

1. Dane identyfikacyjne budynku			
1.1 Rodzaj budynku	Mieszkalny, wielorodzinny,	1.2 Rok budowy	1970
1.3 Właściciel lub zarządca budynku	Wspólnota Mieszkaniowa ul. Długa 21 58-309 Wałbrzych tel. (0-74) 66-66-646	1.4 Adres budynku	ul. Długa 21 58-309 Wałbrzych Powiat Wałbrzyski Województwo Dolnośląskie
2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:			
Pracownia Projektowa „KONSTRUKTOR” ul. Wolności 41/8, 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. Wolności 41/8, 58-160 Świebodzice	inżynier budownictwa – uprawnienia budowlane NBP.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: maj 2009 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 frontowa i tylna 6			
2.1.2. Ściany szczytowe 7			
2.1.3. Ściany klatki schodowej 7			
2.1.4. Ściany piwnic 7			
2.1.5. Przegrody poziome8			
2.1.6. Ściany wewnętrzne 9			
2.1.7. Okna i drzwi 9			
2.1.8. Podsumowanie 9			
2.2. System grzewczy 10			
2.2.1. Charakterystyka 10			
2.2.2. Zapotrzebowanie na ciepło i taryfy 11			
2.3. System c.w.u. 11			
2.4. System wentylacji 12			
3. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU. 12			
3.1. Przegrody budowlane 12			
3.2. System grzewczy..... 13			
3.3. System c.w.u. i wentylacji 14			

4. WYKAZ PRZEDSIĘWZIĘĆ WYBRANYCH DO OPTYMALIZACJI.....	14
5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH.	14
5.1. Zmniejszenie strat przenikania przez przegrody.....	14
5.1.1. Docieplenie ścian zewnętrznych	16
5.1.2. Docieplenie ścian klatki schodowej	16
5.1.3. Docieplenie stropu nad piwnicą	17
5.2. Zmniejszenie strat przenikania przez stolarkę okienną	17
5.2.1. Wymiana stolarki okiennej w mieszkaniach	17
5.3. Poprawa sprawności cieplnej systemu grzewczego	17
5.4. Podsumowanie	18
6. WYBÓR OPTYMALNEGO WARIANTU TERMOMODERNIZACJI.	19
7. SZCZEGÓŁOWE WYLICZENIE ROCZNYCH OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW OGRZEWANIA I OSZCZĘDNOŚCI ENERGII DLA OPTYMALNEGO WARIANTU MODERNIZACJI.....	21
8. ZAŁĄCZNIKI.....	22

KARTA AUDYTU ENERGETYCZNEGO BUDYNKU

1. Dane ogólne			
1	Konstrukcja / technologia budynku	Wrocławska Wielka Płyta wersja Wałbrzyska	
2	Liczba kondygnacji	5	
3	Kubatura części ogrzewanej [m ³]	2 052,0	
4	Powierzchnia netto budynku [m ²]	792,84	
5	Powierzchnia użytkowa części mieszkalnej [m ²]	716,34	
6	Powierzchnia użytkowa lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m ²]	-----	
7	Liczba mieszkań	20	
8	Liczba osób użytkujących budynek	41	
9	Sposób przygotowania ciepłej wody	indywidualny, termy gazowe	
10	Rodzaj systemu ogrzewania budynku	Hydroelewatorowy węzeł cieplny	
11	Współczynnik kształtu [1/m]	0,332	
12	Inne dane charakteryzujące budynek		
2. Współczynnik przenikania ciepła przez przegrody zewnętrzne [W/m²K]		Stan przed termomodernizacją	Stan po termomodernizacji
1	Ściany frontowa i tylna	1,39	0,24
2	Stropodach	0,24	0,24
3	Strop piwnicy	1,60	1,60
4	Okna mieszkań	3,00 (1,60)	3,00 (1,60)
5	Okna klatek schodowych	1,60	1,60
6	Drzwi	3,00	3,00
7	Ściany klatki schodowej	2,61	0,24
3. Sprawności składowe systemu grzewczego			
1	Sprawność wytwarzania η_g	0,99	0,99
2	Sprawność przesyłania η_d	0,95	0,95
3	Sprawność regulacji i wykorzystania η_e	0,85	0,83
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	0,95	0,95
4. Charakterystyka systemu wentylacji			
1	Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna)	naturalna	naturalna
2	Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza	nawietrzaki nieszczelności stolarki	nawietrzaki nieszczelności stolarki
3	Strumień powietrza wentylacyjnego [m ³ /h]	2475	2475
4	Liczba wymian [1/h]	1,21	1,21
5. Charakterystyka energetyczna budynku			
1	Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego [kW]	48,9	30,6
2	Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u. [kW]	14,0	14,0
3	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (bez uwzględnienia sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	388,5	249,8
4	Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu) [GJ/rok]	461,68	271,32
5	Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u. [GJ/rok]	140,0	140,0
6	Zmierzone 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]	599,21	-
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]	52,59	33,82
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]	62,50	36,73
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]	179,03	105,21

