

Stadium: **AUDYT ENERGETYCZNY**

Inwestor: **Gmina Boguszów Gorce
Pl. Odrodzenia 1
58-370 Boguszów Gorce**

Obiekt: **Budynek mieszkalny wielorodzinny
ul. Żeromskiego 35
58-370 Boguszów Gorce**

Audytor:
koordynujący **mgr inż. Łukasz Szpinek**

mgr inż. Łukasz Szpinek
uprawnienia budowlane do projektowania
bez ograniczeń w specjalności instalacyjnej
w zakresie sieci, instalacji i urządzeń
ciepłych, wentylacyjnych, gazowych,
wodociagowych i kanalizacyjnych
nr ewid. 82/DOS/08

ZAKŁAD USŁUG INWESTYCYJNYCH
"ENWISYC.N"
Marek Matyjaszek
58-314 Wałbrzych, ul. Posańska 23/10
REGON 891312590 NIP 886-124-78-41

Wałbrzych – kwiecień 2009 r.

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Budynek mieszkalny wielorodzinny		1.2 Rok budowy <i>Ok. roku 1900</i>
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Gmina Boguszów Gorce ul. Pl. Odrodzenia 1 58-370 Boguszów Gorce	1.4 Adres budynku	ul. Żeromskiego 35 58-370 Boguszów Gorce Powiat Wałbrzyski Województwo Dolnośląskie
2. Imię, nazwisko, adres oraz numer PESEL audytora koordynującego wykonywanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis			
mgr inż. Łukasz Szpinek ul. Słowackiego 1/16. 58-310 Szczawno Zdrój	Inżynier instalacji sanitarnych – uprawnienia budowlane w zakresie sieci i instalacji sanitarnych 82/DOS/08 Kurs audytorów energetycznych FPE/99/2007	PESEL: 80082702153	Podpis: 
3. Miejscowość: Wałbrzych		data wykonania opracowania: kwiecień 2009 r.	
4. Spis treści			
1. Dane ogólne4			
1.1. Podstawa formalna.....4			
1.2. Podstawa prawna4			
1.3. Przedmiot opracowania.....4			
2. Inwentaryzacja techniczno-budowlana obiektu4			
2.1. Opis techniczny konstrukcji.....4			
2.1.1. Ściany zewnętrzne5			
2.1.2. Przegrody poziome5			
2.1.4. Ściany wewnętrzne6			
2.1.4. Okna i drzwi.....6			
2.2. Podsumowanie7			
2.3. System grzewczy7			
2.3.1. Charakterystyka7			
2.3.3. System c.w.u.7			
2.4. System wentylacji.....8			
3. Ocena stanu technicznego budynku.....8			
3.1. Przegrody budowlane8			
3.2. System grzewczy9			
3.3. System c.w.u. i wentylacji10			
4. Wykaz przedsięwzięć wybranych do optymalizacji10			
5. Optymalizacja przedsięwzięć termomodernizacyjnych10			
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przegrody10			
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z cegły12			
5.1.2. Docieplenie dachu krytego papą.....12			
5.1.3. Docieplenie dachu krytego dachówką wełną mineralną miękką z paraizolacją w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na poddaszu budynku wraz z wymianą pokrycia dachowego.....13			
5.1.4. Docieplenie stropów pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną miękką z paraizolacją– strop drewniany13			
5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okiennej i drzwiowej14			
5.2.1 Wymiana stolarki okiennej drewnianej na stolarkę PVC.....15			
5.2.2.Wymiana stolarki drzwiowej drewnianej na stolarkę z stalową „cieplą”.15			
5.4. Podsumowanie15			
6. Wybór optymalnego wariantu termomodernizacji.....16			
7. Wyliczenie rocznych oszczędności kosztów ogrzewania i oszczędności energii dla optymalnego wariantu termomodernizacji19			
8. Załączniki19			
9. Literatura:19			

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne				
1	Konstrukcja / technologia budynku	Technologia budynku – tradycyjna murowana z cegły ceramicznej		
2	Liczba kondygnacji	2/3		
3	Kubatura części ogrzewanej	[m ³]	2157	
4	Powierzchnia netto budynku	[m ²]	528,21	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej	[m ²]	436,31	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych	[m ²]	91,9	
7	Liczba mieszkań	7		
8	Liczba osób użytkujących budynek	22		
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	Elektryczne przepływowe oraz pojemnościowe podgrzewacze wody, kocioł gazowy		
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Indywidualnie - piece kaflowe, kocioł na paliwo stałe, kocioł gazowy		
11	Współczynnik kształtu	[1/m]	0,43	
12	Inne dane charakteryzujące budynek			
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne		[W/m ² K]	Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne murowane z cegły ceramicznej pełnej		1,454	0,239
2	Dach kryty papą		2,244	0,215
3	Dach kryty dachówką w obrębie pomieszczeń na II piętrze		2,591	0,214
4	Strop pod nieogrzewanym poddaszem		0,794	0,212
5	Okna		1,6 - 3,0	1,6
6	Drzwi zewnętrzne budynku		5,1	2,0
3. Sprawności składowe systemu grzewczego				
1	Sprawność wytwarzania	η _w	0,6	0,6
2	Sprawność przesyłania	η _p	0,88	0,88
3	Sprawność regulacji	η _r	0,68	0,46
4	Sprawność wykorzystania	η _e	0,73	0,73
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia	w _t	1,00	1,00
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby	w _e	1,00	1,00
4. Charakterystyka systemu wentylacji				
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)		Brak wentylacji	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza		Brak wentylacji	nawietrzaki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /h]	---	1200
4	Liczba wymian	[1/h]	---	1
5. Charakterystyka energetyczna budynku				
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego	[kW]	63,3	28,3
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u.	[kW]	49,0	49,0
3	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	573,32	325,67
4	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[GJ/rok]	2187,41	1836,83
5	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u.	[GJ/rok]	130,0	130,0
6	Zamierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego i na przygotowanie c.w.u. (służące do weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)	[GJ/rok]	----	---
7	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/m ³ rok]	78,6	44,6
8	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/m ³ rok]	299,88	251,55
9	Wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku w standardowym sezonie grzewczym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)	[kWh/m ² rok]	929,03	780,03
6. Oplaty jednostkowe				
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie	[zł]	70,41	70,41

