



Fotografia 2. Widok elewacji tylnej

Podsumowując, budynek ze względu na okres kiedy zostały wybudowany, w sposób oczywisty nie spełniają obowiązujących obecnie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budowlanych określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie *warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie*.

W związku z powyższym jako usprawnienie termomodernizacyjne zmierzające do poprawienia izolacyjności cieplnej przegród budowlanych przyjęto:

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych budynku,
- ◆ docieplenie stropodachu niewentylowanego wełną mineralną z remontem pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej,
- ◆ wymiana stolarki okiennej
- ◆ wymiana stolarki drzwiowej

3.2. SYSTEM GRZEWczy

Analizowany budynek zasilany jest dla potrzeb c.o. i c.w.u. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w piwnicy budynku sąsiedniego (budynek internatu) poprzez sieć ciepłowniczą. Kotłownia została zmodernizowana w 1998r. na kotłownię gazową. Kotłownia wyposażona jest w dwa kotły gazowe firmy Viessmann typu Atola o mocy 84kW każdy. Kotłownia wyposażona jest w pełną automatykę zgodną z wymaganiami producenta kotła. Kotły pracują również na potrzeby ciepłej wody użytkowej (podgrzewanie do zasobnika ciepłej wody). Instalacja c.o. wykonana jest z rur stalowych i wyposażona w grzejniki płytowe. Na instalacji zamontowane dawniej były zawory termostatyczne – obecnie uszkodzone mechanicznie (brak możliwości regulacji zaworów). Grzejniki instalacji wykazują zużycie – liczna korozja grzejników. Instalacja o niskiej efektywności.

W związku z powyższym w niniejszym opracowaniu przyjęto wymianę instalacji grzewczej na nową - instalacja z zaizolowanymi przewodami i poprowadzona w bruzdach budynku oraz grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory z głowicami termostatycznymi.

3.3. SYSTEM c.w.u. I WENTYLACJI

Analizowany budynek posiada zaopatrzenie w c.w.u. z kotłowni gazowej zlokalizowanej w budynku sąsiednim – budynek internatu. W objętym opracowaniem budynku szkoły w piwnicy zlokalizowano zasobnik ciepłej wody zasilany z sieci ciepłowniczej. Zasilanie z zasobnika c.w.u. do poszczególnych punktów poboru wody odbywa się instalacją z cyrkulacją.

Obiekt według danych inwestora użytkowany jest przez 50 osób

W niniejszym opracowaniu zakłada się jako usprawnienia mające na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło na przygotowanie ciepłej wody użytkowej:

- ♦ zmiana sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wspomaganej elektrycznie z instalacją fotowoltaiki.

Do przedsięwzięć termomodernizacyjnych, które mogą zostać podjęte w systemie wentylacji należy zaliczyć przede wszystkim:

- ♦ przebudowę systemu wentylacji grawitacyjnej na system mechaniczny,

Wydaje się jednak, że koszt przeprowadzenia w/w przedsięwzięcia byłby niewspółmiernie duży do uzyskanych dzięki nim oszczędności energii. Postanowiono więc już na tym etapie pracy odrzucić powyższe przedsięwzięcie.

W związku z powyższym w opracowaniu nie uwzględniano żadnych nowych usprawnień.

3.4. OŚWIETLENIE I ENERGIA ELEKTRYCZNA

Analizowany budynek posiada starą energochłonną instalację elektryczną. Istniejące oprawy starego typu – świetlówkowe.

Istniejącą instalację należy wymienić na nową wraz z oprawami na nowoczesne energooszczędne LED.

W roku 2018 na budynku została wykonana instalacja fotowoltaiki zasilająca budynek w energię elektryczną na potrzeby oświetlenia i użytkową.

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 10 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanych budynkach usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym. Odrzucono kosztowne przedsięwzięcia termomodernizacyjne związane z modernizacją systemu wentylacyjnego.