6. Opłaty jednostkowe				
1	Cena 1 GJ na ogrzewanie	[zł]	47,23	47,23
2	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc	[zł]	4362,78	4362,78
3	Opłata za podgrzanie 1 m ³ c.w.u.	[zł]	16,50	16,50
4	Opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. na miesiąc	[zł]	1650,0	1650,0
5	Opłata za ogrzanie 1 m ² pow. użytkowej	[zł]	34,01	20,12
6	Opłata abonamentowa	[zł]	-	-
7	Inne	[zł]	-	-
7. Charakterystyka ekonomicznie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego				
Planowana suma kredytu	[zł]	104 765,3	Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię [%]	31,64
Planowane koszty całkowite	[zł]	104 765,3	Premia termomodernizacyjna [zł]	16 762,4
Roczna oszczędność kosztów energii [zł]		9 948,8		

WYTYCZNE I UWAGI INWESTORA:

1. Realizacja inwestycji w 100% z kredytu.
2. Uwzględnienie w pierwszej kolejności jako możliwe do realizacji usprawnienia obejmujące docieplenie ścian zewnętrznych.
3. Usprawnienia systemu grzewczego obejmujące montaż zaworów podpionowych, zaworów termostatycznych na grzejnikach.

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

1. DANE OGÓLNE

1.1. PODSTAWA FORMALNA

Opracowanie pn. **Audyty energetyczny. Budynek mieszkalny wielorodzinny przy ul. Długiej 21 w Wałbrzychu** zostało wykonane na zlecenie Administratora SIDOM Zarządzanie Nieruchomościami, ul. Moniuszki 1 w Wałbrzychu działającego w imieniu Wspólnoty Mieszkaniowej Nieruchomości ul. Długa 21 na podstawie zlecenia 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 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytu, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

1.3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego audytu energetycznego jest wielorodzinny budynek mieszkalny położony przy ul. Długiej 21 w Wałbrzychu.

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 osiedlu Piaskowa Góra przy ul. Długiej 21 w Wałbrzychu. Budynek został oddany do użytku w 1970 roku. Wykonany został w technologii przemysłowej wielka płyta w systemie Wrocławskie Wielka Płyta Wersja Wałbrzyska wg projektu opracowanego przez MIASTOPROJEKT – Wrocław.

Budynek posiada 5 kondygnacji mieszkalnych i 20 mieszkań. Przedmiotowy budynek stanowi segment środkowy budynku 3-klatkowego. Obiekt zamieszkiwany jest przez 41 osób.

Administratorem obiektu jest SUDOM Zarządzanie Nieruchomościami ul. Moniuszki 1, 58-300 Wałbrzych.

Inwentaryzacja techniczno – budowlana budynku została sporządzona w oparciu o :

- ◆ oględziny budynku,
- ◆ pomiary z natury wykonane w miesiącu maju 2009r,
- ◆ inwentaryzacja uproszczona kondygnacji powtarzalnych,
- ◆ informacje przekazane przez właściciela budynku.

2.1. OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI

Przedmiotowy budynek jest podpiwniczony, stropodach jednonapadowy 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]	2,54
2	Wysokość piwnicy	[m]	2,20
3	Zagłębienie piwnicy	[m]	1,25
4	Powierzchnia użytkowa	[m ²]	716,34

2.1.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE FRONTOWA I TYLNA

Ściany zewnętrzne budynku, frontowa i tylna z wyłączeniem ścian klatki schodowej, są wykonane z płyt prefabrykowanych CERBET typu WPŁO 3 o grubości 34 cm. Układ warstw ściany, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Układ warstw ścian zewnętrznych frontowej i tylnej.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Beton	10,0	1,70
2	Cegła kratówka K-2	6,5	0,45
3	Beton	2,0	1,70
4	Cegła kratówka K-2	14,0	0,45
5	Faktura zewnętrzna	2,0	0,82

Warstwę termoizolacyjną w ścianach stanowią warstwy wykonane z cegły kratówki K-2. Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.2. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE KLATKI SCHODOWEJ

Ściany zewnętrzne klatki schodowej są wykonane z płyt prefabrykowanych CERBET typu WPŁO 3, ale o grubości 16 cm. Układ warstw ścian klatki schodowej, licząc od strony wewnętrznej przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela 3. Układ warstw ścian klatki schodowej.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Beton	5,5	1,70
2	Cegła kratówka K-2	6,5	0,45
3	Beton	2,0	1,70
4	Faktura zewnętrzna	2,0	0,82

Warstwę termoizolacyjną w ścianach klatki schodowej stanowi warstwa wykonana z cegły kratówki K-2. Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowano na końcu rozdziału.

