

AUDYT EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ

1. Przedsięwzięcie służące poprawie efektywności energetycznej:

**TERMOMODERNIZACJA BUDYNKU
ZESPOŁU SZKÓŁ BUDOWLANYCH NR 1**

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. Mościckiego 4**

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 Zespołu Szkół Budowlanych Nr 1 w Płocku			
Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej (max. 250 znaków):	Ocieplenie stropodachu, ocieplenie ścian zewnętrznych, wymiana okien, wymiana drzwi, modernizacja wentylacji, wymiana instalacji c.w.u., wymiana źródła ciepła, 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:**	753 539	[kWh/rok]	64,79	[toe/rok]
Średnioroczna ilość energii pierwotnej planowanej do zaoszczędzenia:**	642 015	[kWh/rok]	55,20	[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.....	7
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.....	16
6.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej.....	20
6.5 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego.....	22
7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.....	25
7.1. Opis techniczny usprawnień.....	25
7.2. Obliczenie efektywności energetycznej i efektów ekologicznych.....	27
7.2.1. Projektowana strata ciepła.....	28
7.2.2. Roczne zapotrzebowanie na energię przed modernizacją wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....	30
7.2.3. Roczne zapotrzebowanie na energię po modernizacji wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.....	31
7.2.4. Obliczenie zużycia energii finalnej.....	32
7.2.5. Obliczenie zużycia energii pierwotnej.....	32
7.2.6. Obliczenie efektu ekologicznego.....	33
7.2.7. Podsumowanie.....	33
ZAŁĄCZNIKI.....	35
Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.....	35
Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją.....	36
Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.....	38
Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.....	40
Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.....	40
Z-6 Sprawności systemu grzewczego.....	41
Z-7 Ciepła woda użytkowa.....	42

2. Podstawa opracowania.

2.1 Cel i zakres opracowania.

Celem opracowania jest ocena efektywności energetycznej inwestycji polegającej na kompleksowej modernizacji energetycznej budynku Zespołu Szkół Budowlanych Nr 1 w Płocku, ul. Mościckiego 4.

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 budynek			
Rodzaj budynku	Budynek użyteczności publicznej	Rok budowy	1960
Adres budynku	ul. Mościckiego 4 09-400 Płock	Właściciel	Miasto Płock, pl. Stary Rynek1 09-400 Płock
4.2 Dane techniczne ogólne			
Konstrukcje, technologia (system)	Mieszana		
Liczba kondygnacji	podziemnych	nadziemnych	
	1	1; 2	
Rodzaj dachu	Stropodach kryty papą		
Kubatura	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	19 391	-	
Powierzchnia	części ogrzewanej	część nieogrzewana	
	4 541	-	
Współczynnik kształtu	0,458		
Wysokość kondygnacji	nadziemnych	podziemnych	
	3,15; 4,9	-	
Liczba pomieszczeń	-		
Liczba osób użytkująca budynek	czasowa	stała	
	500	-	
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]	
Stropodach	2 934,09	0,722	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 920,85	1,380	
Ściana zewnętrzna [SZ-2] (piwnice)	118,34	1,065	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	136,09	0,632	
Okna nowe	47,12	1,300	
Okna stare	769,49	2,600	
Drzwi	30,11	3,500	
Podłoga na gruncie (piwnica)	1 185,11	0,414	
Podłoga na gruncie	1 561,67	0,429	
Podłoga na gruncie (sala gimnastyczna)	187,31	0,356	

4. Ocena stanu technicznego budynku

Obiekt wybudowany w 1960 roku w technologii rama H z prefabrykowanych ram żelbetowych, składa się z segmentów A, B, C, D oraz z sali gimnastycznej z zapleczem. Segmenty B i D są podpiwniczone. Ściany zewnętrzne obiektu wykonane są z różnych materiałów (cegła ceramiczna, pustaki żuzłobetonowe oraz cegła silikatowa), które są różnej grubości, nieocieplone. Nad całym obiektem zastosowano stropodach niewentylowany, nieocieplony, kryty papą. W budynku zastosowano stropy z prefabrykowanych elementów żelbetowych, płytowo - żebrowych. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi jedynie izolacyjność termiczna niektórych przegród zewnętrznych.

W części dydaktycznej budynku oraz zapleczu sali gimnastycznej zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła równym $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła równym $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Oba rodzaje stolarek są w bardzo złym stanie technicznym (okna wypaczone, nieszczelne). W sali gimnastycznej zastosowano stolarkę okienną o współczynniku przenikania ciepła $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w dobrym stanie technicznym

W budynku zastosowano stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, która jest w złym stanie technicznym.

Źródłem ciepła dla budynku jest miejska sieć ciepłownicza, a w budynku zainstalowano wymiennikowy węzeł cieplny, który jest w złym stanie technicznym. Instalacja c.o. została wykonana jako wodna, z rozdziałem dolnym w układzie dwururowym, pompowym. W obiekcie zainstalowano grzejniki płytowe z zaworami z głowicami termostatycznymi. Stan techniczny zarówno grzejników jak i instalacji jest dobry.

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z tego samego węzła cieplnego, co ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania. Zarówno instalacja c.w.u. jak i zimnej wody i kanalizacji są w złym stanie technicznym i kwalifikują się do wymiany.

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną która jest w dobrym stanie technicznym, z wyjątkiem sali gimnastycznej, w której obserwuje się niedostateczne przewietrzanie pomieszczenia.

