

***Załącznik 1 do „Projektu założeń do planu
zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną
i paliwa gazowe gminy Pietrowice Wielkie”***

Pietrowice Wielkie, 2011 r.

Spis budynków

1. Budynek Zespołu Szkół w Pietrowicach Wielkich przy ul. Marii Konopnickiej 28 (1)	2
2. Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego w Krowiarkach przy ul. Szkolnej 19 (2)	15
3. Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego w Pawłowie przy ul. Pietrowickiej 16 (3) ...	28
4. Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego w Samborowicach przy ul. Szkolnej 1 (4) ..	41
5. Budynek Przedszkola w Pietrowicach Wielkich przy ul. Żymierskiego 11 (5)	54
6. Budynek Szkoły Podstawowej w Cyprzanowie przy ul. Szkolnej 1 (6)	67
7. Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego w Makowie przy ul. Szkolnej 1 (7)	77
8. Budynek Osp i Świetlicy w Makowie przy ul. Raciborskiej 40 (8)	87
9. Budynek OSP w Cyprzanowie przy ul. Janowskiej (9)	97
10. Budynek OSP w Krowiarkach przy ul. Wyzwolenia (10)	106
11. Budynek OSP w Pawłowie przy ul. Powstańców Śląskich (11)	116
12. Budynek OSP w Pietrowicach Wielkich przy ul. Nowej (12)	129
13. Budynek Ośrodka Zdrowia w Krowiarkach przy ul. Wyzwolenia 60 (13)	137
14. Budynek Ośrodka Zdrowia w Pietrowicach Wielkich przy ul. Janowskiej 15 (14)	147
15. Budynek Urzędu Gminy w Pietrowicach Wielkich przy ul. Szkolnej 5 (15)	160

**ZESPÓŁ SZKÓŁ W PIETROWICACH WIELKICH
PRZY UL. MARII KONOPNICKIEJ 28**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Zespołu Szkół znajduje się w Pietrowicach Wielkich przy ulicy M. Konopnickiej 28. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci gazowe, wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Zespół Szkół w Pietrowicach Wielkich to obiekt wolnostojący składający się z budynku głównego dydaktycznego, sali gimnastycznej połączonej łącznikiem oraz z dobudowanej w latach ubiegłych nowej hali sportowej wraz z budynkiem zaplecza. Budynek główny dydaktyczny jest trzy kondygnacyjny podpiwniczony. Obecny łącznik i sala gimnastyczna są parterowe nie podpiwniczone. Budynki w latach ubiegłych zostały poddane kompleksowej termoizolacji przegród zewnętrznych, gdzie ocieplono ściany zewnętrzne styropianem o grubości 12 cm, ocieplono stropodach w budynku głównym warstwą wełny mineralnej o grubości 16 cm, dach w części sali gimnastycznej i łącznika ocieplono wełną mineralną o grubości 18 cm oraz wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie PCV.

W latach ubiegłych dobudowano do istniejących zabudowań nową halę sportową wraz z budynkiem zaplecza połączonym z budynkiem głównym dydaktycznym. Całość kompleksu wybudowano według nowych standardów i norm energetycznych, gdzie do budowy ścian zewnętrznych zastosowano pustaki Porothersm o grubości 36 cm wraz z warstwą styropianu o grubości 10 cm. Dach nowych części został ocieplony wełną mineralną o grubości 20 cm. Stolarka okienna i drzwiowa została zamontowana w ramie z PCV szklona wkładem termicznym z szyby zespolonej.

Całość obiektu przedstawiono na poniższych zdjęciach

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowane budynki posiadają obecnie instalacje wewnętrzne gazu niskoprężnego, elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla wszystkich budynków odbywa się obecnie w kotłowni gazowej zlokalizowanej w pomieszczeniach obok istniejącej sali gimnastycznej. W kotłowni znajdują się dwa kotły gazowe o mocy po 170 kW każdy. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajdują się dwa pojemnościowe zasobniki cwu o pojemności po 500 dm³ każdy.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostacyjne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepło na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	172,95
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	74,12
Razem	247,07

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 343
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę30 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	54,02 kW
-----------------------------	-----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

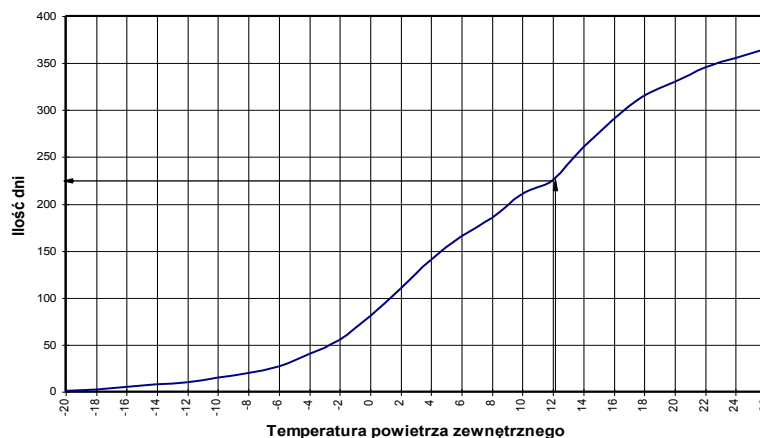
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
247,07	54,02	301,09

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła

w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$

- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,86
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby..... 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1729,46
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	2093,91
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło – brutto	1690,83

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody..... 343
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę30 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku..... T = 230 dni
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,86
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
- ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	1004,10 GJ/rok
-----------------------------	-----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
1690,83	1004,10	2694,93

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze wyglądu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku kompleksową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 32 sztuk o łącznej powierzchni 82,24 m² wraz z zasobnikami ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50% umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:
UPW określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
PRZYGOTOWANIA CWU**

			Stan obecny - budynek ocieplony, nowa instalacja CO, nowa kotłownia gazowa	Modernizacja Kolektory słoneczne
BUDYNKI ZESPOŁU SZKÓŁ W PIETROWICACH WIELKICH (1)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	q_{co}	kW	247,07	247,07
Zmniejszenie zapotrzebowania q _{co}		kW	0,0	0,0
		%	0,0%	0,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Q _{co}	GJ/a	1729,46	1729,46
- sprawność wytwarzania	n	%	86%	86%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q_{co}	GJ/a	2093,91	2093,91
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q_{co}	GJ/a	1690,83	1690,83
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	q_{cwu}	kW	54,02	54,02
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Q _{cwu}	GJ/a	447,31	447,31
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	86%	86%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Q_{cwu}	GJ/a	1004,10	863,99
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	82,24
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	164,48
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	191,26
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Q_{cwu}	GJ/a	1004,10	672,74
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	301,09	301,09
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	2176,76	2176,76
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	2694,93	2363,57
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	2694,93	2363,57

Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	331,36
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/tys. m ³	34,3	34,3
Zużycie roczne paliwa		tys. m ³ /rok	78,57	68,91
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/tys. m ³	1860,00	1860,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	146139,3	128170,4
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	146139,3	128170,4
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	146139,3	128170,4
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	17968,9
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	17968,9
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		246720,0
Nakłady łącznie	N	zł		246720,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,106	0,547	0,684
NPV	[zł]	26102	134856	168824
SPBT	[lata]	13,73	8,24	5,49

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji. Najkorzystniejszym jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepło na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	172,95
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	74,12
Razem	247,07

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 343
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę30 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	54,02 kW
-----------------------------	-----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	247,07	54,02	301,09

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,86
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1729,46
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	2093,91
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło – brutto	1690,83

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło znajdują się w załącznikach.

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 343
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 30 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku T = 230 dni
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,86
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
- ⇒ sprawność akumulacji 0,86

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cww} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	863,99 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 82,24 m²
- ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	191,26 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby ciepłe budynku [GJ/a]
RAZEM	1690,83	672,74	2363,57

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie gazu w stanie obecnym – łącznie – 78,57 tys. m³/a,*
- *szacunkowe roczne zużycie gazu w stanie projektowanym – łącznie – 68,91 tys. m³/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry gazu GZ-50 – stan obecny i projektowany

- *wartość opałowa gazu 34,3 GJ/tys. m³*
- Zawartość siarki w paliwie – 5 kg/E6m³*
- *wskaźnik unosu pyłu – 0,0145 kg/tys. m³,*

- wskaźnik unosu SO_2 – 0,0132 kg/tys. m^3 ,
- wskaźnik unosu NO_x – 1,9000 kg/tys. m^3 ,
- wskaźnik unosu CO – 0,3660 kg/tys. m^3 ,
- wskaźnik unosu CO_2 – 1964,0 kg/tys. m^3 .

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO_2	Mg/a	0,0010	0,0009	0,0001	12,29
NO_x	Mg/a	0,1493	0,1309	0,0184	12,29
CO	Mg/a	0,0288	0,0252	0,0035	12,29
CO_2	Mg/a	154,3115	135,3392	18,9722	12,29
Pył	Mg/a	0,0011	0,0010	0,0001	12,29

**ZESPÓŁ SZKOLNO PRZEDSZKOLNY W KROWIARKACH
PRZY UL. SZKOLNEJ 19**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego znajduje się w Krowiarkach przy ulicy Szkolnej 19. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego to obiekt wolnostojący składający się z budynku głównego i sali gimnastycznej połączonej łącznikiem. Budynek główny jest częściowo dwu i częściowo trzy kondygnacyjny podpiwniczony. Budynek w latach ubiegłych został poddany kompleksowej termoizolacji przegród zewnętrznych, gdzie ocieplono ściany zewnętrzne styropianem o grubości 12 i 14 cm, ocieplono stropodach w budynku warstwą wełny mineralnej o grubości 16 cm i wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie PCV.

Rysunek 1. Zdjęcie budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku głównego. W kotłowni znajdują się dwa kotły węglowe spalające ekogroszek o mocy po 100 kW każdy. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajdują się dwa pojemnościowe zasobniki cwu o pojemności po 150 dm³ każdy.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostaticzne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,

- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepło na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	59,60
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	32,06
Razem	91,66

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 79
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	16,59 kW
-----------------------------	-----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

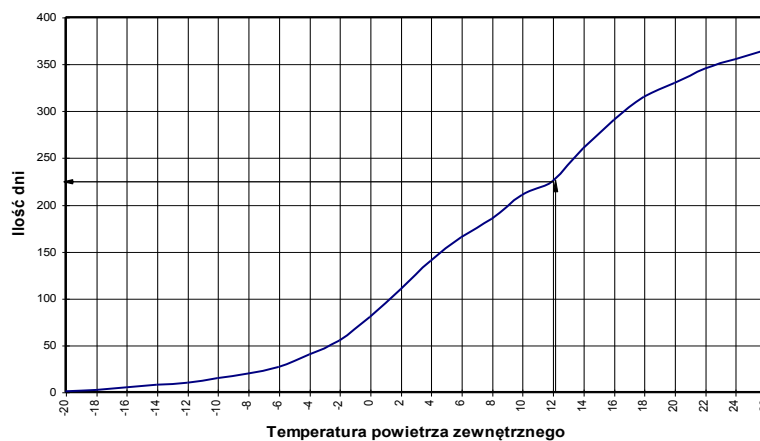
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
91,66	16,59	108,25

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,86
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00

- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
 ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
- Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	641,62
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	814,73
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	657,89

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 79
 ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
 ⇒ temperatura ciepłej wody $t_c = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
 ⇒ temperatura zimnej wody $t_z = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 ⇒ ciepło właściwe wody $c_w = 4,2\text{ kJ/kg K}$
 ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku $T = 230\text{ dni}$
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	323,39 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
657,89	323,39	981,29

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze wyglądu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku kompleksową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 14 sztuk o łącznej powierzchni 35,98 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPLACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca
następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta - przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
PRZYGOTOWANIA CWU**

			Stan obecny - budynek ocieplony, nowa instalacja CO, nowa kotłownia węglowa ekologiczna	Modernizacja Kolektory słoneczne
BUDYNEK ZESPOŁU SZKOLNO-PRZEDSZKOLNEGO W KROWIARKACH (2)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	91,66	91,66
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	0,0
		%	0,0%	0,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	641,62	641,62
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	814,73	814,73
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	657,89	657,89
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	16,59	16,59
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	137,37	137,37
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	82%	82%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Qcwu	GJ/a	323,39	278,27
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	35,98
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	71,96
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	87,76
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Qcwu	GJ/a	323,39	190,51
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	108,25	108,25

Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	778,99	778,99
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	981,29	848,41
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	981,29	848,41
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	132,88
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	36,34	31,42
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	32709,6	28280,2
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	32709,6	28280,2
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	32709,6	28280,2
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	4429,4
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	4429,4
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		107940,0
Nakłady łącznie	N	zł		107940,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,377	0,064	0,202
NPV	[zł]	-40686	6891	21752
SPBT	[lata]	24,37	14,62	9,71

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	59,60
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	32,06
Razem	91,66

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 79
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	16,59 kW
-----------------------------	-----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	91,66	16,59	108,25

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	641,62
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	814,73
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	657,89

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło znajdują się w załącznikach.