2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł]	3597,33	3597,33
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u.	[zł]	17,5	17,5
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc	[zł]	2688,24/3442,3	2688,24/3442,3
5	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej	[zł]	133,56	111,20
6	Opłata abonamentowa	[zł]	-	-
7	Inne	[zł]	-	-
7. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				
Planowana suma kredytu		[zł]	---	Miesięczna rata spłaty kredytu wraz z odsetkami [zł/m.c]
Oprocentowanie kredytu		[%]	9,0	Zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]
Okres kredytowania		[lata]	10	Roczna oszczędność kosztów energii [zł/rok]

1. Dane ogólne

1.1. Podstawa formalna

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek mieszkalny wielorodzinny przy ul. Żeromskiego 35 w Wałbrzychu** zostało wykonane na zlecenie Gminy Boguszów Gorce na podstawie umowy o wykonanie audytów energetycznych.

1.2. Podstawa prawna

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi wykonywania tego typu opracowań, które zostały szczegółowo opisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego (Dz.U. Nr 33 poz. 195).

1.3. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest budynek mieszkalny wielorodzinny zlokalizowany przy ul. Żeromskiego 35 w Boguszowie Gorchach. 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 18 grudnia 1998 roku o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych (Dz.U. 162 poz. 1121 z późn. zmianami).

2. Inwentaryzacja techniczno-budowlana obiektu

Opisywany budynek mieszkalny wielorodzinny jest zlokalizowany przy ul. Żeromskiego 35 w Boguszowie Gorchach. Budynek został wybudowany około roku 1900. Wykonany został w technologii tradycyjnej murowanej z elementów drobnowymiarowych - cegła ceramiczna pełna na zaprawie cem-wap. Obiekt jest budynkiem w części 2, a w części 3-kondygnacyjnym z poddaszem użytkowym (poddasze zamieszkałe). Obiekt użytkowany jest przez 20 osób (dane uzyskane od Właściciela obiektu). Inwentaryzacja techniczno - budowlana budynku została sporządzona w oparciu o:

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ pomiary z natury,
- ◆ projekt techniczny budynku,
- ◆ informacje przekazane przez właściciela budynku.

2.1. Opis techniczny konstrukcji

Przedmiotowy budynek jest obiektem w części 2, a w części 3-kondygnacyjnym z poddaszem użytkowym. Budynek wykonany jest metodą tradycyjną murowaną z elementów drobnowymiarowych - cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cem.-wap. o gr. 40. Budynek zbudowany na rzucie prostokąta posiada dwukondygnacyjną przybudówkę, znajdującą się na prawej ścianie szczytowej budynku głównego. Budynek posiada trzy wejścia. Wejście główne zapewniające dostęp do wszystkich kondygnacji budynku głównego znajduje się na elewacji tylnej. Drugie wejście znajduje się na elewacji frontowej w przybudówce i zapewnia dostęp jedynie do biblioteki zajmującej część parteru budynku. Trzecie wejście zapewni dostęp do lokalu mieszkalnego znajdującego się na pierwszym piętrze przybudówki. Budynek wykonany w technologii tradycyjnej z cegły ceramicznej pełnej. Strop nad piwnicami na belkach stalowych z wypełnieniem płytą Kleina. Nad pozostałymi kondygnacjami stropy drewniane z podsufitką i ślepym pułapem. Dach budynku głównego dwuspadowy kryty dachówką ceramiczną. Konstrukcja więźby dachowej drewniana, wiązar typu krokwiowego. Dach przybudówki jednospadowy, kryty papą o konstrukcji płatwiowo krokwiowej.

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[m]	2,1-3,5
2	Powierzchnia użytkowa	[m ²]	528,21
3	Kubatura brutto	[m ³]	2487
4	Kubatura ogrzewana	[m ³]	2157
5	Współczynnik kształtu A/V	-	0,43

2.1.1. Ściany zewnętrzne

Ściany zewnętrzne budynku wykonane są z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie cem.-wap. W zależności od kondygnacji ściany zewnętrzne posiadają różne grubości. Układ warstw ścian, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w poniższych tabelach.

Tabela 2.1 Układ warstw ścian zewnętrznych z cegły ceramicznej pełnej o grubości 40 cm.

L.p.	Material	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk cem-wap	1,5	0,82
2	Cegła pełna	0,37	0,77
3	Tynk cem-wap	1,5	0,82

gdzie :

R_i - opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody; tu: 0,17 (1)

R_e - opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody; tu: 0,04

R - całkowity opór cieplny przegrody budowlanej obliczony z formuły (2) ;

$$R = \sum \frac{d}{\lambda}; [m^2 K / W] \quad (2)$$

Obliczeniową wartość współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych przedstawiono na końcu rozdziału.

2.1.2. Przegrody poziome

STROP MIĘDZYKONDYGNACYJNY

Układ warstw stropu międzykondygnacyjnego, licząc od góry do dołu, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3 Układ warstw stropów drewnianych budynku

L.p.	Material	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Deski	3,0	0,16
2	Zasyпка	15,0	0,28
3	Deski	3,0	0,16
4	Deski	2,0	0,16
5	Tynk cem-wap	2,0	0,82

DACH KRYTY PAPA

Układ dachu krytego papą przedstawiono w tabeli nr 4

Tabela 4. Układ warstw dachu krytego papą.

