

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Użyteczności dydaktyczny – Zespół Szkół (Szkoła Podstawowa i Gimnazjum)	1.2 Rok budowy	1996
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Gmina Stare Bogaczowice Ul. Główna 132 58-312 Stare Bogaczowice	1.4 Adres budynku	Ul. Główna 172a 58-312 Stare Bogaczowice Powiat Wałbrzyski 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, 606 81-20-89 REGON: 890658291			
3. Imię, nazwisko, adres oraz numer PESEL 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	PESEL: 72061400352 Podpis:
4. Współautorzy			
Lp.	4.1 Imię i nazwisko	4.2 Zakres udziału w audycie	4.3 Posiadane kwalifikacje
1	-----	-----	-----
5. Miejscowość: Świebodzice data wykonania opracowania: kwiecień 2016			
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 5 2.1.1. Ściany zewnętrzne budynku 6 2.1.2. Przegrody poziome6 2.1.3. Okna i drzwi 7 2.1.4. 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 9 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 10 3.1. Przegrody budowlane10 3.2. System grzewczy..... 10 3.3. System c.w.u. 11 3.4. System wentylacji 11			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTIMALIZACJI	12
5. OPTIMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH	12
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody	12
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z pustaków Alfa	13
5.1.2. Docieplenie ścian zewnętrznych sali gimnastycznej	14
5.1.3. Docieplenie stropu podcienia	14
5.1.4. Docieplenie dachu części starszej budynku	14
5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okienną i drzwiową	15
5.2.1. Zmniejszenie strat przez stolarkę okienną	16
5.2.2. Zmniejszenie strat przez stolarkę drzwiową	16
5.3. Zmniejszenie strat ciepła system c.w.u.	16
5.4. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	17
5.5. Podsumowanie	19
6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI	20
7. ZAŁĄCZNIKI	23
8. LITERATURA	24

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia budynku tradycyjna murowana z pustaków Alfa oraz z pustaków ceramicznych	
2	Liczba kondygnacji	1-3	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	18 508,8	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	4096,46	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	-	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	4096,46	
7	Liczba mieszkań	-	
8	Liczba osób użytkujących budynek	400	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	Kotłownia olejowa	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Kotłownia olejowa	
11	Współczynnik kształtu [l/m]	0,33	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne sal dydaktycznych i administracyjnych (ściany z pustaków Alfa)	0,67	0,24
1	Ściany zewnętrzne sal dydaktycznych i administracyjnych (ściany z pustaków Alfa) z istniejącym dociepleniem	0,25	0,25
2	Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej (ściany z pustaków ceramicznych)	0,52	0,22
3	Dach sal dydaktycznych i administracyjnych	0,47	0,19
4	Dach sali gimnastycznej	0,35	0,35
4	Strop podcienia bez docieplenia	1,16	0,20
4	Strop podcienia z dociepleniem	0,30	0,30
6	Stolarka okienna	2,90	1,10
7	Drzwi zewnętrzne budynku	3,00	1,50
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_{Hg}	0,86	0,98
2	Sprawność przesyłania η_{Hd}	0,90	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_{He}	0,77	0,88
4	Sprawność akumulacji η_{Hs}	0,93	0,95
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	0,86	0,96
2	Sprawność przesyłania	0,60	1,00
3	Sprawność akumulacji	0,65	0,85
5. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	Naturalna / mechaniczna	Naturalna / mechaniczna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nieszczelności stolarki / wentylacja mechaniczna	nawiewniki / wentylacja mechaniczna
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	15454,6	15454,6
4	Liczba wymian [1/h]	0,83	0,83
6. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	414,5	371,3
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	42,9	42,9
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	1932,4 536 786	1099,3 305 364
4	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok] [kWh/rok]	2832,7 786 869	1163,2 323 121
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok] [kWh/rok]	369,9 102 760	212,8 59 108
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	-	-

7	Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u. [GJ/rok]	--	--
8	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	131,0	74,5
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	190,90	78,18
10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,0	0,0
7. Opłaty jednostkowe			
1	Koszt 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku [zł/GJ]	58,0	52,0
2	Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł/(MW m-c)]	0,0	0,0
3	Koszt przygotowania 1 m ³ c.w.u. [zł/m ³]	16,0	14,5,0
4	Koszt 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł/(MW m-c)]	0,0	0,0
5	Miesięczny koszt ogrzewania 1 m ² pow. użytkowej [zł/(m ² m-c)]	3,32	1,45
6	Miesięczna opłata abonamentowa [zł/m-c]	0	0
7	Inne [zł]	-	-
8. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowane koszty całkowite [zł]		1 876 212,8	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%] 59,03
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		103 831,0	Ograniczenie emisji CO ₂ [%] 39,24

9. Informacje dodatkowe		Stan przed termom.	Stan po termom.	Efekt termom.
1	Zapotrzebowanie na energię pierwotną budynku [kWh/rok]	1 498 759	940 619	558 140
2	Zapotrzebowanie na energię elektryczną [MWh/rok]	173,4	173,4	0,0
3	Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych związanych z użytkowaniem obiektu – emisja CO ₂ [Mg CO ₂ /rok]	378,9	230,2	148,7
4	Całkowita roczna ilość zaoszczędzonej energii cieplnej [GJ/rok]	3202,6	1376,0	1826,6
	[kWh/rok]	889 629	382 229	507 400

Projektowany system zarządzania energią: automatyka kotłów na paliwo gazowe oraz montaż zaworów z głowicami termostatycznymi przy grzejnikach oraz montaż zaworów automatycznej regulacji podpiłowej.