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 79
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę $40 \text{ dm}^3/\text{dobę}/\text{osobę}$
- ⇒ temperatura ciepłej wody $t_c = 55^{\circ}\text{C}$
- ⇒ temperatura zimnej wody $t_z = 10^{\circ}\text{C}$
- ⇒ ciepło właściwe wody $c_w = 4,2 \text{ kJ/kg K}$
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku $T = 230 \text{ dni}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
- ⇒ sprawność akumulacji 0,86

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	278,27 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 35,98 m²
- ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	87,76 GJ/rok
-----------------------------	---------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby ciepłe budynku [GJ/a]
RAZEM	323,39	190,51	190,51

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 36,34 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 31,42 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogroszek – stan obecny i projektowany

- *parametry węgla – 27/11/07*

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- *wskaźnik unosu pyłu – 1,5*Ar kg/Mg,*

- *wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.*

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,4070	0,3519	0,0551	13,54
NO _x	Mg/a	0,1454	0,1257	0,0197	13,54
CO	Mg/a	1,6353	1,4139	0,2214	13,54
CO ₂	Mg/a	72,6800	62,8400	9,8400	13,54
Pył	Mg/a	0,5996	0,5184	0,0812	13,54
B(α)P	kg/a	0,0145	0,0126	0,0020	13,54

**ZESPÓŁ SZKOLNO PRZEDSZKOLNY W PAWŁOWIE
PRZY UL. PIETROWICKIEJ 16**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego znajduje się w Pawłowie przy ulicy Pietrowickiej 16. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego to obiekt wolnostojący składający się z budynku głównego dydaktycznego i sali gimnastycznej połączonej łącznikiem. Budynek główny jest dwu kondygnacyjny częściowo podpiwniczony. Budynek w latach ubiegłych został poddany kompleksowej termoizolacji przegród zewnętrznych, gdzie ocieplono ściany zewnętrzne styropianem o grubości 12 i 14 cm, ocieplono stropodach w budynku warstwą granulatu ekofiber o grubości 20 cm i wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie PCV.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku głównego. W kotłowni znajdują się dwa kotły węglowe spalające ekogroszek o mocy po 100 kW każdy. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajdują się dwa pojemnościowe zasobniki cwu o pojemności po 150 dm³ każdy.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostatyczne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,

- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	103,74
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	44,46
Razem	148,20

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 128
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	26,88 kW
-----------------------------	-----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

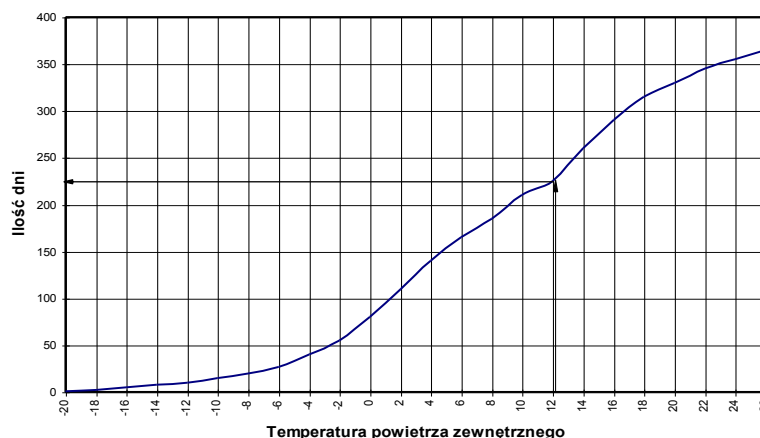
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
148,20	26,88	175,08

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła

w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82

- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1037,41
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1317,30
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1063,72

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 128
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody $t_c = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⇒ temperatura zimnej wody $t_z = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⇒ ciepło właściwe wody $c_w = 4,2\text{ kJ/kg K}$
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku $T = 230\text{ dni}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
- ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	523,98 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
1063,72	523,98	1587,70

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze wyglądu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku kompleksową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 16 sztuk o łącznej powierzchni 41,12 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPLACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:
UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %,

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
PRZYGOTOWANIA CWU**

			Stan obecny - budynek ocieplony, nowa instalacja CO, nowa kotłownia węglowa ekologiczna	Modernizacja Kolektory słoneczne
BUDYNEK ZESPOŁU SZKOLNO-PRZEDSZKOLNEGO W PAWŁOWIE (3)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	148,20	148,20
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	0,0
		%	0,0%	0,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	1037,41	1037,41
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	1317,30	1317,30
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	1063,72	1063,72
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	26,88	26,88
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	222,57	222,57
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	82%	82%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Qcwu	GJ/a	523,98	450,87
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	41,12
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	82,24
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	100,29
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Qcwu	GJ/a	523,98	350,58
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	175,08	175,08
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	1259,98	1259,98

Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	1587,70	1414,30
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	1587,70	1414,30
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	173,41
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	58,80	52,38
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	52923,4	47143,2
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	52923,4	47143,2
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	52923,4	47143,2
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	5780,2
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	5780,2
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		123360,0
Nakłady łączne	N	zł		123360,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,289	0,152	0,290
NPV	[zł]	-35599	18778	35762
SPBT	[lata]	21,34	12,81	8,54

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	103,74
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	44,46
Razem	148,20

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 128
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	26,88 kW
-----------------------------	-----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	148,20	26,88	175,08

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1037,41
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1317,30
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1063,72

Obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło znajdują się w załącznikach.

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 128
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku T = 230 dni
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
- ⇒ sprawność akumulacji 0,86

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	450,87 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 41,12 m²
- ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	100,29 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku
	[GJ/a]	[GJ/a]	[GJ/a]
RAZEM	1063,72	350,58	1414,30

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 58,80 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 52,38 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogroszek – stan obecny i projektowany

- *parametry węgla – 27/11/07*

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- *wskaźnik unosu pyłu – 1,5*Ar kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu SO₂ – 16*S kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO₂ – 2000 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu B(α)P – 0,0004 kg/kg.*

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,6586	0,5867	0,0719	10,92
NO _x	Mg/a	0,2352	0,2095	0,0257	10,92
CO	Mg/a	2,6460	2,3571	0,2889	10,92
CO ₂	Mg/a	117,6000	104,7600	12,8400	10,92
Pył	Mg/a	0,9702	0,8643	0,1059	10,92
<i>B(α)P</i>	kg/a	0,0235	0,0210	0,0026	10,92

**ZESPÓŁ SZKOLNO PRZEDSZKOLNY W SAMBOROWICACH
PRZY UL. SZKOLNEJ 1**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego znajduje się w Samborowicach przy ulicy Szkolnej 1. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego to obiekt wolnostojący składający się z budynku głównego dydaktycznego i sali gimnastycznej połączonej bezpośrednio do budynku Szkoły. Budynek główny jest dwu kondygnacyjny całkowicie podpiwniczony z poddaszem użytkowym. Budynek w latach ubiegłych został poddany częściowej termomodernizacji, gdzie wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie z PCV. Budynek Sali gimnastycznej został wybudowany w 1997 roku według standardów budynku energetycznego, gdzie przegrody budowlane posiadają odpowiednią izolacyjność termiczną.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni ekologicznej olejowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku głównego. W kotłowni znajdują się dwa kotły olejowe spalające olej opałowy o mocy po 140 kW każdy. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajdują się dwa pojemnościowe zasobniki cwu o pojemności po 200 dm³ każdy.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostaticzne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	150,54
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	50,18
Razem	200,72

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 61
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cww} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	12,81 kW
-----------------------------	-----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

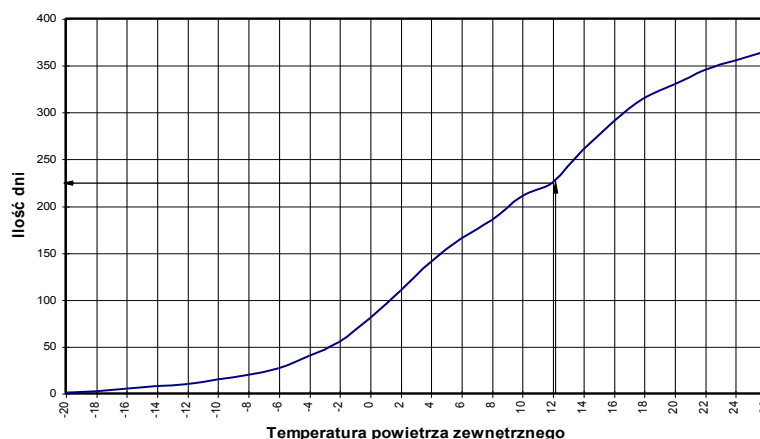
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
200,72	12,81	213,53

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,86
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00

- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
 ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
 Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1405,03
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1701,12
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1373,65

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 61
 ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
 ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
 ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
 ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
 ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku T = 230 dni
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,86
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	238,10 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
1373,65	238,10	1611,75

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze względu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku kompleksową wymianę stolarki okiennej i drzwiowej na nową w ramie z PCV w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 10 sztuk o łącznej powierzchni 25,7 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie,
- w celu dostosowania przegród budowlanych budynku Szkoły (budynek sali gimnastycznej jest ocieplony) do obowiązujących norm przewidziano ocieplenie ścian zewnętrznych styropianem o grubości 12 cm oraz ocieplenie stropu nad poddaszem użytkowym warstwą wełny mineralnej o grubości 18 cm.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia przegród budowlanych w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższych tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
 ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
 PRZYGOTOWANIA CWU I WYKONANIA TERMOIZOLACJI CIEPLNEJ PRZEGRÓD
 BUDOWLANYCH W BUDYNKU SZKOŁY**

