

## **AUDYT ENERGETYCZNY BUDYNKU MIESZKALNEGO**

**ul. Długa 22**

**95 – 100 Zgierz**



**Zamawiający: Gmina Miasto Zgierz**

**pl. Jana Pawła II 16**

**95 – 100 Zgierz**

**Termin zakończenia pracy: maj 2017 roku**

# 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku

|  |                           |  |  |
|--|---------------------------|--|--|
| 1. Dane identyfikacyjne budynku  |                           |  |  |
| 1.1 Rodzaj budynku   |                           | Budynek mieszkalny   |  |
| 1.3 Inwestor<br>(nazwa lub imię i nazwisko, adres do korespondencji)   |                           | Gmina Miasto Zgierz  | 1.2 Rok budowy                                 |
| pl. Jana Pawła II nr 16  |                           | ul. Długa  | 1903   |
| kod 95-100 miejscowość Zgierz  |                           | nr bud. 22   |  |
| tel. - fax -   |                           | kod 95-100 miejscowość Zgierz  |  |
|  |                           | powiat zgierski  |  |
|  |                           | województwo łódzkie  |  |
| 2. Nazwa, adres i numer REGON firmy wykonującej audyt:   |                           |  |  |
| ..... "ELEKO" Franciszek Radomyski 05-230 Kobyłka, ul. Nadarzyn 2a; REGON 010492283.....   |                           |  |  |
| 3. Imię i nazwisko adres audytora koordynującego wykonanie audytu, posiadane kwalifikacje, podpis:                                     |                           |  |  |
| mgr inż. Barbara Kosowska <i>Blb soske</i>   |                           |  |  |
| 4. Współautorzy audytu: imiona, nazwiska, zakresy prac, posiadane kwalifikacje   |                           |  |  |
| Lp.  | Imię i nazwisko           | Zakres udziału w opracowaniu audytu energetycznego   | Posiadane kwalifikacje (w tym ew. uprawnienia) |
| 1.   | mgr inż. Barbara Kosowska | Opracowanie kompleksowe:<br>- zapotrzebowanie na ciepło<br>- warianty termomodernizacji<br>- analiza ekonomiczna | Kurs audytorów energetycznych FPE              |
| 5. Miejscowość Kobyłka data wykonania opracowania: Maj 2017  |                           |  |  |
| 6. Spis treści   |                           |  |  |
| 1. Strona tytułowa audytu energetycznego budynku..... 1  |                           |  |  |
| 2. Karta audytu energetycznego budynku ..... 2   |                           |  |  |
| 3. Podstawa opracowania ..... 4  |                           |  |  |
| 3.1 Cel i zakres opracowania ..... 4   |                           |  |  |
| 3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu ..... 4   |                           |  |  |
| 3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecającego) ..... 5   |                           |  |  |
| 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku ..... 6   |                           |  |  |
| 5. Ocena stanu technicznego budynku ..... 7  |                           |  |  |
| 5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku ..... 7  |                           |  |  |
| 5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania ..... 8  |                           |  |  |
| 5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u. .... 8  |                           |  |  |
| 5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji ..... 8  |                           |  |  |
| 6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego. .... 8                           |                           |  |  |
| 7. Określenie optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 9   |                           |  |  |
| 7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło ..... 9                     |                           |  |  |
| 7.2 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez przegrody zewnętrzne. .... 9  |                           |  |  |
| 7.3 Usprawnienia mające na celu zmniejszenie strat przez okna lub drzwi oraz poprawie systemu wentylacji. .... 16                      |                           |  |  |
| 7.4 Usprawnienia zmniejszające zapotrzebowanie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej ..... 20                                 |                           |  |  |
| 7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne. .... 22  |                           |  |  |
| 7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku ..... 22   |                           |  |  |
| 7.7 Metoda wyznaczania optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność systemu grzewczego. .... 24 |                           |  |  |
| 8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego ..... 27   |                           |  |  |
| 9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji. .... 30                            |                           |  |  |
| 10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych ..... 32  |                           |  |  |
| ZAŁĄCZNIKI ..... 33  |                           |  |  |
| Z-1 Ceny jednostkowe ciepła ..... 33   |                           |  |  |
| Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją ..... 34   |                           |  |  |
| Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji ..... 35  |                           |  |  |
| Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację ..... 36  |                           |  |  |
| Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego ..... 36   |                           |  |  |
| Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła ..... 36   |                           |  |  |
| Z-7 Projektowana strata ciepła ..... 37  |                           |  |  |
| Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009. .... 38  |                           |  |  |
| Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009 ..... 39                                      |                           |  |  |
| Z-10 Sprawności systemu grzewczego ..... 40  |                           |  |  |
| Z-11 Ciepła woda użytkowa ..... 41   |                           |  |  |
| Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej ..... 42  |                           |  |  |
| Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego ..... 43  |                           |  |  |
| Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące ..... 44  |                           |  |  |

## 2. Karta audytu energetycznego budynku

| 1. Dane ogólne   |  | Stan przed termomodernizacją | Stan po termomodernizacji   |
|--|--|------------------------------|-----------------------------|
| 1.   | Konstrukcja/technologia budynku  | Drewniana                    | Drewniana                   |
| 2.   | Liczba kondygnacji   | 2                            | 2                           |
| 3.   | Kubatura części ogrzewanej [m <sup>3</sup> ]   | 1 260                        | 1 260                       |
| 4.   | Powierzchnia netto budynku *) [m <sup>2</sup> ]  | 314,69                       | 314,69                      |
| 5.   | Powierzchnia ogrzewana części mieszkalnej [m <sup>2</sup> ]                                | 314,69                       | 314,69                      |
| 6.   | Pow. ogrzewana lokali użytkowych oraz innych pomieszczeń niemieszkalnych [m <sup>2</sup> ] | 0                            | 0                           |
| 7.   | Liczba lokali mieszkalnych   | 7                            | 7                           |
| 8.   | Liczba osób użytkujących budynek   | 19                           | 19                          |
| 9.   | Sposób przygotowania ciepłej wody użytkowej  | miejskowa                    | centralna                   |
| 10.  | Rodzaj systemu grzewczego budynku  | piece kaflowe                | pompowy z rozdziałem dolnym |
| 11.  | Współczynnik kształtu A/V [1/m]  | 0,565                        | 0,565                       |
| 12.  | Inne dane charakteryzujące budynek   | -                            | -                           |
| <b>2. Współczynniki przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>                                      |  |                              |                             |
| 1  | Ściany zewnętrzne  | 0,769                        | 0,208                       |
| 2  | Dach /stropodach/ strop pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami                  | 1,448                        | 0,174                       |
| 3  | Strop nad piwnicą  | 1,123                        | 1,123                       |
| 4  | Podłoga na gruncie w pomieszczeniach ogrzewanych   | -                            | -                           |
| 5  | Okna, drzwi balkonowe  | 2,600                        | 1,100                       |
| 6  | Drzwi zewnętrzne/bramy   | 3,120                        | 1,500                       |
| 7  | Inne   | -                            | -                           |
| <b>3. Sprawności składowe systemu grzewczego i współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu</b> |  |                              |                             |
| 1.   | Sprawność wytwarzania [-]  | 0,80                         | 0,91                        |
| 2.   | Sprawność przesyłu [-]   | 1,00                         | 0,90                        |
| 3.   | Sprawność regulacji i wykorzystania [-]  | 0,70                         | 0,88                        |
| 4.   | Sprawność akumulacji [-]   | 1,00                         | 1,00                        |
| 5.   | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w okresie tygodnia [-]                                  | 1,00                         | 1,00                        |
| 6.   | Uwzględnienie przerw na ogrzewanie w ciągu doby [-]  | 1,00                         | 1,00                        |

\*) wg Planu Gospodarki Niskoemisyjnej

|   |   |               |              |  |      |           |
|---|---|---------------|--------------|--|------|-----------|
| 4. Sprawności składowe systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej                       |   |               |              |  |      |           |
| 1.  | Sprawność wytwarzania   | [-]           | 0,96         | 0,90   |      |           |
| 2.  | Sprawność przesyłu  | [-]           | 0,80         | 0,80   |      |           |
| 3.  | Sprawność regulacji i wykorzystania   | [-]           | 1,00         | 1,00   |      |           |
| 4.  | Sprawność akumulacji  | [-]           | 1,00         | 1,00   |      |           |
| 5. Charakterystyka systemu wentylacji   |   |               |              |  |      |           |
| 1.  | Rodzaj wentylacji (naturalna, mechaniczna, inna)  |               | naturalna    | naturalna                                      |      |           |
| 2.  | Sposób doprowadzenia i odprowadzenia powietrza  |               | okna /kanały | okna /kanały                                   |      |           |
| 3.  | Strumień powietrza zewnętrznego   | [m³/h]        | 1 107        | 1 107  |      |           |
| 4.  | Krotność wymian powietrza   | [1/h]         | 1,31         | 1,31   |      |           |
| 6. Charakterystyka energetyczna budynku   |   |               |              |  |      |           |
| 1.  | Obliczeniowa moc cieplna systemu grzewczego   | [kW]          | 33,04        | 17,39  |      |           |
| 2.  | Obliczeniowa moc cieplna potrzebna do przygotowanie ciepłej wody użytkowej  | [kW]          | 15,70        | 16,75  |      |           |
| 3.  | Roczne zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku (bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)                                      | [GJ/rok]      | 270,40       | 147,61   |      |           |
| 4.  | Roczne obliczeniowe zużycie energii do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)                                    | [GJ/rok]      | 482,86       | 204,81   |      |           |
| 5.  | Roczne obliczeniowe zużycie energii do przygotowanie ciepłej wody użytkowej   | [GJ/rok]      | 50,52        | 54,03  |      |           |
| 6.  | Zmierzone zużycie ciepła na ogrzewanie przeliczone na warunki sezonu standardowego (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła) | [GJ/rok]      | -            | -  |      |           |
| 7.  | Zmierzone zużycie ciepła na przygotowanie ciepłej wody użytkowej (służące weryfikacji przyjętych składowych danych obliczeniowych bilansu ciepła)                   | [GJ/rok]      | -            | -  |      |           |
| 8.  | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku ( bez uwzględniania sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)                          | [kWh/(m²rok)] | 239,18       | 130,57   |      |           |
| 9.  | Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku (z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu)                            | [kWh/(m²rok)] | 427,10       | 181,16   |      |           |
| 10.   | Udział odnawialnych źródeł energii  | [%]           | -            | -  |      |           |
| 7. Opłaty jednostkowe (obowiązujące w dniu sporządzania audytu)                           |   |               |              |  |      |           |
| 1.  | Koszt za 1 GJ ciepła do ogrzewania budynku  | [zł/GJ]       | 38,56        | 59,21  |      |           |
| 2.  | Koszt 1 MW mocy zamówionej na ogrzewanie na miesiąc   | [zł/(MW m-c)] | -            | 10 995,78                                      |      |           |
| 3.  | Koszt przygotowania 1 m³ ciepłej wody użytkowej   | [zł/m³]       | 42,71        | 17,86  |      |           |
| 4.  | Koszt 1 MW mocy zamówionej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej na miesiąc   | [zł/(MW m-c)] | -            | -  |      |           |
| 5.  | Miesięczny koszt ogrzewania 1 m² powierzchni użytkowej  | [zł/(m² m-c)] | 4,94         | 3,83   |      |           |
| 6.  | Miesięczna opłata abonamentowa  | [zł/m-c]      | -            | -  |      |           |
| 7.  | Inne  | [zł]          | -            | -  |      |           |
| 8. Charakterystyka ekonomiczna optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego |   |               |              |  |      |           |
| Planowana kwota kredytu <sup>1)</sup>   |   | [zł]          | 710 673,41   | Roczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię | [%]  | 51,47     |
| Planowane koszty całkowite <sup>2)</sup>  |   | [zł]          | 710 673,41   | Premia termomodernizacyjna                     | [zł] | 18 601,38 |
| Roczna oszczędność kosztów energii  |   | [zł/rok]      | 9 300,69     |  |      |           |

<sup>1)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną.