L.p.	Material	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	Papa asfaltowa	1,0	0,18
2	Deski	4,0	0,16

DACH KRYTY DACHÓWKĄ PRZY POMIESZCZNIACH NA II PIĘTRZE.

Tabela 5. Układ warstw dachu przy pomieszczeniach na II piętrze

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	Dachówka ceramiczna	1,5	0,77
2	Deski	5,0	0,16
3	Gips-karton	1,0	0,23

STROP NAD PIWNICĄ

Strop nad piwnicą masywny w postaci łukowych sklepień ceramicznych opieranych na ściankach lub belkach stalowych z zasypką z żużla paleniskowego pokrytych dodatkowo warstwami wykończeniowymi. Układ warstw stropu nad piwnicą, licząc od góry do dołu, przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Układ warstw stropu powtarzalnego.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/mK]
1	wylewka cementowa	5,0	1,00
2	zasypka żużlowa	10,0	0,28
3	strop ceramiczny	20,0	0,77

2.1.4. Ściany wewnętrzne

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej. Na podstawie inwentaryzacji budowlanej budynku określono następujący typ ścian:

- ♦ ściany murowane z cegły ceramicznej pełnej gr. 30.

Współczynnik przenikania ciepła dla ścian wewnętrznych obliczono z użyciem formuł (1) i (2). Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła na końcu rozdziału.

2.1.4. Okna i drzwi

W budynku znajduje się typowa drewniana stolarka okienna oraz stolarka PVC wymieniona przez Właściciela budynku na przestrzeni ostatnich lat. Stolarka okienna drewniana znajduje się w złym stanie technicznym i wykazuje nieszczelności i uszkodzenia. Drzwi zewnętrzne drewniane oraz PVC. Drzwi drewniane w złym stanie technicznym. Zestawienie wszystkich rozmiarów stolarki okiennej i drzwiowej wraz z ilością oraz wartościami współczynnika przenikania ciepła znajduje się w tabeli 7.

Tabela 7. Stolarka okienna i drzwiowa

L.p.	Wymiar stolarki	Rodzaj stolarki	Powierzchnia	Ilość	U ¹⁾	a ⁽²⁾
	[mmxmm]		[m ²]	[szt.]	[W/m ² K]	[m ³ /mhdaPa ^{2/3}]
Elewacja południowo-zachodnia:						
1	1100x1700	Okno	1,87	10	1,6-3,0	0,5-3,5
2	2800x2000	Okno	5,60	1	1,6	0,5
3	2100x1400	Okno	2,94	1	3,0	3,5
4	1200x1800	Okno	2,16	2	3,0	3,5
5	900x1400	Okno	1,26	2	3,0	3,5
6	1300x2200	Drzwi	2,86	1	1,6	0,5
Elewacja południowo-wschodnia:						
7	1100x1700	Okno	1,87	1	3,0	3,5
8	450x1000	Okno	0,45	4	3,0	3,5
9	1000x1500	Okno	1,50	4	3,0	3,5
Elewacja północno-wschodnia:						
10	1100x1700	Okno	1,87	3	3,0	3,5
11	450x1000	Okno	0,45	1	3,0	3,5
12	1500x650	Okno	0,98	1	3,0	3,5
13	1200x1800	Okno	2,16	6	3,0	3,5

14	1000x1500	Okno	1,50	1	3,0	3,5
15	1050x2000	Drzwi	2,10	1	5,1	3,5
16	1000x2100	Drzwi	2,10	1	5,1	3,5
Elewacja północno-zachodnia:						
17	1200x1800	Okno	2,16	1	3,0	3,5
18	450x1000	Okno	0,45	4	3,0	3,5
19	900x1400	Okno	1,26	4	3,0	3,5

1) Współczynnik przenikania ciepła

2) współczynnik przepływu

2.2. Podsumowanie

W tabeli 8 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 8. 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 murowana z cegły o gr. 40cm	654	1,455
2	Dach kryty papą	88	2,244
3	Dach kryty dachówką w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na II piętrze	96	0,386
4	Strop pod nieogrzewanym poddaszem	120	1,26

2.3. System grzewczy

2.3.1. Charakterystyka

Analizowany budynek posiada indywidualne ogrzewanie poszczególnych mieszkań oraz lokali użytkowych. W lokalach mieszkalnych zastosowane są piece ceramiczne (kaflowe), oraz kotły na paliwo stałe. W lokalu użytkowym zastosowany jest kocioł gazowy. Głównym paliwem zużywanym przez mieszkańców budynku objętego opracowaniem jest węgiel kamienny. Odprowadzenie spalin odbywa się poprzez wspólne przewody dymowe (kotły na paliwo stałe piece ceramiczne). Do pojedynczego przewodu dymowego podłączonych jest po kilka urządzeń grzewczych. W pomieszczeniach, w których zlokalizowane są urządzenia grzewcze brak przewodów wentylacyjnych. Układ instalacji spalinowej oraz wentylacyjnej w lokalu użytkowym wykonany prawidłowo.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego. Dz. U. Nr 33 poz. 195 przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_w	0,6
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_p	0,88
3	Sprawność regulacji systemu ogrzewania (GLR = 0,152, η_{co} = 0,5 0,85)	η_r	0,68
4	Sprawność wykorzystania ciepła	η_e	0,73
5	Wprowadzenie przerw w okresie tygodnia	w_t	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	w_d	1,00
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,2621