			Stan obecny - budynek nieocieplony (sala gimnastyczna ocieplona), nowa instalacja CO, nowa kotłownia olejowa	Modernizacja Kolektory słoneczne + ocieplenie budynku Szkoły
BUDYNEK ZESPOŁU SZKOLNO PRZEDSZKOLNEGO W SAMBOROWICACH (4)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	200,72	149,69
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	51,0
		%	0,0%	25,4%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	1405,03	1047,82
- sprawność wytwarzania	n	%	86%	86%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	1701,12	1268,63
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	1373,65	1024,42
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	12,81	12,81
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	106,07	106,07
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	86%	86%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Qcwu	GJ/a	238,10	204,87
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	25,70
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	51,40

odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	59,77
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Q_{cwu}	GJ/a	238,10	145,11
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	213,53	162,50
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	1511,09	1153,88
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	1611,75	1169,52
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	1611,75	1169,52
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	442,22
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/m ³	36,6	36,6
Zużycie roczne paliwa		m ³ /rok	44,04	31,95
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/m ³	2800,00	2800,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	123303,0	89471,7
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	123303,0	89471,7
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	123303,0	89471,7
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	33831,3
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	33831,3
Nakłady na wykonanie ocieplenia budynku Szkoły	No	zł		370000,0
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		77100,0
Nakłady łącznie	N	zł		447100,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,149	0,590	0,727
NPV	[zł]	66560	263641	325197
SPBT	[lata]	13,21	7,93	5,28

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia przegród budowlanych w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	99,51
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	50,18
Razem	149,69

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 61
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	12,81 kW
-----------------------------	-----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	149,69	12,81	162,50

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,86
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1047,82
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1268,63
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1024,42

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 61
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K

⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku..... T = 230 dni
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,86
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,86
 Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	204,87 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 25,70 m²
 ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	59,77 GJ/rok
-----------------------------	---------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/a]
RAZEM	1024,42	145,11	1169,52

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie oleju opałowego w stanie obecnym – łącznie – 44,04 m³/a,*
- *roczne zużycie oleju opałowego w stanie projektowanym – łącznie – 31,95 m³/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry oleju opałowego – stan obecny i projektowany

- wartość opałowa oleju $36,6 \text{ GJ/m}^3$,
- Zawartość siarki – 0,3 %.

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki

- wskaźnik unosu pyłu – $1,8 \text{ kg/m}^3$,
- wskaźnik unosu SO_2 – $19 \cdot S \text{ kg/m}^3$,
- wskaźnik unosu NO_x – 5 kg/m^3 ,
- wskaźnik unosu CO – $0,6 \text{ kg/m}^3$,
- wskaźnik unosu CO_2 – 1650 kg/m^3 .

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO_2	Mg/a	0,2510	0,1821	0,0689	27,45
NO_x	Mg/a	0,2202	0,1598	0,0605	27,45
CO	Mg/a	0,0264	0,0192	0,0073	27,45
CO_2	Mg/a	72,6660	52,7175	19,9485	27,45
Pył	Mg/a	0,0793	0,0575	0,0218	27,45

**PRZEDSZKOLE W PIETROWICACH WIELKICH
PRZY UL. ŻYMIERSKIEGO 11**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Przedszkola znajduje się w Pietrowicach Wielkich przy ulicy Żymierskiego 11. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Przedszkola to obiekt wolnostojący, dwu kondygnacyjny częściowo podpiwniczony. W budynku oprócz pomieszczeń Przedszkola na parterze mieszczą się pomieszczenia DPS. Budynek w latach ubiegłych został poddany częściowej termoizolacji przegród zewnętrznych, gdzie ocieplono stropodach granulatem ekofiber o grubości 20 cm i wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie PCV.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajdują się dwa kotły węglowe spalające ekogroszek o mocy po 75 kW każdy. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajdują się dwa pojemnościowe zasobniki cwu o pojemności po 150 dm³ każdy.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostaticzne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanej od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	83,96
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	27,99
Razem	111,95

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 92
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{srh}^{cwtu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	19,32 kW
-----------------------------	-----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

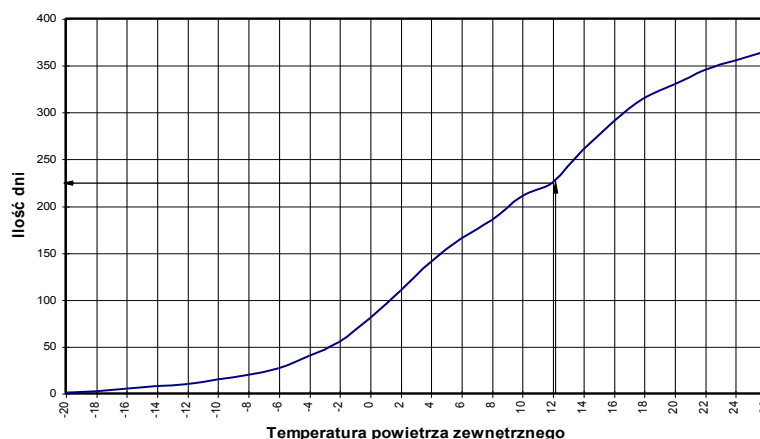
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
111,95	19,32	131,27

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00

- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
 ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
- Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	783,67
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	995,10
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	803,54

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 92
 ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
 ⇒ temperatura ciepłej wody $t_c = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
 ⇒ temperatura zimnej wody $t_z = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 ⇒ ciepło właściwe wody $c_w = 4,2\text{ kJ/kg K}$
 ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku $T = 230\text{ dni}$
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	376,61 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Summaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Summaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Summaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
803,54	376,61	1180,15

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze wyglądu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku częściową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 14 sztuk o łącznej powierzchni 35,98 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie,
- w celu dostosowania przegród budowlanych budynku do obowiązujących norm przewidziano ocieplenie ścian zewnętrznych styropianem o grubości 12 cm. Stropodach jest już obecnie ocieplony.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia ścian zewnętrznych w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuję finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuję finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuję finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
 ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
 PRZYGOTOWANIA CWU ORAZ TERMOIZOLACJI CIEPLNEJ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH W
 BUDYNKU**

			Stan obecny - ocieplony stropodach, nowa instalacja CO, nowa kotłownia węglowa ekologiczna	Modernizacja Kolektory słoneczne + ocieplenie ścian zewnątrznych
BUDYNEK PRZEDSZKOŁA W PIETROWICACH WIELKICH (5)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	111,95	73,01
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	38,9
		%	0,0%	34,8%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	783,67	511,09
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	995,10	648,98
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	803,54	524,05
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	19,32	19,32
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	159,97	159,97
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	82%	82%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Qcwu	GJ/a	376,61	324,06
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	35,98
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	71,96

odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	87,76
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Q_{cwu}	GJ/a	376,61	236,31
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	131,27	92,33
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	943,64	671,06
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	1180,15	760,35
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	1180,15	760,35
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	419,80
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	43,71	28,16
Koszt jednostkowy paliwa	K _{jp}	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	K _p	zł/rok	39338,4	25345,1
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	39338,4	25345,1
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	K_c	zł/rok	39338,4	25345,1
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	13993,3
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	13993,3
Nakłady na wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych	No	zł		184000,0
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		107940,0
Nakłady łącznie	N	zł		291940,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,272	0,169	0,306
NPV	[zł]	-79480	49207	89401
SPBT	[lata]	20,86	12,52	8,34

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia ścian zewnętrznych w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	45,02
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	27,99
Razem	73,01

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 92
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{srh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	19,32 kW
-----------------------------	-----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	73,01	19,32	92,33

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	511,09
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	648,98
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	524,05

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej

po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 92
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wodyc_w = 4,2 kJ/kg K

⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku..... T = 230 dni
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,86
 Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowe wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	324,06 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 35,98 m²
 ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	87,76 GJ/rok
-----------------------------	---------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/a]
RAZEM	524,05	236,31	760,36

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 43,71 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 28,16 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogoszek – stan obecny i projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,4896	0,3154	0,1742	35,58
NO _x	Mg/a	0,1748	0,1126	0,0622	35,58
CO	Mg/a	1,9670	1,2672	0,6998	35,58
CO ₂	Mg/a	87,4200	56,3200	31,1000	35,58
Pył	Mg/a	0,7212	0,4646	0,2566	35,58
B(α)P	kg/a	0,0175	0,0113	0,0062	35,58

**SZKOŁA PODSTAWOWA W CYPRZANOWIE
PRZY UL. SZKOLNEJ 1**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Szkoły Podstawowej znajduje się w Cyprzanowie przy ulicy Szkolnej 1. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Szkoły to obiekt wolnostojący dwu kondygnacyjny całkowicie podpiwniczony z poddaszem użytkowym. Budynek jest wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest czterospadzisty kryty dachówką. Stalarka okienna i drzwiowa jest w większości wymieniona na nową w ramie z PCV.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w starej kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy o mocy 45 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałązkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	29,81
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	12,78
Razem	42,59

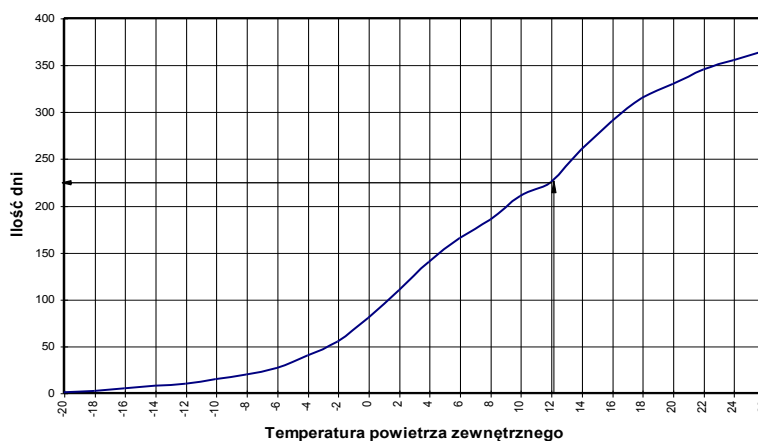
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego.



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu ogrzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,55
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	298,12
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	830,70
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	789,16

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w zamian obecnej kotłowni węglowej nowej kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w jednym z pomieszczeń piwnicznych budynku. W ramach produkcji ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania pomieszczeń zostanie zamontowany jeden kocioł typu EKO-PLUS 25 firmy HEF z Lublińca o mocy 25 kW. W kotłowni zamontowana zostanie kompletna automatyka pogodowa i regulacyjna sterująca wszystkimi układami ciepłowniczymi w budynku.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja

centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenie stropu nad poddaszem użytkowym i skosów dachu w pomieszczeniach na poddaszu użytkowym warstwą wełny mineralnej o grubości optymalnej 18 cm,
- wykonanie wymiany pozostałych okien na nowe w ramie z PCV.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %,

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU**

			Stan obecny - stara kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony	Modernizacja Nowa kotłownia węglowa + nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK SZKOŁY W CYPRZANOWIE (6)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	42,59	24,57
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	18,0
		%	0,0%	42,3%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	298,12	171,99
- sprawność wytwarzania	n	%	55%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	830,70	218,39
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	789,16	176,35
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	42,59	24,57
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	298,12	171,99
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	789,16	176,35
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	789,16	176,35
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	612,81
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	23,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	34,31	6,53
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	700,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	24017,9	5878,4
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	24017,9	5878,4
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	24017,9	5878,4
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	18139,6
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	18139,6
Nakłady na zabudowę kotłowni węglowej na ekogroszek	Nk	zł		32000,0
Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO		zł		38000,0
Nakłady na ocieplenie		zł		190000,0
Nakłady łącznie	N	zł		260000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,059	0,500	0,638
NPV	[zł]	15412	130020	165817
SPBT	[lata]	14,33	8,60	5,73

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	11,79
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	12,78
Razem	24,57

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98

⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby..... 0,95
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
 Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	171,99
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	218,39
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	176,35

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 34,31 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 6,53 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla – stan obecny