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 nad segmentami A, B, C i D oraz nad salą gimnastyczną i zapleczem,

- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- ocieplenie ścian poniżej gruntu,
- wymianę okien,
- wymianę drzwi,
- modernizację wentylacji w sali gimnastycznej,
- modernizację instalacji c.w.u.,
- wymianę węzła cieplnego,
- 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 Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]. Ocieplenie ścian poniżej gruntu. Wymiana okien Wymian drzwi. Modernizacja wentylacji w sali gimnastycznej.
2	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej	Wymiana i izolacja rurociągów. Montaż perlatorów przy punktach odbioru.
3	Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania	Wymiana węzła cieplnego. 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/m^3 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),

Ab₀, Ab₁- 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, W/(m²*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, m²,

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

Rozpatruje się ocieplenie stropodachu styropapą o optymalnej grubości

$$\text{Pow. obliczeniowa} = 2\,934,09 \quad [\text{m}^2] \qquad R_0 = 1,385 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$$

$$\text{Pow. ocieplenia} = \text{ok. } 2\,934 \quad [\text{m}^2]$$

$$\text{Materiał: styropapa} \qquad U_0 = 0,722 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\lambda = 0,040 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$$

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	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]
0,06	1,500	2,885	0,347	321,15	0,041	501 714,00	26 562,14	18,888
0,07	1,750	3,135	0,319	295,54	0,037	507 024,54	28 518,24	17,779
0,08	2,000	3,385	0,295	273,72	0,035	512 335,08	30 185,44	16,973
0,09	2,250	3,635	0,275	254,89	0,032	517 645,62	31 623,34	16,369
0,10	2,500	3,885	0,257	238,49	0,030	522 956,16	32 876,20	15,907
0,11	2,750	4,135	0,242	224,08	0,028	528 266,70	33 977,58	15,548
0,12	3,000	4,385	0,228	211,30	0,027	533 577,24	34 953,38	15,265
0,13	3,250	4,635	0,216	199,91	0,025	538 887,78	35 823,93	15,043
0,14	3,500	4,885	0,205	189,68	0,024	544 198,32	36 605,38	14,867
0,15	3,750	5,135	0,195	180,44	0,023	549 508,86	37 310,75	14,728
0,16	4,000	5,385	0,186	172,07	0,022	554 819,40	37 950,63	14,620
0,17	4,250	5,635	0,177	164,43	0,021	560 129,94	38 533,73	14,536
0,18	4,500	5,885	0,170	157,45	0,020	565 440,48	39 067,30	14,473
0,19	4,750	6,135	0,163	151,03	0,019	570 751,02	39 557,38	14,428
0,20	5,000	6,385	0,157	145,12	0,018	576 061,56	40 009,09	14,398
0,21	5,250	6,635	0,151	139,65	0,018	581 372,10	40 426,76	14,381
0,22	5,500	6,885	0,145	134,58	0,017	586 800,00	40 814,10	14,377
0,23	5,750	7,135	0,140	129,87	0,016	592 110,54	41 174,30	14,381
0,24	6,000	7,385	0,135	125,47	0,016	597 421,08	41 510,11	14,392
0,25	6,250	7,635	0,131	121,36	0,015	602 731,62	41 823,93	14,411
0,26	6,500	7,885	0,127	117,51	0,015	608 042,16	42 117,85	14,437

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.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 1\,920,85 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,724 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 2\,127 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,380 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,038 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,040	0,490	297,33	0,038	489 422,70	41 251,29	11,864
0,06	1,579	2,303	0,434	263,36	0,033	490 682,11	43 846,18	11,191
0,07	1,842	2,567	0,390	236,36	0,030	492 193,40	45 908,96	10,721
0,08	2,105	2,830	0,353	214,38	0,027	493 956,57	47 588,07	10,380
0,09	2,368	3,093	0,323	196,14	0,025	495 971,62	48 981,45	10,126
0,10	2,632	3,356	0,298	180,76	0,023	498 238,56	50 156,31	9,934
0,11	2,895	3,619	0,276	167,62	0,021	500 757,37	51 160,33	9,788
0,12	3,158	3,882	0,258	156,25	0,020	503 528,07	52 028,23	9,678
0,13	3,421	4,146	0,241	146,34	0,019	506 550,65	52 785,94	9,596
0,14	3,684	4,409	0,227	137,60	0,017	509 825,11	53 453,20	9,538
0,15	3,947	4,672	0,214	129,85	0,016	513 351,45	54 045,28	9,499
0,16	4,211	4,935	0,203	122,93	0,016	517 129,67	54 574,22	9,476
0,17	4,474	5,198	0,192	116,70	0,015	521 115,00	55 049,61	9,466
0,18	4,737	5,461	0,183	111,08	0,014	525 396,99	55 479,18	9,470
0,19	5,000	5,724	0,175	105,97	0,013	529 930,86	55 869,25	9,485
0,20	5,263	5,988	0,167	101,32	0,013	534 716,61	56 225,04	9,510
0,21	5,526	6,251	0,160	97,05	0,012	539 754,24	56 550,87	9,545
0,22	5,789	6,514	0,154	93,13	0,012	545 043,75	56 850,38	9,587
0,23	6,053	6,777	0,148	89,51	0,011	550 585,14	57 126,62	9,638
0,24	6,316	7,040	0,142	86,17	0,011	556 378,42	57 382,21	9,696
0,25	6,579	7,303	0,137	83,06	0,011	562 423,58	57 619,39	9,761

