

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Mieszkalny, wielorodzinny	1.2 Rok budowy	1965
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Wspólnota Mieszkaniowa ul. Mieczysława Kozara Słobódzkiego 15 58-105 Świdnica	1.4 Adres budynku	ul. Kozara Słobódzkiego 15 58-105 Świdnica 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
5. Miejscowość: Wałbrzych		data wykonania opracowania: luty 2018 r.	
6. Spis treści			
1. DANE OGÓLNE.5 1.1 Podstawa formalna 5 1.2 Podstawa prawna 5 1.3 Przedmiot opracowania 5 2. INWENTARYZACJA TECHNICZNO-BUDOWLANA OBIEKTU. 5 2.1 Opis techniczny konstrukcji 6 2.1.1. Ściany zewnętrzne 6 2.1.2. Ściana szczytowa z dociepleniem 6 2.1.3. Ściany piwnic 7 2.1.4. Przegrody poziome7 2.1.5. Ściany wewnętrzne 8 2.1.6. Okna i drzwi 8 2.1.7. Podsumowanie 8 2.2. System grzewczy 8 2.2.1. Charakterystyka 8 2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 9 2.3. System c.w.u. 9 2.4. System wentylacji 10 3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 10 3.1. Przegrody budowlane 10 3.2. System grzewczy..... 11 3.3. System c.w.u. i wentylacji 11			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.	11
5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.	12
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody	12
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych	12
5.2. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	13
5.3. Podsumowanie	13
6. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.	14
7. SZCZEGÓŁOWE WYLICZENIE ROCZNYCH OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW OGRZEWANIA I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII DLA OPTYMALNEGO WARIANTU MODERNIZACJI	16
8. ZAŁĄCZNIKI	17

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	System uprzemysłowiony wieloblokowy	
2	Liczba kondygnacji	5	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	1335	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	597,30	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	531,80	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	----	
7	Liczba mieszkań	15	
8	Liczba osób użytkujących budynek	21	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	indywidualny, termy gazowe	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Wymiennikowy węzeł cieplny	
11	Współczynnik kształtu [l/m]	0,29	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany zewnętrzne osłonowe (front i tył)	1,274	0,221
2	Stropodach wentylowany	0,879	0,879
3	Strop piwnicy	1,663	1,663
4	Okna mieszkań	1,60	1,60
5	Okna klatek schodowych	1,60	1,60
6	Drzwi	2,00	2,00
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_g	0,99	0,99
2	Sprawność przesyłania η_d	0,96	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,88	0,88
4	Sprawność akumulacji η_s	1,00	1,00
5	Przerwy na ogrzewanie w okresie tygodnia w_t	1,00	1,00
6	Przerwy na ogrzewanie w ciągu doby w_d	1,00	1,00
4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej			
1	Sprawność wytwarzania	0,85	0,85
2	Sprawność przesyłu	0,80	0,80
3	Sprawność akumulacji	1,00	1,00
4. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki nieszczelności	nawietrzaki nieszczelności
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	878,4	878,4
4	Liczba wymian [1/h]	0,66	0,66
5. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	45,6	30,0
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	12,5	22,2
3	Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	243,5	129,6
4	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	291,2	155,0
5	Roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok]	87,0	87,0
6	Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	287	-
7	Zamierzone zużycie ciepła na przygotowanie c.w.u. (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) [GJ/rok]	--	--
8	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	127,2	67,7
9	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [kWh/m ² rok]	152,08	80,94
10	Udział odnawialnych źródeł energii [%]	0,0	0,0

6. Opłaty jednostkowe			
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie [zł]	51,70	51,70
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc [zł]	12 370,79	12 370,79
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u. [zł]	14,15	14,15
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc [zł]	0,0	0,0
5	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej [zł]	3,42	1,99
6	Opłata abonamentowa c.w.u. [zł]	675	675
7	Inne [zł]	-	-
7. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego			
Planowana suma kredytu [zł]	70 000,0	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	36,01
Planowane koszty całkowite [zł]	99 481,0	Premia termomodernizacyjna [zł]	14 000,00
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]	9 119,1		

WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:

1. Przyjęta kwota kredytu 70 000,0 zł
2. Uwzględnienie jako możliwe do realizacji usprawnienia obejmujące docieplenie ścian zewnętrznych z wymiana okien piwnicznych.
3. Rezygnacja z usprawnień systemu grzewczego.