- parametry węgla – 23/14/08

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $3 \cdot Ar$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $17 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2200 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Parametry węgla ekogroszek – stan projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot Ar$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,4666	0,0731	0,3935	84,33
NO _x	Mg/a	0,1372	0,0261	0,1111	80,97
CO	Mg/a	1,5440	0,2939	1,2501	80,97
CO ₂	Mg/a	75,4820	13,0600	62,4220	82,70
Pył	Mg/a	1,4410	0,1077	1,3333	92,52
B(α)P	kg/a	0,0137	0,0026	0,0111	80,97

**ZESPÓŁ SZKOLNO PRZEDSZKOLNY W MAKOWIE
PRZY UL. SZKOLNEJ 1**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Zespołu Szkolno Przedszkolnego znajduje się w Makowie przy ulicy Szkolnej 1. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Szkoły to obiekt wolnostojący dwu kondygnacyjny całkowicie podpiwniczony. W latach ubiegłych, w 1999 r. wybudowano salę gimnastyczną połączoną z budynkiem łącznikiem. Nowy obiekt został wykonany tak, aby spełniać standardy budynku niskoenergetycznego. Budynek Szkoły jest wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest płaski kryty papą. Stolarka okienna i drzwiowa jest wymieniona na nową w ramie z PCV.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w starej kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy o mocy 75 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	52,07
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	22,32
Razem	74,39

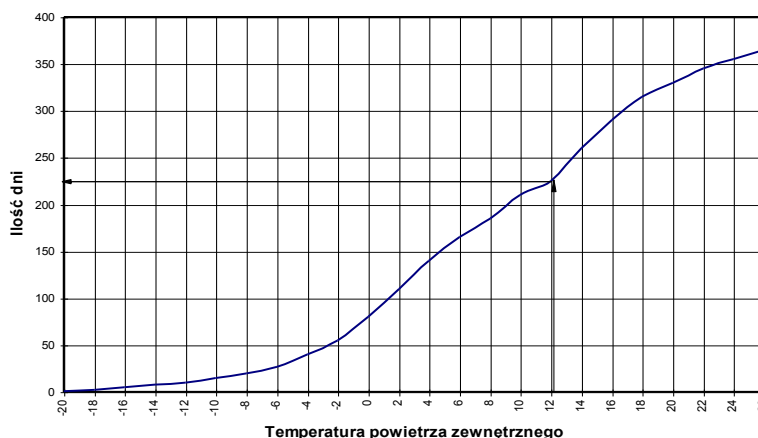
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,55
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	520,70
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1450,91
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1378,36

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w zamian obecnej kotłowni węglowej nowej kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w jednym z pomieszczeń piwnicznych budynku. W ramach produkcji ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania pomieszczeń zostanie zamontowany jeden kocioł typu EKO-PLUS 55 firmy HEF z Lublińca o mocy 55 kW. W kotłowni zamontowana zostanie kompletna automatyka pogodowa i regulacyjna sterująca wszystkimi układami ciepłowniczymi w budynku.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy

każdym grzejniku zostanie zamontowany termostaticzny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostaticzna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenie stropodachu wentylowanego metodą wdmuchania granulatu wełny mineralnej o grubości optymalnej 18 cm.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU**

			Stan obecny - stara kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony	Modernizacja Nowa kotłownia węglowa + nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK ZESPOŁU SZKOLNO PRZEDSZKOLENGO W MAKOWIE (7)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	74,39	53,33
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	21,1
		%	0,0%	28,3%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	520,70	373,28
- sprawność wytwarzania	n	%	55%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	1450,91	473,98
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Qco	GJ/a	1378,36	382,74
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	74,39	53,33
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	520,70	373,28
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	1378,36	382,74
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	1378,36	382,74
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	995,62
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	23,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	59,93	14,18
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	700,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	41950,2	12758,0
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	41950,2	12758,0
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	41950,2	12758,0
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	29192,2
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	29192,2
Nakłady na zabudowę kotłowni węglowej na ekogroszek	Nk	zł		64000,0
Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO		zł		80000,0
Nakłady na ocieplenie		zł		180000,0
Nakłady łącznie	N	zł		324000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,368	0,809	0,946
NPV	[zł]	119224	262042	306651
SPBT	[lata]	11,10	6,66	4,44

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	31,01
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	22,32
Razem	53,33

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95

⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
 Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	373,28
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	473,98
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	382,74

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 59,93 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 14,18 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla – stan obecny

- parametry węgla – 23/14/08

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $3 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $17 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2200 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Parametry węgla ekogroszek – stan projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,8150	0,1588	0,6562	80,51
NO _x	Mg/a	0,2397	0,0567	0,1830	76,34
CO	Mg/a	2,6969	0,6381	2,0588	76,34
CO ₂	Mg/a	131,8460	28,3600	103,4860	78,49
Pył	Mg/a	2,5171	0,2340	2,2831	90,70
B(α)P	kg/a	0,0240	0,0057	0,0183	76,34

**OSP I ŚWIETLICA W MAKOWIE
PRZY UL. RACIBORSKIEJ 40**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ochotniczej Straży Pożarnej i świetlicy znajduje się w Makowie przy ulicy Raciborskiej 40. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Analizowany obiekt składa się z budynku wolnostojącego o dwóch kondygnacjach całkowicie podpiwniczony. Do budynku przylega od strony tylnej budynek świetlicy. Jest to budynek jednokondygnacyjny nie podpiwniczony. Budynki są wybudowane w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest czterospadowy kryty gontem. Natomiast w budynku świetlicy jest płaski kryty papą. Stolarka w budynku świetlicy jest wymieniona na nową w ramie z PCV, natomiast w budynku głównym jest stara drewniana skrzynkowa.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w starej kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy o mocy 38 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałęzkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanej od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	25,42
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	10,38
Razem	35,80

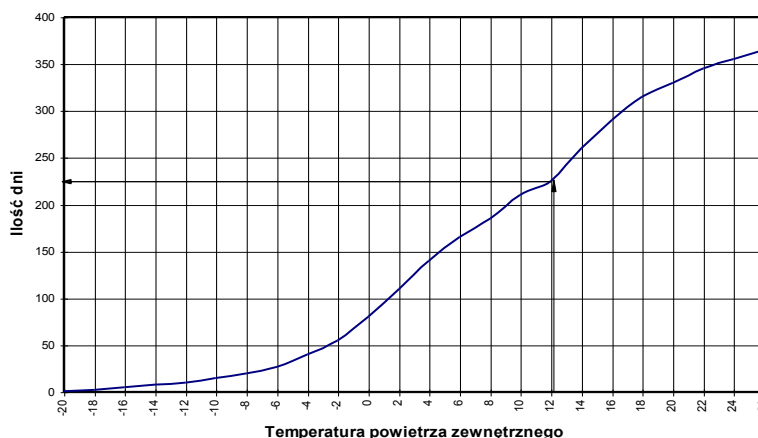
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,55
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	250,60
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	698,29
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	663,38

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w zamian obecnej kotłowni węglowej nowej kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w jednym z pomieszczeń piwnicznych budynku. W ramach produkcji ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania pomieszczeń zostanie zamontowany jeden kocioł typu EKO-PLUS 25 firmy HEF z Lublińca o mocy 25 kW. W kotłowni zamontowana zostanie kompletna automatyka pogodowa i regulacyjna sterująca wszystkimi układami ciepłowniczymi w budynku.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy

każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenia w budynku głównym stropu nad ostatnią kondygnacją i skosów dachu na poddaszu warstwą wełny mineralnej o grubości optymalnej 18 cm i wykonanie ocieplenia stropu na poddaszu w świetlicy warstwą wełny mineralnej o grubości 18 cm,
- wykonanie wymiany w budynku głównym stolarki okiennej i drzwiowej na nową w ramie PCV.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU**

			Stan obecny - stara kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony	Modernizacja Nowa kotłownia węglowa + nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK OSP I ŚWIETLICY W MAKOWIE (8)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	35,80	21,48
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	14,3
		%	0,0%	40,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	250,60	150,36
- sprawność wytwarzania	n	%	55%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	698,29	190,93
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Qco	GJ/a	663,38	154,17
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	35,80	21,48
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	250,60	150,36
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	663,38	154,17
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	663,38	154,17
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	509,21
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	23,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	28,84	5,71
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	700,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	20189,8	5139,1
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	20189,8	5139,1
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	20189,8	5139,1
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	15050,7
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	15050,7
Nakłady na zabudowę kotłowni węglowej na ekogroszek	Nk	zł		26000,0
Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO		zł		33000,0
Nakłady na ocieplenie		zł		120000,0
Nakłady łącznie	N	zł		179000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,277	0,717	0,855
NPV	[zł]	49514	128417	153062
SPBT	[lata]	11,89	7,14	4,76

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji.

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	11,10
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	10,38
Razem	21,48

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95

⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	150,36
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	190,93
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	154,17

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 28,84 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 5,71 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla – stan obecny

- parametry węgla – 23/14/08

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $3 \cdot A_r$ [kg/Mg]
- wskaźnik unosu SO_2 – $17 \cdot S$ [kg/Mg]
- wskaźnik unosu NO_x – 4 [kg/Mg]
- wskaźnik unosu CO – 45 [kg/Mg]
- wskaźnik unosu CO_2 – 2200 [kg/Mg]
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 [kg/kg]

Parametry węgla ekogroszek – stan projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,3922	0,0640	0,3283	83,70
NO _x	Mg/a	0,1154	0,0228	0,0925	80,20
CO	Mg/a	1,2978	0,2570	1,0409	80,20
CO ₂	Mg/a	63,4480	11,4200	52,0280	82,00
Pył	Mg/a	1,2113	0,0942	1,1171	92,22
B(α)P	kg/a	0,0115	0,0023	0,0093	80,20

**OSP W CYPRZANOWIE
PRZY UL. JANOWSKIEJ**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ochotniczej Straży Pożarnej znajduje się w Cyprzanowie przy ulicy Janowskiej. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Analizowany budek jest wolnostojący o dwóch kondygnacjach, nie podpiwniczony. Budynek jest wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest dwuspadowy blachodachówką. W latach ubiegłych ocieplono strop nad ostatnią kondygnacją 20 cm warstwą wełny mineralnej. Stolarka okienna w budynku jest wymieniona na nową w ramie z PCV, natomiast bramy zewnętrzne garażowe są stare stalowe.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w nowej kotłowni węglowej ekologicznej spalającej ekogroszek znajdującej się w pomieszczeniu wewnątrz budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy ekologiczny o mocy 25 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostatyczne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,

- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	17,04
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	6,96
Razem	24,00

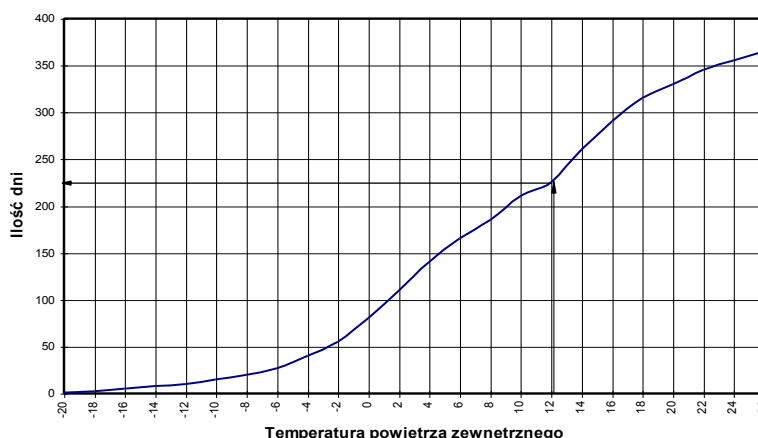
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	168,00
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	213,33
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	172,26

