

<b>1. Dane identyfikacyjne budynku</b>			
<b>1.1 Rodzaj budynku</b>	Administracji oświaty		<b>1.2 Rok budowy</b>
<b>1.3 Właściciel lub zarządca budynku</b>	Gmina Grójec Ul. Piłsudskiego 47 05-600 Grójec	<b>1.4 Adres budynku</b>	ul. Laskowa 6 05-600 Grójec Powiat Grójecki
<b>2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:</b>			
Pracownia Projektowa „KONSTRUKTOR” ul. Wojska Polskiego 5, 58-160 Świebodzice, biuro: ul. Broniewskiego 1B, 58-309 Wałbrzych tel. (0-74) 665-96-96, 606 81-20-89 REGON: 890658291			
<b>3. Imię, nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis</b>			
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:
<b>4. Współautorzy</b>			
<b>Lp.</b>	<b>4.1 Imię i nazwisko</b>	<b>4.2 Zakres udziału w audycie</b>	<b>4.3 Posiadane kwalifikacje</b>
2	-----	-	-
<b>5. Miejscowość: Świebodzice data wykonania opracowania: wrzesień 2019</b>			
<b>6. Spis treści</b>			
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 ..... 5			
2.1.1. Ściany zewnętrzne ..... 6			
2.1.2. Ściany piwnic ..... 6			
2.1.3. Przegrody poziome .....6			
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 ..... 8			
2.3. System c.w.u. .... 9			
2.4. System wentylacji ..... 9			
3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. .... 10			
3.1. Przegrody budowlane .....10			
3.2. System grzewczy..... 11			
3.3. System c.w.u. i wentylacji ..... 11			

<b>4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.</b>	12
<b>5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.</b>	12
<b>5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody</b>	12
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych	12
5.1.2. Docieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych	13
5.1.3. Docieplenie stropodachu	14
<b>5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okienną</b>	14
5.2.1. Wymiana stolarki okiennej	14
<b>5.3. Podsumowanie</b>	15
<b>6. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.</b>	15
<b>7. ZAŁĄCZNIKI.</b>	18
<b>8. LITERATURA</b>	19

## KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

<b>1. Dane ogólne</b>			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia tradycyjna murowana	
2	Liczba kondygnacji	4	
3	Kubatura części ogrzewanej [ m <sup>3</sup> ]	3 812,0	
4	Powierzchnia netto budynku [ m <sup>2</sup> ]	1 229,8	
5	Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [ m <sup>2</sup> ]	-----	
6	Powierzchnia ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [ m <sup>2</sup> ]	1229,8	
7	Liczba mieszkań	---	
8	Liczba osób użytkujących budynek	150	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	Podgrzewacze elektryczne	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Węzeł wymiennikowy	
11	Współczynnik kształtu [ 1/m ]	0,39	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
<b>2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [ W/m<sup>2</sup>K ]</b>		<b>Stan przed termomodernizacją</b>	<b>Stan po termomodernizacji</b>
1	Ściany zewnętrzne	0,847	0,22
2	Ściany zewnętrzne piwniczne	2,047	0,24
3	Stropodach wentylowany	1,434	0,19
4	Okna	2,90/(1,60)	1,10/1,60
5	Drzwi zewnętrzne budynku	1,60	1,60
<b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego</b>			
1	Sprawność wytwarzania $\eta_{Hg}$	0,99	0,99
2	Sprawność przesyłania $\eta_{Hd}$	0,90	0,90
3	Sprawność regulacji i wykorzystania $\eta_{He}$	0,82	0,82
4	Sprawność akumulacji $\eta_{Hs}$	1,00	1,00
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia $w_t$	1,00	1,00
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby $w_d$	1,00	1,00
<b>4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej</b>			
1	Sprawność wytwarzania	0,96	0,96
2	Sprawność przesyłania	1,00	1,00
3	Sprawność akumulacji	0,85	0,85
<b>5. Charakterystyka systemu wentylacji</b>			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki	nawietrzaki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m <sup>3</sup> /h]	3243,6	3243,6
4	Liczba wymian [1/h]	0,86	0,86
<b>6. Charakterystyka energetyczna budynku</b>			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	118,7	78,3
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	11,3	11,3
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	418,7 <b>116309</b>	129,3 <b>35917</b>
4	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	573,1 <b>159192</b>	177,0 <b>49160</b>
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok] [kWh/rok]	25,4 <b>7059</b>	25,4 <b>7059</b>
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	430	--
7	Zamierzone 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 <sup>2</sup> rok]	94,6	29,2
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m <sup>2</sup> rok]	129,45	39,97
10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,0	0,0