Dokumenty i dane źródłowe z których korzystał audytor:

1. Dane dotyczące zużycia ciepła na ogrzewanie budynku,
2. Dane dotyczące zapotrzebowania na moc cieplną na cele c.o.,
3. Informacja dotycząca powierzchni użytkowej, roku budowy oraz ilości zameldowanych osób,
4. Informacja dotycząca rzeczywistych kosztów ogrzewania budynku
5. Dane dotyczące dotychczas wykonanych usprawnień systemu grzewczego i przegród ,

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyt energetyczny. Budynek mieszkalny wielorodzinny przy ul. Kozara Słobódzkiego 15 w Świdnicy** zostało wykonane na zlecenie Wspólnoty Mieszkaniowej na podstawie zlecenia o wykonanie audytu energetycznego.

1.2. PODSTAWA PRAWNA

Niniejszy audyt energetyczny został wykonany zgodnie z wytycznymi Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, zmiana z dnia 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 wielorodzinny budynek mieszkalny położony przy ul. Kozara Słobódzkiego 15 w Świdnicy.

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 mieszkalny wielorodzinny jest zlokalizowany na świdnickim Osiedlu Młodych przy ul. Kozara Słobódzkiego. Budynek został oddany do użytku w 1965 roku. Wykonany został w technologii przemysłowej wielkoblokowej wg projektu typowego.

Budynek posiada 5 kondygnacji mieszkalnych i 15 mieszkań. Przedmiotowy budynek stanowi segment środkowy budynku 3-klatkowego. Obiekt zamieszkiwany jest przez 21 osób.

W budynku brak jest lokali usługowych.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ inwentaryzacja opracowana dla potrzeb audytu,
- ◆ informacje przekazane przez Zarządcę budynku.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek jest w całości podpiwniczony, stropodach jednospadowy wentylowany pokryty papą. Podstawowe parametry techniczne analizowanego budynku mieszkalnego przedstawiono w tabeli 1

Tabela 1. Parametry techniczne budynku.

L.p.	Parametr	Jednostka	Obmiar
1	Wysokość kondygnacji	[m]	2,51
2	Wysokość piwnicy	[m]	2,20
3	Powierzchnia użytkowa	[m ²]	531,80

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

Ściany zewnętrzne budynku łącznie ze ścianami klatki schodowej, są wykonane jako prefabrykowane w systemie wieloblokowym o grubości 32cm. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrzny.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Tynk	2,0	0,82
2	Żużłobeton	16,0	0,72
3	Gazobeton	12,0	0,35
4	Tynk	2,0	0,82

2.1.2. ŚCIANY PIWNIC

Ściany zewnętrzne piwnicy są wykonane jako monolityczne żelbetowe o grubościach 40cm. Układ warstw ścian piwnicy, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Układ warstw ścian piwnicy.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Żelbet	40,0	1,70

2.1.3. PRZEGRODY POZIOME

Wszystkie stropy budynku wykonane są z płyt stropowych żelbetowych o grubości 14 cm pokrytych dodatkowo warstwami ocieplającymi i wykończeniowymi. Układ warstw stropu pomiędzy kondygnacjami powtarzalnymi, licząc od dołu do góry, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Układ warstw stropu powtarzalnego.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	14,0	1,70
2	Płyta pilśniowa porowata	1,25	0,18
3	Papa smołowa na lepiku	0,25	0,18
4	Jastyrych cementowy	3,5	1,00

Układ warstw stropu nad piwnicą jest niemal identyczny. Występuje w nim dodatkowa warstwa płyty pilśniowej. Pokazuje to tabela 5.

Tabela 5. Układ warstw stropu nad piwnicą.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	14,0	1,70
2	Płyta pilśniowa porowata	2,5	0,18
3	Jastrych cementowy	4,0	1,00
4	Wykładzina PCV	0,5	0,20

Stropodach budynku wykonany jako wentylowany i składa się z warstw (tabela 6).