<sup>2)</sup> Podane koszty są kosztami szacunkowymi

### **3. Podstawa opracowania.**

#### **3.1 Cel i zakres opracowania.**

Celem opracowania jest wybór optymalnego wariantu termomodernizacji budynku mieszkalnego przy ul. Długiej 22 w Zgierzu i sprawdzenie, czy spełnione są wymagania ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych, konieczne do przyznania premii termomodernizacyjnej.

#### **3.2 Materiały wykorzystane w opracowaniu.**

1. Ustawa z dnia 21.11.2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów - (Dz. U. Nr 223, poz. 1459),
2. 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).
3. 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. 2015, poz. 1606).
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
5. 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. 2015, poz. 376).
6. Polska Norma PN-EN-ISO 6946; 2008 „Elementy budowlane i części budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metody obliczeń”.
7. Polska Norma PN-EN-ISO 13 790; 2009; „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
8. Polska Norma PN-EN-ISO 12831; 2006, „Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowanego obciążenia cieplnego.

9. Ministerstwo Infrastruktury - Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków
10. Polska Norma PN-EN-ISO 14683; „Mostki cieplne w budynkach – Liniowy współczynnik przenikania ciepła – Metody uproszczone i wartości orientacyjne”.
11. Normy związane
12. Instrukcja Instytutu Techniki Budowlanej Nr 334/2002 „Bezspoinowy system ocieplenia ścian zewnętrznych budynków”, Warszawa 2002.
13. Pogorzelski J.A. „Fizyka budowli – część X – Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych” „Materiały budowlane” nr 3/2005
14. Inwentaryzacja techniczna budynku.
15. Wizje lokalne i wywiady z właścicielami i administratorem budynku.
16. Program komputerowy AUDYT wersja 6.1.
17. Oferty dostawców materiałów i urządzeń.

### **3.3 Wytyczne, sugestie, ograniczenia i uwagi Inwestora (Zlecniodawcy) .**

1. Maksymalne obniżenie kosztów ponoszonych na ogrzewanie budynku.
2. Maksymalne wykorzystanie kredytu bankowego i pomocy Państwa na warunkach określonych w Ustawie termomodernizacyjnej.
3. Budynek znajduje się w Gminnej Ewidencji Zabytków i wszelkie prace budowlane i instalacyjne można wykonać po uzyskaniu zgody konserwatora zabytków.

#### 4. Inwentaryzacja techniczno-budowlana budynku

|   |                               |                      |  |
|---|-------------------------------|----------------------|--|
| 4.1 Dane identyfikujące budynek                         |                               |                      |  |
| Rodzaj budynku  | Budynek mieszkalny            | Rok budowy           | 1903   |
| Adres budynku   | ul. Długa 22<br>95 100 Zgierz | Właściciel           | Gmina Miasto Zgierz,<br>pl. Jana Pawła II 16,<br>95 – 100 Zgierz |
| 4.2 Dane techniczne ogólne                              |                               |                      |  |
| Konstrukcje, technologia (system)                       | Drewniana                     |                      |  |
| Liczba kondygnacji                                      | podziemnych                   | nadziemnych          |  |
|   | -                             | 2                    |  |
| Rodzaj dachu  | Dach kryty papą               |                      |  |
| Kubatura  | części ogrzewanej             | część nieogrzewana   |  |
|   | 1 260                         | -                    |  |
| Powierzchnia  | części ogrzewanej             | część nieogrzewana   |  |
|   | 314,69                        | -                    |  |
| Powierzchnia całkowita                                  | 487,72                        |                      |  |
| Wysokość kondygnacji                                    | nadziemnych                   | podziemnych          |  |
|   | 2,7                           | -                    |  |
| Liczba pomieszczeń                                      | -                             |                      |  |
| Liczba osób użytkująca budynek                          | czasowa                       | stała                |  |
|   | -                             | 19                   |  |
| Czas użytkowania budynku                                | dni tygodnia                  | godziny              |  |
|   | 7                             | 24                   |  |
| 4.3 Zestawienie danych dotyczących przegród budowlanych |                               |                      |  |
| Przegroda   | Pow. netto                    | U                    |  |
|   | [m <sup>2</sup> ]             | [W/m <sup>2</sup> K] |  |
| Strop poddasza  | 243,86                        | 1,448                |  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1]                                | 93,94                         | 0,769                |  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2]                                | 91,44                         | 0,389                |  |
| Okna PCV  | 18,30                         | 1,700                |  |
| Okna drewniane  | 14,23                         | 2,600                |  |
| Drzwi wejściowe   | 6,36                          | 3,120                |  |
| Podłoga na gruncie                                      | 243,86                        | 0,421                |  |

## **5. Ocena stanu technicznego budynku**

### **5.1 Ocena stanu technicznego i izolacyjności cieplnej budynku.**

W opracowaniu analizie poddano budynek mieszkalny, zlokalizowany w Zgierzu, przy ul. Długiej 22. Budynek wybudowany w 1903 roku, jest niepodpiwniczony wykonany w technologii drewnianej. Ściany zewnętrzne wykonane z drewna, częściowo ocieplone. Nad budynkiem znajduje się nieogrzewane poddasze użytkowe. Strop pod poddaszem drewniany, nieocieplony. W budynku zastosowano stropy drewniane. Ogólny stan techniczny budynku pod względem konstrukcyjnym jest dobry. Stan przegród zewnętrznych jest również dobry. Zastrzeżenia budzi izolacyjność termiczna przegród zewnętrznych.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla przegród nieprzezroczystych powinna wynosić

- |                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| - dla dachów, stropodachów            | - 0,18 W/m <sup>2</sup> K, |
| - dla ścian zewnętrznych              | - 0,23 W/m <sup>2</sup> K, |
| - dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą | - 0,25 W/m <sup>2</sup> K, |
| - dla podłogi na gruncie              | - 0,30 W/m <sup>2</sup> K. |

Współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych analizowanego budynku wynoszą:

- |                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| - strop poddasza     | - 1,448 W/m <sup>2</sup> K,         |
| - ściany zewnętrzne  | - 0,389 ; 0,769 W/m <sup>2</sup> K, |
| - podłoga na gruncie | - 0,421 W/m <sup>2</sup> K          |

są więc wyższe od wymaganych i przegrody te powinny zostać ocieplone. Ze względów technicznych nie ma możliwości wykonania poziomej izolacji podłogi na gruncie. Ze względu na zabytkowy charakter budynku i wytyczne konserwatora zabytków, należy zdemontować istniejące ocieplenie części ścian zewnętrznych i przywrócić oryginalny wygląd obiektu.

Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  dla przegród przezroczystych powinna wynosić:

- |         |                         |
|---------|-------------------------|
| - okna  | -1,1 W/m <sup>2</sup> K |
| - drzwi | -1,5 W/m <sup>2</sup> K |

W budynku zastosowano stolarkę okienną PCV o współczynniku przenikania ciepła 1,7 W/m<sup>2</sup>K oraz stolarkę okienną drewnianą o współczynniku przenikania ciepła 2,6 W/m<sup>2</sup>K. Ze względu na wytyczne konserwatora zabytków dotyczące ponownej wymiany okien PCV na drewnianą stolarkę okienną



z zachowaniem pierwotnego podziału i form okien oraz kolorystyki, w opracowaniu przeanalizowana zostanie zarówno wymiana stolarki okiennej drewnianej jak i PCV.

W budynku zastosowano drewnianą stolarkę drzwiową o współczynniku przenikania ciepła  $3,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Stan tej stolarki jest zły, dlatego w opracowaniu zostanie przeanalizowana jej wymiana.

## **5.2 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu ogrzewania.**

Źródłem ciepła dla budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w lokalach mieszkalnych. Ze względu na zły stan techniczny pieców oraz dużą emisję dwutlenku węgla do atmosfery w opracowaniu przeanalizowana zostanie wymiana źródeł ciepła, na instalację wodną, pompową z rozdzielaczem dolnym, z zaizolowanym orurowaniem, z grzejnikami płytowymi z zaworami z głowicami termostatycznym, zasilaną z sieci miejskiej.

## **5.3 Ocena stanu technicznego i rozwiązań instalacji c.w.u.**

Ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych oraz kuchni węglowych. Ze względu na zły stan techniczny źródeł ciepła, w opracowaniu zostanie przeanalizowana modernizacja instalacji ciepłej wody użytkowej, polegająca na montażu nowego orurowania i podłączenia do sieci miejskiej.

## **5.4 Ocena stanu technicznego i rozwiązań systemu wentylacji.**

W budynku zastosowano wentylację grawitacyjną, w dobrym stanie technicznym.

# **6. Usprawnienia i przedsięwzięcia termomodernizacyjne, wybrane na podstawie oceny stanu technicznego.**

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

- ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- wymianę okien drewnianych,
- wymianę okien PCV,
- wymianę drzwi wejściowych,
- wymianę źródeł ciepła na potrzeby c.o. i c.w.u.,
- montaż instalacji c.w.u.,
- montaż instalacji c.o., nowych grzejników z zaworami z głowicami termostatycznymi,

## **7.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.

### **7.1 Wskazanie rodzajów usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło**

| I.p. | Grupa usprawnień  | Rodzaje usprawnień   |
|------|---|--|
| 1    | 2   | 3  |
| 1    | Usprawnienie dotyczące zmniejszenia strat przez przenikanie przez przegrody budowlane oraz na ogrzanie powietrza wentylacyjnego | Ocieplenie stropu pod poddaszem.<br>Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1].<br>Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2].<br>Wymiana okien drewnianych.<br>Wymiana okien PCV.<br>Wymiana drzwi. |
| 2    | Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system ciepłej wody użytkowej   | Wymiana źródeł ciepła.<br>Montaż nowej instalacji c.w.u.   |
| 3    | Usprawnienia dotyczące zmniejszenia strat przez system centralnego ogrzewania   | Wymiana źródeł ciepła.<br>Montaż instalacji c.o.<br>Montaż grzejników.<br>Montaż zaworów z głowicami termostatycznymi.   |

### **7.2 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,
- $\Delta O_{rU}$  - 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  $\Delta O_{rU}$  dla  $n$ -tego źródła oblicza się wg. wzoru:

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

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<sup>3</sup> 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.

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

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

gdzie:

- $U_c$  - wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej przed i po termomodernizacji,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , 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,  $\text{m}^2$ ,
- $S_d$  - liczba stopniodni, obliczona zgodnie ze wzorem (4),  $\text{dzień} \cdot \text{K}/\text{rok}$ ,

Liczbę stopniodni  $S_d$  oblicza się ze wzoru:

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

gdzie:

- $t_{wo}$  - temperatura obliczeniowa wewnętrzna w ogrzewanych pomieszczeniach, określona zgodnie z przepisami techniczno-budowlanymi,  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $t_c(m)$  - 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,  $^{\circ}\text{C}$ ,
- $L_d(m)$  - 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.

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

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

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,  $^{\circ}\text{C}$

A - jak we wzorze (3),

$U_e$  - 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 Łódź:

| Miesiąc   | I    | II   | III | IV  | V    | IX   | X   | XI  | XII |
|---|------|------|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|
| $T_e(m)$  | -1,0 | -1,0 | 3,3 | 7,6 | 13,5 | 12,9 | 6,6 | 3,8 | 0,7 |
| Ld(m)   | 31   | 28   | 31  | 30  | 5    | 5    | 31  | 30  | 31  |
| Obliczeniowa temperatura zewnętrzna, $T_{emin} = - 20,0^{\circ}C$ |      |      |     |     |      |      |     |     |     |

Optymalizację grubości ocieplenia przegród zestawiono w tabelach poniżej:

### Usprawnienia dotyczące stropu nad poddaszem

Rozpatruje się ocieplenie stropu pod nieogrzewanym poddaszem wełną mineralną o optymalnej grubości. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie).

