



Analiza źródeł ciepła dla budynku zabytkowego z uwzględnieniem efektywności energetycznej

Analysis of heat sources for a historic building, taking into account energy efficiency



Dr inż. Tomasz Jerominko

ORCID ID: [0000-0001-9052-7225](https://orcid.org/0000-0001-9052-7225)
Wydział Budownictwa, Architektury
i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Łódzka
tomasz.jerominko@p.lodz.pl

Słowa kluczowe: termomodernizacja budynków, odnawialne źródła energii w budynkach, efektywność energetyczna budynków

Streszczenie

Dobór źródła ciepła w budynku zabytkowym zawsze wiąże się ze spełnieniem szeregu parametrów związanych z kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi oraz przede wszystkim z wytycznymi Konserwatora Zabytków. Budynki zabytkowe charakteryzują się dużymi współczynnikami przenikania ciepła dla przegród co wpływa bezpośrednio na duże zapotrzebowanie ciepła oraz większe zużycie energii, stąd tak ważny jest aspekt przed wykonaniem projektu przeanalizowania dostępnych źródeł ciepła z uwzględnieniem ich wpływu na efektywność energetyczną całego budynku. W artykule poddano analizie kilka źródeł ciepła pracujących na cele grzewcze obiektu z uwzględnieniem działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej budynku zabytkowego. Analizowany budynek znajduje się w trzeciej strefie klimatycznej w Polsce centralnej. Dokonano obliczeń wskaźników energetycznych budynku EP, EK, dla stanu istniejącego oraz dla analizowanych przypadków.

Keywords: thermal modernization of buildings, renewable energy sources in buildings, energy efficiency of buildings

Abstract

Selecting a heat source for a historic building always requires meeting a number of parameters related to investment and operating costs, and above all, the guidelines of the Conservator of Monuments. Historic buildings are characterized by high heat transfer coefficients for their envelope, which directly impacts high heat demand and higher energy consumption. Therefore, it is crucial to analyze available heat sources before implementing the project, taking into account their impact on the energy efficiency of the entire building. This article analyzes several heat sources used for heating the building, taking into account measures aimed at improving the energy efficiency of the historic building. The analyzed building is located in the third climate zone in central Poland. The building's energy efficiency (PE) and energy efficiency (FE) indicators were calculated for the existing building and for the analyzed cases.

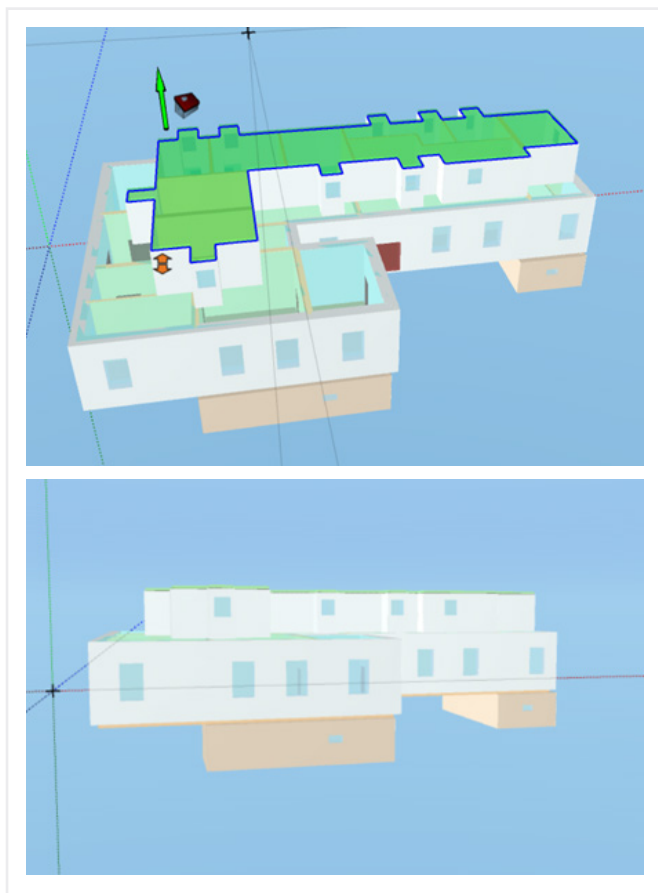
© Polish Association of Sanitary Engineers and Technicians