Tabela 6. Układ warstw stropu nad ostatnią kondygnacją.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Płyta żelbetowa	14,0	1,70
2	Żużel paleniskowy	20,0	0,28
3	Słabo wentylowana pustka powietrzna	5-15,0	----
4	Płyta żelbetowa	8,0	1,70

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.4. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej. Układ warstw ścian przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Układ warstw ścian wewnętrznych.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Żelbet	24,0	1,70
2	Tynk	1,0	0,82

2.1.5. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się typowa stolarka okienna drewniana oraz PCV (wymieniona przez lokatorów).

Na klatce schodowej stolarka okienna wymieniona w 2014 r. $U = 1,6$ W/m²K.

Drzwi wejściowe aluminiowe wymienione przez Wspólnotę – $U = 2,00$ W/m²K.

Drzwi wejściowe do mieszkań - drewniane typowe, a założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi $U = 2,60$ W/m²K

Stolarka okienna mieszkań drewniana oraz PCV – wymieniona indywidualnie przez lokatorów założony dla nich współczynnik przenikania ciepła wynosi $U = 1,60$ W/m²K.

2.1.6. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej pracy zamieszczono elewacje pochodzące z dokumentacji projektowej budynku. W tabeli 8 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczano powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 8. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (od powierzchni ścian nie odliczono powierzchni otworów okiennych i drzwiowych).

L.p.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściany zewnętrzne	434,0	1,274
2	Strop nad piwnicą	106,0	1,663
3	Stropodach wentylowany	139,0	0,879
4	Ściany wewnętrzne	170,0	2,419

2.2. SYSTEM GRZEWCZY

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z sieci ciepłowniczej administrowanej MZEC Świdnica poprzez węzeł cieplny.

W analizowanym budynku zainstalowany jest wymiennikowy węzeł cieplny. Węzeł wyposażony jest w licznik ciepła oraz automatykę pogodową.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. tzn. dwururową z rozdziałem dolnym. W mieszkaniach lokatorskich znajdują się żeliwne grzejniki. Na grzejnikach zamontowane są zawory termostaticzne (montaż indywidualny przez lokatorów).

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27.02.2015 w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej).

Sprawność regulacji przyjęto na podstawie wzoru:

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

$\eta_{H,e}' = 0,88$ (pkt 4.1.2.3, tab. 3 lp. 5c) – ogrzewanie wodne z grzejnikami członowymi w przypadku regulacji centralnej i miejscowej

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

$$\eta_{H,e} = 0,88 + 0,03 \cdot 1,00 - 0,03 = 0,88$$

Tabela 9. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_{Hg}	0,99
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_{Hd}	0,96
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_{He}	0,88
4	Sprawność akumulacji	η_{Hs}	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	W_t	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	W_d	1,00
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,83635

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię pokazuje tabela 10.

Tabela 10. Taryfy opłat za energię cieplną.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	12 370,79
Cena ciepła	[zł/GJ]	51,70

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 11. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym (ze sprawnością systemu grzewczego).

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	291,2
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,0456

2.3. SYSTEM c.w.u.

Analizowany budynek posiada indywidualny system zaopatrzenia w c.w.u. tzn., że do mieszkań dostarczana jest zimna woda wodociągowa gdzie, przy użyciu term gazowych, jest w zależności od indywidualnych potrzeb mieszkańców podgrzewana.

Obliczenia zapotrzebowania ciepła na cele c.w.u. przyjęto przy następujących założeniach normowych:

- Zużycie ciepłej wody użytkowej – 1,6 dm³/m²*doba
- Czas użytkowania – 328,5 doby/rok
- Sprawność wytwarzania – 85%
- Sprawność akumulacji – 100% (brak zasobników)
- Sprawność transportu – 80% (indywidualne przygotowanie c.w.u. w obrębie lokalu mieszkalnego)

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 12,5 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. – 24180 kWh = 87,0 GJ

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/MW/m-c]	0,0
Opłata abonamentowa	[zł/m-c]	675,0
Cena ciepła	[zł/GJ]	54,0

2.4. SYSTEM WENTYLACJI

W analizowanym budynku występuje grawitacyjny system wentylacji poprzez kratki wentylacyjne znajdujące się w kuchniach i łazienkach. Przy obliczeniach strat ciepła przyjęto normowe ilości wymian w pomieszczeniach – minimalne krotności wymian powietrza do mocy cieplnej 0,5 1/h.