2.1.3. ŚCIANY PIWNIC

Ściany zewnętrzne piwnicy są wykonane jako monolityczne żelbetowe o grubościach 34 cm. bez tynku – okładzina z otoczków. Układ warstw ścian piwnicy, licząc od strony wewnętrznej, przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Układ warstw ścian szczytowych piwnicy.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Żelbet	34,0	1,70
2	Tynk	2,0	0,82

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.4. 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 5.

Tabela 5. 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	Jastrych cementowy	3,5	1,00
5	Wykładzina PCV	0,5	0,20

Układ warstw stropu nad piwnicą jest niemal identyczny. Występuje w nim dodatkowa warstwa płyty pilśniowej. Pokazuje to tabela 6.

Tabela 6. 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	Papa smołowa na lepiku	0,25	0,18
4	Jastrych cementowy	4,0	1,00
5	Wykładzina PCV	0,5	0,20

Strop nad ostatnią kondygnacją został ocieplony w 2007 r i składa się z warstw (tabela 8).

Tabela 8. 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 granulowany	10,0	0,26

3	Granulat z wełny mineralnej	16,0	0,043
---	-----------------------------	------	-------

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.5. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

W audycie energetycznym rozpatrywano jedynie ściany wewnętrzne oddzielające strefy o różnej temperaturze obliczeniowej, a więc mieszkania, klatkę schodową, piwnice. Układ warstw ścian przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Układ warstw ścian piwnica – klatka schodowa.

L.p.	Materiał	Grubość	Współczynnik przewodzenia ciepła
		d [cm]	λ [W/m ² K]
1	Żużłobeton	18,5	1,70
2	Tynk	1,0	0,82

Obliczoną wartość współczynnika przenikania ciepła zaprezentowana na końcu rozdziału.

2.1.6. OKNA I DRZWI

W budynku znajduje się typowa drewniana, PCV (wymieniona przez lokatorów – ok. 80%). W mieszkaniach: okna i drzwi balkonowe drewniane lub PCV dwuszybowe. Na klatce schodowej stolarka okienna PCV wymieniona przez Inwestora. Zestawienie wszystkich rozmiarów stolarki okiennej wraz z ilością oraz wartościami współczynnika przenikania ciepła znajduje się w tabeli 9.

Tabela 9. Stolarka okienna.

L.p.	Stolarka	Miejsce posadowienia	Powierzchnia	Ilość	U	a
			[m ²]	[szt.]	[W/m ² K]	[m ³ /mhdaPa ^{2/3}]
1	208 x 140	ściana frontowa	2,91	10	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
2	164 x 140	ściana frontowa	2,30	15	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
3	208 x 140	ściana tylna	2,91	14	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
4	120 x 140	ściana tylna	1,68	16	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
5	80 x 230	ściana tylna	1,84	16	3,0 (1,6)	3,5 (0,5)
6	80 x 45	ściana piwnicy	0,36	11	5,1	-
7	254 x 120	ściana klatki schodowej	3,05	4	1,6	0,5

Drzwi zewnętrzne, wejściowe do klatek schodowych stalowe docieplone o wymiarach 90 x 200. Współczynnik przenikania ciepła dla drzwi założono na poziomie $U=3,00$ W/m²K. Pozostałe drzwi w budynku drewniane typowe - $U= 5,10$ W/m²K

2.1.7. PODSUMOWANIE

W załączniku I do niniejszej pracy zamieszczono rzuty poziome kondygnacji typowej analizowanego budynku pochodzące z uproszczonej inwentaryzacji budowlanej opracowanej przez Pracownię Projektową „KONSTRUKTOR” w Świebodzicach. Załącznik zawiera również rysunki elewacji budynku opracowane podczas wykonywania inwentaryzacji elewacji budynku.

W tabeli 10 zestawiono powierzchnie całkowite ścian i stropów (nie odliczono powierzchni okien i drzwi) oraz współczynnik przenikania przegród budowlanych opisanych powyżej.

Tabela 10. Współczynnik przenikania przegród budowlanych (od powierzchni ścian nie odliczono powierzchni otworów okiennych i drzwiowych).