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 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 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-2] budynku wełną mineralną lub styropianem metodą bezspoinową.

$$\begin{aligned} \text{Pow. obliczeniowa} &= 118,34 \quad [\text{m}^2] & R_0 &= 0,939 \quad [(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}] \\ \text{Pow. ocieplenia} &= \text{ok. } 118 \quad [\text{m}^2] \\ \text{Materiał:} & \text{styropian} & U_0 &= 1,065 \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \\ \lambda &= 0,038 \quad [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})] \end{aligned}$$

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]	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	$[\text{GJ}/\text{a}]$	MW	[zł]	[zł]	[lata]
0,05	1,316	2,255	0,443	16,57	0,002	27 151,80	1 773,44	15,310
0,06	1,579	2,518	0,397	14,84	0,002	27 221,67	1 905,74	14,284
0,07	1,842	2,781	0,360	13,44	0,002	27 305,51	2 013,01	13,565
0,08	2,105	3,045	0,328	12,28	0,002	27 403,33	2 101,73	13,038
0,09	2,368	3,308	0,302	11,30	0,001	27 515,12	2 176,33	12,643
0,10	2,632	3,571	0,280	10,47	0,001	27 640,88	2 239,94	12,340
0,11	2,895	3,834	0,261	9,75	0,001	27 780,62	2 294,82	12,106
0,12	3,158	4,097	0,244	9,12	0,001	27 934,33	2 342,65	11,924
0,13	3,421	4,360	0,229	8,57	0,001	28 102,01	2 384,70	11,784
0,14	3,684	4,624	0,216	8,08	0,001	28 283,67	2 421,97	11,678
0,15	3,947	4,887	0,205	7,65	0,001	28 479,30	2 455,22	11,599
0,16	4,211	5,150	0,194	7,26	0,001	28 688,91	2 485,07	11,544
0,17	4,474	5,413	0,185	6,90	0,001	28 910,00	2 512,03	11,509
0,18	4,737	5,676	0,176	6,58	0,001	29 383,55	2 536,48	11,584
0,19	5,000	5,939	0,168	6,29	0,001	29 635,08	2 558,77	11,582
0,20	5,263	6,202	0,161	6,03	0,001	29 900,58	2 579,16	11,593
0,21	5,526	6,466	0,155	5,78	0,001	30 180,05	2 597,89	11,617
0,22	5,789	6,729	0,149	5,55	0,001	30 473,50	2 615,16	11,653
0,23	6,053	6,992	0,143	5,35	0,001	30 780,92	2 631,13	11,699
0,24	6,316	7,255	0,138	5,15	0,001	31 102,32	2 645,94	11,755
0,25	6,579	7,518	0,133	4,97	0,001	31 437,68	2 659,72	11,820

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 W/m²K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 17 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 poniżej gruntu

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

Pow. obliczeniowa =	136,09	[m ²]	R ₀ =	1,581	[(m ² *K)/W]
Pow. ocieplenia =	ok. 136	[m ²]	R ₁ =	1,909	[(m ² *K)/W]
Materiał:	styropor		U ₀ =	0,632	[W/(m ² *K)]
λ =	0,032	[W/(m*K)]	U ₁ =	0,524	[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	1,563	3,472	0,288	12,38	0,002	33 728,00	1 130,70	29,829
0,06	1,875	3,784	0,264	11,36	0,001	34 365,50	1 208,79	28,430
0,07	2,188	4,097	0,244	10,49	0,001	35 130,50	1 274,98	27,554
0,08	2,500	4,409	0,227	9,75	0,001	36 023,00	1 331,78	27,049
0,09	2,813	4,722	0,212	9,10	0,001	37 043,00	1 381,06	26,822
0,10	3,125	5,034	0,199	8,54	0,001	38 080,00	1 424,22	26,737
0,11	3,438	5,347	0,187	8,04	0,001	39 355,00	1 462,34	26,912
0,12	3,750	5,659	0,177	7,59	0,001	40 757,50	1 496,25	27,240
0,13	4,063	5,972	0,167	7,20	0,001	42 287,50	1 526,61	27,700
0,14	4,38	6,284	0,159	6,84	0,001	43 945,00	1 553,95	28,280
0,15	4,688	6,597	0,152	6,52	0,001	45 743,60	1 578,70	28,975
0,16	5,000	6,909	0,145	6,22	0,001	47 656,10	1 601,21	29,763
0,17	5,313	7,222	0,138	5,95	0,001	49 696,10	1 621,77	30,643
0,18	5,625	7,534	0,133	5,70	0,001	51 863,60	1 640,63	31,612
0,19	5,938	7,847	0,127	5,48	0,001	54 158,60	1 657,99	32,665
0,20	6,250	8,159	0,123	5,27	0,001	56 581,10	1 674,01	33,800
0,21	6,563	8,472	0,118	5,07	0,001	59 131,10	1 688,85	35,013
0,22	6,875	8,784	0,114	4,89	0,001	61 808,60	1 702,64	36,302
0,23	7,188	9,097	0,110	4,72	0,001	64 613,60	1 715,48	37,665
0,24	7,500	9,409	0,106	4,57	0,001	67 546,10	1 727,47	39,101
0,25	7,813	9,722	0,103	4,42	0,001	70 606,10	1 738,68	40,609

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 10 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 10 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 cieplną 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, m^3/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, $m^3/(m*h*daPa^{2/3})$,

