

AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

1. Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:

TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU

SZKOŁY PODSTAWOWEJ NR 11

2. Podmiot, u którego zostanie zrealizowane przedsięwzięcie:

Nazwa: **Gmina - Miasto Płock**

Adres: **09 - 400 Płock, pl. Stary Rynek 1**

3. Miejsce lokalizacji przedsięwzięcia:

Adres: **Płock, ul. Kochanowskiego 11**

4. Audyt sporządził:

Imię i nazwisko: **Barbara Kosowska**

5. Data sporządzenia audytu: **wrzesień 2019 r.**

KARTA AUDYTU EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ		Data wykonania		
		19.09.2019		
Podstawowe informacje dotyczące przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:	Termomodernizacja budynku Szkoły Podstawowej Nr 11 w Płocku			
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):	Ocieplenie stropodachu, ocieplenie ścian zewnętrznych, wymiana drzwi, modernizacja instalacji c.o., montaż Systemu Zarządzania Energią			
Dane podmiotu, u którego będzie realizowane/zostało zrealizowane* przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej lub podmiotu upoważnionego (numer PESEL albo nazwa):	Gmina - Miasto Płock, pl. Stary Rynek 1, 09-400 Płock			
Planowana data rozpoczęcia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:**	Data zakończenia realizacji przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej:***	Wyrażony w latach kalendarzowych okres uzyskiwania oszczędności energii:		
Grudzień 2019	-	15 lat		
Parametry przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej				
Średnioroczna ilość energii finalnej planowanej do zaoszczędzenia:**	664 528	[kWh/rok]	57,14	[toe/rok]
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**	566 178	[kWh/rok]	48,68	[toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii finalnej:***		[kWh/rok]		[toe/rok]
Średnioroczna ilość zaoszczędzonej energii pierwotnej:***		[kWh/rok]		[toe/rok]
Dane sporządzającego audyt efektywności energetycznej				
Imię i nazwisko:	Barbara Kosowska			
Nr telefonu:	608 163 419			
Podpis:				

* Niepotrzebne skreślić

** W przypadku planowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej

*** W przypadku zrealizowanego przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej

1. Spis treści

1. Spis treści.....	3
2. Podstawa opracowania.	4
2.1 Cel i zakres opracowania.....	4
2.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.....	4
2.3 Metodyka obliczeń.....	5
3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku.....	6
4. Ocena stanu technicznego budynku.....	7
5. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.....	8
6. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.....	8
6.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło.....	8
6.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.....	8
6.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.....	15
6.4 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....	18
7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.....	21
7.1. Opis techniczny usprawnień.....	21
7.2. Obliczenie efektywności energetycznej i efektów ekologicznych.....	23
7.2.1. Projektowana strata ciepła.....	24
7.2.2. Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.	26
7.2.3. Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....	27
7.2.4. Obliczenie zużycia energii finalnej.....	28
7.2.5. Obliczenie zużycia energii pierwotnej.....	28
7.2.6. Obliczenie efektu ekologicznego.....	29
7.2.7. Podsumowanie.....	29
ZAŁĄCZNIKI.....	31
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....	31
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją.....	32
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.....	34
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....	36
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....	36
Z-6 Sprawności systemu grzewczego.....	37
Z-7 Ciepła woda użytkowa.....	38

2. Podstawa opracowania.

2.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest ocena efektywności energetycznej inwestycji polegającej na kompleksowej modernizacji energetycznej budynku Szkoły Podstawowej w Płocku, ul. Kochanowskiego 11.

2.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.

1. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. poz.831),
2. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
3. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii (Dz. U. poz. 1912),
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17.03.2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 346),
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3.09.2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. Nr 43, poz. 1606),
6. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. poz. 1422),
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. poz. 376).
8. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”,
9. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.

10. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006,, Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.
11. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków.
12. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
13. Normy związane.
14. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002,
15. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005,
16. Inwentaryzacja techniczna budynku.
17. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
18. Program komputerowy AUDYT wersja 6.2.
19. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

2.3 Metodyka obliczeń.

Audyt został sporządzony zgodnie z Ustawą z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej oraz Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 5 października 2017 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii. Obliczenia zużycia energii finalnej przed i po modernizacji wykonano metodą bilansu energetycznego zgodnie z normą PN-EN ISO 13790, z uwzględnieniem zasad przyjętych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego (...) oraz zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 roku w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku (...). Obliczenia zapotrzebowania mocy cieplnej wykonano zgodnie z normą PN-EN 12831. Ceny jednostkowe za energię ciepłą wyliczono na podstawie obowiązującej taryfy dostawcy ciepła FORTUM.

3. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

4.1 Dane identyfikujące budynku			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1962
Adres budynku	ul. Kochanowskiego 11 09-400 Płock	Właściciel	Miasto Płock, pl. Stary Rynek1 09-400 Płock
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Tradycyjna		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	1; 2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	9 173	150	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	2 773	50	
Współczynnik kształtu	0,640		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,15; 6,2	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	451	-	
Czas użytkowania budynku	dni tygodnia	godziny	
	5	12	
4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych			
Przegroda	Pow. netto	U	
	[m ²]	[W/m ² K]	
Dach sala gimnastyczna	260,94	0,130	
Stropodach nad szkołą i szatniami	1530,31	1,035	
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	1 331,92	1,606	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnastyczna)	331,06	0,241	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	68,87	0,847	
Okna	511,46	1,400	
Drzwi wejściowe nowe	33,22	1,700	
Drzwi wejściowe stare	12,29	3,000	
Drzwi do zamurowania	2,59	3,000	
Podłoga na gruncie (piwnica)	169,04	0,426	
Podłoga na gruncie	1 361,27	0,416	
Podłoga na gruncie (sala gimnastyczna)	260,94	0,356	

4. Ocena stanu technicznego budynku

Obiekt wybudowany w 1962 roku, składa się z części dydaktycznej, która jest częściowo podpiwniczona oraz sali gimnastycznej z zapleczem, które nie są podpiwniczone. Ściany zewnętrzne części dydaktycznej wykonane są z cegły pełnej wapienno-piaskowej o grubości 38 cm, nieocieplone. Ściany piwniczne wykonane są z betonu, nieocieplone, bez izolacji przeciwwilgociowej, co powoduje zalewanie pomieszczeń szatni i pomieszczeń węzła przez wody gruntowe. Nad częścią dydaktyczną zastosowano stropodach niewentylowany ocieplony supremą o grubości 5 cm, kryty papą. Ściany zewnętrzne sali gimnastycznej wykonane są z cegły pełnej wapienno - piaskowej o grubości 38 cm, ocieplone styropianem o grubości 14 cm. Nad salą gimnastyczną zastosowano dach, ocieplony wełną mineralną o grubości 30 cm, kryty papą. Nad zapleczem sali gimnastycznej zastosowano stropodach pełny ze stropem gęstożebrowym, nieocieplony, kryty papą.

Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi jedynie izolacyjność termiczna niektórych przegród zewnętrznych.

W budynku zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła równym $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w dobrym stanie technicznym.