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

Podstawowy strumień powietrza wentylacji naturalnej do ciepła

- dla mieszkań - $V_{ve,1,s} = 0,00032 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$

Uśredniony w czasie strumień powietrza zewnętrznego w strefie ogrzewanej

- dla mieszkań - $V_{ve,1,n} = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$

Dodatkowy strumień powietrza zewnętrznego infiltrującego

- dla mieszkań - $V_{inf} = n \cdot V / 3600 = 0,2 \cdot 1335 / 3600 = 0,074 \text{ m}^3/\text{s}$

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego mieszkań wynosi – 878,4 m³/h.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek mieszkalny przy ul. Kozara Słobódzkiego jest eksploatowany od ponad 50 lat. W wyniku dokonanego przeglądu nie stwierdzono znacznych uszkodzeń w okładzinach zewnętrznych betonowych. Stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest zadowalający.



Fotografia 1 . Widok elewacji frontowej



Fotografia 2. Widok elewacji tylnej

Podsumowując, budynek ze względu na okres kiedy został wybudowany, w sposób oczywisty nie spełnia obowiązujących obecnie wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budowlanych określonych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury 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*.

Stolarka okienna mieszkań – wymieniona przez lokatorów w dobrym stanie technicznym.

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

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych osłonowych,
- ◆ ocieplenie stropodachu wentylowanego,
- ◆ docieplenie stropu piwnic

3.2. SYSTEM GRZEWCZY

Analizowany budynek jest zasilany w energię ciepłą na potrzeby c.o. z sieci ciepłowniczej administrowanej MZEC Świdnica poprzez węzeł cieplny.

W analizowanym budynku zainstalowany jest wymiennikowy węzeł cieplny. Węzeł wyposażony jest w licznik ciepła oraz automatykę pogodową.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. tzn. dwururową z rozdziałem dolnym. W mieszkaniach lokatorskich znajdują się żeliwne grzejniki. Na grzejnikach zamontowane są zawory termostaticzne.

Stan techniczny instalacji c.o. jest zadowalający.

W związku z powyższym w porozumieniu z Zarządcą odstąpiono od usprawnień systemu grzewczego.

3.3. SYSTEM c.w.u. I WENTYLACJI

Zaopatrzenie mieszkańców w ciepłą wodę zachodzi poprawnie. Podobnie jest z systemem wentylacji grawitacyjnej.

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

- ♦ przebudowę systemu c.w.u. z zasilania indywidualnego na zasilanie centralne,
- ♦ przebudowę systemu wentylacji grawitacyjnej na system mechaniczny,

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

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI

W tabeli 12 zestawiono wszystkie możliwe do zrealizowania w analizowanym budynku mieszkalnym usprawnienia o charakterze termomodernizacyjnym. Odrzucono kosztowne przedsięwzięcia termomodernizacyjne związane z modernizacją systemów c.w.u. i wentylacyjnego.

Tabela 12. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych osłonowych – fornt i tył styropianem w systemie BSO.
2	Docieplenie ściany zewnętrznej nośnej – szczytowa styropianem w systemie BSO.
3	Docieplenie stropodachu wentylowanego granulatem z wełny mineralnej.
4	Docieplenie stropu piwnic

Na podstawie dokonanych oględzin stropodachu wentylowanego stwierdzono brak technicznej możliwości docieplenia przestrzeni wentylowanej (bardzo mała pustka powietrzna 5-15cm) – rezygnacja z docieplenia stropodachu.

Ze względu na ograniczone środki finansowe oraz możliwości kredytowe Wspólnoty, w porozumieniu z Zarządcą ustalono, że na obecnym etapie Wspólnota będzie docieplała jedynie ściany zewnętrzne z wymianą okienek piwnicznych.

W związku z powyższym w dalszej części opracowania przeprowadzano optymalizację przedsięwzięć termomodernizacyjnych jedynie dla docieplania ścian zewnętrznych.