Lp.	Rodzaj przegrody	Powierzchnia	Współczynnik przenikania
		[m ²]	[W/m ² K]
1	Ściana zewnętrzna frontowa i tylna	440,44	1,39
2	Ściany zewnętrzne klatki schodowej	63,80	2,61
3	Ściany zewnętrzne piwnic	32,50	2,54
4	Strop powtarzalny	171,08	2,44
5	Strop nad piwnicą	171,08	1,60
6	Stropodach	209,44	0,24
7	Ściany wewnętrzne	234,58	2,71

2.2. SYSTEM GRZEWCZY

2.2.1. CHARAKTERYSTYKA

Analizowany budynek jest zasilany w energię cieplną na potrzeby c.o. z miejskiej sieci ciepłowniczej administrowanej przez Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Wałbrzychu S.A. poprzez dwa węzły cieplne.

W analizowanym budynku zainstalowany jest hydroelewatorowy węzeł cieplny. Parametr pracy węzłów cieplnych wynosi $T_Z/T_P = 130^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$. Węzeł wyposażony jest w licznik ciepła oraz automatykę pogodową.

Budynek jest wyposażony w tradycyjny typ instalacji c.o. tzn. dwururową z rozdziałem dolnym. Parametr pracy instalacji wynosi $T_Z/T_P = 90^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$. Na grzejnikach brak jest zaworów termostatycznych oraz podzielników kosztów. W mieszkaniach lokatorskich znajdują się żeliwne grzejniki. W skład instalacji wchodzi 11 pionów. Na pionach zamontowane przestarzałe wyeksploatowane zawory podpionowe.

Składowe sprawności systemu grzewczego oszacowano (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego na poziomach przedstawionych w tabeli 11.

Tabela 11. Składowe sprawności systemu grzewczego.

Lp.	Sprawność składowa	Oznaczenie	Wartość
1	Sprawność wytwarzania ciepła	η_g	0,99
2	Sprawność przesyłania ciepła	η_d	0,95
3	Sprawność regulacji i wykorzystania	η_e	0,85
4	Sprawność akumulacji ciepła	η_s	1,00
5	Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	wt	1,00
6	Wprowadzenie przerw w okresie doby	Wd	0,95
7	Sprawność całkowita systemu	η	0,79943

2.2.2. ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO I TARYFY

Taryfy opłat za energię kupowaną w PEC Wałbrzych S.A. pokazuje tabela 12.

Tabela 12. Taryfy opłat za energię cieplną.

Składnik taryfy	Jednostka	Cena z VAT
Moc zamówiona	[zł/m-c]	4362,78
Cena ciepła	[zł/GJ]	47,23

W tabeli 13.1 i 13.2 zamieszczono wielkość aktualnej mocy zamówionej oraz zużycie energii cieplnej z sezonów grzewczych 2007/2008 i 2008/2009.

Tabela 13.1 Zużycie energii analizowanego budynku w sezonie grzewczym 2007/2008

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	432,58
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,062

Tabela 13.2 Zużycie energii analizowanego budynku w sezonie grzewczym 2008/2009

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	427,32
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,062

Obliczeniowe zapotrzebowanie ciepła analizowanego budynku wyznaczone dla standardowego sezonu grzewczego w sposób określony w PN-B-02025 obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych zaprezentowano w tabeli 14.

Tabela 14. Obliczeniowe zużycie energii analizowanego budynku w sezonie standardowym.

	Jedn.	Suma
Energia pobrana	[GJ]	388,5
Moc zamówiona	[MW/mc]	0,0489

Zużycie energii cieplnej dla sezonu standardowego z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego (461,67 GJ) oraz zmierzone zużycie ciepła dla rzeczywistego sezonu grzewczego po przeliczeniu na warunki sezonu standardowego (dla sezonu 467,19 GJ) odbiegają od siebie nieznacznie.

Należy zatem uznać, że różnica zużycia energii dla sezonu standardowego z uwzględnieniem sprawności a zmierzonym zużyciem przeliczonym na warunki sezonu standardowego wynosząca ok. 1,2% mieści się w granicach dopuszczalnych.

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 (zużycie ciepłej wody założono w wielkości 40% całkowitego zużycia wody):

- zużycie ciepłej wody – 40 dm³/osobę/dzień
- rozbiór ciepłej wody 20 h/dobę
- średnie dobowe zużycie ciepłej wody – $q_{d\acute{s}r} = 1,64 \text{ m}^3/\text{dobę}$
- średnie godzinowe zużycie ciepłej wody – $q_{h\acute{s}r} = 0,082 \text{ m}^3/\text{h}$.

Obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie ciepłej wody – 14 kW

Obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło dla c.w.u.– 140,0 GJ

Na podstawie danych dotyczących zużycia gazu dla celów c.w.u. i związanych z tym opłat przyjęto do dalszych obliczeń:

- opłata za podgrzanie 1m³ c.w.u. – 16,0 zł
- opłata za 1 MW mocy zamówionej na podgrzanie c.w.u. – 1650,0 zł

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 0,5 1/h.