2.3.3. System c.w.u.

Analizowany budynek posiada indywidualne przygotowanie c.w.u. z elektrycznych podgrzewaczy wody przepływowych oraz pojemnościowych. Podgrzewacze elektryczne zlokalizowane w obrębie punktów poboru wody. W lokalu użytkowym c.w.u. przygotowywana w kotle gazowym

Obiekt według danych inwestora użytkowany jest przez 22 osób. Zgodnie z uzyskanymi danymi od Administratora obiektu zużycie ciepłej wody w ciągu roku wynosi ok. 450m³

Na podstawie danych uzyskanych od Administratora budynku przyjęto:

- obliczeniową moc cieplną na przygotowanie c.w.u. dla mieszkań – 25 kW
- obliczeniową moc cieplną na przygotowanie c.w.u. dla lokalu użytkowego – 24 kW
- obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. – 130 GJ

Na podstawie danych jak wyżej przyjęto do obliczeń

- Cena 1 GJ na ogrzewanie dla lokali mieszkalnych – 44,27zł
- Opłata za 1MW mocy na ogrzewanie na miesiąc dla lokali mieszkalnych – 2688,24zł
- Cena 1 GJ na ogrzewanie dla lokalu użytkowego – 35,82zł
- Opłata za 1MW mocy na ogrzewanie na miesiąc dla lokalu użytkowego – 3442,3zł

2.4. System wentylacji

W analizowanym budynku brak jest wentylacji grawitacyjnej. Przewody wentylacji grawitacyjnej występują w kilku pomieszczeniach. Brak prawidłowego oraz skutecznego systemu wentylacji powoduje zagrożenie zdrowia i życia mieszkańców.

3. Ocena stanu technicznego budynku

3.1. Przegrody budowlane

Budynek objęty opracowaniem jest eksploatowany od ponad 100 lat. Widoczne jest już jego zużycie zwłaszcza jeżeli chodzi o wygląd elewacji oraz znaczne nieszczelności w stolarnie okiennej i drzwiowej. Stwierdzono ubytki oraz odspojenia w tynkach zewnętrznych. Pokrycie papowe oraz ceramiczne dachu w złym stanie technicznym. Cały budynek ze względu na okres w jakim został wybudowany posiada przegrody zewnętrzne o niskiej izolacyjności termicznej, które należało by poddać termomodernizacji. 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 z dnia 12 kwietnia 2002 Dz. U. 2002 r. Nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki oraz ich usytuowanie.

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

- docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z cegły,
- docieplenie dachu krytego papą
- docieplenie dachu krytego dachówką wełną mineralną miękką z paraizolacją w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na II piętrze budynku wraz z wymianą pokrycia dachowego
- docieplenie stropów pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną miękką z paraizolacją – strop drewniany
- wymianę stolarki okiennej drewnianej na okna o lepszej izolacyjności termicznej,
- wymianę stolarki drzwiowej stalowej oraz drewnianej na nową o lepszej izolacyjności termicznej.

Warunkiem przystąpienia do prac termomodernizacyjnych jest konieczność wykonania robót przygotowawczych oraz remontowych zawartych w notatce służbowej spisanej pomiędzy Właścicielem budynku (Gmina Boguszów Gorce), a Przedsiębiorstwem „Inwestbud” Sp. z o.o. Dodatkowo zaleca się przed wykonaniem termomodernizacji opracowanie ekspertyzy technicznej budynku ze szczególnym zwróceniem uwagi na stan techniczny ścian zewnętrznych oraz stropów.

Fotografia 1. Widok fragmentu elewacji frontowej



Fotografia 2. Widok fragmentu elewacji tylnej



3.2. System grzewczy

Analizowany budynek posiada indywidualne ogrzewanie poszczególnych mieszkań. W lokalach mieszkalnych zastosowane są piece ceramiczne (kaflowe) oraz kotły na paliwo stałe. W lokalu użytkowym zastosowany jest kocioł gazowy. Głównym paliwem zużywanym przez mieszkańców budynku objętego opracowaniem jest węgiel kamienny. Odprowadzenie spalin odbywa się poprzez wspólne przewody dymowe. Do pojedynczego przewodu dymowego podłączonych jest po kilka urządzeń grzewczych. W pomieszczeniach, w których zlokalizowane są urządzenia grzewcze brak przewodów wentylacyjnych. Układ instalacji spalinowej oraz wentylacyjnej w lokalu użytkowym wykonany prawidłowo. Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego, Dz. U. Nr 33 poz. 195 przedstawiono w tabeli 9.

W związku z powyższymi przedsięwzięciami związanymi z systemem grzewczym, które rozważa się w niniejszej pracy są :

- Budowa instalacji c.o. z grzejnikami konwekcyjnymi wyposażonymi w zawory termostaticzne oraz zawory regulacyjne podpionowe. Budowa centralnej kotłowni gazowej dla części mieszkalnej.

Zgodnie z ustaleniami zawartymi w notatce służbowej spisanej pomiędzy Właścicielem budynku (Gmina Boguszów Gorce), a Przedsiębiorstwem „Inwestbud” Sp. z o.o. w audycie energetycznym nie uwzględniono przedsięwzięć związanych z systemem grzewczym.

3.3. System c.w.u. i wentylacji

Analizowany budynek posiada indywidualne przygotowanie c.w.u. z elektrycznych podgrzewaczy wody przepływowych oraz pojemnościowych dla części mieszkalnej. Podgrzewacze elektryczne zlokalizowane w obrębie punktów poboru wody. W lokalu użytkowym c.w.u. przygotowana w kotle gazowym

Zgodnie z ustaleniami zawartymi w notatce służbowej spisanej pomiędzy Właścicielem budynku (Gmina Boguszów Gorce), a Przedsiębiorstwem „Inwestbud” Sp. z o.o. w audycie energetycznym nie uwzględniono przedsięwzięć związanych z systemem przygotowania c.w.u.