5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

5.1. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEGRODY

Dobranie optymalnych grubości dodatkowej izolacji przegrody budowlanej dokonuje się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalną grubość docieplenia uważa się grubość dla której prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wynikający z poniesionych kosztów i uzyskanych oszczędności, przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego i zmiana z 3 września 2015

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

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],

5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH OSŁONOWYCH – FRONT I TYŁ

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych styropianem w systemie BSO. W tabeli 13 zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na wyznaczenie optymalnej grubości docieplenia ścian. Grubość optymalną zaznaczono kolorem czerwonym. Koszt wykonania poszczególnych grubości docieplenia określono na podstawie rzeczywistych cen robót budowlanych wykonywanych w ostatnich latach (w koszcie docieplenia uwzględniono również docieplenie ościeży wymianę obróbek blacharskich, wyrównanie podłoża oraz wymianę okienek piwnicznych itp.). Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,032$.

Tabela 13. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych osłonowych.

grubość dociepl.	Sd	A	Q _{ou}	Q _{1u}	q _{ou}	q _{1u}	N _u	R	SPBT
[cm]	[dzień K/rok]	[m ²]	[GJ/rok]	[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[m ² K/W]	[lata]
istniejąca			138,75		0,0165		-	0,785	-
8,0	3900	323,20		33,15		0,0039	93896,1	3,285	12,83
9,0				30,27		0,0036	95292,3	3,597	12,67
10,0				27,85		0,0033	96688,5	3,910	12,58
11,0				25,79		0,0031	98084,7	4,222	12,53
12,0				24,01		0,0029	99481,0	4,535	12,51
13,0				22,47		0,0027	101226,2	4,847	12,56
14,0				21,11		0,0025	102971,5	5,160	12,63

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych osłonowych, będzie warstwa styropianu o grubości 12 cm. Dopuszcza się zastosowanie materiału dociepleniowego o innych parametrach pod warunkiem zachowania parametrów cieplnych dla przegrody.

5.2. POPRAWA SPRAWNOŚCI CIEPLNEJ SYSTEMU GRZEWczego

Dobranie optymalnych grubości dodatkowej izolacji przegrody budowlanej dokonuje się w oparciu o poniższe formuły obliczeniowe. Za optymalną grubość docieplenia uważa się grubość dla której prosty czas zwrotu nakładów SPBT, wynikający z poniesionych kosztów i uzyskanych oszczędności, przyjmuje wartość minimalną. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego i zmiana z 3 września 2015

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

gdzie:

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

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

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

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

gdzie:

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

η_o, η_1 - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (14),

w_{to}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia, tu obydwie: 1,

w_{do}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia; tu obydwie 1,00

q_o, q_1 - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku

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

W związku z wcześniejszymi usprawnieniami, przedsięwzięciami związanymi z systemem grzewczym na obecnym etapie odstąpiono od usprawnień systemu grzewczego.

5.3. POSUMOWANIE

W tabelach 14 zestawiono wyłonione powyżej zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne zmierzające do zmniejszenia zapotrzebowania analizowanego budynku na ciepło w wyniku zmniejszenia strat przegrody zewnętrzne.

Tabela 14. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Docieplenie ścian zewnętrznych 12 cm warstwą styropianu w systemie BSO ($\lambda=0,032$).	99 481,0	12,51

6. WYBÓR OPTIMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI

W celu wyznaczenia optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w *sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego i zmiana z 3 września 2015*, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego oblicza się kolejno:

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

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

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

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

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,

Wysokość premii termomodernizacyjnej stanowi 20% wykorzystanej kwoty kredytu zaciągniętego na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego z zastrzeżeniem:

Wysokość premii termomodernizacyjnej nie może wynosić więcej niż:

- 16 % kosztów poniesionych na realizację przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i
- Dwukrotności przewidywanych rocznych oszczędności kosztów energii, ustalonych na podstawie audytu energetycznego.

Wykaz kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych z wartościami obliczonych dla nich parametrów opisanych powyższymi formułami matematycznymi w tabeli 15. Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło analizowanego budynku oraz maksymalne zapotrzebowanie mocy ciepła przed termomodernizacją i po realizacji każdej z zaproponowanych kombinacji zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych wykonano programem Certo 2015. Wydruki danych i wyników obliczeń programu znajdują się w załączniku II do pracy.