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 okien (o powierzchni około $769,49 \text{ m}^2$) 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	2,6	1,2	1,0	2 341,05	0,090	-	-	-
1	1,3	1,0	1,0	1 740,26	0,050	45 894,41	700 235,90	15,26
2	1,1	1,0	1,0	1 691,65	0,044	49 607,25	754 100,20	15,20
3	0,9	1,0	1,0	1 643,05	0,038	53 320,09	807 964,50	15,15

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien jest rozwiązanie trzecie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi (o powierzchni około $30,11 \text{ m}^2$) 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	3,5	1,2	1,0	100,16	0,011	-	-	-
1	1,7	1,0	1,0	71,90	0,009	2 159,05	45 466,10	21,06
2	1,5	1,0	1,0	70,00	0,009	2 304,33	47 573,80	20,65
3	1,3	1,0	1,0	68,10	0,009	2 449,61	49 681,50	20,28

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 $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ i to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu w sali gimnastycznej zamontowano wentylację grawitacyjną. Ponieważ występują problemy z obiegiem powietrza, proponuje się zastosowanie w tym pomieszczeniu naściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych z odzyskiem ciepła, zintegrowanych z Systemem Zarządzania Energią. Przyjęto, że w wyniku ogrzewania powietrza napływowego przez powietrze wypływowe nastąpi obniżenie zużycia ciepła o minimum 75%. Założono sumaryczną wydajność wentylacji mechanicznej na około $2400 \text{ m}^3/\text{h}$. Agregaty te powinny być wyposażone w czujki stężenia CO_2 , które po przekroczeniu założonego maksymalnego poziomu spowodują zwiększenie obrotów wentylatora i doprowadzenie do zmniejszenia stężenia CO_2 w pomieszczeniu.

Przy powyższych założeniach oszczędność energii z powyższego rozwiązania wyniesie:

Strumień powietrza	V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v	Sd	Q	ΔQ
	$[\text{m}^3/\text{h}]$	$[\text{J}/\text{m}^3/\text{K}]$	$[\text{W}/\text{K}]$	-	GJ	GJ
Obecnie	11 988	0,33	3 996	3 655,30	1 262,01	18,95
Docelowo	11 808	0,33	3 936	3 655,30	1 243,06	

Natomiast opłacalność przedsięwzięcia zamieszczono w poniższej tabeli:

ΔQ	Oszczędność	Nakład	SPBT
GJ	zł	zł	lat
18,95	1 447,52	38 376,00	26,51

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

6.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej

Optymalne usprawnienie termomodernizacyjne związane ze zmniejszeniem zapotrzebowania ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej jest to usprawnienie, dla którego prosty czas

zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną, przy czym porównuje się warianty o tym samym zakresie usprawnień technicznych.

Dla wyznaczenia optymalnego usprawnienia termomodernizacyjnego korzysta się z zależności określonej wzorem:

$$SPBT = \frac{N_{CW}}{\sum_n \Delta O_{rCW}}, \text{ [lata]} \quad (15)$$

gdzie:

N_{CW} – planowane koszty robót związanych z modernizacją instalacji ciepłej wody, zł,

ΔO_{rCW} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przypadająca na poszczególne z n wykorzystanych źródeł energii, zł/rok.

Wartości rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rCW} n-tego źródła oblicza się wg wzoru:

$$\Delta O_{rCW} = (x_0 * Q_{0cw} * O_{0z} / n_{0w} - x_1 * Q_{1cw} * O_{1z} / n_{1w}) + 12 * (y_0 * q_{0cw} * O_{0m} - y_1 * q_{1cw} * O_{1m}) + 12 * (Ab_0 - Ab_1), \quad [\text{zł/rok}] \quad (16)$$

gdzie:

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

Q_{0cw}, Q_{1cw} – zapotrzebowanie na ciepło przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone przez audytora na podstawie analizy i prognozy zużycia ciepła - GJ/rok, obliczone zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym sporządzania świadectw,

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 wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego,

n_{0w}, n_{1w} – całkowita sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po termomodernizacji, obliczana zgodnie ze wzorem (16a),

q_{0cw}, q_{1cw} – zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej przed i po wykonaniu wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, określone na podstawie analizy i prognozy zużycia lub obliczone dla zapotrzebowania na ciepłą wodę przyjętego zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań projektowania instalacji wodociągowych MW,

O_{0m}, O_{1m} – jak we wzorze (2),

Ab_0, Ab_1 - jak we wzorze (2).

Całkowitą sprawność systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej n_{0w}, n_{1w} oblicza się ze wzoru:

$$n_{0w}, n_{1w} = \eta_{gw} * \eta_{dw} * \eta_{ew} * \eta_{sw}, \quad [-] \quad (16a)$$

gdzie:

- η_{gw} - sprawność wytwarzania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- η_{dw} - sprawność przesyłu ciepła w instalacji ciepłej wody, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{ew} - sprawność akumulacji ciepła w systemie przygotowania ciepłej wody użytkowej, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw,
- η_{sw} - sprawność wykorzystania ciepła, przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu instalacja c.w.u. jest w złym stanie technicznym, w związku z tym proponuje się jej kompleksową wymianę. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 69 900,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo 22 835,26 zł - 15 677,52 zł = 7 157,74 zł