Tabela 10. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych budynku styropianem w systemie BSO .
2	Docieplenie stropodachu niewentylowanego wełną mineralną z wykonaniem nowego pokrycia dachowego dwuwarstwowego z papy termozgrzewalnej
3	Wymiana pozanormowej stolarki okiennej na nową PCV oraz drzwi zewnętrznych drewnianych i stalowych na nowe z aluminium „ciepłego”
4	Zmiana sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wspomaganej elektrycznie z instalacją fotowoltaiki.
5	Wymiana instalacji grzewczej na nową - instalacja z zaizolowanymi przewodami i poprowadzona w bruzdach budynku oraz grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory z głowicami termostatycznymi wraz z demontażem istniejącej instalacji oraz wymiana rur ciepłowniczych zasilających budynek w ciepło

W dalszej części pracy przeprowadzono analizę ekonomiczną poszczególnych propozycji termomodernizacyjnych.

5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

5.1. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEGRODY

Dobranie optymalnych grubości dodatkowej izolacji przegrody budowlanej dokonuje się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalną grubość docieplenia uważa się grubość dla której prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wynikający z poniesionych kosztów i uzyskanych oszczędności, przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i zmiana z 29.04.2020.

$$SPBT = N_u / \sum \Delta O_{rU}; [\text{lata}]$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla wybranej przegrody; [zł],
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/rok],

5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych styropianem wg systemu BSO. W tabeli 11 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen uzyskanych w przetargach na roboty dociepleniowe oraz kosztorysie inwestorskim. W koszcie jednostkowym docieplenia uwzględniono skucie tynków, wyrównanie podłoża, demontaż i ponowny montaż rynien i rur spustowych, wykonanie izolacji pionowej przeciwwilgociowej ściany tylnej – zabezpieczenie docieplenia budynku oraz wymianę parapetów zewnętrznych na nowe).

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,031$

Tabela 11. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	cena jednostk.	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m2]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł/m2]	[zł]	[m2K/W]	[lata]
istniejąca			145,37		0,0182			-	0,871	-
12,0				26,70		0,0033	348,0	137842,8	4,742	22,25
13,0				25,00		0,0031	352,0	139427,2	5,065	22,19
14,0				23,50		0,0029	356,0	141011,6	5,387	22,17
15,0				22,18		0,0028	360,0	142596,0	5,710	22,18
16,0				20,99		0,0026	365,0	144576,5	6,032	22,27
17,0				19,93		0,0025	370,0	146557,0	6,355	22,38
18,0				18,96		0,0024	375,0	148537,5	6,678	22,51

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych będzie warstwa styropianu (EPS 031 $\lambda=0,031$) o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

5.1.2. DOCIEPLENIE STROPODACHU NIEWENTYLOWANEGO

Proponuje się wykonanie docieplenia stropodachu niewentylowanego pomieszczeń sanitarnych przyziemia poprzez wykonanie nowego pokrycia dachowego z izolacją termiczną z wełny mineralnej twardej. W tabeli 12 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy wełny mineralnej. Przy docieplaniu założono docieplenie dachu warstwą wełny z przyklejeniem klejem systemowym oraz wykonaniem dodatkowo dwóch warstw pokrycia dachowego i wszystkich niezbędnych obróbek blacharskich.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej wełny mineralnej $\lambda=0,035$

Tabela 12. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu płaskiego

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	cena jednostk.	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m2]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł/m2]	[zł]	[m2K/W]	[lata]
istniejąca			20,90		0,0026			-	0,780	-
19,0				2,63		0,0003	313,5	15988,5	6,209	16,76
20,0				2,51		0,0003	315,0	16065,0	6,494	16,73
21,0				2,40		0,0003	316,5	16141,5	6,780	16,72
22,0				2,31		0,0003	318,0	16218,0	7,066	16,71
23,0				2,22		0,0003	320,0	16320,0	7,351	16,73
24,0				2,13		0,0003	322,0	16422,0	7,637	16,76
25,0				2,06		0,0003	325,0	16575,0	7,923	16,85

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu docieplenia stropodachu, spełniająca wymagania WT2021 będzie miała warstwa wełny mineralnej grubości 22 cm.