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $3,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w złym stanie technicznym oraz stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w dobrym stanie technicznym. Część stolarki drzwiowej jest nieużywana i kwalifikuje się do zamurowania i ocieplenia nowopowstałej ściany.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano wymiennikowy węzeł cieplny, który jest w własności dostawcy ciepła. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W części dydaktycznej zainstalowano grzejniki żeliwne bez zaworów z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest zły. W sali gimnastycznej zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji w sali gimnastycznej jest dobry.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego węzła cieplnego co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania. Instalacja c.w.u. jest w dobrym stanie technicznym.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną oraz w sali gimnastycznej wentylację mechaniczną nawiewno - wywiewną, które są w dobrym stanie technicznym.

5. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.

Zmniejszenie zużycia energii cieplnej w rozpatrywanym obiekcie można osiągnąć wykonując następujące przedsięwzięcia:

- ocieplenie stropodachu szkołą i zapleczem sali gimnastycznej,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę drzwi,
- modernizację instalacji c.o.
- montaż Systemu Zarządzania Energią,

6. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego

Poniżej dokonano wstępnej optymalizacji usprawnień termomodernizacyjnych mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło rozpatrywanego budynku poprzez zmniejszenie strat przez przenikanie, wentylację i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

6.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło

Lp.	Grupa usprawnień	Rodzaje usprawnień
1	2	3
1	Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego	Ocieplenie stropodachu nad szkołą i zapleczem sali gimnastycznej. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu. Wymiana drzwi.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana rurociągów. Wymiana grzejników. Montaż zaworów termostatycznych. Montaż Systemu Zarządzania Energią.

6.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne.

Optymalne usprawnienia prowadzące do zmniejszenia strat ciepła przez ściany, stropy i stropodachy są to takie usprawnienia, dla których prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną. Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia przegrody skorzystano z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_u}{\sum_n \Delta O_{rU}}, [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:

- N_u - planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,
- ΔO_{rU} - roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania ulepszenia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne lata z n wykorzystywanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rU} dla n -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

$$\Delta O_{rU} = (x_0 * Q_{0u} * O_{0z} - x_1 * Q_{1u} * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_{0u} * O_{0m} - y_1 * q_{1u} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (2)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- Q_{0z}, Q_{1z} - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, GJ/rok,
- O_{0z}, O_{1z} - opłata związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:
 - dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za ciepło i zmiennej opłacie za usługi przesyłowe, zł/GJ,
 - dla energii elektrycznej - sumie stawek za energię czynną, systemową opłatę przesyłową i zmienny składnik stawki sieciowej przeliczonej na zł/GJ,
 - dla gazu - stawce opłaty zmiennej na przesłane paliwo zł/m³ przeliczonej na zł/GJ,
 - dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem - stawce opłaty zmiennej określonej wg kalkulacji kosztów rodzajowych przeliczonej na zł/GJ,
- y_0, y_1 - udział n -tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego,
- q_{0u}, q_{1u} - zapotrzebowanie na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
- O_{0m}, O_{1m} - opłata miesięczna związana z dystrybucją i przesyłem energii wykorzystywanej do ogrzewania przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego dla n -tego źródła, odpowiadająca:

dla ogrzewania zdalaczynnego - opłacie za zamówioną moc cieplną i opłacie stałej za usługi przesyłowe, zł/(MW*miesiąc),

dla gazu - składnikowi stałemu wyznaczonemu na jednostkę mocy umownej w miesięcznym okresie rozliczeniowym przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla energii elektrycznej - składnikowi stałemu stawki sieciowej zł/(kW*miesiąc), przeliczonemu na zł/(MW*miesiąc),

dla własnego źródła zasilanego dowolnym paliwem -składnikowi miesięcznych kosztów stałych, określonych zgodnie z kalkulacją kosztów rodzajowych, odniesionych do mocy źródła, zł/(MW*miesiąc),

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

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na pokrycie strat przez przenikanie ciepła Q_{0u}, Q_{1u} , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0u}, Q_{1u} = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A * U_c, \quad [\text{GJ/rok}] \quad (3)$$

gdzie:

U_c - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji, $\text{W}/(\text{m}^2 * \text{K})$, przy czym maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła po termomodernizacji jest przyjmowana zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,

A - powierzchnia całkowita izolowanej przegrody przed i po termomodernizacji, m^2 ,

S_d - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4), dzień*K/rok,

Liczbę stopniodni S_d oblicza się ze wzoru:

$$S_d = \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)] L_d(m), \quad [\text{dzień} \cdot \text{K/rok}] \quad (4)$$

gdzie:

t_{wo} - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi, °C,

$t_e(m)$ - średnia wieloletnia temperatura miesiąca m , przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi dla danej lokalizacji, a w przypadku stropów nad nieogrzewanymi piwnicami lub pod nieogrzewanymi poddaszami - temperatura wynikająca z obliczeń bilansu cieplnego budynku, °C,

Ld(m) - liczba dni ogrzewania w miesiącu m, podana w tabeli 1 lub przyjęta zgodnie z danymi klimatycznymi i charakterystyką budynku dla danej lokalizacji,

L_g - liczba miesięcy ogrzewania w ciągu roku.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną na pokrycie strat przez przenikanie q_{0u}, q_{1u} przed i po wykonaniu ulepszenia termomodernizacyjnego oblicza się ze wzoru:

$$q_{0u}, q_{1u} = 10^{-6} * A * (t_{wo} - t_{zo}) * U_c, \quad [MW] \quad (5)$$

gdzie:

t_{wo} - jak we wzorze (4),

t_{zo} - obliczeniowa temperatura powietrza zewnętrznego dla danej strefy klimatycznej, określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą temperatur obliczeniowych zewnętrznych, °C

A - jak we wzorze (3),

U_c - jak we wzorze (3),

UWAGA: Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego przyjęto zgodnie z Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków - dla miasta Płock:

Miesiąc	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII
T _e (m)	-0,9	-2,7	3,3	8,8	12,3	13,5	9,3	3,9	-0,4
Ld(m)	31	28	31	30	5	5	31	30	31
Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, T _{emin} = - 20,0°C									

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

Usprawnienia dotyczące stropodachu nad szkołą i zapleczem sali gimnastycznej

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu nad szkołą i zapleczem styropapą o optymalnej grubości