Wstęp

W Polsce jest ponad 160 tysięcy zabytków nieruchomości, obiektów zabytkowych wpisanych do rejestru i krajowej ewidencji zabytków [1]. Spora część tych obiektów jest ogrzewana, co czyni je dostępnymi dla odwiedzających przez cały rok. Większość budynków zabytkowych cechuje się dużymi stratami ciepła wynikającymi z użytych do budowy materiałów, słabej izolacji przegród czy chociażby funkcjonującej wentylacji grawitacyjnej pracującej bez odzysku ciepła. Często docieplenie budynku zabytkowego nie jest możliwe do zrealizowania z zewnątrz ze względu na zabytkową elewację czy detale architektoniczne a także na możliwość pogorszenia mikroklimatu wewnątrz. Działanie takie powinno być zawsze przemyślane poczynając już od audytu energetycznego poprzez projekt ogrzewania [2].

Budynki zabytkowe, odpowiadają za znaczną część cał-

kowitego zapotrzebowania na energię w naszych miastach [3]. Charakteryzują się dużym zapotrzebowaniem na energię cieplną oraz niską sprawnością systemu grzewczego. Wskaźniki energetyczne takie jak: EP mieszczą się w przedziale 400-800 kWh/m² rok, EK osiąga wartości od 300-700 kWh/m² rok [4]. Ogrzewanie budynków zabytkowych związane jest z trudnościami ze spełnieniem wymagań konserwatorów zabytków oraz sposobem eksploatacji instalacji ogrzewczej. Często trzeba osiągnąć kompromis pomiędzy wymaganiami użytkowników a wytycznymi konserwatora zabytków, które mają za zadanie ochronę tkanki zabytku, cennych wnętrz, malowideł itp. [5]. Ponadto w budynku zabytkowym, instalacja ogrzewcza powinna być zaprojektowana w sposób jak najmniej ingerujący we wnętrza pomieszczenia np.: montaż podtynkowy rurociągów, grzejniki montowane za osłonami itp. Otoczenie budynku zabytkowego, może też być objęte ochroną konser-



Rys. 1. Model budynku utworzony w programie SANKOM
Fig. 1. Building model created in the SANKOM program

watorską jako np. teren wokół budynku lub część układu urbanistycznego. Ogranicza to możliwość montażu urządzeń grzewczo-wentylacyjnych na ścianach, dachach czy na poziomie terenu w pobliżu obiektu. Z drugiej strony aby poprawić wskaźniki energetyczne budynku określone np. w audycie energetycznym, działanie należy przeprowadzić kompleksowo, łącznie z wymianą źródła ciepła [6]. Analizując ogrzewanie obiektów zabytkowych (dla których „co do zasady” nie sporządza się certyfikatów energetycznych, ponieważ nie muszą spełniać takich wymogów jak nowe obiekty) [7], powinno jednak wyznaczać się podstawowe wskaźniki energetyczne takie jak: wskaźnik energii pierwotnej EP i końcowej EK, ponieważ świadczą one o efektywności energetycznej budynku i późniejszych kosztach eksploatacyjnych.

Opis parametrów i wskaźników analizowanego budynku

Analizowany budynek zabytkowy zlokalizowany jest na terenie miejskim w centralnej Polsce w III strefie klimatycznej. Obiekt powstał w drugiej połowie XVIII. Podstawowe dane budynku: budynek dwukondygnacyjny, częściowo podpiwniczony, powierzchnia zabudowy ok. 420m², powierzchnia użytkowa 522 m², kubatura ok. 2440 m³. Na rys. 1 przedstawiono model budynku utworzony przy pomocy programu SANKOM.