Pow. obliczeniowa = 243,86 [m<sup>2</sup>]  $R_0 = 0,691$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 244 [m<sup>2</sup>]

Materiał: Wełna mineralna

$U_0 = 1,448$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda = 0,040$  [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015 r.

| Izolacja | $\Delta R$              | $R_1$                   | $U$                     | $Q_1$  | $q_1$ | Nu        | $\Delta K_{ogrz}$ | SPBT   |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------|-----------|-------------------|--------|
| [m]      | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [W/(m <sup>2</sup> *K)] | [GJ/a] | MW    | [zł]      | [zł]              | [lata] |
| 0,05     | 1,250                   | 1,981                   | 0,505                   | 39,32  | 0,005 | 56 120,00 | 2 831,35          | 19,821 |
| 0,06     | 1,500                   | 2,231                   | 0,448                   | 34,91  | 0,004 | 56 486,00 | 3 001,27          | 18,821 |
| 0,07     | 1,750                   | 2,481                   | 0,403                   | 31,39  | 0,004 | 56 852,00 | 3 136,94          | 18,123 |
| 0,08     | 2,000                   | 2,731                   | 0,366                   | 28,52  | 0,004 | 57 218,00 | 3 247,77          | 17,618 |
| 0,09     | 2,250                   | 2,981                   | 0,335                   | 26,13  | 0,003 | 57 584,00 | 3 340,01          | 17,241 |
| 0,10     | 2,500                   | 3,231                   | 0,310                   | 24,11  | 0,003 | 57 950,00 | 3 417,97          | 16,955 |
| 0,11     | 2,750                   | 3,481                   | 0,287                   | 22,37  | 0,003 | 58 316,00 | 3 484,73          | 16,735 |
| 0,12     | 3,000                   | 3,731                   | 0,268                   | 20,88  | 0,003 | 58 682,00 | 3 542,55          | 16,565 |
| 0,13     | 3,250                   | 3,981                   | 0,251                   | 19,56  | 0,002 | 59 048,00 | 3 593,11          | 16,434 |
| 0,14     | 3,500                   | 4,231                   | 0,236                   | 18,41  | 0,002 | 59 414,00 | 3 637,69          | 16,333 |
| 0,15     | 3,750                   | 4,481                   | 0,223                   | 17,38  | 0,002 | 59 780,00 | 3 677,29          | 16,257 |
| 0,16     | 4,000                   | 4,731                   | 0,211                   | 16,46  | 0,002 | 60 146,00 | 3 712,71          | 16,200 |
| 0,17     | 4,250                   | 4,981                   | 0,201                   | 15,64  | 0,002 | 60 512,00 | 3 744,57          | 16,160 |
| 0,18     | 4,500                   | 5,231                   | 0,191                   | 14,89  | 0,002 | 60 878,00 | 3 773,39          | 16,133 |
| 0,19     | 4,750                   | 5,481                   | 0,182                   | 14,21  | 0,002 | 61 244,00 | 3 799,58          | 16,119 |
| 0,20     | 5,000                   | 5,731                   | 0,174                   | 13,59  | 0,002 | 61 610,00 | 3 823,49          | 16,114 |
| 0,21     | 5,250                   | 5,981                   | 0,167                   | 13,02  | 0,002 | 61 976,00 | 3 845,39          | 16,117 |
| 0,22     | 5,500                   | 6,231                   | 0,160                   | 12,50  | 0,002 | 62 342,00 | 3 865,54          | 16,128 |
| 0,23     | 5,750                   | 6,481                   | 0,154                   | 12,02  | 0,002 | 62 708,00 | 3 884,13          | 16,145 |
| 0,24     | 6,000                   | 6,731                   | 0,149                   | 11,57  | 0,001 | 63 074,00 | 3 901,35          | 16,167 |
| 0,25     | 6,250                   | 6,981                   | 0,143                   | 11,16  | 0,001 | 63 440,00 | 3 917,32          | 16,195 |

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 20 cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U dla stropu nad najwyższą kondygnacją wynosi 0,18 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 20 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 płytami pianki rezolowej o optymalnej grubości, technologią wskazaną przez ŁWKZ.

Pow. obliczeniowa = 93,94 [m<sup>2</sup>]

$R_0 = 1,301$  [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 94 [m<sup>2</sup>]

Materiał: pianka rezolowa

$U_0 = 0,769$  [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

$\lambda = 0,020$  [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity szacunkowy koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

| Izolacja | $\Delta R$              | $R_i$                   | $U$                     | $Q_i$  | $q_i$ | Nu         | $\Delta K_{ogrz}$ | SPBT    |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|-------|------------|-------------------|---------|
| [m]      | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [W/(m <sup>2</sup> *K)] | [GJ/a] | MW    | [zł]       | [zł]              | [lata]  |
| 0,05     | 2,500                   | 3,801                   | 0,263                   | 7,89   | 0,001 | 47 940,00  | 585,01            | 81,948  |
| 0,06     | 3,000                   | 4,301                   | 0,233                   | 6,98   | 0,001 | 49 232,50  | 620,40            | 79,357  |
| 0,07     | 3,500                   | 4,801                   | 0,208                   | 6,25   | 0,001 | 50 783,50  | 648,41            | 78,320  |
| 0,08     | 4,000                   | 5,301                   | 0,189                   | 5,66   | 0,001 | 52 593,00  | 671,14            | 78,363  |
| 0,09     | 4,500                   | 5,801                   | 0,172                   | 5,17   | 0,001 | 54 661,00  | 689,96            | 79,224  |
| 0,10     | 5,000                   | 6,301                   | 0,159                   | 4,76   | 0,001 | 56 987,50  | 705,78            | 80,744  |
| 0,11     | 5,500                   | 6,801                   | 0,147                   | 4,41   | 0,001 | 59 572,50  | 719,28            | 82,822  |
| 0,12     | 6,000                   | 7,301                   | 0,137                   | 4,11   | 0,001 | 62 416,00  | 730,93            | 85,392  |
| 0,13     | 6,500                   | 7,801                   | 0,128                   | 3,85   | 0,000 | 65 518,00  | 741,09            | 88,408  |
| 0,14     | 7,000                   | 8,301                   | 0,120                   | 3,61   | 0,000 | 68 878,50  | 750,02            | 91,835  |
| 0,15     | 7,500                   | 8,801                   | 0,114                   | 3,41   | 0,000 | 72 497,50  | 757,94            | 95,651  |
| 0,16     | 8,000                   | 9,301                   | 0,108                   | 3,23   | 0,000 | 76 375,00  | 765,01            | 99,836  |
| 0,17     | 8,500                   | 9,801                   | 0,102                   | 3,06   | 0,000 | 80 511,00  | 771,35            | 104,376 |
| 0,18     | 9,000                   | 10,301                  | 0,097                   | 2,91   | 0,000 | 84 905,50  | 777,08            | 109,262 |
| 0,19     | 9,500                   | 10,801                  | 0,093                   | 2,78   | 0,000 | 89 558,50  | 782,28            | 114,484 |
| 0,20     | 10,000                  | 11,301                  | 0,088                   | 2,65   | 0,000 | 94 470,00  | 787,02            | 120,035 |
| 0,21     | 10,500                  | 11,801                  | 0,085                   | 2,54   | 0,000 | 99 640,00  | 791,36            | 125,910 |
| 0,22     | 11,000                  | 12,301                  | 0,081                   | 2,44   | 0,000 | 105 068,50 | 795,34            | 132,104 |
| 0,23     | 11,500                  | 12,801                  | 0,078                   | 2,34   | 0,000 | 110 755,50 | 799,02            | 138,614 |
| 0,24     | 12,000                  | 13,301                  | 0,075                   | 2,26   | 0,000 | 116 701,00 | 802,42            | 145,437 |
| 0,25     | 12,500                  | 13,801                  | 0,072                   | 2,17   | 0,000 | 122 905,00 | 805,57            | 152,569 |

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 7 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 płytami pianki rezolowej o optymalnej grubości, technologią wskazaną przez ŁWKZ.

Pow. obliczeniowa = 91,44 [m<sup>2</sup>] R<sub>0</sub> = 1,301 [(m<sup>2</sup>\*K)/W]

Pow. ocieplenia = ok. 91 [m<sup>2</sup>]

Materiał: pianka rezolowa

U<sub>0</sub> = 0,769 [W/(m<sup>2</sup>\*K)]

λ = 0,020 [W/(m\*K)]

Cena Nu zawiera całkowity szacunkowy koszt wszystkich prac remontowych z podatkiem VAT, ceny rynkowe wrzesień 2015r.

| Izolacja | ΔR                      | R <sub>1</sub>          | U                       | Q <sub>1</sub> | q <sub>1</sub> | Nu         | ΔKogrz | SPBT    |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------|--------|---------|
| [m]      | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [(m <sup>2</sup> *K)/W] | [W/(m <sup>2</sup> *K)] | [GJ/a]         | MW             | [zł]       | [zł]   | [lata]  |
| 0,05     | 2,500                   | 3,801                   | 0,263                   | 7,68           | 0,001          | 46 410,00  | 569,42 | 81,504  |
| 0,06     | 3,000                   | 4,301                   | 0,233                   | 6,79           | 0,001          | 47 661,25  | 603,87 | 78,927  |
| 0,07     | 3,500                   | 4,801                   | 0,208                   | 6,08           | 0,001          | 49 162,75  | 631,14 | 77,895  |
| 0,08     | 4,000                   | 5,301                   | 0,189                   | 5,51           | 0,001          | 50 914,50  | 653,26 | 77,939  |
| 0,09     | 4,500                   | 5,801                   | 0,172                   | 5,03           | 0,001          | 52 916,50  | 671,57 | 78,795  |
| 0,10     | 5,000                   | 6,301                   | 0,159                   | 4,63           | 0,001          | 55 168,75  | 686,98 | 80,306  |
| 0,11     | 5,500                   | 6,801                   | 0,147                   | 4,29           | 0,001          | 57 671,25  | 700,12 | 82,373  |
| 0,12     | 6,000                   | 7,301                   | 0,137                   | 4,00           | 0,001          | 60 424,00  | 711,46 | 84,930  |
| 0,13     | 6,500                   | 7,801                   | 0,128                   | 3,74           | 0,000          | 63 427,00  | 721,35 | 87,929  |
| 0,14     | 7,000                   | 8,301                   | 0,120                   | 3,52           | 0,000          | 66 680,25  | 730,04 | 91,338  |
| 0,15     | 7,500                   | 8,801                   | 0,114                   | 3,32           | 0,000          | 70 229,25  | 737,75 | 95,194  |
| 0,16     | 8,000                   | 9,301                   | 0,108                   | 3,14           | 0,000          | 73 983,00  | 744,63 | 99,356  |
| 0,17     | 8,500                   | 9,801                   | 0,102                   | 2,98           | 0,000          | 77 987,00  | 750,80 | 103,871 |
| 0,18     | 9,000                   | 10,301                  | 0,097                   | 2,83           | 0,000          | 82 241,25  | 756,38 | 108,730 |
| 0,19     | 9,500                   | 10,801                  | 0,093                   | 2,70           | 0,000          | 86 745,75  | 761,44 | 113,923 |
| 0,20     | 10,000                  | 11,301                  | 0,088                   | 2,58           | 0,000          | 91 500,50  | 766,05 | 119,444 |
| 0,21     | 10,500                  | 11,801                  | 0,085                   | 2,47           | 0,000          | 96 505,50  | 770,28 | 125,287 |
| 0,22     | 11,000                  | 12,301                  | 0,081                   | 2,37           | 0,000          | 101 760,75 | 774,16 | 131,447 |
| 0,23     | 11,500                  | 12,801                  | 0,078                   | 2,28           | 0,000          | 107 266,25 | 777,73 | 137,922 |
| 0,24     | 12,000                  | 13,301                  | 0,075                   | 2,20           | 0,000          | 113 022,00 | 781,04 | 144,707 |
| 0,25     | 12,500                  | 13,801                  | 0,072                   | 2,12           | 0,000          | 119 028,00 | 784,11 | 151,801 |

Optymalna grubość warstwy ocieplenia dla rozpatrywanej przegrody, dla której prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych SPBT przyjmuje wartość najmniejszą, wynosi 7cm. Zgodnie z Warunkami Technicznymi 2017 "Maksymalna wartość współczynnika przenikania U - dla ścian zewnętrznych wynosi 0,23 W/m<sup>2</sup>K". Wartość ta jest spełniona dla ocieplenia o grubości 7 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.