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

$$SPBT = 69\,900,00 / 7\,157,74 = 9,76 \text{ lat.}$$

6.5 Metoda wyznaczania 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 są w dobrym stanie technicznym, w związku z tym przewidziano jedynie wymianę węzła cieplnego oraz 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	0,4433	0,4433
2	Roczne zapotrzebowanie na ciepło c.o. bez uwzględniania sprawności	GJ/rok	3 139	3 139
3	Ogólna sprawność c.o.	-	0,7524	0,7841
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	4 172,37	3 423,15
8	Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym	zł	318 727,34	261 494,43
9	Oszczędność kosztów	zł		57 232,91
10	Szacowany koszt modernizacji	zł		440 000,00
11	SPBT	lat		7,69

¹⁾ Uwzględnienie Systemu Zarządzania Energią

7. Opis przedsięwzięcia służącego poprawie efektywności energetycznej.

7.1. Opis techniczny usprawnień

W ramach przedsięwzięcia należy wykonać:

1. Ocieplenie stropodachu nad segmentami A, B, C i D oraz salą gimnastyczną i zapleczem o powierzchni około 2 934 m² proponuje się wykonać styropapą o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 22 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,145 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.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni około 2 127 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,192 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.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
3. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni około 118 m² proponuje się wykonać płytami z wełny mineralnej lub ze styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W/m}^*\text{K}$, warstwą o grubości minimum 17 cm. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,185 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.: ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, wymianę instalacji odgromowej, prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji.
4. Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1] o powierzchni około 136 m² proponuje się wykonać płytami ze styroporu lub styropianu XPS warstwą o grubości minimum 10 cm i współczynniku przewodzenia $\lambda = 0,032 \text{ W/m}^*\text{K}$. 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, zasypianie i otworzenie nawierzchni, prace odtworzeniowe i wykończeniowe, etc.

5. Wymianę okien o powierzchni około 769,49 m² na okna o współczynniku przenikania $U=0,9$ W/m²K z nawiewnikami higrosterowalnymi, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

6. Wymianę drzwi o powierzchni około 30,11 m² na drzwi o współczynniku przenikania $U=1,3$ W/m²K, zgodnie z Aprobata Techniczną oraz zaleceniami producenta. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry.

7. Modernizację instalacji wentylacji poprzez:

- montaż ściennych agregatów wentylacyjno - grzewczych o wydajności około 2400 m³, wyposażonych w system odzysku ciepła o skuteczności minimum 75%, oraz czujniki stężenia CO₂, zintegrowanych z Systemem Zarządzania Energią,

- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

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

8. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- wymianę rurociągów oraz ich izolację,

- montaż wodoszczędnych baterii umywalkowych,

- regulację instalacji,

- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

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

9. Wymianę węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. wraz z dostosowaniem pomieszczenia oraz dodatkowo płukanie i regulację instalacji grzewczej.

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

10. Zaprojektowanie, instalację i wdrożenie Systemu Zarządzania Energią, pozwalającego na bieżący pomiar zużycia ciepła, kontrolę i sterowanie pracą instalacji centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej i agregatów wentylacyjno - grzewczych 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, agregatów wentylacyjno - grzewczych 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 mieszania 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	$\Delta\Theta$ [°C]	Φ [kW]
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]		
Stropodach	2 934,09	0,722	1,0	2 118	40	84,72
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1 920,85	1,380	1,0	2 651		106,05
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	118,34	1,065	1,0	126		5,04
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	136,09	0,632	1,0	86		3,44
Okna nowe	47,12	1,300	1,0	61		2,45
Okna stare	769,49	2,600	1,0	2 001		80,03
Drzwi wejściowe stare	30,11	3,500	1,0	105		4,22
Podłoga na gruncie (piwnica)	1185,11	0,414	0,60	294		11,77
Podłoga na gruncie	1561,67	0,429	1,0	669		26,77
Podłoga na gruncie (sala)	187,31	0,356	1,0	67		2,67
Mostki liniowe	l	ψ	□			
	[m]	[W/mK]				
	2121,92	0,200	1,0	424		16,98
Ogółem				8 603		344,13
Wentylacja		V_1	ρ^*c_p	H_v		
		[m ³ h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		7 292	0,34	2479	99,17	
OGÓLEM						443,30

Projektowana strata ciepła po modernizacji

Przeграда	A	U	b_u	H_{tr}	$\Delta\Theta$	Φ
	[m ²]	[W/m ² K]	-	[W/K]	[°C]	[kW]
Stropodach	2934,09	0,145	1,0	426	40	17,05
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	1920,85	0,192	1,0	370		14,78
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	118,34	0,185	1,0	22		0,87
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	136,09	0,199	1,0	27		1,08
Okna nowe	47,12	1,300	1,0	61		2,45
Okna wymienione	769,49	0,900	1,0	693		27,70
Drzwi wejściowe wymienione	30,11	1,300	1,0	39		1,57
Podłoga na gruncie (piwnica)	1185,11	0,414	0,60	294		11,77
Podłoga na gruncie	1561,67	0,429	1,0	669		26,77
Podłoga na gruncie (sala)	187,31	0,356	1,0	67		2,67
Mostki liniowe	l	ψ	\square			
	[m]	[W/mK]				
	2121,92	0,150	1,0	318		12,73
Ogółem				2 986		119,44
Wentylacja		V_1	$\rho \cdot c_p$	H_v		
		[m ³ h]	[J/m ³ /K]	[W/K]		
		7 292	0,34	2479	99,17	
OGÓŁEM						218,61