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek dydaktyczny – Zespołu Szkół w Starych Bogaczowicach** zostało wykonane na zlecenie Gminy Stare Bogaczowice.

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 Ministra Infrastruktury i Rozwoju 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.

1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest budynek dydaktyczny położony przy ul. Głównej 172a w Starych Bogaczowicach.

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 zlokalizowany w miejscowości Stare Bogaczowice i pełni funkcje dydaktyczne – Budynek Zespołu Szkół (Szkoła Podstawowa i Gimnazjum). Wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej z pustaków żużlobetonowych Alfa (część dydaktyczna) oraz układ stalowy ramowy z wypełnieniem ścian z pustaków ceramicznych.

Obiekt jest budynkiem w części 1 a w części 3-cio kondygnacyjnym.

Część starsza budynku (część dydaktyczna) została oddana do użytkowania w 1996r., natomiast sala gimnastyczna w część nowsza w 2001r.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ dokumentacja projektowa budynku,

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek jest obiektem w części jedno, a w części trzykondygnacyjnym.

Budynek w części starszej wykonany jest w technologii tradycyjnej murowanej z pustaków żużlobetonowych Alfa, a w części nowszej (sala gimnastyczna) w konstrukcji szkieletowej stalowej (układ ramowy) z wypełnieniem z pustaków ceramicznych.

Stropy budynku wykonane są jako żelbetowe z płyt kanałowych. Dach o konstrukcji stalowej – belki stalowe oraz układ ramowy. Pokrycie dachu stanowi papa termozgrzewalna (część dydaktyczna) oraz płyta warstwowa dachowa z rdzeniem styropianowym (sala gimnastyczna).

Stolarka okienna drewniana i PCV zamontowana w latach 1996-2001.

Stolarka drzwiowa aluminiowa.

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[m]	3,50-9,40
2	Powierzchnia użytkowa	[m ²]	4 096,46

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

Ściany zewnętrzne budynku części starszej (część dydaktyczna) wykonane są w technologii tradycyjnej murowanej z pustaków żużlobetonowych Alfa z dociepleniem z wełny mineralnej o łącznej grubości 4cm. Jedna ze ścian dodatkowo w 2014r. została ocieplona styropianem gr. 10cm. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabelach poniżej.

Tabela 1 Układ warstw ścian zewnętrznych części starszej – ściany z pustaków Alfa.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk	2,0	0,82
2	Ściana murowana z pustaka Alfa	24,0	0,72
3	Wełna mineralna	4,0	0,05
4	Ściana murowana z pustaka Alfa	10,0	0,72
5	Tynk	2,0	0,82

Tabela 2 Układ warstw ścian zewnętrznych części starszej – ściany z pustaków Alfa z dodatkowym dociepleniem ze styropianu.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk	2,0	0,82
2	Ściana murowana z pustaka Alfa	24,0	0,72
3	Wełna mineralna	4,0	0,05
4	Ściana murowana z pustaka Alfa	10,0	0,72
5	Tynk	2,0	0,82
6	Styropian	10,0	0,04

Ściany zewnętrzne budynku części nowszej – sala gimnastyczna wykonane są w technologii szkieletowej stalowej z wypełnieniem z pustaków ceramicznych gr. 36cm z dociepleniem ze styropianu gr. 5. Układ warstw ściany, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3 Układ warstw ścian zewnętrznych części nowszej – sala gimnastyczna

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Ściana murowana z pustaków ceramicznych	36,0	0,56
2	Styropian	5,0	0,045

Obliczeniową wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowano na końcu rozdziału.

2.1.2. PRZEGRODY POZIOME

Stropy budynku wykonane są z płyt żelbetowych kanałowych pokrytych dodatkowo warstwami ocieplającymi (izolacja akustyczna) i wykończeniowymi. Nad częścią starszą stropodach niewentylowany o konstrukcji stalowej krokwiowo-płatwiowej. Dach ocieplony wełną gr. 8cm. Układ warstw dachu, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Układ warstw stropodachu części starszej (budynki dydaktyczne).

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	Płyta g-k 12,5mm	1,25	0,23
2	Deski	2,5	0,16
3	Wełna mineralna	8,0	0,05
4	Deski	3,0	0,16
5	Papa	0,5	---

W części nowszej – sala gimnastyczna stropodach niewentylowany wykonany jest z płyt warstwowych z rdzeniem styropianowym gr. 10cm. W sali gimnastycznej stropodach bez sufitu podwieszanego. Układ warstw stropodachu, przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Układ warstw stropodachu sali gimnastycznej.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	Płyta warstwowa z rdzeniem styropianowym	10,0	0,04

W części starszej budynku (części dydaktyczna) w poziomie stropu nad przyziemiem wykonany jest podcień na bazie stropu żelbetowego. Układ warstw stropu nad podcieniem pokazano poniżej. Na jednym podcieniu podczas docieplenia ściany wykonano również docieplenie podcienia styropianem gr. 10cm

Tabela 6. Układ warstw stropu nad podcieniem.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	Posadzka cementowa	5,0	1,00
2	Styropian	2,0	0,05
3	Strop żelbetowy kanałowy	24,0	1,33
4	Tynk	2,0	0,82

2.1.3. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się stolarka okienna typowa drewniana oraz PCV – stolarka zamontowana w okresie budowy obiektu.