<b>7. Opłaty jednostkowe</b>			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	58,50	58,50
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	13 616,18	13 616,18
3	Opłata za podgrzanie 1 m <sup>3</sup> c.w.u. [zł]	13,86	13,86
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 <sup>2</sup> pow. użytkowej [zł]	43,03	18,82
6	Opłata abonamentowa [zł]	-	-
7	Inne [zł]	-	-
<b>8. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego</b>			
Planowane koszty całkowite [zł]		480 291,6	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		29 773,1	66,19

### WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:

1. Uwzględnienie w pierwszej kolejności jako możliwe do realizacji usprawnienia obejmujące docieplenie ścian zewnętrznych, docieplenie stropodachu wentylowanego wymianę pozostałej stolarki okiennej,
2. Rezygnacja z usprawnień systemu grzewczego.

### Dokumenty i dane źródłowe z których korzystał audytor:

1. Dane dotyczące zużycia ciepła na ogrzewanie budynku oraz na potrzeby c.w.u.,
2. Dane dotyczące zapotrzebowania na moc cieplną na cele c.o.,
3. Informacja dotycząca powierzchni użytkowej, roku budowy,
4. Informacja dotycząca rzeczywistych kosztów ogrzewania budynku

## 1. DANE OGÓLNE

### 1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek administracyjny oświaty w Grójcu** zostało wykonane na zlecenie Gminy Grójec na podstawie umowy wykonania audytu energetycznego i dokumentacji projektowo-kosztorysowej docieplenia Budynku Administracji Oświaty.

### 1.1. 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 03.09.2015 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.

### 1.2. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest budynek administracyjny oświaty położony przy ul. Laskowej 6 w Grójcu.

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 administracyjny oświaty jest zlokalizowany przy ul. Laskowej 6 w Grójcu. Budynek został oddany do użytku w 1975 roku. Wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej.

Część budynku objęta opracowaniem posiada 4 kondygnacje. Obiekt użytkowany jest przez ok. 150 osób.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku dokonane w miesiącu wrześniu 2019,
- ◆ pomiary z natury,
- ◆ informacje przekazane przez właściciela budynku.

### 2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek jest obiektem czterokondygnacyjnym.

Budynek wykonany w technologii tradycyjnej murowanej z pustaków żużlobetonowych. Stropy masywne ceramiczne gęstożebrowe. Pokrycie dachu stanowią płyty korytkowe

oparte na ściankach ażurowych (stropodach wentylowany). Pokrycie dachu stanowi papa asfaltowa na lepiku.

**Tabela 1. Parametry techniczne budynku.**

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[ m ]	3,10
2	Powierzchnia użytkowa	[ m <sup>2</sup> ]	1 229,8
3	Kubatura ogrzewana	[ m <sup>3</sup> ]	3 812,0

### 2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

Ściany zewnętrzne budynku są wykonane w systemie tradycyjnym murowanym z pustaków żużłobetonowych. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 2.

**Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych frontowej i tylnej.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/mK ]
1	Tynk	2,0	0,82
2	Pustaki Alfa	51,0	0,53
3	Tynk	2,0	0,82

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

### 2.1.2. ŚCIANY PIWNIC

Ściany zewnętrzne piwnicy są wykonane jako monolityczne żelbetowe o grubości 50cm. Cokół wokół budynku bez okładziny zewnętrznej. Układ warstw ścian piwnicy, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3. Układ warstw ścian piwnicy.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/m <sup>2</sup> K ]
1	beton	50,0	1,70

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

### 2.1.3. PRZEGRODY POZIOME

Wszystkie stropy budynku wykonane są na bazie stropu gęstożebrowego DZ-3 o grubości 24 cm pokrytych dodatkowo warstwami ocieplającymi (izolacja akustyczna) i wykończeniowymi. Układ warstw stropu pomiędzy kondygnacjami powtarzalnymi, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 4.