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	$H_{tr} H_{ve}$											
Stropodach	2 117,89	[MJ]	118 556	116 305	94 732	61 483	7 045	5 947	60 696	88 382	115 720	668 866
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	2 651,34	[MJ]	148 418	145 601	118 593	76 970	8 819	7 445	75 984	110 644	144 868	837 341
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	125,99	[MJ]	7 053	6 919	5 635	3 657	419	354	3 611	5 258	6 884	39 789
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	86,07	[MJ]	4 818	4 726	3 850	2 499	286	242	2 467	3 592	4 703	27 182
Okna nowe	61,26	[MJ]	3 429	3 364	2 740	1 778	204	172	1 756	2 557	3 347	19 347
Okna stare	2 000,66	[MJ]	111 994	109 868	89 488	58 080	6 655	5 618	57 337	83 490	109 315	631 845
Drzwi wejściowe stare	105,39	[MJ]	5 899	5 787	4 714	3 059	351	296	3 020	4 398	5 758	33 282
Podłoga na gruncie (piwnica)	294,35	[MJ]	16 477	16 164	13 166	8 545	979	827	8 436	12 284	16 083	92 961
Podłoga na gruncie	669,26	[MJ]	37 464	36 753	29 936	19 429	2 226	1 879	19 180	27 929	36 568	211 365
Podłoga na gruncie (sala)	66,68	[MJ]	3 733	3 662	2 983	1 936	222	187	1 911	2 783	3 643	21 059
Mostki liniowe	424,38	[MJ]	23 756	23 305	18 982	12 320	1 412	1 192	12 162	17 710	23 188	134 028
Straty przez przegrody	8 603,27	[MJ]	481 599	472 456	384 818	249 756	28 618	24 158	246 560	359 025	470 077	2 717 066
Wentylacja	3 996,00	[MJ]	223 690	219 444	178 738	116 005	13 292	11 221	114 521	166 758	218 339	1 262 008
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	705 289	691 899	563 556	365 762	41 910	35 379	361 081	525 783	688 416	3 979 075
Zyski słoneczne		[MJ]	30 927	42 390	86 757	109 128	158 801	104 462	62 648	31 992	28 101	655 206
Zyski wewnętrzne		[MJ]	57 164	51 632	57 164	55 320	9 220	9 220	57 164	55 320	57 164	409 370
Razem zyski		[MJ]	88 091	94 022	143 921	164 448	168 021	113 682	119 812	87 312	85 265	1 064 576
Stosunek zysków do przenoszenia			0,1249	0,1359	0,2554	0,4496	4,0091	3,2133	0,3318	0,1661	0,1239	0,2675
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	4 541									
Pojemność cieplna		[J/K]	1 180 660 000									
Stała czasowa		[h]	26									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$			1									
Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$		[h]	15									
Parametr numeryczny a_H			2,74									
Parametr numeryczny $a_H + 1$			3,74									
η			0,9970	0,9963	0,9821	0,9349	0,2452	0,3023	0,9668	0,9939	0,9971	
Zyski ciepła		[MJ]	87 831	93 676	141 344	153 743	41 201	34 365	115 831	86 775	85 019	839 786
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	617 458	598 223	422 212	212 018	709	1 013	245 250	439 007	603 397	3 139 289

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											
Stropodach	426,13	[MJ]	23 854	23 401	19 061	12 371	1 417	1 197	12 212	17 783	23 284	134 580
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	369,52	[MJ]	20 685	20 293	16 529	10 727	1 229	1 038	10 590	15 421	20 191	116 702
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	21,86	[MJ]	1 224	1 201	978	635	73	61	627	912	1 195	6 904
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	27,03	[MJ]	1 513	1 485	1 209	785	90	76	775	1 128	1 477	8 538
Okna nowe	61,26	[MJ]	3 429	3 364	2 740	1 778	204	172	1 756	2 557	3 347	19 347
Okna stare	692,54	[MJ]	38 767	38 031	30 977	20 105	2 304	1 945	19 847	28 900	37 840	218 716
Drzwi wejściowe stare	39,14	[MJ]	2 191	2 150	1 751	1 136	130	110	1 122	1 633	2 139	12 362
Podłoga na gruncie (piwnica)	294,35	[MJ]	16 477	16 164	13 166	8 545	979	827	8 436	12 284	16 083	92 961
Podłoga na gruncie	669,26	[MJ]	37 464	36 753	29 936	19 429	2 226	1 879	19 180	27 929	36 568	211 365
Podłoga na gruncie (sala)	66,68	[MJ]	3 733	3 662	2 983	1 936	222	187	1 911	2 783	3 643	21 059
Mostki liniowe	318,29	[MJ]	17 817	17 479	14 237	9 240	1 059	894	9 122	13 283	17 391	100 521
Straty przez przegrody	2986,08	[MJ]	167 156	163 983	133 565	86 687	9 933	8 385	85 578	124 613	163 157	943 056
Wentylacja	3 936,00	[MJ]	220 332	216 149	176 054	114 264	13 093	11 052	112 801	164 254	215 061	1 243 059
Całkowite przenoszenie ciepła		[MJ]	387 488	380 132	309 619	200 951	23 026	19 437	198 379	288 867	378 218	2 186 116
Zyski słoneczne		[MJ]	27 781	38 081	77 957	98 098	142 770	93 891	56 291	28 738	25 251	588 858
Zyski wewnętrzne		[MJ]	57 164	51 632	57 164	55 320	9 220	9 220	57 164	55 320	57 164	409 370
Razem zyski		[MJ]	84 945	89 713	135 121	153 418	151 990	103 111	113 456	84 059	82 416	998 228
Stosunek zysków do przenoszenia			0,2192	0,2360	0,4364	0,7635	6,6009	5,3048	0,5719	0,2910	0,2179	0,4566
Typ budynku			ciężki (260 000)									
Powierzchnia ogrzewana		[m ²]	4 541									
Pojemność cieplna		[J/K]	1 180 660 000									
Stała czasowa		[h]	47									
Metoda obliczeniowa			miesięczna									
Referencyjny parametr liczbowy a _{H,0}			1									
Stała czasowa odniesienia t _{H,0}		[h]	15									
Parametr numeryczny a _H			4,16									
Parametr numeryczny a _H + 1			5,16									
η			0,9986	0,9981	0,9818	0,8975	0,1514	0,1884	0,9556	0,9958	0,9986	
Zyski ciepła		[MJ]	84 825	89 544	132 665	137 699	23 018	19 422	108 418	83 707	82 301	761 599
Zapotrzebowanie ciepła		[MJ]	302 663	290 588	176 955	63 251	8	15	89 961	205 160	295 916	1 424 517