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

Optimalny 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,
- $\Delta O_{rOk}$  – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z wymiany okien lub drzwi, przypadająca na poszczególne z n wykorzystywanych źródeł energii, zł,
- $\Delta O_{rW}$  – 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:

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

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:

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

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:

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

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<sup>3</sup>/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 ściennie, 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<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*h\*daPa<sup>2/3</sup>),

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

Wartość zapotrzebowania na moc cieplną  $q_0$ ,  $q_1$  w, przypadku gdy doprowadzanie powietrza wentylacyjnego odbywa się przez nawiewniki okienne lub ściennie, okna lub drzwi, oblicza się wg 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  $14,23 m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U               | $c_r$ | $c_w$ | Q     | q     | $\Delta O$ | N         | SPBT  |
|---------|-----------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|-------|
|         | $W/m^2 \cdot K$ | -     | -     | GJ    | MW    | zł/rok     | zł        | lata  |
| 0       | 2,6             | 1,2   | 1,0   | 52,27 | 0,002 | -          | -         | -     |
| 1       | 1,3             | 1,0   | 1,0   | 39,62 | 0,001 | 487,83     | 17 787,50 | 36,46 |
| 2       | 1,1             | 1,0   | 1,0   | 38,71 | 0,001 | 522,88     | 18 499,00 | 35,38 |
| 3       | 0,9             | 1,0   | 1,0   | 37,80 | 0,001 | 557,93     | 21 345,00 | 38,26 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien drewnianych jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1 W/m^2K$ . Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu okien (o powierzchni około  $18,30 m^2$ ) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U                   | $c_r$ | $c_w$ | Q     | q     | $\Delta O$ | N         | SPBT  |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|-------|
|         | W/m <sup>2</sup> *K | -     | -     | GJ    | MW    | zł/rok     | zł        | lata  |
| 0       | 1,7                 | 1,1   | 1,0   | 57,63 | 0,001 | -          | -         | -     |
| 1       | 1,3                 | 1,0   | 1,0   | 50,95 | 0,001 | 257,33     | 21 960,00 | 85,34 |
| 2       | 1,1                 | 1,0   | 1,0   | 49,78 | 0,001 | 302,41     | 23 790,00 | 78,67 |
| 3       | 0,9                 | 1,0   | 1,0   | 48,61 | 0,001 | 347,48     | 27 450,00 | 79,00 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących okien PCV jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,1$  W/m<sup>2</sup>K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

Wyniki obliczeń dotyczących wyboru optymalnego typu drzwi wejściowych (o powierzchni około 6,36 m<sup>2</sup>) zestawiono w tabeli poniżej:

| WARIANT | U                   | $c_r$ | $c_w$ | Q     | q     | $\Delta O$ | N         | SPBT  |
|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|-------|
|         | W/m <sup>2</sup> *K | -     | -     | GJ    | MW    | zł/rok     | zł        | lata  |
| 0       | 3,1                 | 1,2   | 1,0   | 24,44 | 0,003 | -          | -         | -     |
| 1       | 1,7                 | 1,0   | 1,0   | 18,53 | 0,002 | 227,59     | 10 819,82 | 47,54 |
| 2       | 1,5                 | 1,0   | 1,0   | 18,13 | 0,002 | 243,27     | 11 265,34 | 46,31 |
| 3       | 1,3                 | 1,0   | 1,0   | 17,72 | 0,002 | 258,95     | 12 538,26 | 48,42 |

Na podstawie wyników obliczeń przedstawionych w powyższej tabeli, można stwierdzić, że najbardziej opłacalnym przedsięwzięciem termomodernizacyjnym polegającym na wymianie istniejących drzwi jest rozwiązanie drugie. Polega ono na zastosowaniu stolarki o współczynniku przenikania ciepła  $U=1,5$  W/m<sup>2</sup>K. Dlatego to rozwiązanie zostanie uwzględnione w dalszej analizie.

#### 7.4 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,  
 $\Delta O_{rCW}$  – 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  $\Delta O_{rCW}$  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:

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



gdzie:

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

Obliczenia zapotrzebowania na moc i ciepło dla podgrzania ciepłej wody użytkowej zamieszczono w załączniku Z-13.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu ciepła woda użytkowa pozyskiwana jest z podgrzewaczy elektrycznych i kuchni węglowych. Stan źródeł ciepła jest zły, w związku z tym proponuje się kompleksową wymianę instalacji c.w.u., polegającą na montażu nowego ogrzewania, zasilanego z sieci miejskiej. Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono poniżej.

Szacuje się, że kompleksowa modernizacja systemu wyniesie: 72 900,00 zł.

Oszczędność kosztów eksploatacji określona jako różnica kosztów pozyskania ciepła dla potrzeb ciepłej wody obecnie i docelowo: 8 788,96 zł - 3 685,55 zł = 5 103,41 zł (tabela rozdz. 8)

Przy tych założeniach prosty okres zwrotu poniesionych nakładów kapitałowych wyniesie:

SPBT = 72 900,00 / 5 103,41 = 14,28 lat.

## 7.5 Wybrane i zoptymalizowane usprawnienia termomodernizacyjne.

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji       | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                                    | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.       | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem      | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych            | 18 499,00             | 35,38 |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych            | 11 265,34             | 46,31 |
| 5   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] | 49 162,75             | 77,90 |
| 6   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] | 50 783,50             | 78,32 |
| 7   | Wymiana okien PCV                    | 23 790,00             | 78,67 |

## 7.6 Zestawienie wariantów termomodernizacji budynku.

Poniżej w tabelach zestawiono przewidywane koszty modernizacji budynku dla poszczególnych wariantów. W kosztach uwzględniono wszystkie czynniki (robociznę, materiały,

sprzęt itd.). Grubości warstw dociepleń przyjęto na podstawie powyższej analizy. Powierzchnie wymiany ciepła obliczono na podstawie projektu technicznego budynku.

**Tabela 7a. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu I**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji       | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                                    | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.       | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem      | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych            | 18 499,00             | 35,38 |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych            | 11 265,34             | 46,31 |
| 5   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] | 49 162,75             | 77,90 |
| 6   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] | 50 783,50             | 78,32 |
| 7   | Wymiana okien PCV                    | 23 790,00             | 78,67 |
|     | Ogółem                               | 288 010,59            |       |

**Tabela 7b. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu II**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji       | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                                    | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.       | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem      | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych            | 18 499,00             | 35,38 |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych            | 11 265,34             | 46,31 |
| 5   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] | 49 162,75             | 77,90 |
| 6   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] | 50 783,50             | 78,32 |
|     | Ogółem                               | 264 220,59            |       |

**Tabela 7c. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu III**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji       | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|--------------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                                    | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.       | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem      | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych            | 18 499,00             | 35,38 |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych            | 11 265,34             | 46,31 |
| 5   | Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] | 49 162,75             | 77,90 |
|     | Ogółem                               | 213 437,09            |       |



**Tabela 7d. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu IV**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji  | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|---------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                               | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.  | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych       | 18 499,00             | 35,38 |
| 4   | Wymiana drzwi wejściowych       | 11 265,34             | 46,31 |
|     | Ogółem                          | 164 274,34            |       |

**Tabela 7e. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu V**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji  | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|---------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                               | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.  | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 61 610,00             | 16,11 |
| 3   | Wymiana okien drewnianych       | 18 499,00             | 35,38 |
|     | Ogółem                          | 153 009,00            |       |

**Tabela 7f. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VI**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji  | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|---------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                               | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u.  | 72 900,00             | 14,28 |
| 2   | Ocieplenie stropu pod poddaszem | 61 610,00             | 16,11 |
|     | Ogółem                          | 134 510,00            |       |

**Tabela 7g. Szacunkowe koszty modernizacji budynku wg wariantu VII**

| Lp. | Opis wprowadzonej modernizacji | Szacunkowy koszt [zł] | SPBT  |
|-----|--------------------------------|-----------------------|-------|
| 1   | 2                              | 3                     | 4     |
| 1   | Modernizacja instalacji c.w.u. | 72 900,00             | 14,28 |
|     | Ogółem                         | 72 900,00             |       |

### 7.7 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,
- $\Delta O_{rCO}$  – 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  $\Delta O_{rCO}$  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,
- $\eta_0, \eta_1$  – 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  $\eta_0, \eta_I$ , oblicza się z zależności:

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

gdzie:

- $\eta_w$  – 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,
- $\eta_p$  – 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,
- $\eta_r$  – sprawność regulacji i wykorzystania systemu grzewczego przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej,
- $\eta_e$  – sprawność akumulacji ciepła przyjmowana zgodnie z przepisami rozporządzenia dotyczącego sporządzania świadectw lub z dokumentacji technicznej.

Jak wspomniano w części opisowej Audytu źródłem ciepła w analizowanym budynku są piece kaflowe i piece węglowe zainstalowane w mieszkaniach. Stan pieców jest zły w związku z tym w opracowaniu proponuje się kompleksową modernizację systemu grzewczego, polegającą na podłączeniu instalacji do sieci miejskiej, montażu nowego orurowania wraz z izolacjami, nowych grzejników oraz zainstalowanie przy grzejnikach zaworów regulacyjnych z głowicami termostatycznymi.

Ocenę proponowanego przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli poniżej:

| Lp. | Opis   | Jednostka | Stan istn. | Wariant I  |
|-----|--|-----------|------------|------------|
| 1   | Obliczeniowa moc cieplna   | MW        | 0,0330     | 0,0330     |
| 2   | Roczne zapotrzebowanie na ciepło bez uwzględniania sprawności.             | GJ/rok    | 270        | 270        |
| 3   | Ogólna sprawność   | -         | 0,5600     | 0,7207     |
| 4   | Obniżenie nocne  | -         | 1,00       | 1,00       |
| 5   | Obniżenie tygodniowe   | -         | 1,00       | 1,00       |
| 6   | Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzgl. sprawności i przerw w ogrzewaniu | GJ/rok    | 482,86     | 375,19     |
| 7   | Roczny koszt ogrzewania w sezonie standardowym                             | zł/rok    | 18 620,00  | 26 575,04  |
| 8   | Oszczędność kosztów  | zł/rok    |            | -7 955,04  |
| 9   | Szacunkowy koszt modernizacji  | zł        |            | 422 662,82 |

Wartość ujemna w pkt. 8 oznacza, że koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięcia będą wyższe niż obecnie, jednakże ze względu na obecną dużą emisję CO<sub>2</sub> i pyłów do atmosfery, przedsięwzięcie to będzie uwzględnione w dalszej analizie

## **8. Metoda wyboru optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego**

W celu wyznaczenia optymalnego wariantu przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, o którym mowa w § 6 pkt 4 rozporządzenia, dla poszczególnych wariantów przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, składających się z zestawu usprawnień termomodernizacyjnych dotyczących zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budowlane, modernizacji systemu wentylacji i instalacji ciepłej wody użytkowej i uzupełnionych o optymalny wariant przedsięwzięcia poprawiającego sprawność całkowitą systemu grzewczego, oblicza się kolejno:

- planowane koszty całkowite  $N$ , w tym koszty opracowania audytu energetycznego i dokumentacji technicznej oraz koszty związane ze spełnieniem obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych, również w przypadku gdy działanie to nie przynosi oszczędności energii,
- kwotę rocznych oszczędności  $\Delta O_r$  przewidzianą do uzyskania w wyniku realizacji przedsięwzięcia,
- zmniejszenie (w %) zapotrzebowania na ciepło w stosunku do stanu wyjściowego przed termomodernizacją, z uwzględnieniem sprawności całkowitej,
- kwotę środków własnych i kwotę kredytu,
- obliczenie wysokości premii termomodernizacyjnej wg art. 5 ust. 1 i 2 ustawy,

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli poniżej:

Obliczenie oszczędności kosztów dla wariantów przedsięwzięć termomodernizacyjnych

| wariant | q <sub>co</sub> | CO              |        |   |                      |           | CWU              |                  |            |                     | CO+CWU    |        | Oszczędności |           |        |
|---------|-----------------|-----------------|--------|---|----------------------|-----------|------------------|------------------|------------|---------------------|-----------|--------|--------------|-----------|--------|
|         |                 | Q <sub>co</sub> | η      | w | Q <sub>co</sub> *w/η | Opłata CO | q <sub>cwu</sub> | Q <sub>cwu</sub> | Opłata CWU | Q <sub>co-cwu</sub> | KOSZT     | GJ/rok | %            | zł/rok    | zł/rok |
|         |                 | GJ/rok          | -      | - | GJ/rok               | zł/rok    | MW               | GJ/rok           | zł/rok     | GJ/rok              | zł/rok    |        |              |           |        |
| 0       | 0,0330          | 270,40          | 0,5600 | 1 | 482,86               | 18 620,00 | 0,003            | 50,52            | 8 788,96   | 533                 | 27 408,96 |        |              |           |        |
| I+A     | 0,0174          | 147,61          | 0,7207 | 1 | 204,81               | 14 422,72 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 259                 | 18 108,27 | 275    | 51,47        | 9 300,69  |        |
| II+A    | 0,0178          | 151,05          | 0,7207 | 1 | 209,59               | 14 762,82 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 264                 | 18 448,37 | 270    | 50,58        | 8 960,59  |        |
| III+A   | 0,0199          | 167,32          | 0,7207 | 1 | 232,16               | 16 377,08 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 286                 | 20 062,63 | 247    | 46,34        | 7 346,33  |        |
| IV-A    | 0,0206          | 172,51          | 0,7207 | 1 | 239,36               | 16 890,72 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 293                 | 20 576,27 | 240    | 44,99        | 6 832,69  |        |
| V+A     | 0,0210          | 175,74          | 0,7207 | 1 | 243,85               | 17 210,99 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 298                 | 20 896,54 | 236    | 44,15        | 6 512,42  |        |
| VI-A    | 0,0219          | 182,44          | 0,7207 | 1 | 253,14               | 17 873,71 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 307                 | 21 559,26 | 226    | 42,41        | 5 849,70  |        |
| VII+A   | 0,0330          | 270,40          | 0,7207 | 1 | 375,19               | 26 575,04 | 0,004            | 54,03            | 3 685,55   | 429                 | 30 260,59 | 104    | 19,53        | -2 851,63 |        |
| A       | 0,0330          | 270,40          | 0,7207 | 1 | 375,19               | 26 575,04 | 0,004            | 50,52            | 8 788,96   | 426                 | 35 364,00 | 108    | 20,19        | -7 955,04 |        |

Dokumentacja wyboru optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego budynku

| Lp. | Wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego | Planowane koszty | Roczna oszczędność kosztów energii | Procentowa oszczędność zapotrzebowania na energię | Planowana szacowana kwota środków własnych i kwota kredytu 2) |            | Premia termomodernizacyjna |             |                         |                     |
|-----|---|------------------|------------------------------------|---|---|------------|----------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|
|     |   | całkowite 1)     |                                    |   | [zł/rok]  | [zł]       | [%]                        | 20% kredytu | 16% kosztów całkowitych | 2 lata oszczędności |
|     |   |                  |                                    |   |   |            |                            |             |                         |                     |
| 1   | 2   | 3                | 4                                  | 5   | 6   |            |                            | 7           | 8                       | 9                   |
| 1   | I+A   | 710 673,41       | 9 300,69                           | 51,47   |   | 0,00       | 0,00                       | 142 134,68  | 113 707,75              | 18 601,38           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 710 673,41 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 2   | II+A  | 686 883,41       | 8 960,59                           | 50,58   |   | 0,00       | 0,00                       | 137 376,68  | 109 901,35              | 17 921,18           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 686 883,41 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 3   | III+A   | 636 099,91       | 7 346,33                           | 46,34   |   | 0,00       | 0,00                       | 127 219,98  | 101 775,99              | 14 692,66           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 636 099,91 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 4   | IV+A  | 586 937,16       | 6 832,69                           | 44,99   |   | 0,00       | 0,00                       | 117 387,43  | 93 909,95               | 13 665,38           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 586 937,16 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 5   | V+A   | 575 671,82       | 6 512,42                           | 44,15   |   | 0,00       | 0,00                       | 115 134,36  | 92 107,49               | 13 024,84           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 575 671,82 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 6   | VI+A  | 557 172,82       | 5 849,70                           | 42,41   |   | 0,00       | 0,00                       | 111 434,56  | 89 147,65               | 11 699,40           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 557 172,82 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 7   | VII+A   | 495 562,82       | -2 851,63                          | 19,53   |   | 0,00       | 0,00                       | 99 112,56   | 79 290,05               | -5 703,26           |
|     |   |                  |                                    |   |   | 495 562,82 | 100,00                     |             |                         |                     |
| 8   | A   | 422 662,82       | -7 955,04                          | 20,19   |   | 0,00       | 0,00                       | 84 532,56   | 67 626,05               | -15 910,08          |
|     |   |                  |                                    |   |   | 422 662,82 | 100,00                     |             |                         |                     |

<sup>1)</sup> Podana kwota jest wielkością szacunkową

<sup>2)</sup> W przypadku ubiegania się o premię termomodernizacyjną

## **9. Opis techniczny optymalnego przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, przewidzianego do realizacji.**

Optymalnym wariantem jest wariant Nr 1 (I+A) i spełnia on wszystkie wymogi Ustawy. Pozostałe warianty, z wyjątkiem wariantów Nr 7 (VII+A) i Nr 8 (A), również mogą być realizowane, ponieważ spełniają wszystkie wymogi Ustawy. Natomiast warianty Nr 7 (VII+A) oraz Nr 8 (A) nie powinny być realizowane, ponieważ koszty eksploatacyjne po wykonaniu przedsięwzięć będą wyższe niż obecnie. Wszelkie prace remontowe i instalacyjne należy wykonać zgodnie z wytycznymi konserwatora zabytków. Biorąc pod uwagę kompleksowość termomodernizacji oraz największą oszczędność energii proponuje się modernizację budynku według wariantu pierwszego.

Według tego wariantu należy wykonać:

1. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-1] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 94 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,020$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 7 cm, technologią wskazaną przez ŁWKZ. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,208 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo należy wymienić deskę szalunkową oraz wykonać wentylowaną szczelinę powietrzną pomiędzy warstwą izolacji termicznej (ułożonej do środka), a zewnętrzną ścianą drewnianą, zgodnie z wytycznymi konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi ŁWKZ.
2. Ocieplenie ścian zewnętrznych [SZ-2] o powierzchni netto (bez stolarki okiennej i drzwiowej) około 91 m<sup>2</sup> proponuje się wykonać płytami z pianki rezolowej o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,020$  W/m\*K, warstwą o grubości minimum 7 cm. Przed przystąpieniem do prac ociepleniowych należy zdemontować istniejące docieplenie. Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,208 W/m<sup>2</sup>\*K. Dodatkowo należy wymienić deskę szalunkową oraz wykonać wentylowaną szczelinę powietrzną pomiędzy warstwą izolacji termicznej (ułożonej do środka) a zewnętrzną ścianą drewnianą, zgodnie z wytycznymi

konserwatorskimi. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne lub lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące, np.: demontaż i utylizację istniejącego ocieplenia, ocieplenie ścian fundamentowych, ocieplenie ościeży, wymianę parapetów zewnętrznych, rur spustowych, rynien, obróbki blacharskie, niezbędne prace instalacyjne i odtworzeniowe oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia wraz z odtworzeniem detali architektonicznych zgodnie z wytycznymi LKWZ.

### 3. Ocieplenie stropu pod poddaszem

Ocieplenie stropu pod poddaszem o powierzchni około 244 m<sup>2</sup> należy wykonać poprzez rozłożenie wełny mineralnej o grubości minimum 20 cm i współczynnika przewodzenia  $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  na istniejącym podłożu. Następnie należy wykonać podłogę drewnianą (płyty OSB lub deskowanie). Współczynnik przenikania ciepła po wykonaniu przedsięwzięcia nie wyniesie więcej niż 0,174 W/m<sup>2</sup>\*K. Dopuszcza się rozwiązania techniczne równoważne bądź lepsze, w wyniku których zostaną otrzymane równoważne lub lepsze parametry. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono roboty towarzyszące, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

### 4. Wymianę okien drewnianych o powierzchni około 14,23 m<sup>2</sup> oraz okien PCV o powierzchni około 18,30 m<sup>2</sup> na okna o współczynniku przenikania ciepła $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i okien, montaż i obróbka nowych okien ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

### 5. Wymianę drzwi wejściowych o powierzchni około 6,36 m<sup>2</sup> na drzwi o współczynniku przenikania ciepła $U=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zgodnie z Aprobata Techniczną, zaleceniami producenta i wytycznymi konserwatorskimi. W ramach przedsięwzięcia uwzględniono niezbędne roboty towarzyszące np. demontaż i utylizacja starych futryn i drzwi, montaż i obróbka nowych drzwi ect. oraz inne prace, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

### 6. Modernizację instalacji ciepłej wody użytkowej poprzez:

- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż perlatorów przy punktach odbioru,
- regulację instalacji,
- montaż indywidualnych liczników ciepłej wody,



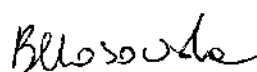
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

7. Modernizację instalacji centralnego ogrzewania poprzez:

- demontaż pieców kaflowych i pieców węglowych,
- demontaż instalacji w lokalach mieszkalnych, w których zainstalowano piece węglowe,
- montaż węzła cieplnego na potrzeby instalacji c.o. i c.w.u. (leżący po stronie gestora sieci) wraz z budową nowego pomieszczenia poza budynkiem, przeznaczonego na węzeł cieplny,
- montaż przewodów z rur z tworzywa sztucznego, zestabilizowanych aluminium,
- montaż grzejników płytowych,
- montaż zaworów z głowicami termostatycznymi,
- regulację instalacji grzewczej,
- montaż indywidualnych liczników ciepła na potrzeby instalacji c.o.,
- prace instalacyjne, odtworzeniowe i inne, niezbędne do wykonania przedsięwzięcia.

**10. Podsumowanie przedsięwzięć termomodernizacyjnych**

|   |   |            |     |
|---|---|------------|-----|
| 1 | Całkowity koszt robót szacuje się na                                | 710 673,41 | zł  |
| 2 | Przewidywana premia termomodernizacyjna                             | 18 601,38  | zł  |
| 3 | Efektem modernizacji będzie roczna oszczędność kosztów eksploatacji | 9 300,69   | zł  |
| 4 | Czas zwrotu nakładów SPBT   | 76,41      | lat |



*mgr inż. Barbara Kosowska*

## **ZALĄCZNIKI**

### **Z-1 Ceny jednostkowe ciepła.**

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u obecnie

|  |        |           |
|--|--------|-----------|
| Zapotrzebowanie ciepła   | GJ     | 482,86    |
| Wartość opałowa paliwa   | GJ/Mg  | 25,93     |
| Zużycie paliwa roczne  | Mg     | 18,6      |
| Cena paliwa  | zł/Mg  | 1 000     |
| Koszt paliwa   | zł     | 18 620,00 |
| Cena jednostkowa ciepła  | zł/GJ  | 38,56     |
| Cena jednostkowa energii elektrycznej<br>z uwzględnieniem wszystkich<br>składników stałych i zmiennych | zł/kWh | 0,6263    |
|  | zł/GJ  | 173,97    |

Ceny jednostkowe ciepła dla instalacji c.o. i cw.u docelowo

|                               |               | Ceny bez VAT | Ceny z VAT 23% |
|-------------------------------|---------------|--------------|----------------|
| Opłata stała za moc zamówioną | zł(MW*m-c)    | 4 646,22     | 5 714,85       |
| Przesył                       | zł(MW*m-c)    | 4 293,44     | 5 280,93       |
| Razem opłata stała            | zł(MW*m-c)    | 8 939,66     | 10 995,78      |
|                               |               |              |                |
| Opłata zmienna za ciepło      | zł/GJ         | 32,83        | 40,38          |
| Przesył                       | zł/GJ         | 15,31        | 18,83          |
| Razem opłata zmienna          | zł/GJ         | 48,14        | 59,21          |
|                               |               |              |                |
| Abonament                     | zł/(pkt.*m-c) | 0,00         | 0,00           |