**Tabela 4. Układ warstw stropu powtarzalnego.**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [ W/mK ]
1	Strop DZ-3	24,0	1,04
2	styropian	1,0	0,045
3	jastrych cementowy	4,0	1,00
4	wykładzina PCV	0,2	0,20

Stropodach wentylowany nadbudowy oraz części mieszkalnej jest wykonany ze sporadycznym występowaniem izolacji cieplnej.

**Tabela 5. Układ warstw stropodachu wentylowanego**

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [ cm ]	$\lambda$ [W/mK]
1	Strop Dz-3	24,0	1,04
2	Suprema	4,0	0,15
3	wentylowana pustka powietrzna	30-50	---
4	płyta korytkowa	6,0	1,70

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

#### 2.1.4. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się nowa stolarka okienna PCV oraz stara drewniana. Stan techniczny stolarki PCV – dobry (stolarka po wymianie).

Stan techniczny stolarki starej drewnianej zły – stolarka nadaje się do wymiany.

Drzwi wejściowe do budynku nowe aluminiowe po wymianie  $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

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

Stolarka okienna PCV -  $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stolarka okienna drewniana -  $U = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 2.1.5. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej opracowania zamieszczono rzuty poziome kondygnacji typowej i elewacje analizowanego budynku. W tabeli 6 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

**Tabela 6. Współczynnik przenikania przegród budowlanych.  
(nie odliczano powierzchni okien i drzwi)**

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m <sup>2</sup> ]	[W/m <sup>2</sup> K]
1	Ściana zewnętrzna	983,5	0,847
2	Ściany zewnętrzne piwnic	131,7	2,047
3	Stropodach wentylowany	382,0	1,434
4	Podłoga na gruncie	294,0	0,851

## 2.2. SYSTEM GRZEWCZY

### 2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z miejskiej sieci ciepłowniczej administrowanej przez Celsius Sp. z o.o. węzeł cieplny zlokalizowany w części podpiwniczonej.

Dla celów grzewczych w analizowanym budynku zainstalowany jest wymiennikowy węzeł cieplny. Węzeł wyposażony jest w automatykę pogodową.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. tzn. dwururową. W budynku grzejniki żeliwne.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015).

Sprawność regulacji przyjęto na podstawie wzoru:

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

$\eta_{H,e}' = 0,82$  (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5b) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku 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

$$\eta_{H,e} = 0,82 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,82$$

**Tabela 7. Składowe sprawności systemu grzewczego.**

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	$\eta_{Hg}$	0,99
2	Sprawność przesyłania ciepła	$\eta_{Hd}$	0,90
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	$\eta_{He}$	0,82
4	Sprawność akumulacji	$\eta_{Hs}$	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie tygodnia	$w_t$	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	$W_d$	1,00
7	<b>Sprawność całkowita systemu</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>0,73062</b>

### 2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię kupowaną w Celsius Sp. z o.o. pokazuje tabela 10.

**Tabela 8. Taryfy opłat za energię ciepłą z VAT.**

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	13 616,18
Cena ciepła	[zł/GJ]	58,50

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]	573,1
Moc	[MW]	0,1187



### 2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada system zaopatrzenia w c.w.u. z elektrycznych pojemnościowych podgrzewaczy wody umieszczonych przy węzłach sanitarnych. Obiekt według danych inwestora użytkowany jest przez 150 osób.

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 0,35 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>\*doba
- Czas użytkowania – 255,5 doby/rok
- Sprawność wytwarzania – 96%
- Sprawność akumulacji – 85% (zasobnik wyprodukowany po 2005)
- Sprawność transportu – 100%, (podgrzewanie przy punktach poboru)

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 – 11,3 kW**

**Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. – 7059 kWh = 25,4 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	[zł/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	156,0

### 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

$$V_{ve,1,n} = 0,689 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

$$V_{inf} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 3812 / 3600 = 0,212 \text{ m}^3/\text{s}$$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego wynosi – 3243,6 m<sup>3</sup>/h.