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

Dla obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło budynku przyjęto 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 określone w PN – 83/B-03430 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania*. Obliczenia strumienia powietrza wentylacyjnego wykonano przy następujących założeniach:

- dla kuchni z oknem zewn. wyposażoną w kuchenkę gazową – 70 m³/h
- dla kuchni bez okna zewn. wyposażoną w kuchenkę gazową – 70 m³/h - 20szt.
- dla łazienki z ustępem lub bez – 50 m³/h – 20 szt.
- dla oddzielnego ustępu – 30 m³/h
- dla klatki schodowej – 75 m³/h – 1 szt.

Przyjęty strumień powietrza wentylacyjnego wynosi – 2475 m³/h.

3. OCENA STANU TECHNICZNEGO BUDYNKU

3.1. PRZEGRODY BUDOWLANE

Budynek mieszkalny przy ul. Długiej 21 w Wałbrzychu jest eksploatowany od prawie 40 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 (z wyjątkiem wymienionej przez lokatorów – ok. 80%) znajduje się w złym stanie technicznym i uzasadniona byłaby jej wymiana.

Stolarka okienna w obrębie klatek schodowych wykonana jest z PCV (stolarka wymieniona przez inwestora w ostatnich latach) – stan techniczny bardzo dobry.

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

- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych frontowej i tylnej,
- ◆ docieplenie ścian zewnętrznych klatek schodowych,
- ◆ ocieplenie stropu nad piwnicą,
- ◆ wymianę stolarki okiennej w mieszkaniach na okna o lepszej izolacyjności termicznej (z wyłączeniem okien na klatkach schodowych i w piwnicy),

3.2. SYSTEM GRZEWCZY

Węzeł cieplny, zbudowany w 1970 roku pomimo przeprowadzonego remontu (montaż licznika ciepła i automatyki pogodowej) jest węzłem zdecydowanie przestarzałym i wymaga przebudowy bądź wymiany na nowocześniejszy o większej sprawności.

Stan techniczny instalacji c.o. jest zadowalający.

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

- ◆ zastąpienie hydroelewatorowego węzła cieplnego wymiennikowym,
- ◆ montaż nowoczesnych zaworów automatycznej regulacji podpijonowej dla potrzeb c.o.
- ◆ montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach,

Ze względu, że opisywany węzeł cieplny nie jest własnością inwestora a przedsiębiorstwa zajmującego się dystrybucją ciepła (PEC Wałbrzych) w niniejszym opracowaniu odrzucono przedsięwzięcie związane z modernizacją węzła cieplnego.

Modernizacje węzłów prowadzone są przez ich właściciela wg przyjętego przez siebie harmonogramu robót

Do dalszego opracowania przyjęto, że usprawnieniami związanymi z systemem grzewczym będzie montaż zaworów automatycznej regulacji podpionowej, zaworów termostatycznych na grzejnikach.

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 15 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 15. Wykaz przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

Lp.	Opis
1	Docieplenie ścian zewnętrznych frontowej i tylnej styropianem w systemie BSO.
2	Docieplenie ścian klatki schodowej styropianem w systemie BSO
3	Docieplenie stropu nad piwnicą styropianem w systemie BSO
4	Wymiana stolarki okiennej mieszkań z wyłączeniem okien na klatce schodowej oraz piwnicy
5	Montaż zaworów automatycznej regulacji podpionowej, montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach.

W dalszej części pracy przeprowadzono analizę ekonomiczną poszczególnych propozycji termomodernizacyjnych

5. OPTYMALIZACJA PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

5.1. ZMNIJSZENIE 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.

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

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],

5.1.1. DOCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH FRONTOWEJ I TYLNEJ

Proponuje się wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych pomieszczeń mieszkalnych styropianem w systemie BSO. W tabeli 16 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.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

Tabela 16. Wybór optymalnej grubości docieplenia ścian zewnętrznych.

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			143,24		0,0170		-	0,719	-
10,0	3900	305,83		32,01		0,0038	66429,3	3,219	11,17
11,0				29,70		0,0035	67083,8	3,469	11,06
12,0				27,71		0,0033	67738,3	3,719	10,97
13,0				25,96		0,0031	68720,0	3,969	10,96
14,0				24,42		0,0029	69374,5	4,219	10,92
15,0				23,06		0,0027	70356,2	4,469	10,95
16,0				21,84		0,0026	71992,4	4,719	11,10

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych frontowej i tylnej spełniającą warunek minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych 4,0 m²K/W, będzie warstwa styropianu o grubości 14 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań.