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach dalszych prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w całym budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie wymiany w budynku bram zewnętrznych na nowe segmentowe ocieplone.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU OCIEPLENIA ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH W BUDYNKU

			Stan obecny - nowa kotłownia węglowa, nowa instalacja CO, budynek ocieplony bez ścian zewnętrznych	Modernizacja Ocieplenie ścian zewnętrznych w budynku
BUDYNEK OSP W CYPRZANOWIE (9)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	24,00	14,40
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	9,6
		%	0,0%	40,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	168,00	100,80
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesylu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	213,33	128,00
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w	Q	GJ/a	95%	95%

ciągu doby				
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q_{co}	GJ/a	172,26	103,36
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	24,00	14,40
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	168,00	100,80
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	172,26	103,36
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	172,26	103,36
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	68,90
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	6,38	3,83
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	5742,0	3445,2
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	5742,0	3445,2
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	5742,0	3445,2
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	2296,8
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	2296,8
Nakłady na ocieplenie ścian zewnętrznych	No	zł		48000,0
Nakłady łącznie	N	zł		48000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,273	0,167	0,305
NPV	[zł]	-13128	8031	14639
SPBT	[lata]	20,90	12,54	8,36

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	7,44
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	6,96
Razem	14,40

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	100,80
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	128,00
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	103,36

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 6,38 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 3,83 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogroszek – stan obecny i projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,0715	0,0429	0,0286	39,97
NO _x	Mg/a	0,0255	0,0153	0,0102	39,97
CO	Mg/a	0,2871	0,1724	0,1148	39,97
CO ₂	Mg/a	12,7600	7,6600	5,1000	39,97
Pył	Mg/a	0,1053	0,0632	0,0421	39,97
B(α)P	kg/a	0,0026	0,0015	0,0010	39,97

**OSP W KROWIARKACH
PRZY UL. WYZWOLENIA**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ochotniczej Straży Pożarnej znajduje się w Krowiarkach przy ulicy Wyzwolenia. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Analizowany budynek jest wolnostojący o dwóch kondygnacjach nie podpiwniczony. Budynek jest wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest płaski kryty papą. Stolarka okienna w budynku jest wymieniona na nową w ramie z PCV, natomiast bramy zewnętrzne garażowej i drzwi zewnętrzne są stare stalowe.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w starej kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach wewnątrz budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy o mocy 50 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałązkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

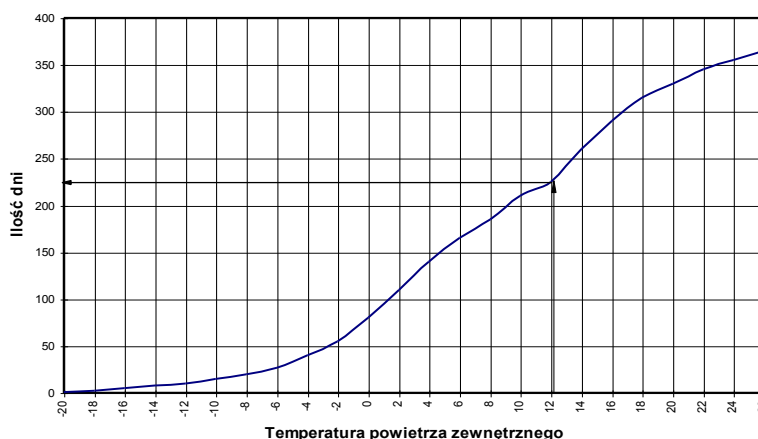
Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	32,40
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	12,60
Razem	45,00

2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,55
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby..... 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	315,00
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	877,74
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	833,86

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w zamian obecnej kotłowni węglowej nowej kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w jednym z pomieszczeń piwnicznych budynku. W ramach produkcji ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania pomieszczeń zostanie zamontowany jeden kocioł typu EKO-PLUS 30 firmy HEF z Lublińca o mocy 30 kW. W kotłowni zamontowana zostanie kompletna automatyka pogodowa i regulacyjna sterująca wszystkimi układami ciepłowniczymi w budynku.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Kompakt firmy Purmo. Przy każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.
- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenia w budynku dachu od zewnątrz warstwą styropapy o grubości 16 cm,
- wykonanie wymiany w budynku drzwi zewnętrznych na nowe w ramie PCV i bram garażowych na nowe segmentowe ocieplone.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:
UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższych tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU

			Stan obecny - stara kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony	Modernizacja Nowa kotłownia węglowa + nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK OSP W KROWIARKACH (10)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	45,00	27,00
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	18,0
		%	0,0%	40,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	315,00	189,00
- sprawność wytwarzania	n	%	55%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	877,74	239,99
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	833,86	193,79
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	45,00	27,00
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	315,00	189,00
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	833,86	193,79
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	833,86	193,79
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	640,06
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	23,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	36,25	7,18
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	700,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	25378,2	6459,8
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	25378,2	6459,8
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	25378,2	6459,8
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	18918,4
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	18918,4
Nakłady na zabudowę kotłowni węglowej na ekogroszek	Nk	zł		33000,0

Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO	Nco	zł		42000,0
Nakłady na ocieplenie	No	zł		140000,0
Nakłady łącznie	N	zł		215000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,336	0,777	0,914
NPV	[zł]	72238	167010	196611
SPBT	[lata]	11,37	6,82	4,55

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji.

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	14,40
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	12,60
Razem	27,00

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	189,00
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	239,99
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	193,79

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 36,25 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 7,18 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla – stan obecny

- parametry węgla – 23/14/08

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – 3*Ar kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO₂ – 17*S kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO₂ – 2200 kg/Mg,
- wskaźnik unosu B(α)P – 0,0004 kg/kg.

Parametry węgla ekogroszek – stan projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,4931	0,0804	0,4127	83,70
NO _x	Mg/a	0,1450	0,0287	0,1163	80,20
CO	Mg/a	1,6315	0,3230	1,3085	80,20
CO ₂	Mg/a	79,7601	14,3550	65,4051	82,00
Pył	Mg/a	1,5227	0,1184	1,4043	92,22
B(α)P	kg/a	0,0145	0,0029	0,0116	80,20

**OSP W PAWŁOWIE
PRZY UL. POWSTAŃCÓW ŚLĄSKICH**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ochotniczej Straży Pożarnej znajduje się w Pawłowie przy ulicy Powstańców Śląskich. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek OSP to obiekt wolnostojący, dwu kondygnacyjny nie podpiwniczony. Budynek został wykonany w technologii tradycyjnej murowanej, gdzie ściany zewnętrzne zostały wymurowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest czterospadowy o małym kącie nachylenia, kryty papą. Stolarka okienna jest wymieniona na nową w ramie z PCV. Brama garażowa jest stara drewniana.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy spalający ekogroszek o mocy 25kW. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajduje się pojemnościowy zasobnik cwu o pojemności 200 dm³.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostaticzne zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	17,05
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	6,97
Razem	24,02

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 20
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	4,20 kW
-----------------------------	----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

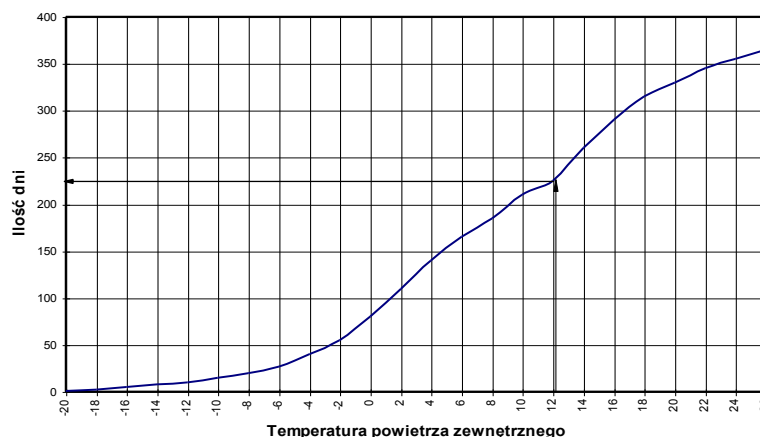
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
24,02	4,20	28,22

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00

- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
 ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
- Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	168,17
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	213,54
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	172,43

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 20
 ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
 ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
 ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
 ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
 ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku T = 365 dni
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	129,93 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
172,43	129,93	302,36

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze względu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku częściową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 4 sztuk o łącznej powierzchni 10,28 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie.
- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w całym budynku styropianem o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenia dachu od zewnątrz warstwa styropapy o grubości optymalnej 16 cm,
- wykonanie wymiany obecnej bramy garażowej na nową segmentową ocieploną.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia przegród zewnętrznych w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale

pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
 ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA
 PRZYGOTOWANIA CWU ORAZ TERMOIZOLACJI CIEPLNEJ PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH
 W BUDYNKU**

			Stan obecny - ocieplony stropodach, nowa instalacja CO, nowa kotłownia węglowa ekologiczna	Modernizacja Kolektory słoneczne + ocieplenie ścian zewnątrznych + ocieplenie dachu
BUDYNEK OSP W PAWŁOWIE (11)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	24,02	15,02
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	9,0
		%	0,0%	37,5%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	168,17	105,11
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	213,54	133,46
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	172,43	107,77
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	4,20	4,20
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	55,19	55,19
- sprawność wytwarzania CWU	n	%	82%	82%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%

- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Q_{cwu}	GJ/a	129,93	111,80
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	10,28
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	20,56
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	25,07
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Q_{cwu}	GJ/a	129,93	86,72
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	28,22	19,22
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	223,36	160,29
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	302,36	194,50
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	302,36	194,50
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	107,86
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	11,20	7,20
Koszt jednostkowy paliwa	K _{jp}	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	K _p	zł/rok	10078,7	6483,2
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	10078,7	6483,2
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	K_c	zł/rok	10078,7	6483,2
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	3595,5
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	3595,5
Nakłady na wykonanie ocieplenia budynku	No	zł		61000,0
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		25700,0
Nakłady łączne	N	zł		86700,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,370	0,070	0,208
NPV	[zł]	-32110	6108	18044
SPBT	[lata]	24,11	14,47	9,65

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i ocieplenia przegród zewnętrznych w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	8,05
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	6,97
Razem	15,02

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 20
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	4,20 kW
-----------------------------	----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	15,02	4,20	19,22

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	105,11
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	133,46
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło – brutto	107,77

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 20
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody $t_c = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⇒ temperatura zimnej wody $t_z = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⇒ ciepło właściwe wody $c_w = 4,2\text{ kJ/kg K}$
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku $T = 365\text{ dni}$

- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,86

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	111,80 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 10,28 m²
 ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	25,07 GJ/rok
-----------------------------	---------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/a]
RAZEM	107,77	86,72	194,50

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie obecnym – łącznie – 11,20 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 7,20 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogoszek – stan obecny i projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,1254	0,0806	0,0448	35,71
NO _x	Mg/a	0,0448	0,0288	0,0160	35,71
CO	Mg/a	0,5040	0,3240	0,1800	35,71
CO ₂	Mg/a	22,4000	14,4000	8,0000	35,71
Pył	Mg/a	0,1848	0,1188	0,0660	35,71
B(α)P	kg/a	0,0045	0,0029	0,0016	35,71

**OSP W PIETROWICACH WIELKICH
PRZY UL. NOWEJ**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ochotniczej Straży Pożarnej znajduje się w Pietrowicach Wielkich przy ulicy Nowej. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Analizowany budynek jest wolnostojący o dwóch kondygnacjach, nie podpiwniczony. Budynek jest wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest dwu spadowy o małym kącie nachylenia, kryty dachówką. Stolarka okienna w budynku jest stara w ramie drewnianej ze szklaną szybą pojedynczą, natomiast bramy zewnętrzne garażowej i drzwi zewnętrzne są wymienione na nowe ocieplone. Dodatkowo w latach ubiegłych został ocieplony strop nad ostatnią kondygnacją warstwą wełny mineralnej o grubości 20 cm.