### 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

#### 3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek szkolny jest eksploatowany od ponad 40 lat. Widoczne jest już jego zużycie zwłaszcza jeżeli chodzi o wygląd elewacji oraz nieszczelności w pozostałej drewnianej stolarce okiennej. Stwierdzono nieznaczne ubytki oraz odspojenia w tynkach zewnętrznych. Stwierdzono spękanie na dylatacji budynku.

Stropodach budynku charakteryzuje się bardzo niską izolacyjnością cieplną.

Nie stwierdzono jednak znacznego zniszczenia konstrukcji budynku.

Cały budynek ze względu na okres w jakim został wybudowany posiada przegrody zewnętrzne o bardzo niskiej 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



**Fotografia 2 .** Widok elewacji tylnej

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

Stolarka okienna drewniana znajduje się w złym stanie technicznym i uzasadniona byłaby jej wymiana.

W związku z powyższym rozważa się następujące przedsięwzięcia termomodernizacyjne zmierzające do poprawienia izolacyjności cieplnej przegród budowlanych analizowanego budynku:

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych budynku,
- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych,
- ◆ ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ◆ wymianę stolarki okiennej drewnianej na okna o lepszej izolacyjności termicznej,

### **3.2. SYSTEM GRZEWczy**

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z miejskiej sieci ciepłowniczej administrowanej przez Celsius Sp. z o.o. węzeł cieplny zlokalizowany w części podpiwniczonej.

Dla celów grzewczych w analizowanym budynku zainstalowany jest wymiennikowy węzeł cieplny. Węzeł wyposażony jest w automatykę pogodową.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. tzn. dwururową. W budynku grzejniki żeliwne.

System grzewczy działa prawidłowo i nie wymaga dodatkowych usprawnień.

W porozumieniu z inwestorem zrezygnowano z usprawnień systemu grzewczego.

### **3.3. SYSTEM c.w.u. I WENTYLACJI**

Analizowany budynek posiada system zaopatrzenia w c.w.u. z elektrycznych pojemnościowych podgrzewaczy wody umieszczonych.

Rozprowadzenie ciepłej wody użytkowej odbywa się instalacją wykonaną z rur stalowych ocynkowanych.

Obiekt według danych inwestora użytkowany jest przez ok. 150 osób.

- obliczeniową moc cieplną na przygotowanie c.w.u. – 11,3 kW
- obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. – 25,4 GJ

Instalacja c.w.u. działa prawidłowo i nie wymaga zmian.

Wentylacja w budynku grawitacyjna poprzez kratki nawiewne.

Wentylacja prawidłowa i nie wymaga zmian.

#### 4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 10 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku mieszkalnym usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym.

**Tabela 10.** Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych frontowej i tylnej styropianem w systemie ETICS
2	Docieplenie ścian zewnętrznych piwnicznych styropianem z wykonaniem izolacji pionowej przeciwwilgociowej
3	Docieplenie stropodachu wentylowanego granulatem z wełny mineralnej
4	Wymiana stolarki okiennej drewnianej

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 *szczególne zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i zmiana z 3 września 2015.*

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

gdzie:

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

##### 5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych nadziemnych styropianem wg systemu ETICS. W tabeli 11 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót w regionie. W kosztach robót uwzględniono docieplenie ościeży oraz wykonanie nowych obróbek blacharskich wraz z montażem parapetów. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu  $\lambda=0,031$ .