5.1.2. DOCIEPLENIE ŚCIAN KLATKI SCHODOWEJ

Proponuje się wykonanie docieplenia ścian klatek schodowych styropianem w systemie BSO. W tabeli 17 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.

Przyjęty współczynnik przewodności cieplnej styropianu $\lambda=0,04$.

Tabela 17 Wybór optymalnej grubości docieplenia ściany klatki schodowej

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			33,35		0,0052		-	0,383	-
10,0	2970	49,80		4,43		0,0007	9751,3	2,883	6,09
11,0				4,08		0,0006	9857,9	3,133	6,08
12,0				3,78		0,0006	9964,5	3,383	6,08
13,0				3,52		0,0005	10124,3	3,633	6,13
14,0				3,29		0,0005	10230,9	3,883	6,14
15,0				3,09		0,0005	10390,8	4,133	6,20
16,0				2,92		0,0005	10657,2	4,383	6,32

Optymalną warstwą docieplenia ścian zewnętrznych klatki schodowej spełniającą warunek minimalnej wartości oporu cieplnego dla ścian zewnętrznych $4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, będzie warstwa styropianu o grubości 15 cm i taką przyjęto do dalszych rozważań.

5.1.3. DOCIEPLENIE STROPU NAD PIWNICĄ

W porozumieniu z Właścicielem budynku ze względu na problemy z wykonaniem docieplenia stropu piwnic - znaczne bo aż o kilkunastocentymetrowe obniżenie wysokości ciągów komunikacyjnych piwnic (obecna wysokość 220cm), dużą ilość prowadzonych przewodów instalacji c.o., wod.-kan. oraz gazowych kolidujących z ewentualnym dociepleniem a także problemami z obniżeniem wysokości boksów piwnicznych lokatorów budynku już na obecnym etapie zrezygnowano z powyższego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.

5.2. ZMNIEJSZENIE STRAT PRZENIKANIA PRZEZ STOLARKĘ OKIENNĄ

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

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

gdzie:

- N_{Ok} - planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi; [zł],
 ΔO_{rok} - 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; tu przed i po - 1,0 (brak zmian);
 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 (tu opłata za ciepło i zmienna opłata za usługi przesyłowe) [zł/GJ];
 y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego; tu przed i po - 1,0 (brak zmian);
 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 (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]

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

- A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien przed i po termomodernizacji m^2 ;
 U - współczynnik przenikania ciepła okna przewidzianego do wymiany; [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

- R** - całkowity opór cieplny ocenianej przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji [m^2K/W]
S_d - liczba stopniodni obliczona wg wzoru (6); [dzień x K/rok],
V_{nom} - strumień powietrza wentylacyjnego;
c_r - współczynnik korekcyjny; tu przed i po c_r=1,0
c_w - współczynnik korekcyjny; tu przed i po c_w=1,0

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

- t_{zo}** - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego; [$^{\circ}C$],
t_{wo} - obliczeniowa temperatura powietrza wewnętrznego; [$^{\circ}C$],
V_{obl} - strumień powietrza wentylacyjnego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; [m^3/h]

5.2.1. Wymiana stolarki okiennej w mieszkaniach.

Z uwagi na fakt wymiany części stolarki okiennej przez lokatorów (ok. 80%) oraz niemożliwość finansowania wymiany stolarki okiennej pozostałym lokatorom już na obecnym etapie postanowiono zrezygnować z powyższego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego i nie uwzględniano go w dalszych rozważaniach. Zaleca się jedynie zachęcanie do dokonywania wymiany stolarki okiennej w obrębie mieszkań na stolarką o lepszej izolacyjności cieplnej bezpośrednio przez mieszkańców. 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 w celu zapewnienia dopływu odpowiedniej ilości powietrza wentylacyjnego.

5.3. 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. Procedura ta wynika z zaleceń zawartych w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 roku.

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

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:

$$\Delta O_{rco} = (x_0 * w_{to} * w_{do} * Q_{oco} * O_{oz} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{oco} * O_{tz} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (A_{b0} - A_{b1}); \text{ [zł/rok]} \quad (13)$$

gdzie:

- Q_{oco}** - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją; [GJ/rok],
η₀, η₁ - całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po termomodernizacji obliczana ze wzoru (14),

- W_{to}, W_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia określone na podstawie tabeli 6 części 3 załącznika nr 1 do Rozporządzenia; tu obydwa: 1,
- W_{do}, W_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie dnia określone na podstawie tabeli 6 części załącznika nr 1 do w/w Rozporządzenia; tu obydwa 0,95
- q_0, q_1 - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku

$$\eta = \eta_w \times \eta_p \times \eta_r \times \eta_c \quad (14)$$

Ze względu na brak wcześniejszych usprawnień instalacji c.o. w niniejszym opracowaniu zaproponowano poprawę sprawności systemu grzewczego, polegającą na :

- ◆ montaż nowoczesnych zaworów automatycznej regulacji podpionowej dla potrzeb c.o. (firmy Danfoss),
- ◆ montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach,

W tabeli zestawiono dane i wyniki obliczeń pozwalające na określeniu poprawy sprawności systemu grzewczego.