W analizowanym budynku brak jest wentylacji grawitacyjnej. Przewody wentylacji grawitacyjnej występują w kilku pomieszczeniach. Brak prawidłowego oraz skutecznego systemu wentylacji powoduje zagrożenie zdrowia i życia mieszkańców. Wykonanie wentylacji mechanicznej budynku wydaje się już na obecnym etapie przedsięwzięciem niewspółmiernie drogim do uzyskanych dzięki nim oszczędności energii. Postanowiono więc już na tym etapie pracy odrzucić powyższe przedsięwzięcie. Z uwagi na zapewnienie odpowiednich warunków higieniczno-sanitarnych oraz zapewnienie ochrony zdrowia i życia mieszkańców w nakładach inwestycyjnych uwzględniono konieczność wykonania przewodów wentylacji wywiewnej, nawietrzaków ściennych oraz przewodów dymowych. Koszty związane z wykonaniem powyższych robót uwzględniono w nakładach inwestycyjnych związanych z dociepleniem dachu krytego papą oraz stropu pod nieogrzewanym poddaszem.

4. Wykaz przedsięwzięć wybranych do optymalizacji

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

Tabela 10. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zew. murowanych z cegły ceramicznej pełnej styropianem w systemie BSO
2	Docieplenie dachu krytego papą warstwą styropapy wraz z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej
3	Docieplenie dachu krytego dachówką wełną mineralną miękką z paraizolacją w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na II piętrze budynku wraz z wymianą pokrycia dachowego
4	Docieplenie stropów pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną miękką z paraizolacją – strop drewniany
5	Wymiana stolarki okiennej
6	Wymiana stolarki drzwiowej

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 14 lutego 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego (Dz.U.Nr 33 poz. 195).

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

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:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na ciepło przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego;
 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 [zł/GJ];
 y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego;
 q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [MW];
 O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/MW*miesiąc];
 Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł]

$$Q_{0u}, Q_{0l} = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot S_d \cdot A / R [\text{GJ/rok}] \quad (5)$$

- A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po modernizacji m^2 ;
 R - całkowity opór cieplny ocenianej przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji [$\text{m}^2\text{K/W}$]
 S_d - liczba stopniodni obliczona wg wzoru (6) ; [dzień x K/rok],

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_z} (t_{wo} - t_c(m)) \cdot L_d(m) [\text{dzień K/rok}] \quad (6)$$

gdzie :

- t_{wo} - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego, określona zgodnie z PN – 82/B-02402 *Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach* ; [°C],
 $t_c(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m., określona zgodnie z PN-B-02025 *Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych*; [°C],
 $L_d(m)$ - liczba dni ogrzewania w ciągu miesiąca, określona zgodnie z Polską Normą powołaną powyżej,
 L_g - liczba miesięcy ogrzewania w sezonie grzewczym, określona zgodnie z Polską Normą powołaną powyżej; [°C].

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} A \cdot (t_{wo} - t_{zo}) / R [\text{GJ/rok}] \quad (7)$$

- t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego określona zgodnie z PN-82/B-02403 *Temperatury obliczeniowe zewnętrzne*; [$^{\circ}\text{C}$],
- R - całkowity opór cieplny przegrody przed i po termomodernizacji

5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z cegły

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych o gr. 40cm styropianem wg systemu BSO. W tabeli 11 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie analizy indywidualnej, Katalogów Nakładów Rzeczowych (KNR) i średnich cen materiałów budowlanych i instalacyjnych oraz robocizny i sprzętu za II kwartał 2009 roku zestawionych w zeszytach SEKOCENBUD

Tabela 11. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych murowanych z cegły

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			279,75		0,0331		-	0,688	-
9,0				65,51		0,0078	128250,0	2,938	18,4
10,0				60,37		0,0072	131100,0	3,188	18,4
11,0	3908,2	570,00		55,98		0,0066	133950,0	3,438	18,4
12,0				52,19		0,0062	136800,0	3,688	18,5
13,0				48,88		0,0058	139650,0	3,938	18,6
14,0				45,96		0,0054	142500,0	4,188	18,8

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań (minimalna wartość oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych 4,0 m²K/W).

5.1.2. Docieplenie dachu krytego papą

Proponuje się wykonanie docieplenia dachu krytego papą poprzez wykonanie nowego pokrycia dachowego z izolacją termiczną ze styropapy. W nakładach uwzględniono wykonanie nowego pokrycia dachowego z papy termozgrzewalnej oraz wykonanie przewodów wentylacji wywiewnej. W tabeli 12 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy styropapy. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie analizy indywidualnej, Katalogów Nakładów Rzeczowych (KNR) i średnich cen materiałów budowlanych i instalacyjnych oraz robocizny i sprzętu za II kwartał 2009 roku zestawionych w zeszytach SEKOCENBUD

Tabela 12. Wybór optymalnej grubości docieplenia dachu krytego papą

grubość dociepl.	Sd	A	Qou	Q1u	qou	q1u	Nu	R	SPBT
[cm]	dzień K/rok	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			66,63		0,0079		-	0,446	-
10,0	3908,2	88,00		9,66		0,0011	46280,0	3,078	25,0
12,0				8,25		0,0010	46720,0	3,604	24,7
13,0				7,68		0,0009	47160,0	3,867	24,7
14,0				7,19		0,0009	47600,0	4,130	24,7
15,0				6,76		0,0008	48480,0	4,393	25,0

Optymalną warstwą docieplenia dachu krytego papą będzie warstwa styropapy o grubości 16 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań (minimalna wartość oporu cieplnego dla stropodachów $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$).