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 1\,530,31 \quad [\text{m}^2] \qquad R_0 = 0,966 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 1530 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropapa} \qquad U_0 = 1,035 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,038 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	$\Delta K_{\text{ogr}}z$	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,06	1,579	2,545	0,393	189,88	0,024	253 980,00	22 215,12	11,433
0,07	1,842	2,809	0,356	172,08	0,022	255 816,00	23 489,15	10,891
0,08	2,105	3,072	0,326	157,34	0,020	257 652,00	24 544,89	10,497
0,09	2,368	3,335	0,300	144,92	0,018	259 488,00	25 434,00	10,202
0,10	2,632	3,598	0,278	134,33	0,017	261 324,00	26 193,06	9,977
0,11	2,895	3,861	0,259	125,17	0,016	263 160,00	26 848,65	9,802
0,12	3,158	4,124	0,242	117,18	0,015	264 996,00	27 420,57	9,664
0,13	3,421	4,387	0,228	110,15	0,014	266 832,00	27 923,89	9,556
0,14	3,684	4,651	0,215	103,92	0,013	268 668,00	28 370,25	9,470
0,15	3,947	4,914	0,204	98,36	0,012	270 504,00	28 768,80	9,403
0,16	4,211	5,177	0,193	93,36	0,012	272 340,00	29 126,82	9,350
0,17	4,474	5,440	0,184	88,84	0,011	274 176,00	29 450,22	9,310
0,18	4,737	5,703	0,175	84,74	0,011	276 012,00	29 743,76	9,280
0,19	5,000	5,966	0,168	81,00	0,010	277 848,00	30 011,41	9,258
0,20	5,263	6,230	0,161	77,58	0,010	279 684,00	30 256,45	9,244
0,21	5,526	6,493	0,154	74,44	0,009	281 520,00	30 481,63	9,236
0,22	5,789	6,756	0,148	71,54	0,009	283 050,00	30 689,26	9,223
0,23	6,053	7,019	0,142	68,86	0,009	284 889,00	30 881,33	9,225
0,24	6,316	7,282	0,137	66,37	0,008	286 727,00	31 059,51	9,232
0,25	6,579	7,545	0,133	64,05	0,008	288 711,00	31 225,27	9,246
0,26	6,842	7,809	0,128	61,89	0,008	290 552,00	31 379,85	9,259

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 22 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla stropów nad ostatnią kondygnacją wynosi 0,15 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 22 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Usprawnienia dotyczące ścian zewnętrznych budynku

Rozpatruje się ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 1\,334,51 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,623 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 1335 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,606 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,038 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 r.

Izolacja	ΔR	R_1	U	Q_1	q_1	Nu	ΔK_{ogrz}	SPBT
[m]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	1,969	0,508	214,05	0,027	306 400,20	33 138,80	9,246
0,06	1,579	2,232	0,448	188,81	0,024	307 102,83	34 945,89	8,788
0,07	1,842	2,495	0,401	168,90	0,021	307 945,99	36 371,84	8,467
0,08	2,105	2,758	0,363	152,79	0,019	308 929,67	37 525,71	8,232
0,09	2,368	3,022	0,331	139,48	0,018	310 053,88	38 478,59	8,058
0,10	2,632	3,285	0,304	128,31	0,016	311 318,62	39 278,80	7,926
0,11	2,895	3,548	0,282	118,79	0,015	312 723,88	39 960,30	7,826
0,12	3,158	3,811	0,262	110,59	0,014	314 269,67	40 547,68	7,751
0,13	3,421	4,074	0,245	103,45	0,013	315 955,99	41 059,19	7,695
0,14	3,684	4,337	0,231	97,17	0,012	317 782,83	41 508,63	7,656
0,15	3,947	4,601	0,217	91,61	0,012	319 750,20	41 906,65	7,630
0,16	4,211	4,864	0,206	86,65	0,011	321 858,09	42 261,60	7,616
0,17	4,474	5,127	0,195	82,21	0,010	322 970,20	42 580,11	7,585
0,18	4,737	5,390	0,186	78,19	0,010	325 356,50	42 867,52	7,590
0,19	5,000	5,653	0,177	74,55	0,009	327 885,97	43 128,17	7,603
0,20	5,263	5,916	0,169	71,24	0,009	330 555,97	43 365,63	7,623
0,21	5,526	6,180	0,162	68,20	0,009	333 366,50	43 582,87	7,649
0,22	5,789	6,443	0,155	65,42	0,008	336 317,55	43 782,37	7,682
0,23	6,053	6,706	0,149	62,85	0,008	339 409,13	43 966,20	7,720
0,24	6,316	6,969	0,143	60,48	0,008	342 641,23	44 136,15	7,763
0,25	6,579	7,232	0,138	58,28	0,007	346 013,87	44 293,74	7,812

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 17 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi $0,20 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. W kosztach przedsięwzięcia uwzględniono zamurowanie drzwi wejściowych i ocieplenie nowopowstałej ściany.

Usprawnienia dotyczące ścian poniżej gruntu

Rozpatruje się ocieplenie ścian poniżej gruntu na głębokość 1 m styroporem lub styropianem XPS o optymalnej grubości

Pow. obliczeniowa =	68,87	[m ²]	R ₀ =	1,180	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 111	[m ²]	R ₁ =	1,491	[(m ² *K)/W]
Materiał:	styropian XPS		U ₀ =	0,847	[W/(m ² *K)]
λ =	0,034	[W/(m*K)]	U ₁ =	0,670	[W/(m ² *K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe czerwiec 2019 r.

Izolacja	ΔR	R ₁	U	Q ₁	q ₁	Nu	ΔKogrz	SPBT
[m]	[(m ² *K)/W]	[(m ² *K)/W]	[W/(m ² *K)]	[GJ/a]	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,389	2,880	0,347	7,55	0,001	33 990,00	778,66	43,652
0,06	1,667	3,158	0,317	6,89	0,001	34 203,89	826,23	41,398
0,07	1,944	3,436	0,291	6,33	0,001	34 460,56	866,10	39,788
0,08	2,222	3,714	0,269	5,86	0,001	34 760,00	900,00	38,622
0,09	2,500	3,991	0,251	5,45	0,001	35 102,22	929,19	37,777
0,10	2,778	4,269	0,234	5,09	0,001	35 487,22	954,58	37,176
0,11	3,056	4,547	0,220	4,78	0,001	35 915,00	976,87	36,765
0,12	3,333	4,825	0,207	4,51	0,001	36 385,56	996,59	36,510
0,13	3,611	5,103	0,196	4,26	0,001	36 898,89	1 014,16	36,384
0,14	3,89	5,380	0,186	4,04	0,001	37 400,00	1 029,92	36,313
0,15	4,167	5,658	0,177	3,84	0,000	38 009,89	1 044,13	36,403
0,16	4,444	5,936	0,168	3,66	0,000	38 651,56	1 057,02	36,567
0,17	4,722	6,214	0,161	3,50	0,000	39 336,00	1 068,75	36,806
0,18	5,000	6,491	0,154	3,35	0,000	40 063,22	1 079,47	37,114
0,19	5,278	6,769	0,148	3,21	0,000	40 833,22	1 089,32	37,485
0,20	5,556	7,047	0,142	3,09	0,000	41 646,00	1 098,39	37,916
0,21	5,833	7,325	0,137	2,97	0,000	42 501,56	1 106,77	38,401
0,22	6,111	7,603	0,132	2,86	0,000	43 399,89	1 114,54	38,940
0,23	6,389	7,880	0,127	2,76	0,000	44 341,00	1 121,76	39,528
0,24	6,667	8,158	0,123	2,67	0,000	45 324,89	1 128,49	40,164
0,25	6,944	8,436	0,119	2,58	0,000	46 351,56	1 134,78	40,846

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 14 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2021 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,20 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 14 cm i tę wartość przyjmuje się do dalszej analizy. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