Drzwi zewnętrzne aluminiowe – zamontowana w latach budowy obiektu.

Stolarka okienna i drzwiowa w dobrym stanie technicznym niezadawalającym oraz o niskiej izolacyjności cieplnej – stolarka wymaga wymiany.

Przyjęty współczynnik przenikania ciepła dla okien (stan istniejący) - $U = 2,90 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Przyjęty współczynnik przenikania ciepła dla drzwi (stan istniejący) - $U = 3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.1.4. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej opracowania zamieszczono rzuty i elewacje analizowanego budynku pochodzące z dokumentacji projektowej obiektu. W tabeli 7 zestawiono powierzchnie całkowite ścian (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) i dachów oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

**Tabela 7. Powierzchnie i współczynniki przenikania przegród budowlanych.
(bez odliczania otworów okiennych i drzwiowych)**

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściana zewnętrzna części starszej (murowana z pustaków Alfa)	1681,4	0,67
2	Ściana zewnętrzna części starszej (murowana z pustaków Alfa) z dociepleniem ze styropianu gr. 10cm	317,0	0,25
3	Ściana zewnętrzna części nowszej (murowana pustaków ceramicznych) – sala gimnastyczna	727,0	0,52
4	Stropodach części starszej (dydaktycznej)	1430,0	0,47
5	Stropodach sali gimnastycznej	725,0	0,35
6	Strop podcienia	168,0	1,16
7	Strop podcienia z dociepleniem styropianem gr. 10cm	21,0	0,30
8	Posadzka na gruncie	1793,0	0,344

2.2. SYSTEM GRZEWczy

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z kotłowni opalanej olejem opałowym. Kotłownia zlokalizowana jest w części starszej obiektu.

W analizowanym budynku zainstalowane są dwa kotły Scheafer typu DOMOBLOC DCN-215 o mocy 2x215kW z palnikami olejowymi Korting. Kotły zaopatrują budynki w ciepło na cele c.o. oraz na cele c.w.u. poprzez wymiennik ciepłej wody zlokalizowany w pomieszczeniu kotłowni – podgrzewacz Scheafer typ Domocell DLS 400.

Kotłownia została wykonana w 1997r.

Instalacja c.o. podzielona jest na trzy odrębne obiegi grzewcze (podział na budynki).

Część starsza budynku wyposażona jest w starą instalację c.o. – instalacja z rur stalowych z grzejnikami żeberkowymi. Na instalacji brak zaworów automatycznej regulacji podpionowej i zaworów termostatycznych.

Ogrzewanie sali gimnastycznej wyłącznie wentylacją mechaniczną nawiewno-wywiewną.

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. 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)

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

Tabela 8. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_{Hg}	0,86
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_{Hd}	0,90
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_{He}	0,77
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	0,93
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,5543

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię kotłowni olejowej pokazuje tabela 9.

Tabela 9. Taryfy opłat za energię cieplną z VAT.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Opłata za moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	58,00
Opłata abonamentowa	[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 10. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw.

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	2815,3
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,4145

2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada system zaopatrzenia w c.w.u. z zasobnika ciepłej wody użytkowej zlokalizowanego w pomieszczeniu kotłowni (zasadnicza część) oraz dla pojedynczych umywałek z podgrzewaczy elektrycznych (sporadyczne). Instalacja ciepłej wody wykonana jest z rur stalowych. Instalacja wykonana w układzie z cyrkulacją ciepłej wody.

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 0,80 dm³/m²*doba (nauka i oświata)
- Czas użytkowania – 200,8 doby/rok (usługi)
- Sprawność wytwarzania – 86% (kocioł olejowy – dane producenta)
- Sprawność akumulacji – 65% (zasobniki c.w.u. wyprodukowane w latach 1995-2000r.)
- Sprawność transportu – 60% (instalacje średnie z obiegami cyrkulacyjnymi, z zaizolowanymi pionami oraz zaizolowanymi przewodami rozprowadzającymi)

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 42,9 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. ze sprawnością – kWh 102760 / 369,9 GJ

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]	58,00

2.4. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w pomieszczeniach oraz mechaniczny nawiewno-wywiewny (sala gimnastyczna). Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach określone w PN-83/B-03430 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*.

Wentylacja mechaniczna sali gimnastycznej:

Instalacja wentylacji mechanicznej została wykonana w 2001. Wentylacja realizowana jest poprzez centralę wentylacyjną firmy VTS Clima.

Ilość powietrza nawiewanego jest równa ilości powietrza wywiewanego – 11930 m³/h.

Odzysk ciepła zakładany w dokumentacji ok. 50%. Dodatkowo w pomieszczeniu sali znajdują się wywiewniki dachowe. Zasilanie w ciepło technologiczne z kotłowni opalanej olejem opałowym. Pomieszczenie centrali wentylacyjnej znajduje się bezpośrednio przy sali gimnastycznej. Rozprowadzenie wentylacji przewodami w strefie konstrukcji dachowej. Nawiew i wywiew realizowany górną.

Przy obliczeniach strat ciepła dla wentylacji grawitacyjnej pozostałych pomieszczeń przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach – minimalne krotności wymian powietrza do mocy cieplnej 1,0 l/h.