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} *w/η	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
0,4433	3 139,29	0,7524	1	4 172,37	318 727,34	0,025	298,93	22 835,26	4 471,30	341 562,60
0,2186	1 424,52	0,7841	0,855	1 553,33	118 658,88	0,017	205,23	15 677,52	1 758,56	134 336,40

Oszczędność energii finalnej przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	toe
Energia finalna:				
zużycie przed modernizacją	4 471,30	1 242 027,78	1 242,03	106,80
zużycie po modernizacji	1 758,56	488 488,89	488,49	42,00
oszczędność	2 712,74	753 538,89	753,54	64,79
oszczędność %	60,67			

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:

$$Q_p = Q_k * w_p$$

Oszczędność energii pierwotnej przedstawiono w tabeli poniżej:

Wyszczególnienie	GJ	kWh	MWh	toe
Energia pierwotna				
zużycie przed modernizacją	3 809,55	1 058 207,67	1 058,21	90,99
zużycie po modernizacji	1 498,29	416 192,53	416,19	35,79
oszczędność	2 311,25	642 015,14	642,02	55,20
oszczędność %	60,67			

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	4 471,30	-	89,95	402,19	1 758,56	-	89,95	158,18		
				402,19				158,18	244,01	60,67

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 stropodachu	586 800,00
2	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1]	521 115,00
3	Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2]	28 910,00
4	Ocieplenie ścian poniżej gruntu [SG-1]	38 080,00
5	Wymiana okien	807 964,50
6	Wymiana drzwi	49 681,50
7	Modernizacja wentylacji	38 376,00
8	Modernizacja c.w.u.	69 900,00
9	Wymiana źródła ciepła	380 000,00
10	Montaż Systemu Zarządzania Energią	60 000,00
	Ogółem	2 580 827,00

Planowy koszt całkowity przedsięwzięcia – 2 580 827,00 zł

Roczna oszczędność kosztu energii – 207 226,20 zł

SPBT dla całego przedsięwzięcia – 12,45 lat

Oszczędność zużycia energii finalnej – 2 712,74 GJ/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – **753 538,89 kWh/rok**

Oszczędność zużycia energii finalnej – 753,54 MWh/rok

Oszczędność zużycia energii finalnej – **64,79** toe/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 2 311,25 GJ/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – **642 015,14 kWh/rok**

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – 642,02 MWh/rok

Oszczędność zużycia energii pierwotnej – **55,20 toe/rok**

Redukcja emisji CO₂ dla całego przedsięwzięcia – **244,01 Mg CO₂/rok**

Efektywność energetyczna dla całego przedsięwzięcia – **60,67 %**

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_1	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m ² K/W	[W/m ² K]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,010	0,180	0,056	0,722
	Szlichta cementowa	3,0	0,030	1,000	0,030	
	Wetna mineralna	5,0	0,050	0,052	0,962	
	Strop żelbetowy	22,0	0,22		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,0150	0,820	0,018	
	R				1,245	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
	R_T				1,385	
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	1,380
	Mur z cegły ceramicznej	38,0	0,380	0,770	0,494	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,554	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,724	
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	1,065
	Pustak żużlobetonowy	51,0	0,510	0,720	0,708	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	R				0,769	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
	R_T				0,939	
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,632
	Pustak żużlobetonowy	51,0	0,510	0,560	0,911	
	R				0,941	
	Opór zastępczy gruntu				0,640	
	R_T				1,581	
Podłoga na gruncie (piwnica)	Gres	2,0	0,020	1,05	0,019	0,414
	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				1,639	
	R_T				2,416	
Podłoga na gruncie	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,429
	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				1,569	
	R_T				2,333	

Podłoga na gruncie (sala)	Parkiet	1,5	0,015	0,200	0,075	0,356
	Słepa 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]
				1,300	1,0	1,300
Okna stare				2,600	1,0	2,600
Drzwi wejściowe stare				3,500	1,0	3,500

Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji.