Rysunek 1. Zdjęcie budynku



1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w nowej kotłowni węglowej ekologicznej spalającej ekogroszek znajdującej się w pomieszczeniach wewnątrz budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy ekologiczny o mocy 75 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

W ramach działań termomodernizacyjnych w obiekcie w latach ubiegłych wymieniono kompleksowo instalację centralnego ogrzewania na nową. Ogrzewanie pomieszczeń realizowane jest przy pomocy grzejników stalowych płytowych z konwektorem. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 90/70°C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W ramach regulacji temperatury w poszczególnych pomieszczeniach przy każdym grzejniku zabudowane są termostatische zawory grzejnikowe wraz z głowicami.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	48,60
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	18,90
Razem	67,50

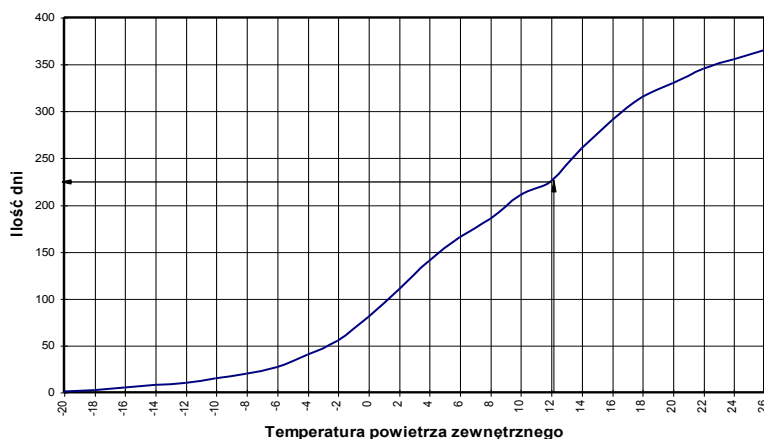
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	472,50
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	599,98
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	484,48

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie wymiany w budynku okien zewnętrznych na nowe w ramie PCV.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU**

			Stan obecny - nowa kotłownia węglowa, nowa instalacja CO, poddasze ocieplone	Modernizacja ocieplenie ścian zewnętrznych + nowe okna
BUDYNEK OSP W PIETROWICACH WIELKICH (12)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	67,50	40,50
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	27,0
		%	0,0%	40,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	472,50	283,50
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	98%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	98%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	599,98	359,99
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	85%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	95%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Q co	GJ/a	484,48	290,69
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	67,50	40,50
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	472,50	283,50
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	484,48	290,69
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	484,48	290,69
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	193,79
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	17,94	10,77
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	16149,4	9689,7
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	16149,4	9689,7
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	16149,4	9689,7
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	6459,8
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	6459,8
Nakłady na ocieplenie	No	zł		165000,0
Nakłady łącznie	N	zł		165000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	-0,406	0,035	0,173
NPV	[zł]	-66921	5810	28528
SPBT	[lata]	25,54	15,32	10,22

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	21,60
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	18,90
Razem	40,50

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95

⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	283,50
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	359,99
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	290,69

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie obecnym – łącznie – 17,94 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 10,77 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogroszek – stan obecny i projektowany

- *parametry węgla – 27/11/07*

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- *wskaźnik unosu pyłu – 1,5*Ar kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu SO₂ – 16*S kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO₂ – 2000 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu B(α)P – 0,0004 kg/kg.*

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,2009	0,1206	0,0803	39,97
NO _x	Mg/a	0,0718	0,0431	0,0287	39,97
CO	Mg/a	0,8073	0,4847	0,3227	39,97
CO ₂	Mg/a	35,8800	21,5400	14,3400	39,97
Pył	Mg/a	0,2960	0,1777	0,1183	39,97
B(α)P	kg/a	0,0072	0,0043	0,0029	39,97

**OŚRODEK ZDROWIA W KROWIARKACH
PRZY UL. WYZWOLENIA 60**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ośrodka Zdrowia znajduje się w Krowiarkach przy ulicy Wyzwolenia 60. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Ośrodka Zdrowia to obiekt wolnostojący dwu kondygnacyjny całkowicie podpiwniczony. Jest on wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest dwu spadzisty kryty blachą trapezową. Stolarka okienna i drzwiowa jest wymieniona na nową w ramie z PCV. Do budynku od strony podwórza przylegają pomieszczenia garażowe.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w starej kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy o mocy 40 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozproszdzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałązkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	26,44
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	8,81
Razem	35,25

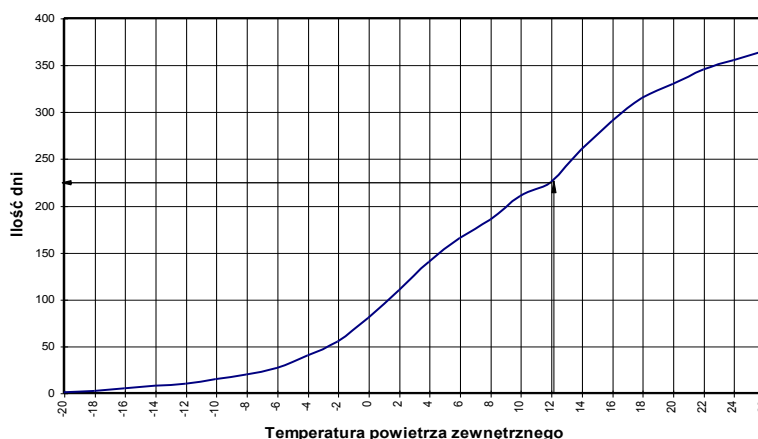
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżen z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,55
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	246,79
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	687,68
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło – brutto	653,30

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w zamian obecnej kotłowni węglowej nowej kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w jednym z pomieszczeń piwnicznych budynku. W ramach produkcji ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania pomieszczeń zostanie zamontowany jeden kocioł typu EKO-PLUS 20 firmy HEF z Lublińca o mocy 20 kW. W kotłowni zamontowana zostanie kompletna automatyka pogodowa i regulacyjna sterująca wszystkimi układami ciepłowniczymi w budynku.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja

centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.

- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,
- wykonanie ocieplenia stropu na poddaszu budynku metodą wyłożenia na stropie mat z wełny mineralnej o grubości optymalnej 18 cm.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III - ujmuje finansowanie przy 40% dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji**OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU
KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU**

			Stan obecny - stara kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony	Modernizacja Nowa kotłownia węglowa + nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK OŚRODKA ZDROWIA W KROWIARKACH (13)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	35,26	18,98
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	16,3
		%	0,0%	46,2%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	246,79	132,89
- sprawność wytwarzania	n	%	55%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	687,68	168,74
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	Qco	GJ/a	653,30	136,26
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	Q	kW	35,26	18,98
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	246,79	132,89
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	653,30	136,26
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	653,30	136,26
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	517,04
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	23,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	28,40	5,05
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	700,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	19883,0	4541,9
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	19883,0	4541,9
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	19883,0	4541,9
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	15341,1
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	15341,1
Nakłady na zabudowę kotłowni węglowej na ekogroszek	Nk	zł		26000,0
Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO	Nco	zł		30000,0
Nakłady na ocieplenie	No	zł		130000,0
Nakłady łącznie	N	zł		186000,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,252	0,693	0,831
NPV	[zł]	46923	128911	154520
SPBT	[lata]	12,12	7,27	4,85

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	10,17
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	8,81
Razem	18,98

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego 222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95

⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85
 Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	132,89
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	168,74
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	136,26

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- szacunkowe roczne zużycie węgla w stanie obecnym – łącznie – 28,40 Mg/a,
- roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 5,05 Mg/a.

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla – stan obecny

- parametry węgla – 23/14/08

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $3 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $17 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2200 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Parametry węgla ekogroszek – stan projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,3862	0,0566	0,3297	85,36
NO _x	Mg/a	0,1136	0,0202	0,0934	82,22
CO	Mg/a	1,2780	0,2273	1,0508	82,22
CO ₂	Mg/a	62,4800	10,1000	52,3800	83,83
Pył	Mg/a	1,1928	0,0833	1,1095	93,01
B(α)P	kg/a	0,0114	0,0020	0,0093	82,22

**OŚRODEK ZDROWIA W PIETROWICACH WIELKICH
PRZY UL. JANOWSKIEJ 15**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Ośrodka Zdrowia znajduje się w Pietrowicach Wielkich przy ulicy Janowskiej 15. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Ośrodka Zdrowia to obiekt wolnostojący o dwóch kondygnacjach całkowicie podpiwniczony. Budynek w latach ubiegłych został poddany kompleksowej termoizolacji przegród zewnętrznych, gdzie ocieplono ściany zewnętrzne styropianem o grubości 12 cm, ocieplono stropodach w budynku warstwą granulatu ekofiber o grubości 20 cm oraz wymieniono stolarkę okienną i drzwiową na nową w ramie PCV.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynku odbywa się obecnie w kotłowni węglowej ekologicznej znajdującej się w pomieszczeniach przybudówki obok budynku Ośrodka. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy spalający ekogroszek o mocy 75 kW. W ramach przygotowania ciepłej wody użytkowej znajduje się pojemnościowy zasobnik cwu o pojemności 200 dm³.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałązkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanej od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	34,56
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	23,04
Razem	57,60

2.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 40
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej..... 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{srh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

W tabeli 2 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach.

Tabela 2. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym

Ciepła Woda Użytkowa	8,40 kW
-----------------------------	----------------

2.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Sumaryczne potrzeby cieplne w stanie obecnym

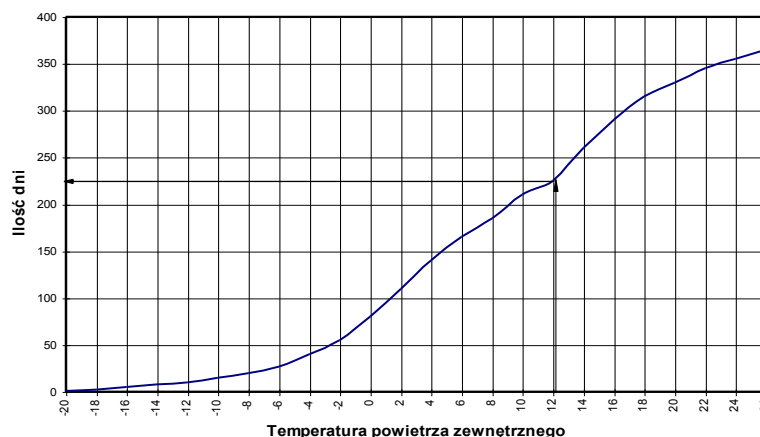
Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
57,60	8,40	66,00

2.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi $+2,9^{\circ}\text{C}$, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego

Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie $+2,9^{\circ}\text{C}$
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00

- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,87
 ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
 ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,90
 Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	403,20
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	753,57
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	90 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	678,22

2.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W STANIE OBECNYM

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 40
 ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę 40 dm³/dobę/osobę
 ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
 ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
 ⇒ ciepło właściwe wody c_w = 4,2 kJ/kg K
 ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku T = 365 dni
 ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,74