Tabela 15. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczędn zapotrzeb. na energię z uwzględnieniem sprawności ΔQ	Optymalna kwota kredytu i udziału własnego	Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów	2x rocznej oszczęd.
		[zł]	[zł/rok]	[%]	[zł, %]	[zł]	[zł]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1	99 481,0	9 119,1	36,01	70 000,00 zł (70,37%) 29 481,00 zł (29,63%)	14 000,00	15 917,0	18 238,2

¹⁾ numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 14. Podane wartości kosztów całkowitych zadania są wartościami „brutto”

Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopad 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego powinna wynosić co najmniej 25 %.

W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 36,01% - wymagania Ustawy są spełnione.

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

1.	Docieplenie ścian zewnętrznych 12 cm warstwą styropianu w systemie BSO ($\lambda=0,032$).
----	---

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 46,78%
- Stawka c.o. na 1m² powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 1,99 zł/m²

7. WYLICZENIE ROCZNYCH OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW OGRZEWANIA I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII DLA OPTIMALNEGO WARIANTU MODERNIZACJI

Roczna oszczędność energii

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

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

$$Q_{oco} = 243,5 \text{ [GJ/rok]}$$

$$Q_{oc1} = 129,6 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\eta_o = 0,83635$$

$$\eta_1 = 0,83635$$

$$w_d = 1,00$$

$$w_t = 1,00$$

$$Q_{ocw}, Q_{lcw} - \text{obliczeniowa zapotrzebowanie na przygotowanie c.w.u} = 87,0 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\Delta Q = ((1,0 \cdot 1,0 \cdot 243,5 / 0,83635 + 87,0) - (1,0 \cdot 1,0 \cdot 129,6 / 0,83635 + 87,0)) \cdot 100 / (1,0 \cdot 1,0 \cdot 243,5 / 0,83635 + 87,0)$$

$$\Delta Q = 36,01 \%$$

Roczna oszczędność kosztów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

$q_o = 45,6 \text{ [kW]}$ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu standardowego (przed termomodernizacją)

$q_1 = 31,6 \text{ [kW]}$ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu standardowego (po termomodernizacji)

$$O_z \text{ c.o.} = 51,7 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 12370,79 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

$$O_z \text{ cwu.} = 54,0 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 0,0 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

$$\text{Abonament c.w.u.} = 675,0 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan istniejący

$$K_o = w_{do} \cdot w_{to} \cdot Q_{oco} / \eta_o \cdot O_z + 12 \cdot O_m \cdot q_{om} + 12 \cdot A_b + Q_{ocw} \cdot O_{zcwu} + 12 \cdot O_{mcwu} \cdot q_{ocw} + 12 \cdot A_{bcwu}$$

$$K_o = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 243,5 / 0,83635 \cdot 51,70 + 12 \cdot 12370,79 \cdot 0,0456 + 12 \cdot 0,0 + 87,0 \cdot 54,0 +$$

$$12 \cdot 0,0 \cdot 0,0125 + 12 \cdot 675,0$$

$$K_o = 34\,619,5 \text{ zł}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan po termomodernizacji

$$K_1 = w_{d1} \cdot w_{t1} \cdot Q_{lco} / \eta_1 \cdot O_z + 12 \cdot O_m \cdot q_{1m} + 12 \cdot A_b + Q_{ocw} \cdot O_{zcwu} + 12 \cdot O_{mcwu} \cdot q_{ocw} + 12 \cdot A_{bcwu}$$

$$K_1 = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 129,6 / 0,83635 \cdot 51,70 + 12 \cdot 12370,79 \cdot 0,0316 + 12 \cdot 0,0 + 87,0 \cdot 54,0 +$$

$$12 \cdot 0,0 \cdot 0,0125 + 12 \cdot 675,0$$

$$K_1 = 25\,500,4 \text{ zł}$$

$$\Delta K = K_o - K_1 = 34\,619,5 \text{ zł} - 25\,500,4 \text{ zł} = 9\,119,1 \text{ zł}$$

8. ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik I *Rysunki budowlane budynku mieszkalnego położonego przy ul. Kozara Słobódzkiego 15 w Świdnicy,*
- Załącznik II *Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnego obciążenia cieplnego dla stanu istniejącego oraz wybranego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego – **program Certo 2015***

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.