**Tabela 11.** Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m2]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m2K/W]	[lata]
istniejąca	3700	650,60	176,16		0,0220		-	1,181	-
8,0				55,30		0,0069	304090,4	3,761	31,87
9,0				50,93		0,0064	308891,9	4,084	31,24
10,0				47,20		0,0059	312893,1	4,406	30,73
11,0				43,98		0,0055	316894,2	4,729	30,37
12,0				41,17		0,0052	320895,4	5,052	30,11
13,0				38,70		0,0048	327297,3	5,374	30,16
14,0				36,51		0,0046	333699,2	5,697	30,27

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych nadziemnych spełniającą WT2017, będzie warstwa styropianu o grubości 12 cm ( $\lambda$  0,031) i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

**Dopuszcza się zastosowania materiału o innych parametrach cieplnych pod warunkiem zachowania wartości współczynnika przenikanie ciepła dla przegrody**

### 5.1.2. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH PIWNICZNYCH

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian piwnicznych podziemnych styropianem XPS wg systemu ETICS. W tabeli 12 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót w regionie. W kosztach robót uwzględniono wykonanie izolacji jako wykończenie i zabezpieczenie docieplenia. Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu XPS  $\lambda=0,031$ .

**Tabela 12.** Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian piwnicznych

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m2]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m2K/W]	[lata]
istniejąca	3700	131,70	86,18		0,0108		-	0,489	-
8,0				13,72		0,0017	39201,8	3,069	6,85
9,0				12,41		0,0016	39525,8	3,392	6,79
10,0				11,33		0,0014	39849,8	3,714	6,74
11,0				10,43		0,0013	40173,8	4,037	6,72
12,0				9,66		0,0012	40497,8	4,359	6,70
13,0				8,99		0,0011	40983,7	4,682	6,73
14,0				8,41		0,0011	41469,7	5,005	6,75

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych podziemnych spełniającą WT2017, będzie warstwa styropianu XPS o grubości 12 cm ( $\lambda$  0,031) i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

**Dopuszcza się zastosowania materiału o innych parametrach cieplnych pod warunkiem zachowania wartości współczynnika przenikanie ciepła dla przegrody**

### 5.1.3. DOCIEPLENIE STROPODACHU WENTYLOWANEGO

Proponuje się wykonanie docieplenia stropodachu wentylowanego przy użyciu granulatu z wełny mineralnej wdmuchiwaney do przestrzeni wentylowanej. W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości granulatu z warstwy wełny mineralnej. Koszcie docieplenia uwzględniono wymianę obróbek blacharskich, wykonanie wentylacji („grzybki” na dachu) oraz jednokrotne pokrycie dachowe jako zabezpieczenie docieplenia.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej granulatu z wełny mineralnej  $\lambda=0,039$ .

**Tabela 13.** Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu wentylowanego.

grubość dociepl.	Sd	A	Q <sub>ou</sub>	Q <sub>1u</sub>	q <sub>ou</sub>	q <sub>1u</sub>	N <sub>u</sub>	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m <sup>2</sup> K/W]	[lata]
istniejąca			175,12		0,0219		-	0,697	-
18,0	3700	382,00		22,99		0,0029	110016,0	5,313	9,16
19,0				21,93		0,0027	110589,0	5,569	9,14
20,0				20,96		0,0026	111162,0	5,826	9,13
21,0				20,08		0,0025	111926,0	6,082	9,14
22,0				19,27		0,0024	112690,0	6,338	9,16
23,0				18,52		0,0023	113454,0	6,595	9,18

Optymalną warstwą docieplenia stropodachu wentylowanego spełniającą WT2017, będzie warstwa granulatu z wełny mineralnej 20 cm ( $\lambda=0,039$ ) i taką przyjęto do dalszych obliczeń.

**Dopuszcza się zastosowania materiału o innych parametrach cieplnych pod warunkiem zachowania wartości współczynnika przenikania ciepła dla przegrody**

### 5.2. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien (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 i zmiana z 3 września 2015.

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

gdzie:

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

$$\Delta O_{rok} = (x_o \cdot O_{ou} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot O_{1u} \cdot O_{1z}) + 12 \cdot (y_o \cdot q_{0m} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1m} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (A_{b_o} - A_{b_1}) [\text{zł/rok}]$$

#### 5.2.1. Wymiana stolarki okiennej drewnianej na stolarkę PCV

Proponuje się wymianę istniejących okien drewnianych na okna z wysokoudarowego PVC. W rozważaniach brano pod uwagę dwa typy okien :

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła okien  $U = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła okien  $U = 0,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ,



**Tabela 14.** Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki okiennej drewnianej

okno PCV	Sd	Aok	Qou	Q1u	qou	q1u	Nok	SPBT
[W/m <sup>2</sup> K]	[dzień K/rok]	[m <sup>2</sup> ]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[lata]
istn. 2,9	3700,0	3,70	356,27	353,90	0,0445	0,0442	9102,0	48,74
0,9								
1,1								
				354,14		0,0443	7736,7	46,03

Optymalnym rodzajem stolarki okiennej jest stolarka z wysokoudarowego PVC o współczynniku przenikania ciepła okna  $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 5.3. POSUMOWANIE

W tabelach 15 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne.