**Z-2 Współczynnik przenikania ciepła przed termomodernizacją.**

| Przegroda                | Wyszczególnienie      | $d_1$ | $d$    | $\lambda$            | $R$                | $U$                  |
|--------------------------|-----------------------|-------|--------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                          |                       | [cm]  | [m]    | W/mK                 | m <sup>2</sup> K/W | [W/m <sup>2</sup> K] |
| Strop poddasza           | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              | 1,448                |
|                          | Pustka powietrzna     | 30,0  |        |                      | 0,160              |                      |
|                          | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              |                      |
|                          | Tynk cem.-wap.        | 1,5   | 0,0150 | 0,820                | 0,018              |                      |
|                          | R                     |       |        |                      | 0,491              |                      |
|                          | R <sub>si</sub>       |       |        |                      | 0,100              |                      |
|                          | R <sub>se</sub>       |       |        |                      | 0,100              |                      |
|                          | R <sub>T</sub>        |       |        |                      | 0,691              |                      |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              | 0,769                |
|                          | Trociny               | 16,0  | 0,160  | 0,200                | 0,800              |                      |
|                          | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              |                      |
|                          | Tynk cem.-wapienny    | 1,5   | 0,015  | 0,820                | 0,018              |                      |
|                          | R                     |       |        |                      | 1,131              |                      |
|                          | R <sub>si</sub>       |       |        |                      | 0,130              |                      |
|                          | R <sub>se</sub>       |       |        |                      | 0,040              |                      |
|                          | R <sub>T</sub>        |       |        |                      | 1,301              |                      |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | Tynk cem. - wap.      | 1,5   | 0,015  | 0,820                | 0,018              | 0,389                |
|                          | Styropian             | 5,0   | 0,050  | 0,040                | 1,250              |                      |
|                          | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              |                      |
|                          | Trociny               | 16,0  | 0,160  | 0,200                | 0,800              |                      |
|                          | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              |                      |
|                          | Tynk cem.-wapienny    | 1,5   | 0,015  | 0,820                | 0,018              |                      |
|                          | R                     |       |        |                      | 2,399              |                      |
|                          | R <sub>si</sub>       |       |        |                      | 0,130              |                      |
|                          | R <sub>se</sub>       |       |        |                      | 0,040              |                      |
|                          | R <sub>T</sub>        |       |        |                      | 2,569              |                      |
|                          |                       |       |        |                      |                    |                      |
| Podłoga na gruncie       | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              | 0,421                |
|                          | Pustka powietrzna     | 15,0  |        |                      | 0,220              |                      |
|                          | Deska sosnowa         | 2,5   | 0,025  | 0,160                | 0,156              |                      |
|                          | Papa asfaltowa        | 1,5   | 0,015  | 0,180                | 0,083              |                      |
|                          | Piasek                | 10,0  | 0,1    | 0,40                 | 0,250              |                      |
|                          | Grunt                 | 10,0  | 0,1    | 1,74                 | 0,057              |                      |
|                          | R                     |       |        |                      | 0,923              |                      |
|                          | Opór zastępczy gruntu |       |        |                      | 1,454              |                      |
|                          | R <sub>T</sub>        |       |        |                      | 2,377              |                      |
|                          |                       |       |        |                      |                    |                      |
| Okna PCV                 |                       |       |        | $U_0$                | Wsp.               | $U$                  |
|                          |                       |       |        | [W/m <sup>2</sup> K] | -                  | [W/m <sup>2</sup> K] |
|                          |                       |       |        | 1,700                | 1,0                | 1,700                |
| Okna drewniane           |                       |       |        | 2,600                | 1,0                | 2,600                |
| Drzwi wejściowe          |                       |       |        | 2,600                | 1,2                | 3,120                |

### Z-3 Współczynnik przenikania ciepła po termomodernizacji.

| Przegroda                                    | Wyszczególnienie         | $d_i$<br>[cm] | $d$<br>[m] | $\lambda$<br>W/mK    | $R$<br>m <sup>2</sup> K/W | $U$<br>[W/m <sup>2</sup> K] |
|--|--------------------------|---------------|------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <b>Strop poddasza</b>                        | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     | 0,174                       |
|  | Pustka powietrzna        | 15,0          | 0,150      |                      | 0,160                     |                             |
|  | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     |                             |
|  | Tynk ccm.-wap.           | 1,5           | 0,015      | 0,820                | 0,018                     |                             |
|  | Wełna mineralna          | 20,0          | 0,200      | 0,040                | 5,000                     |                             |
|  | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     |                             |
|  | R                        |               |            |                      | 5,531                     |                             |
|  | R <sub>si</sub>          |               |            |                      | 0,100                     |                             |
|  | R <sub>se</sub>          |               |            |                      | 0,100                     |                             |
|  | R <sub>T</sub>           |               |            |                      | 5,731                     |                             |
|  |                          |               |            |                      |                           |                             |
| <b>Ściana zewnętrzna [SZ-1]<br/>i [SZ-2]</b> | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     | 0,208                       |
|  | Trociny                  | 16,0          | 0,16       | 0,200                | 0,800                     |                             |
|  | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     |                             |
|  | Tynk ccm.-wapienny       | 1,5           | 0,015      | 0,820                | 0,018                     |                             |
|  | Płyty z pianki rezolowej | 7,0           | 0,070      | 0,020                | 3,500                     |                             |
|  | R                        |               |            |                      | 4,631                     |                             |
|  | R <sub>si</sub>          |               |            |                      | 0,130                     |                             |
|  | R <sub>se</sub>          |               |            |                      | 0,040                     |                             |
|  | R <sub>T</sub>           |               |            |                      | 4,801                     |                             |
|  |                          |               |            |                      |                           |                             |
| <b>Podłoga na gruncie</b>                    | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     | 0,421                       |
|  | Pustka powietrzna        | 15,0          | 0,15       |                      | 0,220                     |                             |
|  | Deska sosnowa            | 2,5           | 0,025      | 0,160                | 0,156                     |                             |
|  | Papa asfaltowa           | 1,5           | 0,015      | 0,180                | 0,083                     |                             |
|  | Piasek                   | 10,0          | 0,1        | 0,400                | 0,250                     |                             |
|  | Grunt                    | 10,0          | 0,1        | 1,740                | 0,057                     |                             |
|  | R                        |               |            |                      | 0,923                     |                             |
|  | Opór zastępczy gruntu    |               |            |                      | 1,454                     |                             |
|  | R <sub>T</sub>           |               |            |                      | 2,377                     |                             |
|  |                          |               |            |                      |                           |                             |
| <b>Okna nowe</b>                             |                          |               |            | $U_0$                | Wsp.                      | $U$                         |
|  |                          |               |            | [W/m <sup>2</sup> K] | -                         | [W/m <sup>2</sup> K]        |
|  |                          |               |            | 1,1                  | 1,000                     | 1,100                       |
| <b>Drzwi wejściowe nowe</b>                  |                          |               |            | 1,5                  | 1,000                     | 1,500                       |

#### Z-4 Współczynnik strat ciepła przez wentylację.

| Pomieszczenie                              | Ilość pomieszczeń | Strumień powietrza na pomieszczenie | Całkowity strumień powietrza |
|--|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|
|  |                   | [m <sup>3</sup> /h]                 | [m <sup>3</sup> /h]          |
| Strumień powietrza wentylacyjnego          |                   |                                     |                              |
| Kuchnie                                    | 7                 | 70                                  | 490                          |
| Łazienki                                   | 7                 | 50                                  | 350                          |
| Razem                                      |                   |                                     | 840                          |
| Klatki schodowe                            | 1                 | 97                                  | 97                           |
| Ogółem                                     |                   |                                     | 937                          |
| Strumień powietrza wentylacyjnego          |                   | [m <sup>3</sup> /sek]               | 0,260                        |
| Infiltracja                                |                   | [m <sup>3</sup> /sek]               | 0,047                        |
| Ogółem                                     |                   | [m <sup>3</sup> /sek]               | 0,307                        |
| Współczynnik strat ciepła przez wentylację |                   | [W/K]                               | 369                          |
| Kubatura wentylowana                       |                   | [m <sup>3</sup> ]                   | 848                          |
| Krotność wymiany powietrza                 |                   |                                     | 1,31                         |

|                          |       |     |     |
|--------------------------|-------|-----|-----|
| Współczynniki korekcyjne |       |     |     |
|                          | $c_r$ | 1,0 | 1,0 |
|                          | $c_w$ | 1,0 | 1,0 |
|                          | $c_m$ | 1,0 | 1,0 |

#### Z-5 Strumień objętości powietrza wentylacyjnego.

|                      | Wsp. | Kubatura          | Krotność           | Wsp. osł. | Wsp. wys. | Strumień            |
|----------------------|------|-------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------|
|                      | -    | [m <sup>3</sup> ] | [h <sup>-1</sup> ] | -         | -         | [m <sup>3</sup> /h] |
| Strumień higieniczny |      | 848               | 0,5                |           |           | 424,0               |

#### Z-6 Wewnętrzne zyski ciepła.

|                         | Powierzchnia      | Strumień ciepła     | Zysk ciepła |
|-------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
|                         | [m <sup>2</sup> ] | [W/m <sup>2</sup> ] | [W]         |
| Wewnętrzne zyski ciepła | 314               | 7,1                 | 2 230       |

## Z-7 Projektowana strata ciepła.

### Projektowana strata ciepła obecnie

| Przegroda                | A                 | U                    | b <sub>0</sub>        | H <sub>t</sub> | ΔΘ   | Φ     |
|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------|------|-------|
|                          | [m <sup>2</sup> ] | [W/m <sup>2</sup> K] | -                     | [W/K]          | [°C] | [kW]  |
| Strop poddasza           | 243,86            | 1,448                | 0,90                  | 318            | 40   | 12,71 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 93,94             | 0,769                | 1,00                  | 72             |      | 2,89  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 91,44             | 0,389                | 1,00                  | 36             |      | 1,42  |
| Okna PCV                 | 18,30             | 1,700                | 1,00                  | 31             |      | 1,24  |
| Okna drewniane           | 14,23             | 2,600                | 1,00                  | 37             |      | 1,48  |
| Drzwi wejściowe          | 6,36              | 3,120                | 1,00                  | 20             |      | 0,79  |
| Podłoga na gruncie       | 243,86            | 0,421                | 1,00                  | 103            |      | 4,10  |
| Mostki liniowe           | l                 | ψ                    | □                     |                |      |       |
|                          | [m]               | [W/mK]               |                       |                |      |       |
| ościeża                  | 99,82             | 0,190                | 1,0                   | 19             |      | 0,76  |
| nadproża                 | 40,09             | 0,600                | 1,0                   | 24             |      | 0,96  |
| podokien                 | 40,09             | 0,570                | 1,0                   | 23             |      | 0,91  |
| balkony                  | 0,00              | 0,650                | 1,0                   | 0              |      | 0,00  |
| Ogółem                   |                   |                      |                       | 682            |      | 27,28 |
| Wentylacja               |                   | V <sub>l</sub>       | ρ*c <sub>p</sub>      | H <sub>v</sub> |      |       |
|                          |                   | [m <sup>3</sup> /h]  | [J/m <sup>3</sup> /K] | [W/K]          |      |       |
|                          |                   | 424                  | 0,34                  | 144            |      | 5,77  |
| OGÓŁEM                   |                   |                      |                       |                |      | 33,04 |