6.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, polegający na wymianie okien lub drzwi oraz na poprawie systemu wentylacji jest to taki wariant, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = (N_{Ok} + N_w) / \sum (\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}), \quad [\text{lata}] \quad (6)$$

gdzie:

N_{Ok} – planowane koszty robót związane z wymianą okien lub drzwi, zł,

N_w – planowane koszty robót związane z modernizacją wentylacji, zł,

ΔO_{rok} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

ΔO_{rw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z modernizacji wentylacji, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,

Wartość łącznej rocznej oszczędności kosztów energii $\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw}$ dla n-tego źródła oblicza się z wzoru:

$$\Delta O_{rok} + \Delta O_{rw} = (x_0 * Q_0 * O_{0z} - x_1 * Q_1 * O_{1z}) + 12 * (y_0 * q_0 * O_{0m} - y_1 * q_1 * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (7)$$

gdzie:

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

Q_0, Q_1 - roczne zapotrzebowanie ciepła na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, wówczas gdy okna i drzwi nie pełnią funkcji doprowadzenia powietrza, w przypadku gdy pełnią taką rolę (powietrze dostaje się do pomieszczeń przez nieszczelności okien, drzwi, nawiewniki okienne lub ścienne) jest to zapotrzebowanie na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, GJ/rok,

O_{0z}, O_{1z} - suma opłat jak we wzorze (2),

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

usprawnienia termomodernizacyjnego,

- q_0, q_1 - zapotrzebowanie na moc ciepłą odpowiednio na pokrycie strat przez przenikanie oraz infiltrację lub na pokrycie strat przez przenikanie i ogrzanie powietrza wentylacyjnego, przed i po wykonaniu usprawnienia termomodernizacyjnego, MW,
 O_{0m}, O_{1m} - jak we wzorze (2),
 Ab_0, Ab_1 - miesięczna opłata abonamentowa jak we wzorze (2).

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = 8,64 * 10^{-5} * S_d * A_{Ok} * U + Q_{inf}, \quad [GJ/rok] \quad (8)$$

gdzie:

- S_d - jak we wzorze (4),
 U - współczynnik przenikania ciepła okna lub drzwi przed i po termomodernizacji, $W/(m^2 * K)$, przy czym przed termomodernizacją – w przypadku okien lub drzwi przewidzianych do wymiany przyjęty z dokumentacji technicznej lub Polskiej Normy i powiększony o nie więcej niż 20% w zależności od oceny stanu technicznego okna lub drzwi, a w przypadku wymienionych okien lub drzwi przyjęty na podstawie deklaracji właściwości użytkowych lub aprobaty technicznej; po termomodernizacji wartość ta nie może być wyższa niż wartość określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,
 A_{Ok} - powierzchnia całkowita okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, m^2 ,
 Q_{inf} - roczne zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi, obliczane według wzoru (12), GJ/rok.

Wartości rocznego zapotrzebowania ciepła w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki ściennie, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$Q_0, Q_1 = (8,64 * S_d * A_{Ok} * U + 2,94 * c_r * c_w * V_{nom} * S_d) * 10^{-5}, \quad [GJ/rok] \quad (9)$$

gdzie:

- S_d - jak we wzorze (4),
 U - jak we wzorze (8),
 A_{Ok} - jak we wzorze (8),
 V_{nom} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków projektowych dla wentylacji naturalnej; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości

powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, m³/h,

c_r - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2,

c_w - współczynnik korekcyjny zgodnie z tabelą nr 2.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego nie odbywa się przez nawiewniki ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 1,65 * 10^{-8} * a * l * (t_{w0} - t_{z0})^{5/3}, \quad [MW] \quad (10)$$

gdzie:

t_{w0} - jak we wzorze (4),

t_{z0} - jak we wzorze (5),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

U - jak we wzorze (8),

a - współczynnik przepływu powietrza przez szczeliny okien lub drzwi przed i po termomodernizacji, określany w oparciu o tabelę 1 część 3 załącznika do Rozporządzenia, m³/(m*h*daPa^{2/3}),

l - długość zewnętrznych szczelin przylgowych okien lub drzwi, przed i po termomodernizacji, m.

Wartości zapotrzebowania na moc cieplną q_0 , q_1 w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ścienne, okna lub drzwi, oblicza się ze wzoru:

$$q_0, q_1 = 10^{-6} * A_{Ok} * (t_{w0} - t_{z0}) * U + 3,4 * 10^{-7} * V_{obl} * (t_{w0} - t_{z0}), \quad [MW] \quad (11)$$

gdzie:

t_{w0} - jak we wzorze (4),

t_{z0} - jak we wzorze (5),

A_{Ok} - jak we wzorze (8),

U - jak we wzorze (8),

V_{obl} - strumień powietrza zewnętrznego odniesiony do warunków obliczeniowych dla instalacji ogrzewczych; w przypadku braku danych należy przyjąć minimalny strumień objętości powietrza wentylacyjnego wyznaczony według Polskiej Normy dotyczącej wentylacji w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej lub zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw, pomnożony

przez współczynnik korekcyjny c_m zgodnie z tabelą 2, m^3/h ,

Wartości rocznego zapotrzebowania na ciepło na ogrzanie niepożądanego strumienia powietrza napływającego przez nieszczelności okien i drzwi Q_{0inf} , Q_{1inf} , oblicza się ze wzoru:

$$Q_{0inf}, Q_{1inf} = 1,43 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot l \sum_{m=1}^{L_g} [t_{wo} - t_e(m)]^{5/3} Ld(m), \quad [GJ/rok] \quad (12)$$

gdzie:

a - jak we wzorze (10),

l - jak we wzorze (10),

t_{wo} , $t_e(m)$ - jak we wzorze (4),

$Ld(m)$ - jak we wzorze (4).

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około $12,29 m^2$) zestawiono w tabeli poniżej:

WARIANT	U	c_r	c_w	Q	q	ΔO	N	SPBT
	W/m ² *K	-	-	GJ	MW	zł/rok	zł	lata
0	3,4	1,2	1,0	33,99	0,004	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	23,92	0,003	720,64	18 497,96	25,67
2	1,5	1,0	1,0	23,15	0,003	776,24	19 358,33	24,94
3	1,3	1,0	1,0	22,37	0,003	831,83	20 218,70	24,31

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,3 W/m^2K$ i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

6.4 Metoda wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego prosty czas zwrotu SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień. Do wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CO}}{\sum_n \Delta O_{rCO}}, [\text{lata}] \quad (17)$$

gdzie:

- N_{CO} – planowane koszty robót wynikające z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności systemu grzewczego, zł,
- ΔO_{rCO} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCO} dla n-tego źródła obliczono wg wzoru:

$$\Delta O_{rCO} = (x_0 * w_{t0} * w_{d0} * Q_{OCO} * O_{0z} / \eta_0 - x_1 * w_{t1} * w_{d1} * Q_{OCO} * O_{1z} / \eta_1) + 12 * (y_0 * q_{0m} * O_{0m} - y_1 * q_{1m} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), [\text{zł/rok}] \quad (18)$$

gdzie:

- x_0, x_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu ciepła przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,
- Q_{OCO} - sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych z uwzględnieniem współczynników korekcyjnych wg tabeli 2 Rozporządzenia, GJ/rok,
- η_0, η_1 - całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji obliczona wg wzoru (19),
- w_{t0}, w_{t1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjęte na podstawie tabeli (4) Rozporządzenia,
- w_{d0}, w_{d1} - współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjęte na podstawie tabeli (5) Rozporządzenia,
- O_{0z}, O_{1z} - jak we wzorze (2),
- y_0, y_1 - udział n-tego źródła w zapotrzebowaniu na moc cieplną przed i po wykonaniu modernizacji,
- q_{0m}, q_{1m} - zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego budynku, określone zgodnie z Polską Normą lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW,
- Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu grzewczego η_0, η_1 , oblicza się z zależności:

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e, \quad (19)$$

gdzie:

- η_w – sprawność wytwarzania ciepła określona zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi kotłów grzewczych, wodnych, niskotemperaturowych, gazowych oraz kotłów grzewczych stalowych o mocy grzewczej do 50 kW lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_r – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu zarówno grzejniki jak i instalacja c.o w części dydaktycznej obiektu są w złym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano kompleksową modernizację instalacji, polegającej na wymianie rurociągów, montażu nowych grzejników oraz zaworów z głowicami termostatycznymi. Dodatkowo przewidziano montaż Systemu Zarządzania Energią.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Omówienie	Jednostka	Stan istniejący	Stan po modernizacji
1	Obliczeniowa moc cieplna c.o.	MW	0,2775	0,2775
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględnienia sprawności	GJ/rok	2 023	2 023
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,5729	0,7366
4	Obniżenie nocne ¹⁾	-	1,00	0,95
5	Obniżenie tygodniowe ¹⁾	-	1,00	0,90
6	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. z uwzględnieniem sprawności i przerw w ogrzewaniu	GJ/rok	3 532,02	2 348,75
8	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł	252 928,67	168 193,99
9	Oszczędność kosztów	zł		84 734,68
10	Szacowany koszt modernizacji	zł		264 000,00
11	SPBT	lat		3,12

¹⁾ Uwzględnienie Systemu Zarządzania Energią

7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

7.1. Opis techniczny usprawnień

W ramach przedsięwzięcia należy wykonać:

- Ocieplenie stropodachu nad szkołą i zapleczem sali gimnastycznej o powierzchni około 1 530 m² proponuje się wykonać styropapą o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$, warstwą o grubości minimum 22 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,148 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: obróbki blacharskie i dekarские, remont kominów, podniesienie murków ogniowych, pokrycie papą nawierzchniową, etc.
- Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 1 335 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^2\text{K}$, warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,195 W/m²*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: zamurowanie

drzwi wejściowych i ocieplenie nowopowstałej ściany, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.

3. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 110 m² proponuje się wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 14 cm i współczynnika przewodzenia $\lambda = 0,036 \text{ W/m}^* \text{K}$. W pierwszej kolejności należy usunąć istniejącą opaskę betonową. Następnie należy odcinkami 1m odkopywać ścianę poniżej gruntu. Pokryć ją dwukrotnie pionową warstwą izolacji przeciwwilgociowej do spodu fundamentu i zamontować płyty ze styroporu lub styropianu XPS na głębokość 1m. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W kosztach inwestycji uwzględniono wymagane prace dodatkowe np.: odkopanie ściany, zasypanie i otworzenie nawierzchni, prace odtworzeniowe i wykończeniowe, etc.
4. Wymianę drzwi o powierzchni około 12,29 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,3 \text{ W/m}^2 \text{K}$, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.
5. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania w części dydaktycznej poprzez:
 - wymianę rurociągów,
 - wymianę grzejników żeliwnych na grzejniki płytowe,
 - montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
 - montaż zaworów grzejnikowych odcinających powrotnych,
 - montaż zaworów podpionowych równoważących, automatycznych,
 - montaż automatycznych odpowietrzników,
 - regulację instalacji grzewczej,
 - prace instalacyjne i odtworzeniowe.

Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

6. Zaprojektowanie, instalację i wdrożenie Systemu Zarządzania Energią, pozwalającego na bieżący pomiar zużycia ciepła, kontrolę i sterowanie pracą instalacji centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej i central wentylacyjnych w sali gimnastycznej oraz monitoring i regulację automatyki źródła ciepła (odczyt dowolnych parametrów, zdalną zmianę parametrów pracy). Celem systemu będzie utrzymanie optymalnych parametrów pracy instalacji przy zachowaniu komfortu cieplnego w czasie użytkowania obiektów. W ramach inwestycji należy zamontować aparaturę monitorującą - sterującą, która będzie na bieżąco przekazywać informacje o działaniu systemu grzewczego,

systemu ciepłej wody użytkowej, central wentylacyjnych do centralnego serwera, na którym powinien zostać zainstalowany program komputerowy pozwalający na zbieranie, zapisywanie i analizowanie danych. System musi zapewniać możliwość sterowania pracą instalacji grzewczych (m.in. poprzez instalację zmieszania pompowego), aby przy zachowaniu założonej temperatury wewnętrznej pomieszczeń oraz temperatury ciepłej wody użytkowej, obiekt zużywał możliwie najmniejsze ilości energii. Dodatkowo należy w referencyjnych pomieszczeniach zamontować czujniki temperatury wraz ze sterownikami, które będą rejestrować i na bieżąco przekazywać do Systemu Zarządzania Energią (minimum co 15 minut) odczyt pomiaru wartości temperatury wewnętrznej. System powinien zapewniać możliwość bieżącej kontroli działania instalacji grzewczych oraz prawidłowego i szybkiego reagowania na ewentualnie występujące awarie. System Zarządzania Energią powinien zapewnić możliwość zdalnego dostępu do danych pomiarowych (za pośrednictwem Internetu) przez osoby uprawnione oraz możliwość porównywania obiektu do innych obiektów objętych pomiarem, w celu uzyskania oceny energochłonności obiektu. W systemie powinny zostać zastosowane urządzenia pomiarowe co najmniej II klasy dokładności oraz komunikacja oparta na otwartych protokołach komunikacyjnych. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7.2. Obliczenie efektywności energetycznej i efektów ekologicznych.

Obliczenie projektowanego obciążenia cieplnego wykonano wg normy PN-EN 12831.

Obliczenie zużycia energii przez obiekt przed i po modernizacji wykonano wg normy PN-EN ISO 13790:2009 oraz wg zasad podanych w Rozporządzeniu do sporządzania świadectw energetycznych (przyjęte sprawności instalacji c.o. i zużycie energii na potrzeby ciepłej wody użytkowej).