**Tabela 15.** Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody i c.w.u..

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[ zł ]	[ lata ]
1.	Docieplenie ścian zewnętrznych podziemnych styropianem XPS gr. 12cm $\lambda=0,031$ z odkopaniem budynku i wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej	40 497,5	6,70
2.	Docieplenie stropodachu wentylowanego 20 cm warstwą granulatu z wełny mineralnej $\lambda=0,039$ z montażem kominków wentylacyjnych dachu oraz jednokrotnym pokryciem z papy termozgrzewalnej	111 162,0	9,13
3.	Docieplenie ścian zewnętrznych styropianem gr. 12 cm $\lambda=0,031$ w systemie ETICS	320 895,4	30,11
4.	Wymiana drewnianej stolarki okiennej na PCV o współczynniku przenikania ciepła dla okna $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	7 736,7	46,03

## 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 szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego i zmiana z 3 września 2015, 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  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

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

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw} / \eta_{lcw})_1}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{cw0})} \times 100$$

Za optymalną kombinację przedsięwzięć termomodernizacyjnych uznaje się taką kombinację, która spełnia wymagania Ustawy z dnia 21 listopada 2008 roku o *wspieraniu termomodernizacji i remontów*:

- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 10 % - gdy modernizuje się jedynie system grzewczy,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego wynosi co najmniej 15 % - w budynkach, w których modernizację systemu grzewczego przeprowadzono po 1984r.,
- ♦ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych wynosi co najmniej 25 % - dla pozostałych budynków,

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów przedstawiono w tabeli 16.

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 16.** Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć <sup>1)</sup>	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczędn zapotrzeb. na energię energii z uwzględnieniem sprawności $\Delta Q$
		[zł]	[zł/rok]	[%]
1	2	3	4	5
A	1+2+3+4	480 291,6	29 773,1	66,19
B	1+2+3	472 554,9	29 604,0	65,84
C	1+2	151 659,5	16 723,1	37,92
D	1	40 497,5	2 448,0	6,15

1. numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 15.
2. Podane wartości kosztów całkowitych zadania są wartościami „brutto”



**Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 66,19% - wymagania Ustawy są spełnione.**

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

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty
		[ zł ]
1.	Docieplenie ścian zewnętrznych podziemnych styropianem XPS gr. 12cm $\lambda=0,031$ z odkopaniem budynku i wykonaniem izolacji przeciwwilgociowej	40 497,5
2.	Docieplenie stropodachu wentylowanego 20 cm warstwą granulatu z wełny mineralnej $\lambda=0,039$ z montażem kominków wentylacyjnych dachu oraz jednokrotnym pokryciem z papy termozgrzewalnej	111 162,0
3.	Docieplenie ścian zewnętrznych styropianem gr. 12 cm $\lambda=0,031$ w systemie ETICS	320 895,4
4.	Wymiana drewnianej stolarki okiennej na PCV o współczynniku przenikania ciepła dla okna 1,1 W/m <sup>2</sup> K	7 736,7

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 69,12%
- Stawka c.o. na 1m<sup>2</sup> powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 1,57zł/m<sup>2</sup>

---

## 7. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik I	<i>Rysunki budowlane budynku położonego przy ul. Laskowej 6 w Grójcu,</i>
Załącznik II	<i>Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnej mocy cieplnej dla stanu istniejącego oraz wariantu optymalnego termomodernizacji – program CertoH</i>
Załącznik III	<i>Kosztorys inwestorski</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 03.09.2015.
8. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów.
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.