5.1.3. Docieplenie dachu krytego dachówką wełną mineralną miękką z paraizolacją w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na poddaszu budynku wraz z wymianą pokrycia dachowego

Proponuje się wykonanie docieplenia dachu krytego dachówką w budynku wełną mineralną miękką z paraizolacją w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na poddaszu budynku wraz z wymianą całości pokrycia dachowego. Koszt jednostkowy uwzględnia demontaż istniejącego pokrycia dachowego, montaż nowych łat, wykonanie obróbek blacharskich, wymiana rynien i rur spustowych, czyszczenie i zaimpregnowanie całości więźby środkami grzybo i owadobójczymi. W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy wełny mineralnej. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie analizy indywidualnej, Katalogów Nakładów Rzeczowych (KNR) i średnich cen materiałów budowlanych i instalacyjnych oraz robocizny i sprzętu za II kwartał 2009 roku zestawionych w zeszytach SEKOCENBUD.

Tabela 13. Wybór optymalnej grubości docieplenia dachu krytego dachówką

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			83,98		0,0099		-	0,386	-
10,0	3908,2	96,00		10,00		0,0012	89280,0	3,243	37,2
12,0				8,50		0,0010	89760,0	3,815	36,6
13,0				7,91		0,0009	90240,0	4,100	36,5
14,0				7,39		0,0009	90720,0	4,386	36,5
15,0				6,94		0,0008	91200,0	4,672	36,5
16,0				6,54		0,0008	91680,0	4,957	36,5

Optymalną warstwą docieplenia dachu krytego dachówką w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na poddaszu budynku będzie warstwa wełny mineralnej o grubości 15 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań (minimalna wartość oporu cieplnego dla stropodachów $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$).

5.1.4. Docieplenie stropów pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną miękką z paraizolacją – strop drewniany

Proponuje się wykonanie docieplenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem w budynku poprzez ułożenie paraizolacji oraz izolacji termicznej z wełny mineralnej miękkiej. W nakładach uwzględniono konieczność wykonania podłogi oraz nawietrzaków ściennych oraz przewodów dymowych. W tabeli 14 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości warstwy wełny mineralnej. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie analizy indywidualnej, Katalogów Nakładów Rzeczowych (KNR) i średnich cen materiałów budowlanych i instalacyjnych oraz robocizny i sprzętu za II kwartał 2009 roku zestawionych w zeszytach SEKOCENBUD.

Tabela 14. Wybór optymalnej grubości docieplenia stropów pod nieogrzewanym poddaszem – strop drewniany

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			55,97		0,0066		-	0,724	-
10,0	3908,2	120,00		11,31		0,0011	43200,0	3,581	29,6
12,0				9,76		0,0009	43800,0	4,153	29,0
13,0				9,13		0,0009	44400,0	4,438	29,0
14,0				8,58		0,0008	45000,0	4,724	29,1

Zgodnie z obliczeniami najkrótszy okres zwrotu będzie miała warstwa wełny mineralnej o grubości 10cm jednak ze względu na wymóg, że minimalna wartość optymalnego oporu cieplnego stropodachu nie może być mniejsza niż $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ jako optymalną przyjęto gr. wełny mineralnej 14cm jako pierwszą spełniającą wymagania rozporządzenia.

5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okiennej i drzwiowej

Wybranie optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego polegającego na wymianie okien oraz 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 14 luty 2008 roku w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz.U. Nr 33 poz.195).

$$SPBT = N_{OK} / \sum \Delta O_{rOK}; [\text{lata}] \quad (8)$$

gdzie:

N_{OK} - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi; [zł],

ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi; [zł/rok],

$$\Delta O_{rOK} = (x_0 * O_{0u} * O_{0z} - x_1 * O_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1) [\text{zł/rok}] \quad (9)$$

gdzie:

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

Q_{0u}, Q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [GJ/rok];

O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/GJ];

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

q_{0u}, q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [MW];

O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/MW*miesiąc];

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

$$Q_{0u}, Q_{0l} = (8,64 * S_d * A_{ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10 [\text{GJ/rok}] \quad (10)$$

A_{OK} - powierzchnia całkowita okien przed i po termomodernizacji m^2 ;

U - współczynnik przenikania ciepła okna przewidzianego do wymiany; [$\text{W/m}^2\text{K}$]

R - całkowity opór cieplny ocenianej przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji [$\text{m}^2\text{K/W}$]

S_d - liczba stopniodni obliczona wg wzoru (6); [dzień x K/rok],

V_{nom} - strumień powietrza wentylacyjnego; [m^3/h]

c_r - współczynnik korekcyjny;

c_w - współczynnik korekcyjny;

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} A_{OK} * (t_{wo} - t_{zo}) + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{wo} - t_{zo}) [\text{MW}] \quad (11)$$

t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego określona zgodnie z PN-82/B-02403 *Temperatury obliczeniowe zewnętrzne*; [$^{\circ}\text{C}$],

t_{wo} - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego, określona zgodnie z

PN – 82/B-02402 *Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach*; [$^{\circ}\text{C}$],
 V_{obl} - strumień powietrza wentylacyjnego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; [m^3/h]

5.2.1 Wymiana stolarki okiennej drewnianej na stolarkę PVC

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

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła okien $U = 1,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła okien $U = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

Tabela 15. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki okiennej PVC

okno	Sd	Aok	Qou	Q1u	qou	q1u	Nok	SPBT
PCV								
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[lata]
istn. 3,0			420,47		0,0498		-	-
1,9	3908,2	74,00		392,98		0,0465	44400,0	49,1
1,6				385,49		0,0456	48100,0	41,8

Optymalnym rodzajem stolarki okiennej jest stolarka PCV o współczynniku przenikania ciepła okna $U=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Przy wymianie stolarki należy zwrócić szczególną uwagę na zachowanie odpowiedniego dopływu (nawiewu) świeżego powietrza. Przy wymianie stolarki okiennej należy zwracać uwagę na zamontowanie w oknach nawietrzników okiennych.