5.2. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ I DRZWIOWĄ

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien lub drzwi (optymalny współczynnik przenikania ciepła) odbywa się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalne usprawnienie uważa się takie usprawnienie dla którego prosty czas nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego i remontowego i z dnia 29.04.2020.

$$SPBT = N_{OK} / \Delta O_{rok}; [\text{lata}]$$

gdzie:

- N_{OK} - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi; [zł],
 ΔO_{rok} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi; [zł/rok],

5.2.1 ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ

Proponuje się wymianę istniejącej stolarki okiennej na nową wykonaną z PCV

W rozważaniach brano pod uwagę dwa typy stolarki:

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

Tabela 13. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki okiennej

okno PCV	Sd	Aok	Qou	Q1u	qou	q1u	cena jednostk.	N	SPBT
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
istn. 2,90	3700	43,60	107,86	78,59	2,9000	0,0098	1600	69760,0	43,18
0,8									
0,9							1380	60168,0	39,10

Optymalnym rodzajem stolarki okiennej o współczynniku przenikania ciepła $U=0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.2.2 ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ DRZWIOWĄ

Proponuje się wymianę stolarki drzwiowej zewnętrznej na nową aluminiową/drewnianą.

W rozważaniach brano pod uwagę dwa typy stolarki drzwiowej:

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

Tabela 14. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki drzwiowej

drzwi	Sd	Ad	Qou	Q1u	qou	q1u	cena jednostk.	N	SPBT
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł/m ²]	[zł]	[lata]
istn. 3,40	3700	5,60	77,88	73,76	0,0097	0,0092	2600	14560,0	67,74
1,1									
1,3							2200	12320,0	62,78

Optymalnym rodzajem stolarki drzwiowej o współczynniku przenikania ciepła $U=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.3. ZMNIJSZENIE ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO NA PRZYGOTOWANIE CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego dotyczącego zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej odbywa się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalny uważa wariant dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wynikający z poniesionych kosztów i uzyskanych oszczędności, przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i zmiana z 29.04.2020.

$$SPBT = N_{cw} / \Sigma \Delta O_{rcw}; [\text{lata}]$$

gdzie:

- N_{cw} - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej; [zł],
- ΔO_{rcw} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego [zł/rok],

W opracowaniu przyjęto jako przedsięwzięcia:

- zmianę sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wspomaganej elektrycznie z istniejącej instalacji fotowoltaiki wraz z wymianą całej instalacji c.w.u. – koszt 60000,0 zł
- Sprawność wytwarzania – 260% (pompa ciepła woda/powietrze)
- Sprawność akumulacji – 85% (zasobnik c.w.u. wyprodukowany po 2005)
- Sprawność transportu – 80% (instalacje małe z cyrkulacją i ograniczeniem czasu pracy)

Obliczenia zużycia energii oraz zapotrzebowania na moc cieplną dla systemu c.w.u. po usprawnieniu wykonano za pomocą programu Certo2015

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 4,4 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. – 1990 kWh = 7,2 GJ

W uzgodnieniu z Inwestorem w opracowaniu przyjęto jako przedsięwzięcia:

Cena za ciepło na cele c.w.u. w stanie istniejącym i po usprawnieniu

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Opłata abonamentowa – w cenie energii dla mieszkania	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła – cena uśredniona	[zł/GJ]	12,0

Obliczenia zużycia energii oraz zapotrzebowania na moc cieplną dla systemu c.w.u. wykonano za pomocą programu Certo 2015

Tabela 15. Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło dla celów c.w.u..