Stopień szczelności obudowy budynku – średni (krotność wymiany powietrza $n_{50}=4$).

Podstawowy strumień powietrza wentylacji naturalnej do ciepła – sale dydaktyczne

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

Uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego w strefie ogrzewanej

– $V_{ve,1,n} = 1,939 \text{ m}^3/\text{s}$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

– $V_{inf.} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 12543,8 / 3600 = 0,697 \text{ m}^3/\text{s}$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego sal dydaktycznych (z wyłączeniem sali gimnastycznej) – 9489,6 m³/h.

Wentylacja mechaniczna sali gimnastycznej (wg projektu pierwotnego) – 5965 m³/h

Łączny przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego – 15 454,6 m³/h.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek szkolny jest eksploatowany w części od prawie 20 lat.

Nie stwierdzono zniszczenia konstrukcji budynku.

Stolarka okienna i drzwiowa stara z okresu budowy obiektu – stolarka nie spełnia obecnych przepisów i nadaje się do wymiany.

Ściany zewnętrzne budynku – nie spełniają aktualnych wymagań cieplnych.

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

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

Podsumowując, budynek ze względu na okres kiedy został wybudowany nie spełnia obowiązujących obecnie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budowlanych określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 Dz. U. 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późn. zmianami w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie – ze szczególnym uwzględnieniem wymagań po 1 stycznia 2014r..

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

- ♦ docieplenie ścian zewnętrznych części starszej budynku – ściany wykonane jako murowane z pustaków Alfa styropianem wg systemu BSO.
- ♦ docieplenie ścian zewnętrznych części nowszej budynku (sala gimnastyczna) – ściany wykonane jako murowane z pustaków ceramicznych.
- ♦ ocieplenie podcieni wg BSO.
- ♦ ocieplenie dachu części starszej poprzez dołożenie wełny mineralnej i wykonanie nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej.
- ♦ Wymiana stolarki okiennej na nową PCV.
- ♦ Wymiana stolarki drzwiowej na nową aluminiową.

3.2. SYSTEM GRZEWczy

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z kotłowni opalanej olejem opałowym. Kotłownia zlokalizowana jest w części starszej obiektu.

W analizowanym budynku zainstalowane są dwa kotły Scheafer typu DOMOBLOC DCN-215 o mocy 2x215kW z palnikami olejowymi Korting. Kotły zaopatrują budynki w ciepło na cele c.o. oraz na cele c.w.u. poprzez wymiennik ciepłej wody zlokalizowany w pomieszczeniu kotłowni – podgrzewacz Scheafer typ Domocell DLS 400.

Kotłownia została wykonana w 1997r.

Instalacja c.o. podzielona jest na trzy odrębne obiegi grzewcze (podział na budynki).

Część starsza budynku wyposażona jest w starą instalację c.o. – instalacja z rur stalowych z grzejnikami żeberkowymi. Na instalacji brak zaworów automatycznej regulacji podpionowej i zaworów termostatycznych.

Instalacja c.o. w budynku znajduje się w stanie technicznym niezadowolającym i wymaga wymiany na nową z nowoczesnymi grzejnikami płytowymi z zaworami termostatycznymi i podpionowymi dostosowanymi do nowego systemu grzewczego – instalacja niskotemperaturowa.

Kotłownia olejowa o niskiej sprawności i efektywności. Stan techniczny kotłów niezadowolający – nadają się do wymiany.

W związku z powyższymi przedsięwzięciami związanymi z systemem grzewczym, które przyjęto w obliczeniach audytu pracy są :

- ♦ wymiana instalacji c.o. z wymianą grzejników wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz zaworów automatycznej regulacji podpionowej, instalacja i grzejniki niskotemperaturowe płytowe,
- ♦ Modernizacja kotłowni – zmiana sposobu ogrzewania – zmiana istniejących przestarzałych kotłów olejowych na nowoczesne kotły kondensacyjne na paliwo gazowe – z montażem nadziemnych zbiorników gazowych wraz z pełną automatyką.

3.2. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada system zaopatrzenia w c.w.u. z kotłowni olejowej poprzez zasobnik ciepłej wody użytkowej. Instalacja z obiegiem cyrkulacyjnym c.w.u.

W ramach usprawnienia systemu c.w.u. oraz w związku ze zmianą sposobu ogrzewania obiektu zakłada się zmianę sposobu przygotowania c.w.u. z projektowanej kotłowni na paliwo gazowe wraz z zasobnikiem c.w.u. oraz obiegiem cyrkulacyjnym.

- Zmiana sposobu przygotowania c.w.u. z istniejącego z kotłowni olejowej na nowe z kotłowni na paliwo gazowe z wymianą instalacji, montażem zasobnika c.w.u. oraz cyrkulacją wody.

3.3. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w pomieszczeniach oraz mechaniczny nawiewno-wywiewny (sala gimnastyczna).

Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach określone w PN-83/B-03430 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*.

Wentylacja mechaniczna sali gimnastycznej:

Instalacja wentylacji mechanicznej została wykonana w 2001. Wentylacja realizowana jest poprzez centralę wentylacyjną firmy VTS Clima.

Ilość powietrza nawiewanego jest równa ilości powietrza wywiewanego – 5965m³/h.