### Projektowana strata ciepła dla wariantu optymalnego

| Przegroda                | A                 | U                    | b <sub>0</sub>        | H <sub>t</sub> | ΔΘ   | Φ     |
|--------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------|------|-------|
|                          | [m <sup>2</sup> ] | [W/m <sup>2</sup> K] | -                     | [W/K]          | [°C] | [kW]  |
| Strop poddasza           | 243,86            | 0,174                | 0,90                  | 38             | 40   | 1,53  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1] | 93,94             | 0,208                | 1,00                  | 20             |      | 0,78  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2] | 91,44             | 0,208                | 1,00                  | 19             |      | 0,76  |
| Okna wymienione          | 18,30             | 1,100                | 1,00                  | 20             |      | 0,81  |
| Okna wymienione          | 14,23             | 1,100                | 1,00                  | 16             |      | 0,63  |
| Drzwi wejściowe          | 6,36              | 1,500                | 1,00                  | 10             |      | 0,38  |
| Podłoga na gruncie       | 243,86            | 0,421                | 1,00                  | 103            |      | 4,10  |
| Mostki liniowe           | l                 | ψ                    | □                     |                |      |       |
|                          | [m]               | [W/mK]               |                       |                |      |       |
| ościeża                  | 99,82             | 0,190                | 1,0                   | 19             |      | 0,76  |
| nadproża                 | 40,09             | 0,600                | 1,0                   | 24             |      | 0,96  |
| podokien                 | 40,09             | 0,570                | 1,0                   | 23             |      | 0,91  |
| balkony                  | 0,00              | 0,650                | 1,0                   | 0              |      | 0,00  |
| Ogółem                   |                   |                      |                       | 291            |      | 11,63 |
| Wentylacja               |                   | V <sub>l</sub>       | ρ*c <sub>p</sub>      | H <sub>v</sub> |      |       |
|                          |                   | [m <sup>3</sup> /h]  | [J/m <sup>3</sup> /K] | [W/K]          |      |       |
|                          |                   | 424                  | 0,34                  | 144            |      | 5,77  |
| OGÓŁEM                   |                   |                      |                       |                |      | 17,39 |

# Z-8 Roczne zapotrzebowanie na energię dla stanu obecnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

| Wyszczególnienie                         | Jednostka         | I                | II     | III    | IV     | V      | IX     | X      | XI     | XII    | ogółem  |
|--|-------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Średnia temp. miesiaca                   | [°C]              | -1,0             | -1,0   | 3,3    | 7,6    | 13,5   | 12,9   | 6,6    | 3,8    | 0,7    |         |
| Różnica temperatur                       | [°C]              | 21,0             | 21,0   | 16,7   | 12,4   | 6,5    | 7,1    | 13,4   | 16,2   | 19,3   |         |
| 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                                   |                   |                  |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Strop poddasza                           | $H_{tr} H_{up}$   | 317,71           | 16 141 | 14 211 | 10 212 | 892    | 974    | 11 403 | 13 341 | 16 424 | 101 468 |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1]                 | [MJ]              | 4 062            | 3 669  | 3 230  | 2 321  | 203    | 222    | 2 592  | 3 032  | 3 733  | 23 064  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2]                 | [MJ]              | 2 002            | 1 808  | 1 592  | 1 144  | 100    | 109    | 1 277  | 1 495  | 1 840  | 11 367  |
| Okna PCV                                 | [MJ]              | 1 750            | 1 580  | 1 392  | 1 000  | 87     | 95     | 1 117  | 1 306  | 1 608  | 9 936   |
| Okna drewniane                           | [MJ]              | 2 081            | 1 880  | 1 655  | 1 189  | 104    | 113    | 1 328  | 1 554  | 1 913  | 11 816  |
| Drzwi wejściowe                          | [MJ]              | 1 117            | 1 009  | 888    | 638    | 56     | 61     | 713    | 834    | 1 026  | 6 342   |
| Podłoga na gruncie                       | [MJ]              | 5 770            | 5 211  | 4 588  | 3 297  | 288    | 315    | 3 682  | 4 307  | 5 303  | 32 760  |
| Mostki liniowe                           | [MJ]              | 3 705            | 3 346  | 2 946  | 2 117  | 185    | 202    | 2 364  | 2 766  | 3 405  | 21 037  |
| Straty przez przegrody                   | [MJ]              | 38 357           | 34 645 | 30 503 | 21 918 | 1 915  | 2 092  | 24 475 | 28 635 | 35 251 | 217 790 |
| Wentylacja                               | [MJ]              | 20 752           | 18 744 | 16 503 | 11 858 | 1 036  | 1 132  | 13 242 | 15 492 | 19 072 | 117 830 |
| Całkowite przenoszenie ciepła            | [MJ]              | 59 108           | 53 388 | 47 005 | 33 776 | 2 951  | 3 223  | 37 717 | 44 127 | 54 323 | 335 619 |
| Zyski słoneczne                          | [MJ]              | 2 001            | 2 048  | 4 331  | 5 569  | 7 098  | 4 529  | 3 221  | 1 569  | 1 252  | 31 619  |
| Zyski wewnętrzne                         | [MJ]              | 5 972            | 5 394  | 5 972  | 5 779  | 963    | 963    | 5 972  | 5 779  | 5 972  | 42 767  |
| Razem zyski                              | [MJ]              | 7 973            | 7 442  | 10 303 | 11 349 | 8 062  | 5 492  | 9 193  | 7 349  | 7 224  | 74 386  |
| Stosunek zysków do przenoszenia          |                   | 0,1349           | 0,1394 | 0,2192 | 0,3360 | 2,7319 | 1,7038 | 0,2437 | 0,1665 | 0,1330 | 0,2216  |
| Typ budynku                              |                   | ciężki (260 000) |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Powierzchnia ogrzewana                   | [m <sup>2</sup> ] | 314              |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Pojemność cieplna                        | [J/K]             | 81 650 400       |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Stała czasowa                            | [h]               | 22               |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Metoda obliczeniowa                      |                   | miesięczna       |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Referencyjny parametr liczbowy $a_{H,0}$ |                   | I                |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Stała czasowa odniesienia $t_{H,0}$      | [h]               | 15               |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Parametr numeryczny $a_H$                |                   | 2,44             |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| Parametr numeryczny $a_H - 1$            |                   | 3,44             |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
| $\eta$                                   |                   | 0,9935           | 0,9929 | 0,9806 | 0,9524 | 0,3454 | 0,5082 | 0,9756 | 0,9895 | 0,9937 |         |
| Zyski ciepła                             | [MJ]              | 7 921            | 7 390  | 10 103 | 10 809 | 2 784  | 2 791  | 8 969  | 7 271  | 7 178  | 65 216  |
| Zapotrzebowanie ciepła                   | [MJ]              | 51 188           | 45 998 | 36 902 | 22 967 | 167    | 432    | 28 748 | 36 856 | 47 145 | 270 403 |

# Z-9 Roczne zapotrzebowanie na energię dla wariantu optymalnego wg PN-EN-ISO 13 790; 2009.

| Wyszczególnienie                                | Jednostka         | I      | II     | III    | IV     | V                | IX     | X      | XI     | XII    | ogółem  |
|---|-------------------|--------|--------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Średnia temp. miesiaca                          | [°C]              | -1,0   | -1,0   | 3,3    | 7,6    | 13,5             | 12,9   | 6,6    | 3,8    | 0,7    |         |
| Różnica temperatur                              | [°C]              | 21,0   | 21,0   | 16,7   | 12,4   | 6,5              | 7,1    | 13,4   | 16,2   | 19,3   |         |
| 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           |        |        |        |        |                  |        |        |        |        |         |
| Strop poddasza                                  | [MJ]              | 2,154  | 1,946  | 1,713  | 1,231  | 108              | 117    | 1,375  | 1,608  | 1,980  | 12,231  |
| Ściana zewnętrzna [SZ-1]                        | [MJ]              | 1,101  | 994    | 875    | 629    | 55               | 60     | 702    | 822    | 1,012  | 6,249   |
| Ściana zewnętrzna [SZ-2]                        | [MJ]              | 1,071  | 968    | 852    | 612    | 53               | 58     | 684    | 800    | 985    | 6,083   |
| Okna wymienione                                 | [MJ]              | 1,132  | 1,023  | 900    | 647    | 57               | 62     | 722    | 845    | 1,041  | 6,429   |
| Okna wymienione                                 | [MJ]              | 880    | 795    | 700    | 503    | 44               | 48     | 562    | 657    | 809    | 4,999   |
| Mostki liniowe                                  | [MJ]              | 3,705  | 3,346  | 2,946  | 2,117  | 185              | 202    | 2,364  | 2,766  | 3,405  | 21,037  |
| Drzwi wejściowe                                 | [MJ]              | 537    | 485    | 427    | 307    | 27               | 29     | 343    | 401    | 494    | 3,049   |
| Podłoga na gruncie                              | [MJ]              | 5,770  | 5,211  | 4,588  | 3,297  | 288              | 315    | 3,682  | 4,307  | 5,303  | 32,760  |
| Straty przez przegrody                          | [MJ]              | 16,350 | 14,768 | 13,002 | 9,343  | 816              | 892    | 10,433 | 12,206 | 15,027 | 92,838  |
| Wentylacja                                      | [MJ]              | 20,752 | 18,744 | 16,503 | 11,858 | 1,036            | 1,132  | 13,242 | 15,492 | 19,072 | 117,830 |
| Całkowite przenoszenie ciepła                   | [MJ]              | 37,102 | 33,512 | 29,505 | 21,201 | 1,852            | 2,023  | 23,675 | 27,698 | 34,099 | 210,667 |
| Zyski słoneczne                                 | [MJ]              | 1,978  | 2,024  | 4,276  | 5,499  | 7,004            | 4,475  | 3,183  | 1,551  | 1,238  | 31,228  |
| Zyski wewnętrzne                                | [MJ]              | 5,972  | 5,394  | 5,972  | 5,779  | 963              | 963    | 5,972  | 5,779  | 5,972  | 42,767  |
| Razem zyski                                     | [MJ]              | 7,950  | 7,418  | 10,248 | 11,278 | 7,967            | 5,438  | 9,155  | 7,331  | 7,210  | 73,995  |
| Strosunek zysków do przenoszenia                |                   | 0,2143 | 0,2214 | 0,3473 | 0,5320 | 4,3013           | 2,6878 | 0,3867 | 0,2647 | 0,2114 | 0,3512  |
| Typ budynku                                     |                   |        |        |        |        | ciężki (260 000) |        |        |        |        |         |
| Powierzchnia ogrzewana                          | [m <sup>2</sup> ] |        |        |        |        | 314              |        |        |        |        |         |
| Pojemność cieplna                               | [J/K]             |        |        |        |        | 81 650 400       |        |        |        |        |         |
| Stać czasowa                                    | [h]               |        |        |        |        | 34               |        |        |        |        |         |
| Metoda obliczeniowa                             |                   |        |        |        |        | miesięczna       |        |        |        |        |         |
| Referencyjny parametr liczbowy a <sub>H,0</sub> |                   |        |        |        |        | 1                |        |        |        |        |         |
| Stać czasowa odniesienia t <sub>H,0</sub>       | [h]               |        |        |        |        | 15               |        |        |        |        |         |
| Parametr numeryczny a <sub>H</sub>              |                   |        |        |        |        | 3,29             |        |        |        |        |         |
| Parametr numeryczny a <sub>H</sub> + 1          |                   |        |        |        |        | 4,29             |        |        |        |        |         |
| η   |                   | 0,9951 | 0,9946 | 0,9797 | 0,9372 | 0,2310           | 0,3629 | 0,9727 | 0,9907 | 0,9953 |         |
| Zyski ciepła                                    | [MJ]              | 7,911  | 7,378  | 10,040 | 10,570 | 1,841            | 1,974  | 8,905  | 7,263  | 7,175  | 63,056  |
| Zapotrzebowanie ciepła                          | [MJ]              | 29,191 | 26,134 | 19,465 | 10,631 | 12               | 50     | 14,770 | 20,436 | 26,923 | 147,611 |



## Z-10 Sprawności systemu grzewczego.

### Sprawność systemu grzewczego dla stanu obecnego

|   |                                  |          |      |   |
|---|----------------------------------|----------|------|---|
| 1 | Rodzaj systemu zasilania         |          |      |   |
| 2 | Wytwarzanie ciepła               | $\eta_g$ | 0,80 | piece kaflowe w złym stanie technicznym |
| 3 | Przesyłanie ciepła               | $\eta_d$ | 1,00 | źródło ciepła w pomieszczeniu           |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | $\eta_e$ | 0,70 | ogrzewanie paccowe                      |
| 5 | Akumulacja ciepła                | $\eta_s$ | 1,00 | brak zbiornika buforowego               |
| 6 | Sprawność całkowita systemu      | $\eta_0$ | 0,56 |   |
| 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 dla optymalnego wariantu

|   |                                  |          |      |   |
|---|----------------------------------|----------|------|---|
| 1 | Rodzaj systemu zasilania         |          |      | sieć miejska                              |
| 2 | Wytwarzanie ciepła               | $\eta_g$ | 0,91 | węzeł cieplny                             |
| 3 | Przesyłanie ciepła               | $\eta_d$ | 0,90 | przewody poziome i pionowe zaizolowane    |
| 4 | Regulacja i wykorzystanie ciepła | $\eta_e$ | 0,88 | regulacja centralna i regulacja miejscowa |
| 5 | Akumulacja ciepła                | $\eta_s$ | 1,00 | brak zbiornika buforowego                 |
| 6 | Sprawność całkowita systemu      | $\eta_0$ | 0,72 |   |
| 7 | Tygodniowe przerwy na ogrzewanie | $w_t$    | 1,00 | praca ciągła                              |
| 8 | Dobowe przerwy na ogrzewanie     | $w_d$    | 1,00 | praca ciągła                              |