Rodzaj usprawnienia	Q _{co} [GJ/rok]	Q _{1cw} [GJ/rok]	q _{ocw} [MW]	q _{1cw} [MW]	N _{co} [zł]	ΔO _{co} [zł/rok]	SPBT [lata]
pompa ciepła + instalacji c.w.u.	41,4	7,2	0,0044	0,0044	60000,0	2074,68	28,92

Do dalszych obliczeń przyjęto modernizację systemu c.w.u. obejmującą zmianę sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wraz z wymianą całej instalacji c.w.u. Zasilanie w energię elektryczną źródła ciepła z istniejącej instalacji fotowoltaiki.

5.4. POPRAWA SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ SYSTEMU GRZEWczego

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego odbywa się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalne usprawnienie uważa się takie usprawnienie dla którego dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną.

$$SPBT = N_{co} / \Delta O_{rco}; [\text{lata}]$$

gdzie:

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

ΔO_{rco} - roczna oszczędność kosztów energii; [zł/rok],

W tabeli poniżej zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na określeniu poprawy sprawności systemu grzewczego. W ramach modernizacji system grzewczego uwzględniono:

- Wymiana instalacji grzewczej na nową - instalacja z zaizolowanymi przewodami i poprowadzona w bruzdach budynku wraz grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory z głowicami termostatycznymi z demontażem istniejącej instalacji oraz wymiana rur ciepłowniczych zasilających budynek w ciepło - koszt 137 500,0 zł

Tabela 16. Poprawa sprawność systemu grzewczego.

Rodzaj usprawnienia	η_{ω}	η_p	η_r	η_c	η	Q_{co}	q_p	q_l	N_{co}	ΔO_{rco}	SPBT
						[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[zł/rok]	[zł]
modernizacja c.o. i wymiana sieci	0,94	0,96	0,88	1	0,7941	255,30	0,0461	0,0461	137500,0	5322,63	25,83

Taryfy opłat za energię ciepłą po usprawnieniu c.o. – bez zmian

Tabela 17. Składowe sprawności systemu grzewczego po usprawnieniach.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła – bez zmian	η_{Hg}	0,94
2	Sprawność przesyłania ciepła – wymiana instalacji i sieci ciepłowniczej	η_{Hd}	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania montaż zaworów termostatycznych i podpionowych	η_{He}	0,88
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,7941

5.5. POSUMOWANIE

W tabeli 18 zestawiono wyłonię powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło.

Tabela 18. Zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Docieplenie stropodachu płaskiego wełną mineralną gr. 22 z jednoczesnym remontu pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej ($\lambda = 0,035$).	16 218,0	16,71
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynków styropianem gr. 14cm w systemie ETICS ($\lambda = 0,031$) z wykonaniem nowych obróbek oraz izolacją pionową ściany tylnej jako zabezpieczenia docieplenia.	141 011,6	22,17
3.	Zmianę sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wraz z wymianą całej instalacji c.w.u.. Pompa ciepła zasilana elektrycznie z istniejącej instalacji fotowoltaiki	60 000,0	28,92
4.	Wymiana całej stolarki okiennej na nową PCV - U okien 0,9 W/m ² ,	60 168,0	39,10
5.	Wymianą stolarki drzwiowej zewnętrznej (drewnianej i stalowej) na nową aluminiową U - 1,3 W/m ² ·K,	12 320,0	62,78
6.	Wymiana instalacji grzewczej na nową - instalacja z zaizolowanymi przewodami i poprowadzona w bruzdach budynku wraz grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory z głowicami termostatycznymi z demontażem istniejącej instalacji oraz wymiana rur ciepłowniczych zasilających budynek w ciepło	137 500,0	25,83

Roboty dodatkowe związane z oszczędnością energii w obiekcie

7	Wymiana instalacji elektrycznej oraz opraw oświetleniowych na nowe energooszczędne typu LED	165 000,0 zł
---	---	--------------

6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI

W celu wyznaczenia optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie *szczególne zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego i zmiana z 29.04.2020*, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego oblicza się kolejno:

- ♦ planowane koszty całkowite N (w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji projektowej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii),
- ♦ kwotę rocznych oszczędności ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{0z} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw}) * O_{0z} + 12 * [(q_{0m} + q_{0cw}) * Q_{om} - (q_{1m} + q_{1cw}) * Q_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok]$$

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0}) - (w_{dl} w_{tl} Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw} / \eta_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0})} * 100$$

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów przedstawiono w tabeli 20.

Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło analizowanego budynku oraz maksymalne zapotrzebowanie mocy ciepła dla stanu istniejącego oraz po realizacji każdej z zaproponowanych kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wykonano programem Certo 2015. Wydruki danych i wyników obliczeń programu dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu znajdują się w załączniku II do pracy.

Tabela 20. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ⁽¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczędn zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
A	1+2+3+4+5+6+7	592 217,6	17 664,3	79,10
B	1+2+3+4+6+7	579 897,6	17 462,2	78,18
C	1+2+3+6+7	519 729,6	15 946,7	71,27
D	1+2+6+7	459 729,6	13 747,8	62,67

E	1+6+7	318 718,0	6 512,6	29,69
F	6+7	302 500,0	5 322,8	24,26

Numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 18 i są kwotami brutto. Numerem 6 oznaczono usprawnienie systemu grzewczego.

W kosztach inwestycji każdorazowo uwzględniano koszt wymiany instalacji elektrycznej z oprawami

Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 79,10% - wymagania Ustawy są spełnione.

Z tabeli oraz wymagań ustawy wynika, że optymalną kombinacją przedsięwzięć termomodernizacyjnych jest kombinacja oznaczona literą A przewidującą wykonanie:

Lp.	Rodzaj usprawnienia
1.	Docieplenie stropodachu płaskiego wełną mineralną gr. 22 z jednoczesnym remontu pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej ($\lambda = 0,035$).
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych budynków styropianem gr. 14cm w systemie ETICS ($\lambda = 0,031$) z wykonaniem nowych obróbek oraz izolacją pionową ściany tylnej jako zabezpieczenia docieplenia.
3.	Zmianę sposobu przygotowania c.w.u. - wymiana pojemnościowego podgrzewacza wody zasilanego z kotłowni na podgrzewanie z OZE - montaż pompy ciepła typu woda/powietrze wraz z wymianą całej instalacji c.w.u.. Pompa ciepła zasilana elektrycznie z istniejącej instalacji fotowoltaiki
4.	Wymiana całej stolarki okiennej na nową PCV - $U_{okien} 0,9 \text{ W/m}^2$,
5.	Wymianą stolarki drzwiowej zewnętrznej (drewnianej i stalowej) na nową aluminiową $U - 1,3 \text{ W/m}^2 \cdot K$,
6.	Wymiana instalacji grzewczej na nową - instalacja z zaizolowanymi przewodami i poprowadzona w bruzdach budynku wraz grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory z głowicami termostatycznymi z demontażem istniejącej instalacji oraz wymiana rur ciepłowniczych zasilających budynek w ciepło
7.	Wymiana instalacji elektrycznej oraz opraw oświetleniowych na nowe energooszczędne typu LED

7. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik I	<i>Rysunki budowlane budynku dydaktycznego Zespołu Placówek Resocjalizacyjnych w Walimiu</i>
Załącznik II	<i>Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz obciążenia cieplnego dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu przedsięwzięć termomodernizacyjnych (wariant A) – program Certo 2015</i>

LITERATURA:

1. PN-EN-ISO-6946: 1998r. „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-EN-13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków – obliczenie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
3. PN-ISO-9836: 1997r. „Właściwości użytkowe w budownictwie. Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych.”
4. PN-82/B-02402. „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
5. PN-82/B-02403. „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. – z późniejszymi zmianami
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r.. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytu , a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz.U. Nr 43 poz. 346) oraz zmiana z dnia 29.04.2020.
8. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz zmiana z dnia 23.03.2020.
9. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku i części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.