5.2.2. Wymiana stolarki drzwiowej drewnianej na stolarkę z stalową „cieplą”.

Proponuje się wymianę istniejących drzwi zewnętrznych drewnianych na stalowe „ciepłe”. W nakładach uwzględniono koszty związane z dociepleniem drzwi stalowych zewnętrznych do garażu. W rozważaniach brano pod uwagę dwa typy drzwi :

- ♦ o współczynniku przenikania ciepła drzwi $U = 2,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,
- ♦ o współczynniku przenikania ciepła drzwi $U = 2,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$,

Tabela 16. Wybór optymalnego wariantu wymiany stolarki drzwiowej drewnianej oraz stalowej

okno	Sd	Aok	Qou	Q1u	qou	q1u	Nok	SPBT
PCV								
[W/m ² K]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[lata]
istn. 5,1			359,28		0,0425		-	-
2,5	3908,2	8,00		352,26		0,0417	6800,0	29,8
2,0				350,91		0,0415	7200,0	26,5

Optymalnym rodzajem stolarki drzwiowej jest stolarka z aluminium „ciepłego” o współczynniku przenikania ciepła okna $U=2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

5.4. Podsumowanie

W tabelach 17, 18 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło.

Tabela 17. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Docieplenie ścian zewnętrznych murowanych z cegły warstwą styropianu o gr. 14cm (wsp. $\lambda=0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) w systemie BSO	142 500,0	18,8
2.	Docieplenie dachu krytego papą warstwą styropapy o gr. 16cm (wsp. $\lambda=0,038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) wraz z wykonaniem nowego pokrycia z papy termozgrzewalnej oraz wykonanie przewodów wentylacji wywiewnej.	48 920,0	25,0
3	Wymiana stolarki drzwiowej drewnianej na stolarkę stalową „cieplą” o współczynniku przenikania ciepła $U=2,0 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$	7 200,0	26,5
4.	Docieplenie stropów pod nieogrzewanym poddaszem wełna mineralną miękką o gr. 14cm (wsp. $\lambda=0,035 \text{ W/m}\cdot\text{K}$)	45 000,0	29,1

	z paraizolacją wraz z wykonaniem podłogi – strop drewniany. W nakładach uwzględniono konieczność wykonania nawietrzaków ściennych oraz przewodów dymowych		
5.	Docieplenie dachu krytego dachówką w obrębie pomieszczeń zlokalizowanych na II piętrze budynku wełną mineralną miękką o gr. 15cm (wsp. $\lambda=0,035/\text{m}\cdot\text{K}$) z paraizolacją wraz z wymianą pokrycia dachowego	91 200,0	36,5
6.	Wymiana stolarki okiennej drewnianej na stolarkę PVC o współczynniku przenikania ciepła $U=1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (szkło 1,1)	48 100,0	41,8

Tabela 18. Obliczenie sprawności systemu grzewczego po wykonaniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych opisanych powyżej.

Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych		Współczynnik sprawności
Sprawność wytwarzania ciepła	η_w	0,6
Sprawność przesyłania ciepła	η_p	0,88
Sprawność regulacji systemu ogrzewania ($\text{GLR}=0,434$; $\eta_{co}=0,5$; 0,85)	η_r	0,46
Sprawność wykorzystania ciepła	η_c	0,73
Wprowadzenie przerw na ogrzewanie – bez zmian	w_t	1,00
Wprowadzenie przerw w okresie doby – bez zmian	w_d	1,00
Sprawność wytwarzania ciepła	η	0,1773

6. Wybór optymalnego wariantu termomodernizacji

W celu wyznaczenia optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 roku w sprawie *szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego* (Dz.U.Nr 33 poz. 195), 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

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{oz} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw}) * O_{oz} + 12 * [(q_{om} + q_{ocw}) * Q_{om} - (q_{lm} + q_{cw}) * Q_{lm}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [\text{zł/rok}] \quad (15)$$

gdzie:

- Q_{oco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją określone zgodnie z PN-B-02025 *Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych*; [GJ/rok],
- Q_{lco} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło po termomodernizacji określone zgodnie z PN-B-02025 *Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych*; [GJ/rok],
- Q_{ocw}, Q_{lcw} - zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę; [GJ/rok],
- η_o, η_l - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (11),

- w_{to}, w_{tl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia określone na podstawie tabeli 6 części 3 załącznika nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 14 lutego 2008 roku w sprawie *szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego* (Dz.U. Nr 33 poz. 195),
- w_{do}, w_{dl} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia określone na podstawie tabeli 6 części załącznika nr 1 do w/w Rozporządzenia;
- q_{om}, q_{lm} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku określone zgodnie z PN-B-03406 *Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³*
- q_{ocw}, q_{lcw} - zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego tu bez zmian.
- O_{0z}, O_{1z} - opłata zmienna związana z dystrybucją i przesyłem jednostki energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/GJ];
- q_{0u}, q_{1u} - roczne zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego [MW];
- O_{0m}, O_{1m} - stała opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia [zł/MW*miesiąc];
- Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego [zł]

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{dl} w_{tl} Q_{lco} / \eta_l + Q_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} \times 100 [\%] \quad (16)$$