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanych budynkach przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	259,85 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

2.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO W STANIE OBECNYM

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla centralnego ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku w stanie obecnym

Centralne ogrzewanie pomieszczeń – stan obecny [GJ/rok]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – stan obecny [GJ/rok]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/rok]
678,22	259,85	938,07

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

Ze względu na fakt, iż w latach ubiegłych inwestor wykonał w budynku kompleksową termomodernizację w ramach dalszych prac możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- w celu wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej zostaną zamontowane na dachu budynku kolektory słoneczne płaskie w ilości 8 sztuk o łącznej powierzchni 20,56 m² wraz z zasobnikiem ciepła. Ilość kolektorów została dobrana tak, aby zapewnić prawidłową pracę układu i otrzymać oszczędności rzędu około 30 % energii brutto rocznie.
- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- ☐ wariant I – ujmuje finansowanie w całości ze środków własnych,
- ☐ wariant II – ujmuje finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale

- pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmując finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],
 E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),
 r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 7 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

Tabela 7. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji

OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU ZABUDOWY UKŁADU KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH DO WSPOMAGANIA PRZYGOTOWANIA CWU I WYMIANY OBECNEJ INSTALACJI CENTRALNEGO OGRZEWANIA NA NOWĄ

			Stan obecny - budynek ocieplony, stara instalacja CO, nowa kotłownia węglowa ekologiczna	Modernizacja Kolektory słoneczne + nowa instalacja CO
BUDYNEK OŚRODKA ZDROWIA W PIETROWICACH WIELKICH (14)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	57,60	57,60
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	0,0
		%	0,0%	0,0%
Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Qco	GJ/a	403,20	403,20
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Qco	GJ/a	753,57	511,98
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	90%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	SQ co	GJ/a	678,22	413,43
Zapotrzebowanie na ciepło CWU	qcwu	kW	8,40	8,40
Roczne zapotrz. na ciepło CWU netto	Qcwu	GJ/a	110,38	110,38

- sprawność wytwarzania CWU	n	%	82%	82%
- sprawność przesyłu w instalacji CWU	n	%	70%	70%
- sprawność akumulacji CWU	n	%	74%	86%
Roczne zapotrz. na ciepło CWU - brutto	Q_{cwu}	GJ/a	259,85	223,60
powierzchnia kolektorów słonecznych	F	m ²	0	20,56
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - netto		GJ/a	0	41,12
odzysk ciepła z kolektorów słonecznych - brutto		GJ/a	0	50,15
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CWU	Q_{cwu}	GJ/a	259,85	173,45
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	SQ	kW	66,00	66,00
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU netto	Q	GJ/a	513,58	513,58
Roczne zapotrz. na ciepło CO CWU brutto	Q	GJ/a	938,07	586,88
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	938,07	586,88
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	351,20
Wartość opałowa paliwa	Wo	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	34,74	21,74
Koszt jednostkowy paliwa	Kjp	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	Kp	zł/rok	31269,1	19562,5
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	31269,1	19562,5
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	Kc	zł/rok	31269,1	19562,5
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	11706,6
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	11706,6
Nakłady na wykonanie instalacji kolektorów słonecz.	Ns	zł		61680,0
Nakłady na wykonanie instalacji centralnego ogrzewania	Nco	zł		86400,0
Nakłady łącznie	N	zł		148080,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 8. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,200	0,641	0,779
NPV	[zł]	29660	94934	115322
SPBT	[lata]	12,65	7,59	5,06

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania zabudowy układu kolektorów słonecznych do wspomagania przygotowania ciepłej wody użytkowej i wymiany obecnej instalacji centralnego ogrzewania na nową w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 9 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 9. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	34,56
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	23,04
Razem	57,60

4.2 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w stanie projektowanym wykonano na podstawie następujących założeń:

- ⇒ temperatura ciepłej wody.....55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody10 °C
- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 40
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody użytkowej 10 h/dobę

Zapotrzebowanie na ciepło (średnio godzinowe) do przygotowania ciepłej wody użytkowej określono z zależności:

$$Q_{śrh}^{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w}{T * 3600}$$

Tabela 10. Zapotrzebowanie na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji

Ciepła Woda Użytkowa	8,40 kW
-----------------------------	----------------

4.3 SUMARYCZNE POTRZEBY CIEPLNE PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość ciepła dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Sumaryczne potrzeby cieplne po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [kW]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [kW]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [kW]
RAZEM	57,60	8,40	66,00

4.4 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	403,20
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	511,98
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło – brutto	413,43

4.5 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ ilość osób korzystających z ciepłej wody 40
- ⇒ wskaźnik ilości ciepłej wody dla osoby na dobę40 dm³/dobę/osobę
- ⇒ temperatura ciepłej wody t_c = 55 °C
- ⇒ temperatura zimnej wody t_z = 10 °C
- ⇒ ciepło właściwe wodyc_w = 4,2 kJ/kg K
- ⇒ czas użytkowania ciepłej wody w ciągu roku..... T = 365 dni

- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
 ⇒ sprawność przesyłu ciepła 0,70
 ⇒ sprawność akumulacji 0,86

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla przygotowania ciepłej wody użytkowej dokonano według wzoru:

$$Q_{cwu} = \frac{N * q * (t_c - t_z) * c_w * T}{10^6}$$

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 13.

Tabela 13. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej po modernizacji (brutto)

Ciepła Woda Użytkowa	223,60 GJ/rok
-----------------------------	----------------------

Odzysk ciepła z układów kolektorów słonecznych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ powierzchnia kolektorów słonecznych..... 20,56 m²
 ⇒ średni uzysk energii na m² powierzchni kolektora 2,0 GJ/m²

Tabela 14. Odzysk energii kolektorów słonecznych z uwzględnieniem sprawności wytwarzania

Ciepła Woda Użytkowa	50,15 GJ/rok
-----------------------------	---------------------

4.6 SUMARYCZNE SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO PO MODERNIZACJI

Sumaryczną ilość sezonowego zapotrzebowania na ciepło dla analizowanego budynku dla ogrzewania pomieszczeń, przygotowania ciepłej wody użytkowej po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło w budynku po modernizacji

	Centralne ogrzewanie pomieszczeń – po modernizacji [GJ/a]	Przygotowanie ciepłej wody użytkowej – po modernizacji [GJ/a]	Sumaryczne potrzeby cieplne budynku [GJ/a]
RAZEM	413,43	173,45	586,88

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie obecnym – łącznie – 34,74 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 21,74 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogoszek – stan obecny i projektowany

- parametry węgla – 27/11/07

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,
- wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,
- wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,
- wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.

Tabela 16. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,3891	0,2435	0,1456	37,42
NO _x	Mg/a	0,1390	0,0870	0,0520	37,42
CO	Mg/a	1,5633	0,9783	0,5850	37,42
CO ₂	Mg/a	69,4800	43,4800	26,0000	37,42
Pył	Mg/a	0,5732	0,3587	0,2145	37,42
B(α)P	kg/a	0,0139	0,0087	0,0052	37,42

**URZĄD GMINY W PIETROWICACH WIELKICH
PRZY UL. SZKOLNEJ 5**

1. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO

1.1 LOKALIZACJA BUDYNKU

Analizowany budynek Urzędu Gminy znajduje się w Pietrowicach Wielkich przy ulicy Szkolnej 5. Na tym terenie oprócz zabudowań mieszkalnych jedno i wielorodzinnych znajdują się również obiekty użyteczności publicznej.

Przez analizowany teren przebiegają obecnie sieci wodociągowe, kanalizacyjne oraz energii elektrycznej średniego i niskiego napięcia.

1.2 ROZWIĄZANIA BUDOWLANE

Budynek Urzędu Gminy to obiekt wolnostojący trzy kondygnacyjny całkowicie podpiwniczony. Jest on wybudowany w technologii tradycyjnej, gdzie ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej. Dach w budynku jest dwu spadzisty kryty blachą trapezową. Stolarka okienna jest wymieniona na nową w ramie z PCV. Drzwi zewnętrzne są drewniane. W chwili obecnej ściany zewnętrzne i strop nad ostatnią kondygnacją są nieocieplone.

Rysunek 1. Zdjęcia budynku





1.3 OPIS ISTNIEJĄCEGO SYSTEMU PRODUKCJI I DOSTAWY CIEPŁA

Analizowany budynek posiada obecnie instalacje wewnętrzne elektryczne, wodno-kanalizacyjne, centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej.

Ciepło do centralnego ogrzewania dla budynku odbywa się obecnie w nowej kotłowni węglowej ekologicznej spalającej ekogroszek, znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku. W kotłowni znajduje się kocioł węglowy ekologiczny o mocy 200 kW. Ciepła woda użytkowa nie jest przygotowywana w kotłowni. W tym celu zabudowany jest w sanitariatach podgrzewacz (tzw. bojler) zasilany energią elektryczną.

Centralne ogrzewanie pomieszczeń w budynku realizowane jest przy pomocy grzejników żeliwnych członowych. Obecnie instalacja centralnego ogrzewania o parametrach 95/70 °C jest instalacją dwururową z rozdziałem dolnym i obiegiem wymuszonym. Przewody rozprowadzone są w pomieszczeniach piwnicznych budynku. Przewody instalacji wykonane są z rur stalowych czarnych ze szwem wg PN-73/H-74244 o połączeniach spawanych. Przy grzejnikach na gałązkach grzejnikowych znajdują się zawory grzejnikowe odcinające proste M3172. Regulacja hydrauliczna instalacji odbywa się za pomocą kryz dławiących. W instalacji brak jest zaworów regulacyjnych i możliwości regulacji ilości czynnika grzewczego i temperatury w poszczególnych pomieszczeniach.

2. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU W STANIE OBECNYM

2.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W STANIE OBECNYM

Na podstawie wykonanej wizji lokalnej i otrzymanych od inwestora danych określono zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym. Zapotrzebowanie na ciepło budynku określono w oparciu o algorytmy zawarte w:

- PN-B-03406 – „Obliczanie zapotrzebowania na ciepło pomieszczeń o kubaturze do 600 m³”,
- PN-82/B-02402 – „Temperatury pomieszczeń ogrzewanych w budynkach”,
- PN-83/B-03430 – „Wentylacja w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej”,
- PN-EN ISO 6946 – „Opór cieplny i współczynniki przenikania ciepła. Sposób obliczania”.

W tabeli 1 przedstawiono wartości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń.

Tabela 1. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	107,70
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	39,83
Razem	147,53

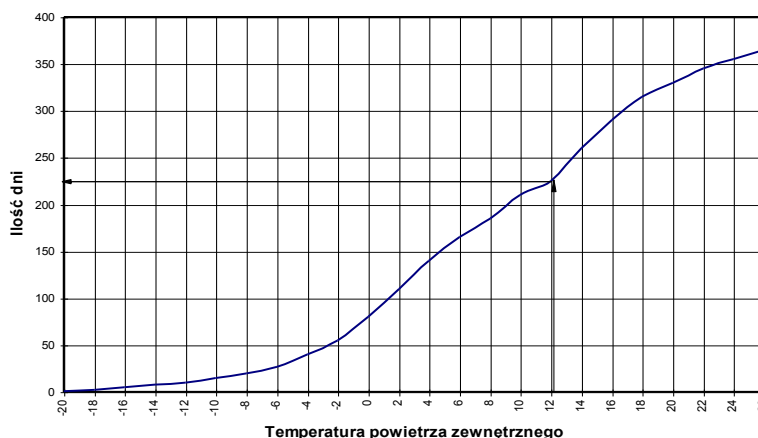
2.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W BUDYNKU W STANIE OBECNYM

Zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym obliczono przy następujących założeniach.