Odzysk ciepła zakładany w dokumentacji ok. 50%. Dodatkowo w pomieszczeniu sali znajdują się wywiewniki dachowe. Zasilanie w ciepło technologiczne z kotłowni opalanej olejem opałowym. Pomieszczenie centrali wentylacyjnej znajduje się bezpośrednio przy sali gimnastycznej. Rozprowadzenie wentylacji przewodami w strefie konstrukcji dachowej. Nawiew i wywiew realizowany górną.

Wentylacja mechaniczna zachodzi poprawnie i nie są przewidywane zmiany.

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 11 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym przegród zewnętrznych i systemu grzewczego.

Tabela 11. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych części starszej budynku – ściany wykonane jako murowane z pustaków Alfa styropianem wg systemu BSO.
2	Docieplenie ścian zewnętrznych części nowszej budynku (sala gimnastyczna) – ściany wykonane jako murowane z pustaków ceramicznych.
3	Docieplenie stropów podcieni wg systemu BSO.
4	Docieplenie dachu części starszej poprzez dołożenie wełny mineralnej oraz wykonane pokrycia z papy termozgrzewalnej,
5	Wymiana stolarki okiennej na nową PCV
6	Wymiana stolarki drzwiowej na nową aluminiową
7	Zmiana sposobu przygotowania c.w.u. z istniejącego z kotłowni olejowej na nowe z kotłowni na paliwo gazowe z wymianą instalacji, montażem zasobnika c.w.u. oraz cyrkulacją wody.
8	Wymiana instalacji c.o. z wymianą grzejników wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz podpionowych –grzejniki niskotemperaturowe płytowe, Modernizacja kotłowni – zmiana sposobu ogrzewania – zmiana istniejących przestarzałych kotłów olejowych na nowoczesne kotły kondensacyjne na paliwo gazowe – z montażem nadziemnych zbiorników gazowych wraz z pełną automatyką.

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.

$$SPBT = N_u / \Sigma \Delta O_{rU}; [\text{lata}] \quad (3)$$

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],

$$\Delta O_{rU} = (x_0 \cdot O_{0u} \cdot O_{0z} - x_1 \cdot O_{1u} \cdot O_{1z}) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0m} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1m} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (Ab_0 - Ab_1) [\text{zł/rok}] \quad (4)$$

gdzie:

- Q_{0u}, Q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [GJ/rok];
 O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za ciepło i zmienna opłata za usługi przesyłowe) [zł/GJ];
 q_{0u}, q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [MW];
 O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za zamówioną moc cieplną i stała opłata za usługi przesyłowe) [zł/MW*miesiąc];
 Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł]

5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH MUROWANYCH Z PUSTAKÓW ALFA (CZĘŚĆ STARSZA BUDYNKU)

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych murowanych z pustaków Alfa styropianem wg systemu BSO. W tabeli 12 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym.

W koszcie jednostkowym docieplenia uwzględniono demontaż i ponowny montaż rynien i rur spustowych, docieplenie ościeży okiennych, wykonanie nowych parapetów okiennych.

Założony współczynnik przewodności cieplnej dla styropianu $\lambda=0,038$.

Tabela 12. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian .

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	3900	1247,70	281,68		0,0334		-	1,493	-
6,0				136,88		0,0162	285448,8	3,071	33,99
7,0				126,08		0,0150	291587,5	3,335	32,31
8,0				116,86		0,0139	297726,2	3,598	31,14
9,0				108,89		0,0129	303864,9	3,861	30,32
10,0				101,94		0,0121	311538,2	4,124	29,88
11,0				95,83		0,0114	325350,3	4,387	30,18
12,0				90,41		0,0107	336092,9	4,650	30,29

Optymalną warstwą docieplenia ścian będzie warstwa styropianu (wełny mineralnej) o grubości 10 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań (minimalna wartość oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych 4,0 m²K/W). **Dopuszcza się wykonanie docieplenia z materiału izolacyjnego o innej grubości pod warunkiem zachowania parametrów cieplnych dla przegrody.**

5.1.2. **DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH SALI GIMNASTYCZNEJ MUROWANYCH Z PUSTAKÓW CERAMICZNYCH**

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych sali gimnastycznej wykonanych z pustaków ceramicznych styropianem wg systemu BSO. W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. **W koszcie jednostkowym docieplenia uwzględniono demontaż i ponowny montaż rynien i rur spustowych, docieplenie ościeży okiennych, wykonanie nowych parapetów okiennych.**

Założony współczynnik przewodności cieplnej dla styropianu $\lambda=0,038$.

Tabela 13. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych sali gimnastycznej.

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	3900	586,70	102,80		0,0122		-	1,923	-
6,0				56,45		0,0067	128452,1	3,502	47,78
7,0				52,51		0,0062	129895,4	3,765	44,53
8,0				49,08		0,0058	132060,3	4,028	42,38
9,0				46,07		0,0055	134225,2	4,291	40,79
10,0				43,40		0,0052	137111,8	4,555	39,80
11,0				41,03		0,0049	142884,9	4,818	39,88
12,0				38,91		0,0046	147936,4	5,081	39,92

Optymalną warstwą docieplenia będzie warstwa styropianu o grubości 10 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań (minimalna wartość oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych 4,0 m²K/W). **Dopuszcza się wykonanie docieplenia z materiału izolacyjnego o innej grubości pod warunkiem zachowania parametrów cieplnych dla przegrody.**

5.1.3. DOCIEPLENIE STROPU PODCIENIA

Proponuje się wykonanie docieplenia stropu podcienia styropianem w systemie BSO. W tabeli 14 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy styropianu.