Koszt wykonania usprawnień określono na podstawie rzeczywistych cen robót budowlanych.

- montaż zaworów automatycznej regulacji podpionowej - 9 000,0 zł
- montaż zaworów termostatycznych - 12 000,0 zł

W porozumieniu z inwestorem przyjęto pełny zakres usprawnienia.

Tabela 19. Poprawa sprawność systemu grzewczego.

Rodzaj usprawnienia	η_w	η_p	η_r	η_c	η	Q_{oco}	q_0	q_1	N_{co}	ΔOr_{co}	SPBT
						[GJ/rok]	[MW]	[MW]	[zł]	[zł/rok]	[zł]
zawory term i podpion	0,99	0,95	0,93	1,00	0,87467	388,50	0,0489	0,0447	21000,0	2095,92	10,02

5.4. POSUMOWANIE

W tabelach 20 i 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 rzeczowego.

Tabela 20. Zoptymalizowane usprawnienia zmniejszające straty ciepła przez przegrody.

Lp.	Rodzaj usprawnienia	Planowane koszty	SPBT
		[zł]	[lata]
1.	Docieplenie ścian klatek schodowych 15 cm warstwą styropianu w systemie BSO,	10 390,8	6,20
2.	Docieplenie ścian zewnętrznych frontowej i tylnej 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO	69 374,5	10,92
3.	Montaż zaworów podpionowych i zaworów termostatycznych na grzejnikach,	21 000,0	10,20

Tabela 21. Zoptymalizowane usprawnienia poprawiające sprawność systemu grzewczego.

Rodzaje usprawnień termomodernizacyjnych		Współczynnik sprawności
Wytwarzanie ciepła – brak usprawnień	η_g	1,00
Przesyłania ciepła – brak usprawnień	η_d	0,95

Regulacji i wykorzystania– montaż zaworów podpionowych i termostatycznych	η_e	0,93
Akumulacji ciepła – brak usprawnień	η_s	1,00
Wprowadzenie przerw na ogrzewanie	wt	1,00
Wprowadzenie przerw w okresie doby	Wd	0,95
Sprawność całkowita systemu	η	0,87467

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 *szczególności zakresu i form audytu energetycznego, a także części audytu remontowego*, 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

$$\Delta O_{rco} = (w_{to} * w_{do} * Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) * O_{Oz} - (w_{tl} * w_{dl} * Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw}) * O_{Oz} + 12 * [(q_{om} + q_{ocw}) * Q_{om} - (q_{lm} + q_{cw}) * Q_{lm}] + 12 * (Ab_0 - Ab_1) ; [zł/rok] \quad (15)$$

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

$$\Delta Q = \frac{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw}) - (w_{dl} w_{tl} Q_{lco} / \eta_1 + Q_{lcw})}{(w_{do} w_{to} Q_{oco} / \eta_o + Q_{ocw})} * 100 [\%] \quad (16)$$

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 22.

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 Termo-Danfoss. Wydruki danych i wyników obliczeń programu dla każdej z zaproponowanych kombinacji znajdują się w załączniku II do pracy.

Tabela 22. Kombinacje przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

L.p.	Kombinacja przedsięwzięć ¹⁾	Planowane koszty całkowite	Roczna oszczęd. kosztów energii	Procent. oszczęd. zapotrzeb. na energię z uwzględn. spraw. ΔQ	Optymalna kwota kredytu i udziału własnego	Premia termomodernizacyjna		
						20% kredytu	16% kosztów	2x rocznej oszczęd.
						[zł]	[zł]	[zł]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	1+2+3	104 765,3	9 948,8	31,64	104 765,3 zł (100,00%) 0,0 zł (0,00%)	20 953,1	16 762,4	19 897,6
B	1+3	35 390,8	3 588,5	11,84	35 390,8 zł (100,00%) 0,0 zł (0,00%)	7 078,2	5 662,5	7 177,0
C	3	23 000,0	1 875,7	6,60	23 000,0 zł (100,00%) 0,0 zł (0,00%)	4 600,0	3 680,0	3 751,4

¹⁾ numery zoptymalizowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych pochodzą z tabeli 20. Numerem 4 oznaczono wariant poprawy sprawności systemu grzewczego. W nakładach uwzględniono również koszty opracowania audytu energetycznego oraz ewentualnego projektu (łącznie koszt ok. 4000 zł)

Zgodnie z Ustawą z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię uzyskane w wyniku realizacji wybranej kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych powinno wynosić co najmniej 25%. W przedmiotowym opracowaniu wyliczone oszczędności energii stanowią 31,64% - wymagania Ustawy są spełnione.