Ściany budynku wykonane są cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej o grubości 70 cm, konstrukcja dachu drewniana docieplona wełną mineralną gr. 12 cm

Tabela 1. Wyniki obliczeń wskaźników dla analizowanego budynku (stan istniejący)
Table 1. Results of the calculation of indicators for the analyzed building (existing condition)

Parametr	Ogrzewanie
Średnia sezonowa sprawności wytwarzania ciepła $\eta_{H,g} / \eta_{W,g}$	0,91
średnia sezonowa sprawności przesyłu ciepła $\eta_{H,d} / \eta_{W,d}$	0,96
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła $\eta_{H,e}$	0,88
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła $\eta_{W,s}$	1,00
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, kWh/m ² rok	320,1
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową EK, kWh/m ² rok	245,3

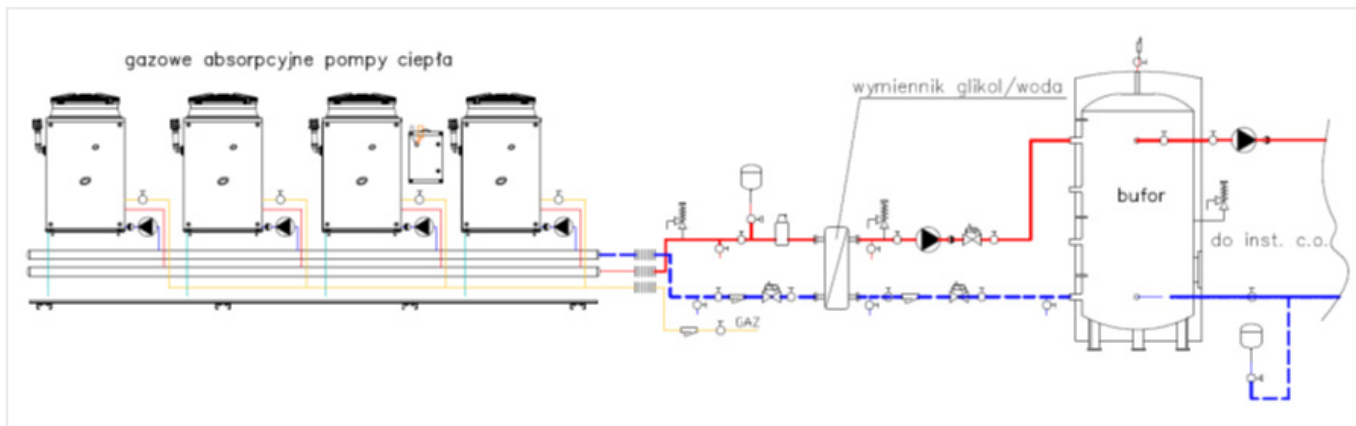
i obudowana płytami GKF. Stropy ceglane typu Kleina, podłoga na parterze docieplona warstwą styropianu 5cm. Instalacja centralnego ogrzewania wymieniona, rurociągi stalowe montowane w posadzce i bruzdach ściennych, grzejniki płytowe i kanałowe wyposażone w zawory termostatyczne. Instalacja c.o. zasilana jest z kotłowni węglowej zlokalizowanej poza obiektem, podlegającej likwidacji. Parametry pracy instalacji c.o. 80/60°C, układ zamknięty zabezpieczony zaworem bezpieczeństwa i naczyniem wzbiorczym.

Dla rozpatrywanego budynku obliczono w pierwszej kolejności współczynniki przenikania ciepła, które wynoszą: dla ściany zewnętrznej: $U = 0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$, dla dachu: $U = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$, dla podłogi parteru: $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ oraz dla okien i drzwi (przyjęto) $U = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Następnie obliczono projektowe obciążenie cieplne przy założeniu temperatury wewnętrznej w pomieszczeniach na poziomie +20°C, które wyniosło 75,0 kW. Na podstawie [8-11] obliczono wartości średnich sezonowych sprawności dla instalacji centralnego ogrzewania oraz główne wskaźniki energetyczne dla stanu istniejącego. Wartości przedstawiono w tab. 1.