**Z-11 Ciepła woda użytkowa.**

| Wyszczególnienie                                | Jednostka                                | obecnie  | docelowo |
|---|--|----------|----------|
| Ciepło właściwe wody                            | $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$              | 4,19     | 4,19     |
| Gęstość wody                                    | $\text{kg/dm}^3$                         | 1        | 1        |
| Powierzchnia pomieszczeń $A_f$                  | $\text{m}^2$                             | 314,0    | 314,04   |
| Liczba użytkowników                             | osoba                                    | 20       | 20       |
| Zużycie jednostkowe                             | $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{doba})$    | 2,00     | 2,00     |
| Temperatura ciepłej wody                        | $^{\circ}\text{C}$                       | 55       | 55       |
| Temperatura wody zimnej                         | $^{\circ}\text{C}$                       | 10       | 10       |
| Współczynnik korekcyjny                         | -  | 0,9      | 0,9      |
| Czas pracy instalacji cwu                       | doba                                     | 365      | 365      |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła użytkowego        | $\text{kWh/rok}$                         | 10 806,2 | 10 806,2 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego         | $\text{GJ/rok}$                          | 38,9     | 38,9     |
| Sprawność wytwarzania                           | -  | 0,960    | 0,900    |
| Sprawność przesyłu                              | -  | 0,800    | 0,800    |
| Sprawność akumulacji                            | -  | 1,000    | 1,000    |
| Sprawność sezonowa wykorzystania                | -  | 1,000    | 1,000    |
| Sprawność całkowita                             | -  | 0,770    | 0,720    |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego         | $\text{kWh/rok}$                         | 14 034,1 | 15 008,7 |
| Roczne zapotrzebowanie ciepła końcowego         | $\text{GJ/rok}$                          | 50,5     | 54,0     |
| Średnie godzinowe zapotrzebowanie ciepła        | $\text{m}^3/\text{h}$                    | 0,051    | 0,051    |
| Wsp. godzinowej nierównomierności rozbioru      | -  | 4,544    | 4,544    |
| Zużycie ciepła na ogrzanie $1 \text{ m}^3$ wody | $\text{GJ/m}^3$                          | 0,246    | 0,262    |
| Max. moc c.w.u.                                 | $\text{kW}$                              | 15,70    | 16,75    |
| Średnia moc c.w.u.                              | $\text{kW}$                              | 3,5      | 3,7      |
| Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię    | $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{rok})$ | 44,7     | 47,8     |

## Z-12 Obliczenie efektywności energetycznej

W tabelach poniżej przedstawiono oszczędność energii końcowej i pierwotnej dla całego przedsięwzięcia (ocieplenie przegród, wymiana okien, wymiana drzwi, wymiana instalacji c.w.u., wymiana instalacji c.o., wymiana źródeł ciepła dla potrzeb c.w.u. i c.o.). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt energetyczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych.

W obliczeniach przyjęto następujące współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej:

- węgiel kamienny - 1,1.
- ciepło sieciowe z ciepłowni węglowej – 1,3.
- energia elektryczna - 3,0.

Zużycie energii pierwotnej obliczono wg wzoru:

$$Q_p = Q_k \cdot w_p$$

Tabela nr 1. Efekt energetyczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć

| Wyszczególnienie            | GJ     | kWh        | MWh    |
|-----------------------------|--------|------------|--------|
| Energia końcowa             |        |            |        |
| ciepło                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją  | 482,86 | 134 127,78 | 134,13 |
| zużycie po modernizacji     | 258,84 | 71 900,00  | 71,90  |
| oszczędność                 | 224,02 | 62 227,78  | 62,23  |
| energia elektryczna (c.w.u) |        |            | 0,00   |
| zużycie przed modernizacją  | 50,52  | 14 033,33  | 14,03  |
| zużycie po modernizacji     | 0,00   | 0,00       | 0,00   |
| oszczędność                 | 50,52  | 14 033,33  | 14,03  |
| ogółem                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją  | 533,38 | 148 161,11 | 148,16 |
| zużycie po modernizacji     | 258,84 | 71 900,00  | 71,90  |
| oszczędność                 | 274,54 | 76 261,11  | 76,26  |
| oszczędność %               | 51,47  |            |        |
| Energia pierwotna           |        |            |        |
| ciepło                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją  | 531,15 | 147 540,56 | 147,54 |
| zużycie po modernizacji     | 336,49 | 93 470,00  | 93,47  |
| oszczędność                 | 194,65 | 54 070,56  | 54,07  |
| energia elektryczna (c.w.u) |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją  | 151,56 | 42 100,00  | 42,10  |
| zużycie po modernizacji     | 0,00   | 0,00       | 0,00   |
| oszczędność                 | 151,56 | 42 100,00  | 42,10  |
| ogółem                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją  | 682,71 | 189 640,56 | 189,64 |
| zużycie po modernizacji     | 336,49 | 93 470,00  | 93,47  |
| oszczędność                 | 346,21 | 96 170,56  | 96,17  |
| oszczędność %               | 50,71  |            |        |

Tabela nr 2. Efekt energetyczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

| Energia końcowa                    |        |            |        |
|------------------------------------|--------|------------|--------|
| <i>ciepło</i>                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją         | 482,86 | 134 127,78 | 134,13 |
| zużycie po modernizacji            | 288,93 | 80 258,33  | 80,26  |
| oszczędność                        | 193,93 | 53 869,44  | 53,87  |
| <i>energia elektryczna (c.w.u)</i> |        |            | 0,00   |
| zużycie przed modernizacją         | 50,52  | 14 033,33  | 14,03  |
| zużycie po modernizacji            | 0,00   | 0,00       | 0,00   |
| oszczędność                        | 50,52  | 14 033,33  | 14,03  |
| <i>ogółem</i>                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją         | 533,38 | 148 161,11 | 148,16 |
| zużycie po modernizacji            | 288,93 | 80 258,33  | 80,26  |
| oszczędność                        | 244,45 | 67 902,78  | 67,90  |
| oszczędność %                      |        | 45,83      |        |
| Energia pierwotna                  |        |            |        |
| <i>ciepło</i>                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją         | 531,15 | 147 540,56 | 147,54 |
| zużycie po modernizacji            | 375,61 | 104 335,83 | 104,34 |
| oszczędność                        | 155,54 | 43 204,73  | 43,20  |
| <i>energia elektryczna (c.w.u)</i> |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją         | 151,56 | 42 100,00  | 42,10  |
| zużycie po modernizacji            | 0,00   | 0,00       | 0,00   |
| oszczędność                        | 151,56 | 42 100,00  | 42,10  |
| <i>ogółem</i>                      |        |            |        |
| zużycie przed modernizacją         | 682,71 | 189 640,56 | 189,64 |
| zużycie po modernizacji            | 375,61 | 104 335,83 | 104,34 |
| oszczędność                        | 307,10 | 85 304,73  | 85,30  |
| oszczędność %                      |        | 44,98      |        |

### Z-13 Obliczenie efektu ekologicznego

Wskaźnik emisji (WE CO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie danych przyjętych do raportowania we Wspólnotowym Systemie Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2016 publikowanych przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE). W związku z tym, że na dzień sporządzenia audytu nie ma ostatecznych wytycznych konserwatorskich dotyczących ocieplenia ścian zewnętrznych, w tabeli nr 1 przedstawiono efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć, natomiast w tabeli nr 2 efekt ekologiczny, w którym nie uwzględniono ocieplenia ścian zewnętrznych.

Tabela nr 1. Efekt ekologiczny wynikający z realizacji wszystkich przedsięwzięć.

|                     | Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub> |       |                   |                        |                       |     |                   |                        |                        |              |
|---------------------|--|-------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----|-------------------|------------------------|------------------------|--------------|
|                     | Roczne zużycie ciepła                  |       | WE                | emisja CO <sub>2</sub> | Roczne zużycie ciepła |     | WE                | emisja CO <sub>2</sub> | emisja CO <sub>2</sub> |              |
|                     | GJ                                     | MWh   | kg/ GJ;<br>Mg/MWh | Mg                     | GJ                    | MWh | kg/ GJ;<br>Mg/MWh | Mg                     | Mg                     | %            |
|                     | przed modernizacją                     |       |                   |                        | po modernizacji       |     |                   |                        | redukcja               |              |
| węgiel kamienny     | 482,86                                 | -     | 94,73             | 45,74                  | -                     | -   | -                 | -                      |                        |              |
| energia elektryczna | -                                      | 14,03 | 0,832             | 11,67                  | -                     | -   | -                 | -                      |                        |              |
| sieć miejska        | -                                      | -     | -                 | -                      | 258,84                | -   | 94,96             | 24,58                  |                        |              |
|                     |  |       |                   | <b>57,41</b>           |                       |     |                   | <b>24,58</b>           | <b>32,83</b>           | <b>57,19</b> |

Tabela nr 2. Efekt ekologiczny nieuwzględniający ocieplenia ścian zewnętrznych.

|                     | Roczna redukcja emisji CO <sub>2</sub> |       |                   |                        |                       |     |                   |                        |                        |              |
|---------------------|--|-------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----|-------------------|------------------------|------------------------|--------------|
|                     | Roczne zużycie ciepła                  |       | WE                | emisja CO <sub>2</sub> | Roczne zużycie ciepła |     | WE                | emisja CO <sub>2</sub> | emisja CO <sub>2</sub> |              |
|                     | GJ                                     | MWh   | kg/ GJ;<br>Mg/MWh | Mg                     | GJ                    | MWh | kg/ GJ;<br>Mg/MWh | Mg                     | Mg                     | %            |
|                     | przed modernizacją                     |       |                   |                        | po modernizacji       |     |                   |                        | redukcja               |              |
| węgiel kamienny     | 482,86                                 | -     | 94,73             | 45,74                  | -                     | -   | -                 | -                      |                        |              |
| energia elektryczna | -                                      | 14,03 | 0,832             | 11,67                  | -                     | -   | -                 | -                      |                        |              |
| sieć miejska        | -                                      | -     | -                 | -                      | 288,93                | -   | 94,96             | 27,44                  |                        |              |
|                     |  |       |                   | <b>57,41</b>           |                       |     |                   | <b>27,44</b>           | <b>29,98</b>           | <b>52,21</b> |

#### Z-14 Niezbędne roboty towarzyszące

W ramach przedsięwzięcia należy przeprowadzić niezbędne roboty towarzyszące, stanowiące element prac remontowych i modernizacyjnych w tym m.in.:

- demontaż i utylizację istniejącego ocieplenia,
- ocieplenie ścian fundamentowych,
- ocieplenie ościeży,
- wymianę parapetów zewnętrznych,
- wymianę elementów konstrukcyjnych dachu,
- wymianę oszalowania wraz z niezbędnymi pracami konserwatorskimi i malarskimi,
- prace odtworzeniowe i wykończeniowe na elewacji w tym naprawa tynków i malowanie elewacji,
- wymianę poszycia dachowego,
- przebudowę kominów,
- wymianę rur spustowych i orynnowania,

- obróbki blacharskie,
  - demontaż i utylizację starych futryn, okien i drzwi,
  - obróbkę nowych okien i drzwi,
  - prace instalacyjne i odtworzeniowe,
  - wycinkę drzew i krzewów kolidujących z wykonaniem prac termo modernizacyjnych,
- oraz inne prace niezbędne do osiągnięcia pełnej funkcjonalności i estetyki budynku.