Założony współczynnik przewodności cieplnej dla styropianu $\lambda=0,038$.

Tabela 14. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropu podcienia.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			65,67		0,0078		-	0,862	-
13,0	3900	168,00		13,22		0,0016	24176,9	4,283	7,95
14,0				12,45		0,0015	24383,5	4,546	7,90
15,0				11,77		0,0014	24590,2	4,809	7,87
16,0				11,16		0,0013	24796,8	5,073	7,84
17,0				10,61		0,0013	25210,1	5,336	7,89
18,0				10,11		0,0012	25623,4	5,599	7,95
19,0				9,66		0,0011	26036,6	5,862	8,01

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu będzie miała warstwa styropianu gr. 16cm (wartość optymalnego oporu cieplnego stropów i stropodachów nie może być mniejsza niż 5,0 m²K/W) **Dopuszcza się wykonanie docieplenia z materiału izolacyjnego o innej grubości pod warunkiem zachowania parametrów cieplnych dla przegrody.**

5.1.4. DOCIEPLENIE STROPODACHU CZĘŚCI STARSZEJ

Proponuje się wykonanie docieplenia stropodachu wełna mineralna twarda z wykonaniem nowego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej oraz niezbędnych obróbek i podmurowania kominów. W tabeli 15 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy wełny mineralnej.

Założony współczynnik przewodności cieplnej dla wełny mineralnej $\lambda=0,037$.

Tabela 14. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropodachu.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			226,47		0,0269		-	2,128	-
9,0	3900	1430,00		105,67		0,0125	228657,0	4,560	32,63
10,0				99,76		0,0118	232174,8	4,830	31,59
11,0				94,47		0,0112	239210,4	5,101	31,24
12,0				89,72		0,0106	246246,0	5,371	31,05
13,0				85,42		0,0101	256799,4	5,641	31,39
14,0				81,51		0,0097	267352,8	5,911	31,80
15,0				77,95		0,0093	274388,4	6,182	31,85

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu będzie miała warstwa wełny mineralnej gr. 12cm (wartość optymalnego oporu cieplnego stropów i stropodachów nie może być mniejsza niż 5,0 m²K/W)

Dopuszcza się wykonanie docieplenia z materiału izolacyjnego o innej grubości pod warunkiem zachowania parametrów cieplnych dla przegrody.

5.2. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ I DRZWIOWĄ

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 oraz zmiana z dnia 03.09.2015r.

$$SPBT = N_{Ok} / \Delta O_{rok}; [\text{lata}] \quad (8)$$

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

Tabela 15. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki okiennej

okno PCV	Sd	Aok	Qou	Q1u	qou	q1u	N	SPBT
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[lata]
istn. 2,90	3900	619,60	2377,53	2001,73	0,2821	0,2375	557640,0	25,58
1,1								
1,3								
				2043,48		0,2424	526660,0	27,18

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

5.2.2 ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ DRZWIOWĄ

Proponuje się wymianę stolarki drzwiowej zewnętrznej na nową aluminiową.

W rozważaniach brano pod uwagę dwa typy stolarki drzwiowej:

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

Tabela 16. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki drzwiowej

drzwi	Sd	Ad	Qou	Q1u	qou	q1u	N	SPBT
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[lata]
istn. 3,00	3900	49,20	1821,81	1796,94	0,2161	0,2131	68880,0	47,76
1,5								
1,7								
				1800,25		0,2135	63960,0	51,17

Optymalnym rodzajem stolarki drzwiowej o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.3. ZMNIEJSZENIE 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 i zmiana z dnia 03.09.2015

$$SPBT = N_{cw} / \Delta O_{rcw}; [\text{lata}] \quad (6)$$

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],

$$\Delta O_{rcw} = (x_0 * O_{0cw} * O_{0z} - x_1 * O_{1cw} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1) \quad (7)$$

gdzie:

Q_{0cw}, Q_{1cw} - zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z PN [GJ/rok];
 O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za ciepło i zmienna opłata za usługi przesyłowe) [zł/GJ];
 q_{0u}, q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na przygotowanie ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę [MW];
 O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia (tu opłata za zamówioną moc cieplną i stała opłata za usługi przesyłowe) [zł/MW*miesiąc];

W związku z powyższym przyjęto zmianę sposobu przygotowania c.w.u.:

- zmiana sposobu przygotowania c.w.u. z istniejącego z kotłowni olejowej na nowe z kotłowni na paliwo gazowe z wymianą instalacji, montażem zasobnika c.w.u. oraz cyrkulacją wody – koszt zadania 50000,0 zł

Cena 1 GJ na potrzeby c.w.u - istniejący	[zł]	58,0
Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc – istniejący	[zł]	0,0
Cena 1 GJ na potrzeby c.w.u – po usprawnieniu	[zł]	62,0
Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc – po usprawnieniu	[zł]	0,0

Przyjęto zgodnie z obowiązującymi przepisami:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 0,8 dm³/m²*doba
- Czas użytkowania – 200,8 doby/rok
- Sprawność wytwarzania – 98% (kocioł gazowy kondensacyjny)
- Sprawność akumulacji – 85% (zasobnik c.w.u. wyprodukowany po 2005)
- Sprawność transportu – 70% (instalacje średnie z obiegami cyrkulacyjnymi, z zaizolowanymi pionami oraz zaizolowanymi przewodami rozprowadzającymi i ograniczeniem czasu pracy)

Tabela 17. Zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło dla celów c.w.u.