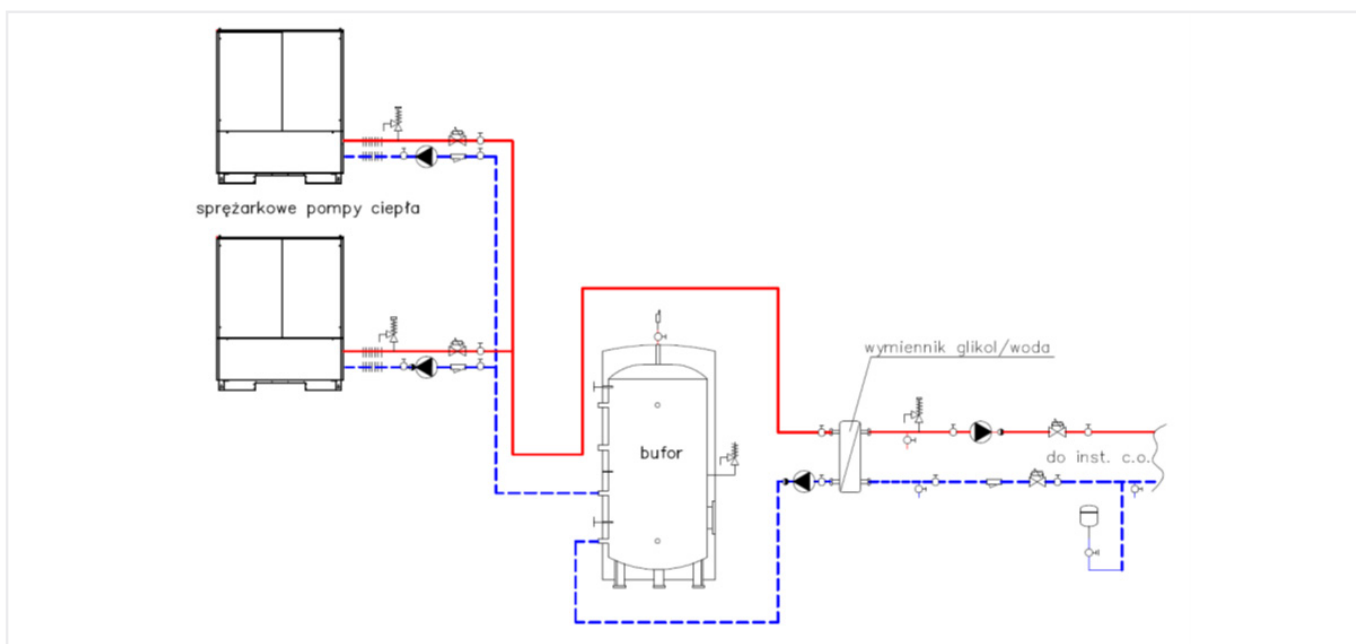
Obliczony wskaźnik $EP = 320,1 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$ znacznie przekracza wartości przyjmowane dla budynku nowego, gdzie zgodnie z WT [12] powinien wynosić nie więcej niż 95,0 kWh/m²rok ale jak wskazano wcześniej – budynek zabytkowy nie musi spełniać przepisów prawa w tym zakresie.