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

- ◆ Docieplenie ścian zewnętrznych klatki schodowej 15 cm warstwą styropianu w systemie BSO (1),
- ◆ Docieplenie ścian zewnętrznych frontowej i tylnej 14 cm warstwą styropianu w systemie BSO(2),
- ◆ montaż zaworów automatycznej regulacji podpionowej i montaż zaworów termostatycznych na grzejnikach (3).

Informacje dla Inwestora

- Oszczędność c.o. bez uwzględniania c.w.u. – 41,23%
- Stawka c.o. na 1m² powierzchni użytkowej po termomodernizacji – 1,68zł/m²

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

Roczna oszczędność energii

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

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

$$Q_{oco} = 388,5 \text{ [GJ/rok]}$$

$$Q_{oc1} = 249,8 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\eta_o = 0,79943$$

$$\eta_1 = 0,87467$$

$$w_d = 0,95$$

$$w_t = 1,00$$

$$Q_{ocw}, Q_{1cw} \text{ – obliczeniowa moc cieplna na przygotowanie c.w.u} = 140,0 \text{ [GJ/rok]}$$

$$\Delta Q = ((0,95 * 1,0 * 388,5 / 0,79943 + 140,0) - (0,95 * 1,0 * 249,8 / 0,87467 + 140,0)) * 100 / (0,95 * 1,00 * 388,5 / 0,79943 + 140,0)$$

$$\Delta Q = 31,64 \%$$

Roczna oszczędność kosztów ogrzewania i przygotowania ciepłej wody

(wg obliczeń uzyskanych dla sezonu standardowego):

$$Q_{oco} = 388,5 \text{ [GJ/rok]}$$

$$Q_{oc1} = 249,8 \text{ [GJ/rok]}$$

$$q_o = 48,9 \text{ [kW]} \text{ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu stand. (przed termomodernizacją)}$$

$$q_1 = 30,6 \text{ [kW]} \text{ – wartość uzyskana z obliczeń dla sezonu stand. (po termomodernizacji)}$$

$$O_z \text{ c.o.} = 47,23 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 4362,78 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

$$O_z \text{ cw.u.} = 34,0 \text{ [zł/GJ]}$$

$$O_m \text{ c.o.} = 1650,0 \text{ [zł/MW*m.-c]}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan istniejący

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

$$K_o = 1,00 * 0,95 * 388,5 / 0,79943 * 47,23 + 12 * 4362,78 * 0,0489 + 140,0 * 34,0 +$$

$$12 * 1650,0 * 0,014 + 12 * 0,0$$

$$K_o = 29\,402,2 \text{ zł}$$

Koszt ogrzewania i cwu – stan po termomodernizacji

$$K_1 = w_{do} * w_{to} * Q_{1co} / \eta_1 * O_z + 12 * O_m * q_{1m} + 12 * A_b + Q_{ocw} * O_{zcwu} + 12 * O_{mcwu} * q_{ocw} + 12 * A_b * c_{cwu}$$

$$K_1 = 1,00 * 0,95 * 249,8 / 0,87467 * 47,23 + 12 * 4362,78 * 0,0306 + 140,0 * 34,0 +$$

$$12 * 1650,0 * 0,014 + 12 * 0,0$$

$$K_1 = 19\,453,4 \text{ zł}$$

$$\Delta K = K_o - K_1 = 29\,402,2 \text{ zł} - 19\,453,4 \text{ zł} = 9\,948,8 \text{ zł}$$

8. ZAŁĄCZNIKI

- Załącznik I *Rysunki budowlane budynku mieszkalnego położonego przy ul. Długa 21 w Wałbrzychu,*
- Załącznik II *Wydruki danych i wyników obliczeń sezonowego zapotrzebowania ciepła oraz maksymalnej mocy cieplnej dla poszczególnych kombinacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych*

LITERATURA:

1. PN-EN-ISO-6946: „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń.”
2. PN-EN-12831:2006 Instalacje grzewcze w budynkach, Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
3. PN-ISO-9836: „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. – tekst jednolity: Dz.U. z 2002 r. Nr 75 poz. 690)
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego i części audytu remontowego.
8. Ustawa z dnia 21 listopada 2008 roku o wspieraniu termomodernizacji i remontów