- ◆ kwotę środków własnych i kwotę kredytu, przy której miesięczna rata kapitałowa wraz z odsetkami A dla 10-letniego (120-miesięcznego) okresu kredytowania nie będzie większa od równowartości 1/12 kwoty rocznych oszczędności uzyskanych w wyniku realizacji przedsięwzięcia; przy czym miesięczną ratę kapitałową wraz z odsetkami oblicza się ze wzoru (17)

$$A = 0,75 \times S \times \frac{q^m \times (q - 1)}{q^m - 1}; \quad [\text{zł/m-c}] \quad (17)$$

gdzie:

$q = (1 + r/12)$ - gdzie r oznacza roczną stopę oprocentowania kredytu; tu: 9 %,

m - maksymalny okres spłaty kredytu; tu: 120 m-ce (założono w opracowaniu 120 miesięcy),

S - kwota kredytu nie większa niż 80 % planowanych kosztów

Za optymalną kombinację przedsięwzięć termomodernizacyjnych uznaje się taką kombinację, która spełnia wymagania Ustawy z dnia 18 grudnia 1998 roku o *wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych*:

- ◆ 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 w latach 1985-2001,

- ◆ zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych wynosi co najmniej 25 % - dla pozostałych budynków,
 - ◆ kredyt udzielony na realizację wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych nie przekroczy 80 % jej kosztów, a okres spłaty nie przekroczy 10 lat,
 - ◆ miesięczne spłaty kredytu wraz z odsetkami nie są większe od obliczonej 1/12 kwoty rocznych oszczędności energii wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
- Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 16. Wydruki danych i wyników obliczeń programu dla każdej z zaproponowanych kombinacji znajdują się w załączniku II do pracy.

Tabela 19. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja ¹⁾ przedsięwzięć	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczędn. kosztów energii	Planowana kwota środków własnych i kwota kredytu	Różnica pomiędzy 1/12 rocznej oszczędności kosztów energii a miesieczna rata kapitałowa wraz z odsetkami ²⁾
1	2	3	4	5	6	7
	[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł. %]	[zł/m-c]	
A	1+2+3+4+5+6	382 920,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	15,1	382 920,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY
B	1+2+3+4+5	334 820,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	10,9	334 820,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY
C	1+2+3+4	243 620,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	8,8	243 620,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY
D	1+2+3	198 620,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	7,9	198 620,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY
E	1+2	191 420,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	7,0	191 420,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY
F	1	142 500,0	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY	7,0	142 500,0 zł (100,0%) 0,0zł (0,0%)	WARUNEK USTAWY NIE SPEŁNIONY

1) numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 17.

Zgodnie z Ustawą z dnia 18 grudnia 1998 roku o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię w budynkach, w których zakłada się termomodernizację systemu grzewczego i przegrod zewnętrznych, w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych powinno wynosić co najmniej 25 %. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 15,1% - wymagania Ustawy są niespełnione.

7. Wyliczenie rocznych oszczędności kosztów ogrzewania i oszczędności energii dla optymalnego wariantu termomodernizacji

Roczna oszczędność energii

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{d1} w_{t1} Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} \times 100 ; [\%]$$

$$Q_{oco} = 573,32 [\text{GJ/rok}]$$

$$Q_{oc1} = 325,67 [\text{GJ/rok}]$$

$$\eta_o = 0,2621$$

$$\eta_1 = 0,1773$$

$$Wd_0 = 1,0; Wd_1 = 1,0,$$

$$Wt_0 = 1,0; Wt_1 = 1,0,$$

$$Q_{ocw} \text{ – obliczeniowe zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u przed modern.} = 130 [\text{GJ/rok}]$$

$$Q_{lcw} \text{ – obliczeniowa zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u po modern.} = 130 [\text{GJ/rok}]$$

$$\Delta Q = ((1,0 * 1,0 * 573,23 / 0,2621 + 130) - (1,0 * 1,0 * 325,67 / 0,1773 + 130)) * 100 / (1,0 * 1,0 * 573,32 / 0,1773 + 130)$$

$$\Delta Q = 15,1 \%$$

Warunek Ustawy nie spełniony – 15,1% < 25,0%

8. Załączniki

Załącznik I *Rysunki budowlane budynku przy ul. Żeromskiego 35 w Wałbrzychu*

Załącznik II *Zestawienie wyników zużycia energii oraz mocy grzewczej.*

9. Literatura:

1. PN-EN-ISO-6946: 1998r. „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-ISO-9836: 1997r. „Właściwości użytkowe w budownictwie. Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych.”
3. PN-82/B-02402. „Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.”
4. PN-82/B-02403. „Temperatury obliczeniowe zewnętrzne.”
5. PN-83/B-03430. „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.”
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. – tekst jednolity: Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690)
7. Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 26 września 2000r. w sprawie kosztorysowych norm nakładów rzeczowych, cen jednostkowych robót budowlanych oraz cen czynników produkcji dla potrzeb sporządzania kosztorysu inwestorskiego.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 luty 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego. (Dz.U. Nr 33 poz. 195).
9. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998r. o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych (Dz.U. Nr 162 poz. 1121 z późn. zmianami)

ZAŁĄCZNIK I

WYNIKI OBLICZEŃ SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA
CIEPŁA ORAZ MAKSYMALNEJ
MOCY CIEPLNEJ DLA POSZCZEGÓLNYCH
KOMBINACJI PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

$Q_{c.o.}$	GJ/rok	kW	STAN ISTNIEJĄCY	573,32	63,3
			WARIANT A	325,67	28,3
			WARIANT B	348,39	31,9
			WARIANT C	426,3	41,6
			WARIANT D	471,8	44,1
			WARIANT E	475,94	44,7
			WARIANT F	516,58	49,7