Analiza możliwych do zastosowania źródeł ciepła

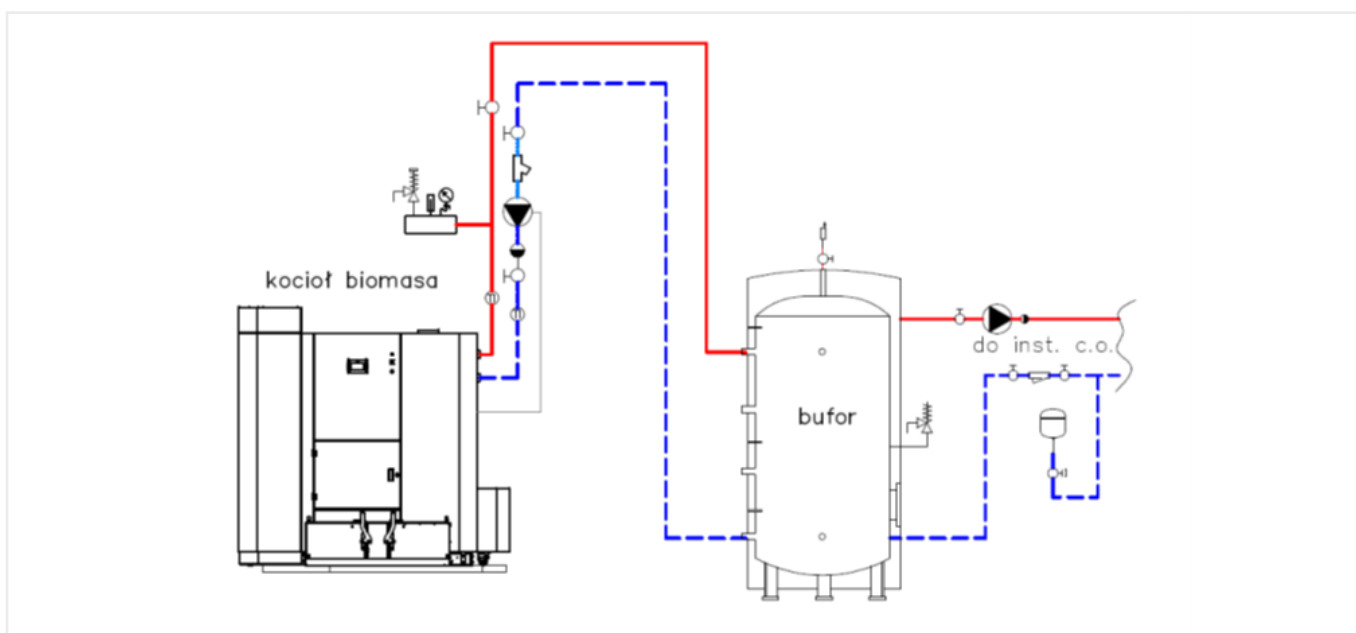
W ocenianym budynku zabytkowym w ostatnich latach wykonano prace dociepleniowe polegające na ułożeniu wełny mineralnej pomiędzy krokiewkami, zatem nie przewiduje się realizacji docieplenia ścian czy wymiany okien. Podobnie nie przewiduje się wymiany instalacji c.o. ponieważ jej stan jest dobry i posiada zawory termostatyczne. Z uwagi jednak na likwidację pobliskiej kotłowni węglowej, przeanalizowano możliwe do realizacji źródła ciepła: wariant I – budowa źródła ciepła w oparciu o gazowe absorpcyjne pompy ciepła (4 szt.; rys. 2), wariant II – sprężar-



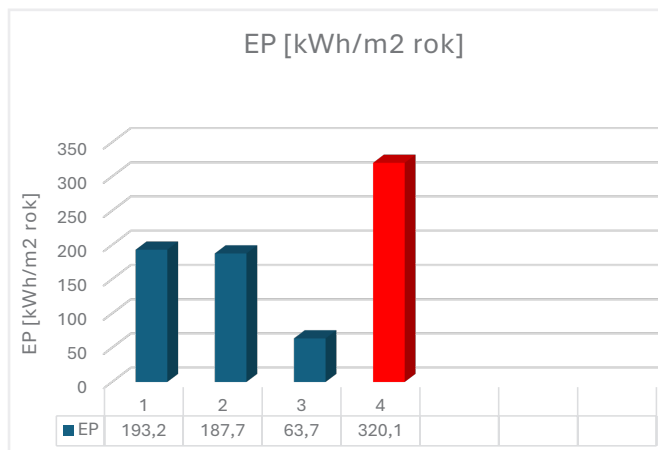
Rys. 2. Schemat hydrauliczny z wykorzystaniem gazowych absorpcyjnych pomp ciepła – wariant I
Fig. 2. Hydraulic diagram using gas absorption heat pumps – variant I.