Obliczenia przedstawiono w tabelach poniżej:

7.2.1. Projektowana strata ciepła.

Projektowana strata ciepła przed modernizacją

Przegroda	A	U	b_u	H_t	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach sala gimnastyczna	260,94	0,130	1,0	34	40	1,36
Stropodach nad szkołą i szatniami	1 530,31	1,035	1,0	1 584		63,34
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	1 331,92	1,606	1,0	2 139		85,56
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnastyczna)	331,06	0,241	1,0	80		3,19
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	68,87	0,847	1,0	58		2,33
Okna nowe	511,46	1,400	1,0	716		28,64
Drzwi do zamurowania	2,59	3,400	1,0	9		0,35
Drzwi wejściowe nowe	33,22	2,000	1,0	66		2,66
Drzwi wejściowe stare	12,29	3,400	1,0	42		1,67
Podłoga na gruncie (piwnica)	169,04	0,426	1,0	72		2,88
Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	1361,27	0,416	1,0	566		22,66
Podłoga na gruncie (sala)	260,94	0,356	1,0	93		3,72
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	1156,02	0,200	1,0	231	9,25	
Ogółem				5 690	227,60	
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		3 669	0,34	1248	49,90	
OGÓLEM						277,50

Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przegroda	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Dach sala gimnastyczna	260,94	0,130	1,0	34	40	1,36
Stropodach nad szkołą i szatniami	1530,31	0,148	1,0	227		9,06
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	1334,51	0,195	1,0	260		10,41
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnastyczna)	331,06	0,241	1,0	80		3,19
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	68,87	0,186	1,0	13		0,51
Okna nowe	511,46	1,400	1,0	716		28,64
Drzwi wejściowe nowe	33,22	2,000	1,0	66		2,66
Drzwi wejściowe wymienione	12,29	1,300	1,0	16		0,64
Podłoga na gruncie (piwnica)	169,04	0,426	1,0	72		2,88
Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	1361,27	0,416	1,0	566		22,66
Podłoga na gruncie (sala)	260,94	0,356	1,0	93		3,72
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	1156,02	0,150	1,0	173		6,94
Ogółem				2 316		92,66
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ /h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		3 669	0,34	1248	49,90	
OGÓŁEM					142,56	

7.2.2. Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	-0,9	-2,7	3,3	8,8	12,3	13,5	9,3	3,9	-0,4	
Różnica temperatur		[°C]	20,9	22,7	16,7	11,2	7,7	6,5	10,7	16,1	20,4	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Straty	H_{tr}, H_{ve}											
Dach sala gimnastyczna	33,91	[MJ]	1 898	1 862	1 517	984	113	95	972	1 415	1 853	10 709
Stropodach nad szkołą i szatniami	1 583,50	[MJ]	88 642	86 959	70 829	45 970	5 267	4 446	45 381	66 081	86 522	500 099
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	2 138,90	[MJ]	119 733	117 460	95 672	62 093	7 115	6 006	61 299	89 259	116 868	675 504
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnast.)	79,71	[MJ]	4 462	4 377	3 565	2 314	265	224	2 284	3 326	4 355	25 174
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	58,34	[MJ]	3 266	3 204	2 610	1 694	194	164	1 672	2 435	3 188	18 425
Okna nowe	716,04	[MJ]	40 083	39 322	32 028	20 787	2 382	2 011	20 521	29 881	39 124	226 137
Drzwi do zamurowania	8,81	[MJ]	493	484	394	256	29	25	252	367	481	2 781
Drzwi wejściowe nowe	66,44	[MJ]	3 719	3 649	2 972	1 929	221	187	1 904	2 773	3 630	20 982
Drzwi wejściowe stare	41,79	[MJ]	2 339	2 295	1 869	1 213	139	117	1 198	1 744	2 283	13 198
Podłoga na gruncie (piwnica)	72,06	[MJ]	4 034	3 957	3 223	2 092	240	202	2 065	3 007	3 937	22 759
Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	566,39	[MJ]	31 706	31 104	25 334	16 443	1 884	1 590	16 232	23 636	30 947	178 876
Podłoga na gruncie (sala)	92,89	[MJ]	5 200	5 101	4 155	2 697	309	261	2 662	3 877	5 076	29 338
Mostki liniowe	231,20	[MJ]	12 942	12 697	10 342	6 712	769	649	6 626	9 648	12 633	73 018
Straty przez przegrody	5 689,99	[MJ]	318 517	312 470	254 509	165 183	18 927	15 977	163 069	237 450	310 897	1 797 000
Wentylacja	2 316,00	[MJ]	129 646	127 185	103 593	67 234	7 704	6 503	66 374	96 649	126 545	731 434
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	448 164	439 656	358 102	232 417	26 631	22 481	229 443	334 099	437 442	2 528 434
Zyski słoneczne		[MJ]	18 114	25 134	51 250	62 788	90 896	60 268	36 547	18 819	16 105	379 921
Zyski wewnętrzne		[MJ]	34 908	31 530	34 908	33 782	5 630	5 630	34 908	33 782	34 908	249 985
Razem zyski		[MJ]	53 022	56 664	86 158	96 570	96 526	65 898	71 455	52 601	51 013	629 906
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1183	0,1289	0,2406	0,4155	3,6246	2,9313	0,3114	0,1574	0,1166	0,2491
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	2 773									
Pojemność cieplna		[J/K]	720 980 000									
Stała czasowa		[h]	25									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$			1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$		[h]	15									
Parametr numeryczny a_H			2,67									
Parametr numeryczny $a_H + 1$			3,67									
η			0,9970	0,9963	0,9829	0,9415	0,2694	0,3281	0,9689	0,9939	0,9971	
Zyski ciepła		[MJ]	52 864	56 455	84 687	90 923	26 004	21 624	69 234	52 281	50 867	504 939
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	395 299	383 201	273 415	141 494	627	857	160 208	281 819	386 575	2 023 495