Przyjęto pierwotnie, że budynek ogrzewany jest całą dobę, bez przerw, tak aby uzyskać wewnątrz warunki komfortu cieplnego. Posługując się uporządkowanym wykresem temperatur powietrza zewnętrznego dla województwa śląskiego, określono następnie ilość dni trwania sezonu grzewczego i średnią temperaturę powietrza zewnętrznego w tym okresie: średnia temperatura powietrza zewnętrznego w okresie grzewczym wynosi +2,9 °C, a czas trwania sezonu – 222 dni. Na tej podstawie, mając wcześniej określone zapotrzebowanie na moc cieplną w warunkach obliczeniowych, określono roczne zużycie ciepła do ogrzewania pomieszczeń netto.

Uporządkowany wykres temperatur powietrza zewnętrznego, który posłużył do wyznaczenia tych danych ilustruje rysunek 2.

Rysunek 2. Wykres uporządkowany temperatur powietrza zewnętrznego



Ilość ciepła, jaka musi być dostarczona do budynku w celu ogrzania pomieszczeń, musi zostać dodatkowo powiększona ze względu na sprawność wykorzystania ciepła, przesyłu ciepła w instalacji oraz na sprawność regulacji instalacji grzewczej.

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku w stanie obecnym z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i obniżeń z tytułu osłabienia ogrzewania w okresie dobowym i tygodniowym przeprowadzono przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu grzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji 0,87
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,75
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby 1,00
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,95

Szczegółowo wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanych budynkach w stanie obecnym przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku w stanie obecnym

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	1032,70
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	1930,09
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	100 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	95 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	1833,59

3. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI POTRZEB CIEPLNYCH I SEZONOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA CIEPŁO W ANALIZOWANYM BUDYNKU

3.1 ROZPATRYWANE DZIAŁANIA

W ramach dalszych prac termomodernizacyjnych możliwych do zastosowania na danym obiekcie przewidziano:

- wykonanie w budynku modernizacji instalacji centralnego ogrzewania polegającej na kompletnej wymianie obecnej instalacji na nową. Nowoprojektowana instalacja centralnego ogrzewania zostanie wykonana z rur miedzianych. W instalacji zostaną zamontowane grzejniki stalowe płytowe z konwektorem Compact firmy Purmo. Przy każdym grzejniku zostanie zamontowany termostatyczny zawór grzejnikowy typu AV-6 w wykonaniu prostym i termostatyczna głowica firmy Oventrop. Odpowietrzenie instalacji odbywać się będzie za pomocą automatycznych odpowietrzników montowanych w najwyższych punktach instalacji.
- wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych w budynku warstwą styropianu o grubości optymalnej 12 cm,

- wykonanie ocieplenia stropu na poddaszu budynku metodą wyłożenia na stropie mat z wełny mineralnej o grubości optymalnej 18 cm.

3.2 ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA OPŁACALNOŚCI WYKONANIA MODERNIZACJI W ANALIZOWANYM BUDYNKU

Dla oceny efektywności wprowadzanych modernizacji określono różnice kosztów eksploatacji w obecnym systemie produkcji i użytkowania ciepła oraz w układzie po modernizacji.

Analizę przeprowadzono w trzech wariantach:

- wariant I – ujmuję finansowanie w całości ze środków własnych,
- wariant II – ujmuję finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach,
- wariant III – ujmuję finansowanie przy 40 % dotacji i 40 % udziale pożyczki udzielonej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50 % umorzenia.

Jako kryterium oceny przyjęto wartość bieżącą netto NPV całej inwestycji określonej wzorem:

$$NPV = \Delta E_0 \cdot UPW - I_0$$

gdzie: I_0 nakłady inwestycyjne [zł],

E_0 roczna oszczędność kosztów produkcji i użytkowania ciepła ujmująca następujące pozycje:

UPW z określa się ze wzoru:

$$UPW = \frac{1}{r} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1+r} \right)^n \right]$$

gdzie: n żywotność inwestycji (przyjęto 20 lat),

r stopa dyskonta – przyjęto jako wielkość wyjściową 6 %.

W poniższej tabeli 3 przedstawiono obliczenia oszczędności produkcji ciepła dla potrzeb analizowanego budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

Tabela 3. Oszczędności kosztów produkcji ciepła dla potrzeb budynku po przeprowadzeniu kompleksowej termomodernizacji.

OBLICZENIA OSZCZĘDNOŚCI KOSZTÓW PRODUKCJI CIEPŁA PRZY WYKONANIU KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI BUDYNKU

				Modernizacja
Stan obecny - nowa kotłownia węglowa, stara instalacja CO, budynek nieocieplony				nowa instalacja CO + ocieplenie budynku
BUDYNEK URZĘDU GMINY W PIETROWICACH WIELKICH (15)				
Zapotrzebowanie na ciepło CO	qco	kW	147,53	87,42
Zmniejszenie zapotrzebowania qco		kW	0,0	60,1
		%	0,0%	40,7%

Sezon. zapotrz. na ciepło CO netto	Q _{co}	GJ/a	1032,70	611,97
- sprawność wytwarzania	n	%	82%	82%
- sprawność akumulacji	n	%	100%	100%
- sprawność przesyłu w instalacji	n	%	87%	98%
- sprawność wykorzystania i regulacji	n	%	75%	98%
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q_{co}	GJ/a	1930,09	777,07
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	Q	GJ/a	95%	85%
obniżenie z tytułu osłabienia ogrzewania w ciągu doby	Q	GJ/a	100%	95%
Sumaryczne roczne zapotrz. na ciepło CO	SQ_{co}	GJ/a	1833,59	627,49
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	SQ	kW	147,53	87,42
Roczne zapotrz. na ciepło CO netto	Q	GJ/a	1032,70	611,97
Roczne zapotrz. na ciepło CO brutto	Q	GJ/a	1833,59	627,49
Roczna produkcja energii	E	GJ/a	1833,59	627,49
Zmniejszenie zapotrzebowania E		GJ	0,00	1206,10
Wartość opałowa paliwa	W _o	GJ/t	27,0	27,0
Zużycie roczne paliwa		t/rok	67,91	23,24
Koszt jednostkowy paliwa	K _{jp}	zł/t	900,00	900,00
Roczny koszt paliwa	K _p	zł/rok	61119,6	20916,3
Koszt produkcji ciepła w kotłowni (roczny)	K	zł	61119,6	20916,3
Sumaryczny koszt ciepła dla budynku	K_c	zł/rok	61119,6	20916,3
Różnica kosztów ogrzewania		zł	-	40203,3
Oszczędności kosztów ogrzewania		zł	-	40203,3
Nakłady na wykonanie nowej instalacji CO	N_{co}	zł		153000,0
Nakłady na ocieplenie	N_o	zł		319800,0
Nakłady łącznie	N	zł		472800,0

Poniżej w tabeli przedstawiono wyniki końcowe analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku dla każdego powyżej wymienionego wariantu finansowania inwestycji.

Tabela 4. Wyniki obliczeń analizy ekonomicznej opłacalności wykonania kompleksowej termomodernizacji budynku

Wyszczególnienie	Jedn.	Wariant I 100 % środki własne	Wariant II 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW	Wariant III 40 % dotacja i 40 % pożyczka z WFOŚiGW i 50 % umorzenia
NPVR	[zł/zł]	0,291	0,732	0,870
NPV	[zł]	137606	346016	411111
SPBT	[lata]	11,76	7,06	4,70

Jak wynika z powyższej tabeli wykonanie zadania kompleksowej termomodernizacji w analizowanym budynku jest opłacalne do wykonania we wszystkich wariantach finansowania inwestycji ujmujących dofinansowanie z zewnątrz. Najkorzystniejszym jednak jest wariant III ujmujący finansowanie inwestycji w udziale 40 % dotacji i 40 % z pożyczki pozyskanej z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach z możliwością jej 50% umorzenia.

4. OKREŚLENIE BILANSU CIEPLNEGO ANALIZOWANEGO BUDYNKU PO WYKONANIU DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

4.1 ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ PO MODERNIZACJI

Poniżej w tabeli 5 przedstawiono wyniki obliczeń zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po przeprowadzeniu wszystkich opisanych wcześniej działań termomodernizacyjnych.

Tabela 5. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń po termomodernizacji

Zakres	Zapotrzebowanie ciepła na cele CO [kW]
Straty ciepła przez przenikanie przez przegrody	47,59
Zapotrzebowanie ciepła na wentylację grawitacyjną	39,83
Razem	87,42

4.2 SEZONOWE ZAPOTRZEBOWANIE NA CIEPŁO DO OGRZEWANIA POMIESZCZEŃ W ANALIZOWANYM BUDYNKU PO MODERNIZACJI

Obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w analizowanym budynku po uwzględnieniu działań modernizacyjnych dokonano przy następujących założeniach:

- ⇒ liczba dni sezonu ogrzewczego222 dni
- ⇒ średnia temperatura powietrza w sezonie +2,9°C
- ⇒ sprawność wytwarzania ciepła..... 0,82
- ⇒ sprawność akumulacji ciepła 1,00
- ⇒ sprawność przesyłu ciepła w instalacji..... 0,98
- ⇒ sprawność regulacji i wykorzystania ciepła 0,98
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu doby..... 0,95
- ⇒ współczynnik zmniejszający ze względu na osłabienie ogrzewania w ciągu tygodnia ... 0,85

Wyniki obliczeń sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń dla analizowanego budynku po modernizacji przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Zestawienie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania pomieszczeń w budynku po modernizacji

Zakres	[GJ/rok]
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – netto	611,97
Sezonowe zapotrzebowanie na ciepło CO – brutto	777,07
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu doby	95 %
Wskaźnik osłabienia ogrzewania w ciągu tygodnia	85 %
Sumaryczne sezonowe zapotrzebowanie na ciepło - brutto	627,49

5. EFEKT EKOLOGICZNY W RAMACH MODERNIZACJI

Dla obliczenia zmniejszenia niskiej emisji zanieczyszczeń w źródle przy produkcji ciepła dla potrzeb budynku przyjęto następujące dane:

- *szacunkowe roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie obecnym – łącznie – 67,91 Mg/a,*
- *roczne zużycie węgla ekogroszku w stanie projektowanym – łącznie – 23,24 Mg/a.*

Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjno-instruktażowych MOŚZNiL z 30 kwietnia 1996 r.

Parametry węgla ekogroszek – stan obecny i projektowany

- *parametry węgla – 27/11/07*

Do obliczeń przyjęto następujące wskaźniki:

- *wskaźnik unosu pyłu – $1,5 \cdot A_r$ kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu SO_2 – $16 \cdot S$ kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu NO_x – 4 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO – 45 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu CO_2 – 2000 kg/Mg,*
- *wskaźnik unosu $B(\alpha)P$ – 0,0004 kg/kg.*

Tabela 7. Wielkość redukcji emisji zanieczyszczeń po przeprowadzeniu modernizacji

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	Wielkość dotychczasowa	Wielkość planowana	Zmiana bezwzględna	Zmiana względna [%]
SO ₂	Mg/a	0,7606	0,2603	0,5003	65,78
NO _x	Mg/a	0,2716	0,0930	0,1787	65,78
CO	Mg/a	3,0560	1,0458	2,0102	65,78
CO ₂	Mg/a	135,8200	46,4800	89,3400	65,78
Pył	Mg/a	1,1205	0,3835	0,7371	65,78
B(α)P	kg/a	0,0272	0,0093	0,0179	65,78