Rys. 3. Schemat hydrauliczny z wykorzystaniem sprężarkowych pomp ciepła – wariant II
Fig. 3. Hydraulic diagram using compression heat pumps – variant II



Rys. 4. Schemat hydrauliczny z wykorzystaniem kotła opalanego biomasą – wariant III
Fig. 4. Hydraulic diagram using a biomass boiler – variant III



Rys. 5. Obliczone wartości EP dla różnych wariantów źródła ciepła (oznaczenia: 1 – wariant I, 2 – wariant II, 3 – wariant III, 4 – stan istniejący)

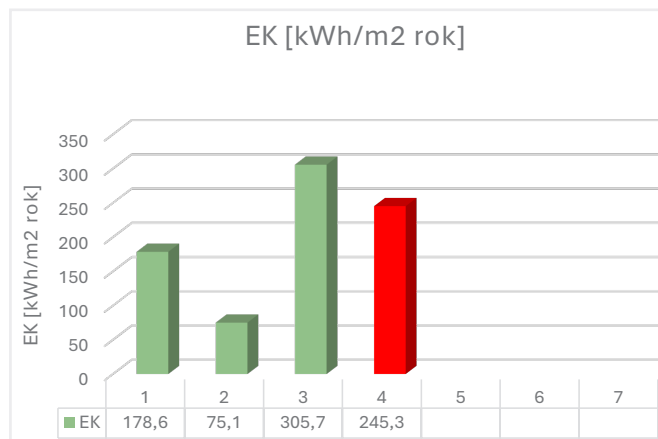
Fig. 5. Calculated PE values for various heat source variants (designations: 1 – variant I, 2 – variant II, 3 – variant III, 4 – existing state)

kowe pompy ciepła typu powietrze/woda (2 szt.; rys. 3), wariant III – kotłownia opalana biomasą (rys. 4). Dwa pierwsze warianty będą wymagały montażu jednostek pomp ciepła na zewnątrz budynku, co wiąże się z akceptacją rozwiązania przez konserwatora zabytków. Ponadto parametry pracy instalacji współpracującej z pompami ciepła są niższe (55–60 °C) niż wykonana w chwili obecnej instalacja grzewcza, a zatem przyjęcie tego wariantu wiąże się z wymianą grzejników w całym budynku na większe gabarytowo. Wykonanie kotłowni opalanej biomasą będzie możliwe po adaptacji pomieszczeń technicznych w piwnicy na pomieszczenie kotłowni i magazynu opału oraz będzie się wiązało z przeprowadzeniem szeregu

Tabela 2. Wyniki obliczeń wskaźników dla analizowanego budynku

Table 2. Results of indicator calculations for the analyzed building

Ogrzewanie	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Średnia sezonowa sprawności wytwarzania ciepła, $\eta_{H,g} / \eta_{W,g}$	1,4	3,5	0,85
Średnia sezonowa sprawności przesyłu ciepła, $\eta_{H,d} / \eta_{W,d}$	0,96	0,96	0,96
Średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła, $\eta_{H,e}$	0,88	0,88	0,88
Średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła, $\eta_{W,s}$	0,95	0,95	0,95
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP, kWh/m²rok	193,2	187,7	63,7
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową EK, kWh/m²rok	178,6	75,1	305,7



Rys. 6. Obliczone wartości EK dla różnych wariantów źródła ciepła (oznaczenia: 1 – wariant I, 2 – wariant II, 3 – wariant III, 4 – stan istniejący)