Rodzaj	Q _{oco}	Q _{1cw}	q _{ocw}	q _{1cw}	N _{co}	ΔO _{roco}	SPBT
usprawnienia	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[zł/rok]	[lata]
zmiana przygotowania c.w.u.	369,9	212,8	0,043	0,043	50000,0	8260,60	6,05

Do dalszego opracowania przyjęto zmianę systemu podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

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.

$$SPBT = N_{co} / \Delta O_{roco}; [\text{lata}] \quad (12)$$

gdzie:

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

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

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii **ΔO_{roco}** źródła oblicza się ze wzoru:

$$\Delta O_{roco} = (x_0 \cdot w_{to} \cdot w_{do} \cdot Q_{oco} \cdot O_{oz} / \eta_o - x_1 \cdot w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{oco} \cdot O_{tz} / \eta_1) + 12 \cdot (y_0 \cdot q_{0m} \cdot O_{0m} - y_1 \cdot q_{1m} \cdot O_{1m}) + 12 \cdot (A_{b0} - A_{b1}); [\text{zł/rok}] \quad (13)$$

gdzie:

Q_{oco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją [GJ/rok],

η_o, η₁ - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po usprawnieniu obliczana ze wzoru (14),

w_{to}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia

w_{do}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia

q_o, q₁ - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania

$$\eta = \eta_g \times \eta_d \times \eta_e \times \eta_s \quad (14)$$

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z kotłowni opalanej olejem opałowym. Kotłownia zlokalizowana jest w części starszej obiektu.

W analizowanym budynku zainstalowane są dwa kotły Scheafer typu DOMOBLOC DCN-215 o mocy 2x215kW z palnikami olejowymi Korting. Kotły zaopatrują budynki w ciepło na cele c.o. oraz na cele c.w.u. poprzez wymiennik ciepłej wody zlokalizowany w pomieszczeniu kotłowni – podgrzewacz Scheafer typ Domocell DLS 400.

Kotłownia została wykonana w 1997r.

Instalacja c.o. podzielona jest na trzy odrębne obiegi grzewcze (podział na budynki).

Instalacja budynku stara z rur stalowych z grzejnikami żeberkowymi. Na instalacji brak zaworów automatycznej regulacji podpionowej i zaworów termostatycznych.

Instalacja c.o. w budynku znajduje się w stanie technicznym niezadowolającym i wymaga wymiany na nową z nowoczesnymi grzejnikami płytowymi z zaworami termostatycznymi i podpionowymi dostosowanymi do nowego systemu grzewczego – instalacja niskotemperaturowa.

Kotłownia olejowa o niskiej sprawności i efektywności. Stan techniczny kotłów niezadowolający – nadają się do wymiany.

W związku z powyższymi przedsięwzięciami związanymi z systemem grzewczym, które przyjęto w obliczeniach audytu pracy są :

- ♦ wymiana instalacji c.o. z wymianą grzejników wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz zaworów automatycznej regulacji podpionowej, instalacja i grzejniki niskotemperaturowe płytowe – koszt inwestycji 300 000,0 zł
- ♦ modernizacja kotłowni – zmiana sposobu ogrzewania – zmiana istniejących przestarzałych kotłów olejowych na nowoczesne kotły kondensacyjne na paliwo gazowe – z montażem nadziemnych zbiorników gazowych wraz z pełną automatyką – koszt inwestycji 180 000,0 zł

Opłaty za c.o. po modernizacji

Opłata za moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	62,0
Abonament	[zł/m-c]	0,0

Tabela 18. Składowe sprawności systemu grzewczego po usprawnieniach systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła – wymiana kotła na kondensacyjny gazowy	η_{Hg}	0,98
2	Sprawność przesyłania ciepła – wymiana instalacji	η_{Hd}	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania montaż zaworów termostatycznych i podpionowych	η_{He}	0,88
4	Sprawność akumulacji – wymiana zbiorników buforowych w związku z modernizacją kotłowni	η_{Hs}	0,93
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,7700

Tabela 19. Poprawa sprawność systemu grzewczego.

Rodzaj usprawnienia	η_ω	η_p	η_r	η_c	η	Q_{oco} [GJ/rok]	q_p [MW]	q_l [MW]	N_{co} [zł]	ΔQ_{oco} [zł/rok]	SPBT [zł]
modernizacja c.o. i kotłowni	0,98	0,96	0,88	0,93	0,7700	1932,40	0,4145	0,4145	480000,0	37635,81	12,75

5.5. POSUMOWANIE

W tabelach 20, 21 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne oraz poprawy sprawności systemu grzewczego, cwu

Tabela 20. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody i c.w.u.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Zmiana sposobu przygotowania c.w.u. z istniejącego z kotłowni olejowej na nowe z kotłowni na paliwo gazowe z wymianą instalacji, montażem zasobnika c.w.u. oraz cyrkulacją wody i wprowadzeniem przerw w podgrzewaniu	50 000,0	6,05
2.	Docieplenie stropu podcienia warstwą styropianu o gr.16cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO	24 796,8	7,84
3.	Wymiana istniejącej stolarki okiennej na nową PCV z odtworzeniem podziałów - U okien 1,1 W/m ² ,	557 640,0	25,58
4.	Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z pustaków (budynek starszy) styropianem o gr.10cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO	311 538,2	29,88
5.	Docieplenie dachu budynku starszego warstwą wełny mineralnej o gr.12cm ($\lambda=0,037$) z wykonaniem nowego porycia dachowego z papy termozgrzewalnej	246 246,0	31,05
6.	Docieplenie ścian zewnętrznych sali gimnastycznej wykonanych z pustaków ceramicznych styropianem gr.10cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO	137 111,8	39,80
7.	Wymianą stolarki drzwiowej zewnętrznej na nową aluminiową U - 1,5 W/m ² ·K,	68 880,0	47,76

Tabela 21. Zoptymalizowane usprawnienia dla modernizacji c.o.