7.2.3. Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

Wyszczególnienie		Jednostka	I	II	III	IV	V	IX	X	XI	XII	ogółem
Średnia temp. miesiąca		[°C]	-0,9	-2,7	3,3	8,8	12,3	13,5	9,3	3,9	-0,4	
Różnica temperatur		[°C]	20,9	22,7	16,7	11,2	7,7	6,5	10,7	16,1	20,4	
Liczba dni w miesiącu			31	28	31	30	5	5	31	30	31	222
Liczba sekund w mies.		[Msek.]	2,678	2,419	2,678	2,592	0,432	0,432	2,678	2,592	2,678	19,181
Przegroda	Htr Hve											
Dach sala gimnastyczna	33,91	[MJ]	1 898	1 862	1 517	984	113	95	972	1 415	1 853	10 709
Stropodach nad szkołą i szatniami	226,52	[MJ]	12 680	12 439	10 132	6 576	753	636	6 492	9 453	12 377	71 538
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	260,30	[MJ]	14 571	14 294	11 643	7 556	866	731	7 460	10 862	14 222	82 206
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnast.)	79,71	[MJ]	4 462	4 377	3 565	2 314	265	224	2 284	3 326	4 355	25 174
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	12,80	[MJ]	717	703	573	372	43	36	367	534	699	4 043
Okna nowe	716,04	[MJ]	40 083	39 322	32 028	20 787	2 382	2 011	20 521	29 881	39 124	226 137
Drzwi wejściowe nowe	66,44	[MJ]	3 719	3 649	2 972	1 929	221	187	1 904	2 773	3 630	20 982
Drzwi wejściowe stare	15,98	[MJ]	894	877	715	464	53	45	458	667	873	5 046
Podłoga na gruncie (piwnica)	72,06	[MJ]	4 034	3 957	3 223	2 092	240	202	2 065	3 007	3 937	22 759
Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	566,39	[MJ]	31 706	31 104	25 334	16 443	1 884	1 590	16 232	23 636	30 947	178 876
Podłoga na gruncie (sala)	92,89	[MJ]	5 200	5 101	4 155	2 697	309	261	2 662	3 877	5 076	29 338
Mostki liniowe	173,40	[MJ]	9 707	9 523	7 756	5 034	577	487	4 970	7 236	9 475	54 764
Straty przez przegrody	2316,43	[MJ]	129 671	127 209	103 612	67 247	7 705	6 505	66 386	96 668	126 568	731 571
Wentylacja	2 316,00	[MJ]	129 646	127 185	103 593	67 234	7 704	6 503	66 374	96 649	126 545	731 434
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	259 317	254 394	207 205	134 481	15 409	13 008	132 760	193 317	253 113	1 463 006
Zyski słoneczne		[MJ]	18 114	25 134	51 250	62 788	90 896	60 268	36 547	18 819	16 105	379 921
Zyski wewnętrzne		[MJ]	34 908	31 530	34 908	33 782	5 630	5 630	34 908	33 782	34 908	249 985
Razem zyski		[MJ]	53 022	56 664	86 158	96 570	96 526	65 898	71 455	52 601	51 013	629 906
Stosunek zysków do przenoszenia			0,2045	0,2227	0,4158	0,7181	6,2642	5,0660	0,5382	0,2721	0,2015	0,4306
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	2 773									
Pojemność cieplna		[J/K]	720 980 000									
Stała czasowa		[h]	43									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}			1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}		[h]	15									
Parametr numeryczny a _H			3,88									
Parametr numeryczny a _H + 1			4,88									
η			0,9983	0,9977	0,9804	0,9028	0,1595	0,1971	0,9562	0,9953	0,9984	
Zyski ciepła		[MJ]	52 933	56 534	84 466	87 178	15 399	12 989	68 324	52 356	50 932	481 111
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	206 384	197 860	122 739	47 303	10	19	64 436	140 961	202 181	981 895

7.2.4. Obliczenie zużycia energii finalnej.

Zużycie energii cieplnej przedstawiono w tabelach poniżej:

c.o.					c.w.u.				c.o. + c.w.u.	
q_{co}	Q_{co}	η	w	$Q_{co} \cdot w / \eta$	Koszty eksploatacyjne	q_{cwu}	Q_{cwu}	Koszty eksploatacyjne	Q_{co+cwu}	Koszty eksploatacyjne
MW	GJ/rok	-	-	GJ/rok	zł/rok	MW	GJ/rok	zł/rok	GJ/rok	zł/rok
0,2775	2 023,50	0,5729	1	3 532,03	252 928,67	0,017	74,58	5 340,67	3 606,61	258 269,34
0,1426	981,90	0,7366	0,855	1 139,73	81 616,07	0,017	74,58	5 340,67	1 214,31	86 956,74

Oszczędność energii finalnej przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	toe
Energia finalna:				
zużycie przed modernizacją	3 606,61	1 001 836,11	1 001,84	86,14
zużycie po modernizacji	1 214,31	337 308,33	337,31	29,00
oszczędność	2 392,30	664 527,78	664,53	57,14
oszczędność %	66,33			

7.2.5. Obliczenie zużycia energii pierwotnej.

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, udostępnione przez dostawcę ciepła:

- ciepło sieciowe – $w_p = 0,852$

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Oszczędność energii pierwotnej przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	toe
Energia pierwotna				
zużycie przed modernizacją	3 072,83	853 564,37	853,56	73,39
zużycie po modernizacji	1 034,59	287 386,70	287,39	24,71
oszczędność	2 038,24	566 177,67	566,17	48,68
oszczędność %	66,33			

7.2.6. Obliczenie efektu ekologicznego.

Wskaźnik emisji (WE CO₂) przyjęto na podstawie danych udostępnionych przez dostawcę ciepła.

	Roczna redukcja emisji CO ₂									
	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO ₂	Roczne zużycie energii		WE	emisja CO ₂	emisja CO ₂	
	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	GJ	MWh	kg/ GJ; Mg/MWh	Mg	Mg	%
	przed modernizacją				po modernizacji				redukcja	
sieć miejska	3 606,61	-	89,95	324,41	1 214,31	-	89,95	109,23		
				324,41				109,23	215,19	66,33

7.2.7. Podsumowanie

W poniższej tabeli przedstawiono nakłady całego przedsięwzięcia. Podane ceny są cenami brutto.

Lp.	Opis wprowadzonej modernizacji	Nakład [zł]
1	2	3
1	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	322 970,20
2	Ocieplenie stropodachu	283 050,00
3	Wymiana drzwi	20 218,70
4	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	37 400,00
5	Wymiana instalacji c.o.	204 000,00
6	Montaż Systemu Zarządzania Energią	60 000,00
	Ogółem	927 638,90

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 927 638,90 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 171 312,60 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 5,41 lat

Oszczędność zużycia energii finalnej – 2 392,30 GJ/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – **664 527,78 kWh/rok**

Oszczędność zużycia energii finalnej – 664,53 MWh/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – **57,14 toe/rok**

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 2 038,24 GJ/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – **566 177,67 kWh/rok**

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 566,17 MWh/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 48,68 **toe/rok**

Redukcja emisji CO₂ dla całego przedsięwzięcia – **215,19 Mg CO₂/rok**

Efektywność energetyczna dla całego przedsięwzięcia – **66,33 %**

ZAŁĄCZNIKI

Z-1 Ceny jednostkowe ciepła

Ceny jednostkowe ciepła dla potrzeb centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej

Opłaty za zużycie ciepła wg FORTUM

Założenia:

- opłaty dla potrzeb centralnego ogrzewania bez zmian przed i po modernizacji
- opłaty dla potrzeb ciepłej wody użytkowej przed i po modernizacji

		Ceny bez VAT	Ceny z VAT 23%
Opłata stała za moc zamówioną	zł(MW*m-c)	4 225,41	5 197,25
Przesył	zł(MW*m-c)	2 153,23	2 648,47
Razem opłata stała	zł(MW*m-c)	6 378,64	7 845,72
Opłata zmienna za ciepło	zł/GJ	30,91	38,02
Przesył	zł/GJ	10,04	12,35
Razem opłata zmienna	zł/GJ	40,95	50,37
Abonament	zł/(pkt.*m-c)	0,00	0,00

Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m^2K]
Dach sala gimnastyczna	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	0,130
	Wełna mineralna	30,0	0,300	0,040	7,500	
	Blacha	0,5	0,005	59,000	0,000	
	R				7,556	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
	R _T				7,696	
Stropodach nad szkołą i szatniami	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	1,035
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Suprema	10,0	0,100	0,230	0,435	
	Strop DMS	24,0	0,24		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				0,826	
	R _{si}				0,100	
	R _{se}				0,040	
R _T				0,966		
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	1,606
	Mur z cegły wap.-piask.	38,0	0,380	0,900	0,422	
	R				0,453	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				0,623	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnast.)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,241
	Mur z cegły wap.-piask.	38,0	0,380	0,900	0,422	
	Styropian	14,0	0,140	0,040	3,500	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				3,983	
	R _{si}				0,130	
	R _{se}				0,040	
	R _T				4,153	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,847
	Mur z betonu	51,0	0,510	1,000	0,510	
	R				0,540	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R _T				1,180	
Podłoga na gruncie (piwnica)	Gres	2,0	0,020	1,05	0,019	0,426
	Gładź cementowa	5,0	0,05	1,00	0,050	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,1	1,30	0,077	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	30,0	0,3	1,74	0,172	
	R				0,777	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R _T				2,346	

Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,416
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,00	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	0,77	0,195	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	10,0	0,1	1,74	0,057	
	R				0,764	
	Opór zastępczy gruntu				1,639	
	R _T				2,403	
Podłoga na gruncie (sala)	Wykładzina PCV	1,5	0,015	0,200	0,075	0,356
	Ślepa podłoga	2,5	0,025		0,190	
	Płyta pilśniowa	1,2	0,012	0,05	0,240	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	12,0	0,120	1,300	0,092	
	Piasek	15,0	0,15	0,40	0,375	
	Grunt	30,0	0,3	1,74	0,172	
	R				1,228	
	Opór zastępczy gruntu				1,581	
	R _T				2,809	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,400	1,0	1,400
Drzwi wejściowe nowe				2,000	1,0	2,000
Drzwi wejściowe stare				3,400	1,0	3,400

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Dach sala gimnastyczna	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	0,130
	Wełna mineralna	30,0	0,300	0,040	7,500	
	Blacha	0,5	0,005	59,0	0,000	
	R				7,556	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				7,696	
Stropodach nad szkołą i szatniami	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	0,148
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Suprema	10,0	0,100	0,230	0,435	
	Strop DMS	24,0	0,240		0,260	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	1,000	0,018	
	Styropapa	22,0	0,220	0,038	5,789	
	R				6,616	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
R_T				6,756		
Ściana zewnętrzna [SZ-1] (szkoła)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,195
	Mur z cegły wap.-piask.	38,0	0,38	0,900	0,422	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				4,957	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
R_T				5,127		
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (sala gimnast.)	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,241
	Mur z cegły wap.-piask.	38,0	0,38	0,900	0,422	
	Styropian	14,0	0,14	0,040	3,500	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				3,983	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
R_T				4,153		
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,186
	Mur z betonu	51,0	0,51	1,000	0,510	
	Styropian XPS	14,0	0,14	0,036	3,889	
	R				4,429	
	Opór zastępczy gruntu				0,951	
	R_T				5,380	
Podłoga na gruncie (piwnica)	Gres	2,0	0,020	1,050	0,019	0,426
	Gładź cementowa	5,0	0,050	1,000	0,050	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Beton	10,0	0,100	1,300	0,077	
	Piasek	15,0	0,150	0,400	0,375	
	Grunt	30,0	0,300	1,740	0,172	
	R				0,777	
	Opór zastępczy gruntu				1,569	
	R_T				2,346	

Podłoga na gruncie (szkoła, szatnie)	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,416
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	1,5	0,015	0,180	0,083	
	Gruzobeton	15,0	0,15	0,770	0,195	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Grunt	10,0	0,1	1,740	0,057	
	R				0,764	
	Opór zastępczy gruntu				1,639	
	RT				2,403	
Podłoga na gruncie (sala)	Wykładzina PCV	1,5	0,02	0,200	0,075	0,356
	Slepa podłoga	2,5	0,03	0,000	0,190	
	Płyta pilśniowa	1,2	0,01	0,050	0,240	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02		0,083	
	Beton	12,0	0,12	1,300	0,092	
	Piasek	15,0	0,15	0,400	0,375	
	Grunt	30,0	0,30	1,740	0,172	
	R				1,228	
	Opór zastępczy gruntu				1,581	
RT				2,809		
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,4	1,000	1,400
Drzwi wejściowe wymienione				1,3	1,000	1,300
Drzwi wejściowe nowe				2,0	1,000	2,000

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	7 338		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacji naturalnej	[m ²]	2 540		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacji mechanicznej	[m ²]	233		
Podstawowy strumień powietrza zewnętrznego	[m ³ /s*m ²]	0,42*10 ⁻³ ; 0,56*10 ⁻³		
Średni strumień powietrza wentylacji naturalnej	[m ³ /s]	1,42	1,42	
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m ³ /s]	0,10	0,10	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,41	0,41	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	1,93	1,93	
Współczynniki korekcyjne	c_r	-	1,0	1,0
	c_w	-	1,0	1,0
	c_m	-	1,0	1,0
Strumień powietrza	[m ³ /s]	1,93	1,93	
Skuteczność odzysku ciepła	[%]	-	-	
Strumień powietrza	[m ³ /s]	1,93	1,93	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	6 948	6 948	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	2 316	2 316	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,95	0,95	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		7 338	0,5			3 669,2
Strumień wentylacyjny						3 669,2

Z-6 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego przed modernizacją

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,93	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,80	przewody w złym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	brak regulacji centralnej i miejscowej
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,57	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	1,00	praca ciągła
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	1,00	praca ciągła

Sprawność systemu grzewczego po modernizacji

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,93	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,88	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,74	
7	Tygodniowe przerwy na ogrzewanie	w_t	0,90	obniżenie tygodniowe
8	Dobowe przerwy na ogrzewanie	w_d	0,95	obniżenie nocne

Z-7 Ciepła woda użytkowa.

Wyszczególnienie	Jednostka	obecne	docelowe
Ciepło właściwe wody	kJ/kg*K	4,19	4,19
Gęstość wody	kg/dm ³	1	1
Powierzchnia pomieszczeń A _f	m ²	2 773	2 773
Liczba użytkowników	osoba	451	451
Zużycie jednostkowe	dm ³ /(m ² doła)	0,80	0,80
Temperatura ciepłej wody	°C	55	55
Temperatura wody zimnej	°C	10	10
Współczynnik korekcyjny	-	0,55	0,55
Czas pracy instalacji cwu	doła	365	365
Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego	kWh/rok	12 844,7	12 844,7
	GJ/rok	46,2	46,2
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,910
Sprawność przesyłu	-	0,800	0,800
Sprawność akumulacji	-	0,850	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,620	0,620
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	20 717,2	20 717,2
	GJ/rok	74,6	74,6
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u. $V_{h\dot{s}r}=(L*V_{cw})/18/1000$	m ³ /h	0,200	0,200
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru $N_h=9,32*L^{(-0,244)}$	-	2,098	2,098
Zużycie ciepła na ogrzanie 1 m ³ wody $Q_{cwj}=c_w*\rho*(\Theta_{cw}-Q_0)*k_t/\eta_c/10^6$	GJ/m ³	0,304	0,304
Max. moc c.w.u. $q_{cwu}^{max}=V_{h\dot{s}r}*Q_{cwj}*N_h*10^6/3600$	kW	35,52	35,52
Średnia moc c.w.u. $q_{cwu}^{\dot{s}r}=q_{cwu}^{max}/N_h$	kW	16,9	16,9
Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową	kWh/(m ² *rok)	7,5	7,5