Fig. 6. Calculated FE values for various heat source variants (designations: 1 – variant I, 2 – variant II, 3 – variant III, 4 – existing state)

prac budowlanych takich jak choćby dobudowa kominów wewnątrz budynku, pogłębienie piwnic do uzyskania wymaganej wysokości, wydzielenie pomieszczeń zgodnie z zasadami przeciwpożarowymi. Każde z rozpatrywanych źródeł ciepła będzie też wymagało zainstalowania zbiornika akumulacyjnego (bufora).

W tab. 2 przedstawiono wyniki obliczeń dla analizowanych systemów grzewczych.

Z tab. 2 wynika, że najniższa wartość wskaźnika EP zostanie osiągnięta przy zastosowaniu źródła ciepła w oparciu o kocioł opalany biomasą EP = 63,7 kWh/m²rok. Dla rozwiązań z gazowymi pompami ciepła osiągnięto EP = 93,2 kWh/m²rok a dla sprężarkowych pomp ciepła 187,7 kWh/m²rok. Porównanie obliczonych wskaźników dla rozpatrywanych wariantów

W tab. 3 przedstawiono obliczone koszty inwestycyjne i eksploatacyjne dla każdego źródła ciepła. Na koszty inwestycyjne oprócz zakupu urządzeń składa się także koszt adaptacji pomieszczeń na kotłownię czy koszt wy-

Tabela 3. Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne poszczególnych rozwiązań

Table 3. Investment and operating costs of individual solutionsbuilding

Parametr	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Koszty inwestycyjne netto zł	480 000	370 000	405 000
Koszty eksploatacyjne			
Ilość nośnika energii – gaz ziemny, m³/rok	9 630	-	-
Ilość nośnika – energia elektryczna, kWh/rok	1530	39 585	1135
Ilość nośnika energii pelet, t/rok	-	-	33,4
Roczny koszt eksploatacji netto, zł	38 357	45 522	48 065
Koszt serwisu, zł/rok	3 000	3 000	3 000
Łączny koszt/rok netto, zł	41 357	48 522	51 065

miany grzejników dla wariantu I i II. Obliczając koszty eksploatacyjne zaproponowanych systemów grzewczych przyjęto następujące ceny nośników energii: gaz ziemny: średnia cena netto 3,8 zł/m³, energia elektryczna: średnia cena netto 1,15 zł/kWh, biomasa (pelet): klasy EnPlus A1 o wartości opałowej 17MJ/kg – cena 1400 zł netto/tona.

Najniższe koszty inwestycyjne osiągnięto dla wariantu II – budowa źródła ciepła w oparciu o pompy sprężarkowe powietrze/woda. Najwyższe dla kotłowni opalanej biomasą ale trzeba zaznaczyć, że około 20% podanych kosztów w tym wariantcie będzie dotyczyło adaptacji pomieszczeń na kotłownię. Jeśli chodzi o koszty eksploatacyjne, to najniższe będą dla wariantu I, gazowe absorpcyjne pompy ciepła. Niewiele drożej wyniesie użytkowanie sprężarkowych pomp ciepła (wariant II).