8.	Wymiana instalacji c.o. z wymianą grzejników wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz podpionowych – grzejniki niskotemperaturowe płytowe, Modernizacja kotłowni – zmiana sposobu ogrzewania – zmiana istniejących przestarzałych kotłów olejowych na nowoczesne kotły kondensacyjne na paliwo gazowe – z montażem nadziemnych zbiorników gazowych wraz z pełną automatyką.	480 000,0	12,75
----	--	-----------	-------

Tabela 22. Zoptymalizowane usprawnienia poprawiające sprawność systemu grzewczego.

LP	Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych		Współczynnik sprawności
1	Sprawność wytwarzania ciepła – wymiana kotła na nowoczesny kondensacyjny na paliwo gazowe	η_{Hg}	0,98
2	Sprawność przesyłania ciepła – wymiana instalacji	η_{Hd}	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania montaż zaworów termostatycznych i podpionowych	η_{He}	0,88
4	Sprawność akumulacji – wymiana zbiorników buforowych w związku z modernizacją kotłowni	η_{Hs}	0,93
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	w_t	0,85
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,7700

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 oraz zmiana z dnia 03.09.2015*, 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 ΔO_r przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{0z} - (w_{t1} * w_{d1} * Q_{1co} / \eta_1 + Q_{1cw}) * O_{0z} + 12 * [(q_{0m} + q_{0cw}) * Q_{0m} - (q_{1m} + q_{1cw}) * Q_{1m}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok]$$

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{ow}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{1co} / \eta_1 + Q_{1cw} / \eta_{1w})_1}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw} / \eta_{ow})} \times 100 [\%]$$

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 opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 23.

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 23. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczędn zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ
1	2	[zł]	[zł/rok]	[%]
A	1+2+3+4+5+6+7+8	1 876 212,8	103 831,0	59,03
B	1+2+3+4+5+6+8	1 807 332,8	103 278,3	58,75
C	1+2+3+4+5+8	1 670 221,0	99 806,0	56,99
D	1+2+3+4+8	1 423 975,0	88 426,9	51,23
E	1+2+3+8	1 112 436,8	76 313,0	45,09
F	1+2+8	554 796,8	54 413,0	34,00
G	1+8	530 000,0	49 659,8	31,60
H	8	480 000,0	37 635,8	24,76

Numerem 8 oznaczono wariant poprawy sprawności systemu grzewczego.

Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię w budynkach, w których zakłada się termomodernizację systemu grzewczego i przegród zewnętrznych, w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego powinno wynosić co najmniej 25 %. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 59,03 % - wymagania Ustawy są spełnione.

W związku z powyższym jako optymalna kombinację przyjęto kombinację oznaczoną literą **A** tzn. przewidującą wykonanie:

Lp.	Rodzaj usprawnienia
1.	Zmiana sposobu przygotowania c.w.u. z istniejącego z kotłowni olejowej na nowe z kotłowni na paliwo gazowe z wymianą instalacji, montażem zasobnika c.w.u. oraz cyrkulacją wody i wprowadzeniem przerw w podgrzewaniu
2.	Docieplenie stropu podcienia warstwą styropianu o gr.16cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO
3.	Wymiana istniejącej stolarki okiennej na nową PCV z odtworzeniem podziałów - U okien 1,1 W/m ² ,
4.	Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z pustaków (budynek starszy) styropianem o gr.10cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO
5.	Docieplenie dachu budynku starszego warstwą wełny mineralnej o gr.12cm ($\lambda=0,037$) z wykonaniem nowego porycia dachowego z papy termozgrzewalnej
6.	Docieplenie ścian zewnętrznych sali gimnastycznej wykonanych z pustaków ceramicznych styropianem gr.10cm ($\lambda=0,038$) w systemie BSO
7	Wymianą stolarki drzwiowej zewnętrznej na nową aluminiową U - 1,5 W/m ² ·K,
8	Wymiana instalacji c.o. z wymianą grzejników wraz z montażem zaworów termostatycznych na grzejnikach oraz podpionowych –grzejniki niskotemperaturowe płytowe, Modernizacja kotłowni – zmiana sposobu ogrzewania – zmiana istniejących przestarzałych kotłów olejowych na nowoczesne kotły kondensacyjne na paliwo gazowe – z montażem nadziemnych zbiorników gazowych wraz z pełną automatyką.

7. ZAŁĄCZNIKI

- | | |
|--------------|---|
| Załącznik I | Rysunki budynku Zespołu Szkół w Starych Bogaczowicach – inwentaryzacja |
| Załącznik II | <i>Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnego obciążenia cieplnego – program Certo2015</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.