Przegroda	Wyszczególnienie	d_i	d	λ	R	U
		[cm]	[m]	W/mK	m^2K/W	[W/m^2K]
Stropodach	Papa asfaltowa	1,0	0,01	0,180	0,056	0,145
	Szlichta cementowa	3,0	0,03	1,000	0,030	
	Papa asfaltowa	0,0	0	0,180	0,000	
	Pustka powietrzna	20,0	0,2	0,000	0,000	
	Wełna mineralna	5,0	0,05	0,052	0,962	
	Strop żelbetowy	22,0	0,22		0,180	
	Tynk cem.-wap.	1,5	0,015	0,820	0,018	
	Styropapa	22,0	0,220	0,040	5,500	
	R				6,745	
	R_{si}				0,100	
	R_{se}				0,040	
R_T				6,885		
Ściana zewnętrzna [SZ-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,192
	Mur z cegły ceramicznej	38,0	0,38	0,770	0,494	
	Styropian	0,0	0	0,040	0,000	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	
	R				5,028	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
R_T				5,198		
Ściana zewnętrzna [SZ-2]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,185
	Pustak żużłobetonowy	51,0	0,51	0,720	0,708	
	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	
	Styropian	17,0	0,17	0,038	4,474	
	R				5,243	
	R_{si}				0,130	
	R_{se}				0,040	
R_T				5,413		
Ściana poniżej gruntu [SG-1]	Tynk cem.-wapienny	2,5	0,025	0,820	0,030	0,199
	Pustak żużłobetonowy	51,0	0,51	0,560	0,911	
	Styropor	10,0	0,1	0,032	3,125	
	R				4,066	
	Opór zastępczy gruntu				0,968	
	R_T				5,034	
Podłoga na gruncie (piwnica)	Gres	2,0	0,020	1,050	0,019	0,414
	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				1,639	
	R_T				2,416	
Podłoga na gruncie	Terakota	2,5	0,025	1,050	0,024	0,429
	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				1,569	
R_T				2,333		

Podłoga na gruncie (sala)	Parkiet	1,5	0,02	0,200	0,075	0,356
	Ślepa podłoga	2,5	0,03		0,190	
	Płyta pilśniowa	1,2	0,01	0,050	0,240	
	Papa asfaltowa	1,5	0,02	0,180	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	
	R _T				2,809	
Okna nowe				U ₀	Wsp.	U
				[W/m ² K]	-	[W/m ² K]
				1,3	1,000	1,300
Okna wymienione				0,9	1,000	0,900
Drzwi wejściowe wymienione				1,3	1,000	1,300

Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

Wyszczególnienie	Jednostka	Strumień powietrza		
		obecnie	docelowo	
Kubatura wentylowana V_{ve}	[m ³]	14 584		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacji naturalnej	[m ²]	4 381		
Powierzchnia ogrzewana A_f wentylacji mechanicznej	[m ²]	160		
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]	2,52	2,45	
Średni strumień powietrza wentylacji mechanicznej	[m ³ /s]	-	0,05	
Dodatkowy strumień powietrza na infiltrację	[m ³ /s]	0,81	0,81	
Obliczeniowy strumień powietrza wentylacyjnego	[m ³ /s]	3,33	3,31	
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]	3,33	3,31	
Skuteczność odzysku ciepła	[%]	-	75	
Strumień powietrza	[m ³ /s]	3,33	3,28	
Strumień powietrza	[m ³ /h]	11 988	11 808	
Współczynnik strat ciepła	[W/K]	3 996	3 936	
Krotność wymiany powietrza	[1/h]	0,82	0,81	

Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

	Wsp.	Kubatura	Krotność	Wsp. osł.	Wsp. wys.	Strumień
	-	[m ³]	[h ⁻¹]	-	-	[m ³ /h]
Strumień higieniczny		14 584	0,5			7 292,0
Strumień wentylacyjny						7 292,0

Z-6 Sprawności systemu grzewczego.

Sprawność systemu grzewczego przed modernizacją

1	Rodzaj systemu zasilania			MSC
2	Wytwarzanie ciepła	η_g	0,95	węzeł cieplny
3	Przesyłanie ciepła	η_d	0,90	przewody w dobrym stanie technicznym
4	Regulacja i wykorzystanie ciepła	η_e	0,77	regulacja centralna i miejscowa
5	Akumulacja ciepła	η_s	1,00	brak zbiornika buforowego
6	Sprawność całkowita systemu	η_0	0,75	
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	0,99	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	0,78	
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	4 541	4 541
Liczba użytkowników	osoba	500	500
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	38 196,3	38 196,3
	GJ/rok	137,5	137,5
Sprawność wytwarzania	-	0,910	0,980
Sprawność przesyłu	-	0,600	0,800
Sprawność akumulacji	-	0,850	0,850
Sprawność sezonowa wykorzystania	-	1,000	1,000
Sprawność całkowita	-	0,460	0,670
Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego	kWh/rok	83 035,4	57 009,4
	GJ/rok	298,9	205,2
Średnie godzinowe zapotrzebowanie na c.w.u. $V_{h\dot{s}r}=(L*V_{cw})/18/1000$	m ³ /h	0,222	0,222
Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru $N_h=9,32*L^{(-0,244)}$	-	2,046	2,046
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	0,410	0,283
Max. moc c.w.u. $q_{cwu}^{max}=V_{h\dot{s}r}*Q_{cwj}*N_h*10^6/3600$	kW	51,76	35,73
Średnia moc c.w.u. $q_{cwu}^{\dot{s}r}=q_{cwu}^{max}/N_h$	kW	25,3	17,5
Wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową	kWh/(m ² *rok)	18,3	12,6