Podsumowanie

Duże wahania cen nośników energii jakie miały miejsce w ostatnim czasie powodują, że należy coraz większą uwagę zwracać na koszty utrzymania budynków w tym ich ogrzewanie. Dotyczy to zwłaszcza budynków zabytkowych, które charakteryzują się dużym zużyciem energii. Obliczenia wykazały, znaczną redukcję wskaźnika EP dla rozpatrywanych wariantów w odniesieniu do stanu istniejącego. Najniższą wartość wskaźnika EP uzyskano dla rozwiązania z kotłem opalonym biomasą. Zbliżone wartości EP osiągnięto dla pozostałych dwóch wariantów. Redukcja EP przekraczająca 30% może być warunkiem udzielenia dofinansowania ze środków unijnych dla modernizacji źródła ciepła. Jak wykazała analiza koszty eksploatacyjne analizowanych wariantów są najmniejsze dla pomp gazowych. Jednak zgodnie z dyrektywą EPBD Komisji Europejskiej będzie obowiązywał zakaz montażu kotłów gazowych w nowych obiektach już od roku 2030. Dążenie Unii do „zeroemisyjności” budynków spowoduje wcześniej czy później odejście całkowicie od paliw kopalnych. Pod względem inwestycyjnym najtańszym okazał się wariant z wykorzystaniem sprężarkowych pomp ciepła i biorąc pod uwagę najmniejszy zakres prac adaptacyjnych do wykonania w istniejącym budynku jest to bardzo ciekawe rozwiązanie. Za budową kotłowni opalanej biomasą przemawiają wskaźniki energetyczne, minusem jednak jest transport i składowanie paliwa w budynku zabytkowym.

Bibliografia

- [1] Narodowy Instytut Dziedzictwa. (2021, 4 sierpnia). Wszystkie o zabytkach w Polsce pod jednym adresem internetowym. <https://nid.pl/2021/08/04/wszystko-o-zabytkach-w-polsce-pod-jednym-adresem-internetowym/>
- [2] Generalny Konserwator Zabytków. (2020). Standardy termomodernizacji obiektów zabytkowych: Wytyczne Generalnego Konserwatora Zabytków dotyczące ochrony wartości dziedzictwa kulturowego w procesie poprawy charakterystyki energetycznej budowli zabytkowych (Wstęp: Bogumiła Rouba). Narodowy Instytut Dziedzictwa. <https://ksiegarnia.nid.pl/produkt/standardy-termomodernizacji-obiektow-zabytkowych-wytyczne-gkz/>
- [3] Baborska-Narożny, M., Laska, M., Fidorów-Kaprawy, N., Mokrzecka, M., Małyшко, M., Smektała, M., Stefanowicz, E., Piechurski, K. (2021). Thermal comfort and transition from solid fuel heating in historical multifamily buildings—Real-world study in Poland. *Energy and Buildings*, 248, 111178, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111178>
- [4] Żurawski, J. (2020) Termomodernizacja budynków zabytkowych cz.2. *Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska SAPE*. <https://zae.org.pl/wp-content/uploads/2020/10/DAEiS-CZ.1.pdf>
- [5] Cichowicz, R., Jerominko, T., Grzelakowski, T., & Zaguła, A. (2025). Contemporary Challenges for Heating Historic Church Buildings from the Late 19th and Early 20th Centuries. *Energies*, 18(4), 889. <https://doi.org/10.3390/en18040889>
- [6] Jadwiszczok-Molencka, H. (2023). Zasady termomodernizacji budynków zabytkowych. Katowice. <https://przywracamylekit.slaskie.pl/resource/96/Zasady+termomodernizacji+budynk%C3%B3w+zabytkowych.pdf>
- [7] Wolak, I. (2025). Termomodernizacja budynku zabytkowego w kierunku wysokiej efektywności energetycznej i jakości środowiska wewnętrznego. *Rynek Instalacyjny*.
- [8] Minister Infrastruktury i Rozwoju. (2014). Rozporządzenie z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2014 poz. 888).
- [9] Sejm Rzeczypospolitej Polskiej. (2014). Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. 2014 poz. 1200).
- [10] Minister Infrastruktury i Rozwoju. (2015). Rozporządzenie 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).
- [11] Sejm Rzeczypospolitej Polskiej. (2022). Ustawa z dnia 7 października 2022 r. o zmianie ustawy o charakterystyce energetycznej budynków oraz ustawy – Prawo budowlane (Dz. U. 2022 poz. 2206).
- [12] Minister Rozwoju i Technologii. (2022). Obwieszczenie z dnia 15 kwietnia 2022 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2022 poz. 1225).

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*