

dr inż. Wiesław Sarosiek^{1*)}
 dr inż. Beata Sadowska¹⁾

Termomodernizacja zespołu budynków szkolnych

Thermomodernization of the complex of school buildings

DOI: 10.15199/33.2015.05.05

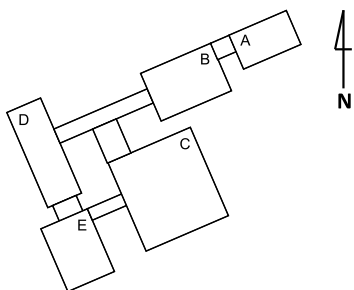
Streszczenie. W artykule opisano zaplanowaną wg audytu oraz wykonaną zgodnie z tym dokumentem termomodernizację zespołu budynków Szkoły Podstawowej i Gimnazjum w Rutkach w woj. podlaskim. Pokazano efekty energetyczne i ekologiczne inwestycji wyznaczone na podstawie pomiaru energii i paliwa zużytego na potrzeby ogrzewania przedmiotowego obiektu w pięciu kolejnych sezonach ogrzewczych.

Słowa kluczowe: audyt energetyczny, budynek szkolny, termomodernizacja, rzeczywisty efekt energetyczny i ekologiczny.

Abstract. The article describes scheduled according to audit and carried out in accordance with this document thermomodernization of the complex of buildings of Elementary School and Gymnasium in Rutki in Podlaskie Voivodship. The energy and environmental effects of investments calculated on the basis of the measurement of energy and fuel consumed for heating of the object in five consecutive heating seasons are presented.

Keywords: energy audit, the school building, thermomodernization, the actual energy and ecological effects.

Zespół budynków Szkoły Podstawowej (SP) i Gimnazjum w Rutkach został wzniesiony w technologii wielkblokowej (CŻ) w latach osiemdziesiątych XX w., a w końcu lat dziewięćdziesiątych dobudowano salę sportową. Widoczna jest znacznie rozczłonkowana linia zabudowy. Poszczególne budynki o różnej liczbie kondygnacji (od 1 do 3) połączone są ze sobą parterowymi łącznikami (rysunek 1). Część budynków jest podpiwniczona.



Rys. 1. Szkic zespołu budynków Szkoły Podstawowej i Gimnazjum w Rutkach

Fig. 1. Outline of the complex of buildings of Elementary School and Gymnasium in Rutki

Charakterystyka elementów budynków przed termomodernizacją:

- ściany piwnic z blozków betonowych grubości 30 cm z warstwą wełny mineralnej 5 cm; ściany zewnętrzne budynku A z płyt kanałowych grubości 24 cm i betonu komórkowego grubości 12 cm, natomiast ściany pozostałych budynków z dodatkową warstwą styropianu grubości 3 cm, obmurowane cegłą dziurawką;

¹⁾ Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: wsarosiek@op.pl

- stropodachy wentylowane ocieplone styropianem grubości 10 cm (dolna część stropodachu z płyt kanałowych, zaś górna z płyt korytkowych opartych na ściankach ażurowych z cegły dziurawki);

- dach niewentylowany w łączniku między budynkami B i D ocieplony warstwą styropianu grubości 10 cm.

W podłozie piwnicy i na gruncie zastosowano warstwę styropianu grubości 5 cm. Drewnianą stolarkę okienną z podwójnymi szybami częściowo wymieniono na nową z PVC (większość okien w budynkach D i E oraz pojedyncze okna w budynku B). Niektóre wejściowe drzwi drewniane i metalowe z przeszkleniami zastąpiono nowymi z PVC. W budynku były także przeszklenia z luksferów i pustaków szklanych.

Wymiana powietrza w budynku odbywa się za pomocą wentylacji grawitacyjnej. Napływ powietrza odbywa się przez stolarkę okienną i drzwiową, a usuwanie przez kanały wentylacyjne z kratkami. Normatywny strumień powietrza wentylacyjnego budynku wynosi 14 438 m³/h. Ze względu na nieszczelności starej stolarki okiennej strumień powietrza wentylacyjnego zwiększono do 18 048 m³/h. W 2001 r. w części budynków wymieniono instalację centralnego ogrzewania, natomiast w części pozostawiono ze względu na zadowalający stan. Zaplanowano jej sukcesywną modernizację w późniejszym okresie. Ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania oraz ciepłej wody użytkowej przygotowywane jest w grupowej kotłowni węglowej. Kubatura dodatkowych budynków zasilanych z kotłowni wynosi ponad 13 000 m³, co stanowi blisko połowę całkowitej kubatury obiektów zaopatrywanych w ciepło. Kotłownia pracuje tylko

w sezonie ogrzewczym, natomiast poza sezonem ciepła woda przygotowywana jest za pomocą podgrzewaczy elektrycznych.

Zaproponowane usprawnienia termomodernizacyjne

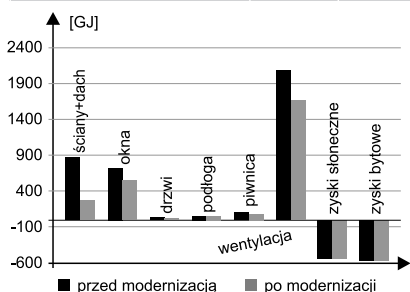
Na podstawie oceny stanu termicznego budynków SP i Gimnazjum, a także po uwzględnieniu uzgodnień dokonanych z inwestorem, zaproponowano następujące prace termomodernizacyjne: docieplenie ścian zewnętrznych; docieplenie stropodachów pełnych i wentylowanych; wymianę starej stolarki okiennej; likwidację przeszkleń z luksferów i pustaków szklanych; wymianę starych drzwi zewnętrznych. W planowanej inwestycji termomodernizacyjnej nie uwzględniono nowej sali sportowej ze względu na jej dobry stan. Dane obliczeniowe dotyczące termomodernizacji pochodzą z audytu, a dane o efektach rzeczywistych z opracowań wykonanych przez autorów. W tabeli 1 zamieszczono obliczenia wartości współczynników przenikania ciepła przegród przed i po termomodernizacji.

Całkowity koszt termomodernizacji zespołu budynków wyniósł ponad 637 tys. zł, z czego blisko połowę stanowiło dofinansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Na rysunku 2 przedstawiono bilans cieplny budynków SP i Gimnazjum. Straty ciepła przez główne elementy obudowy budynku – ściany i dachy zmniejszyły się o 68%, a przez okna o 24%. Widoczny jest duży udział wentylacji w stratach ciepła zarówno w stanie istniejącym, jak i po modernizacji. Jest to charakterystyczne w przypadku wentylacji grawitacyjnej, szczególnie w budynkach o rozczłonkowanej bryle, usytuowanych w terenie podatnym na działanie wiatru.

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła przez zewnętrzne przegrody obiektu SP i Gimnazjum

Table 1. Thermal transmittance of external partitions of buildings of Elementary School and Gymnasium

Współczynniki przenikania ciepła przez zewnętrzne przegrody budowlane [W/(m ² ·K)]	Stan	
	przed termomodernizacją	po termomodernizacji
Ściany zewnętrzne budynku A i łącznika	1,27; 1,32	0,23
Ściany zewnętrzne budynków B, D, E i łączników	0,64; 0,65; 0,69; 0,70	0,20
Stropodachy (wentylowane)	0,38	0,16
Dach w łączniku między B i D	0,40	0,20
Okna	1,70; 3,12	1,70
Przeszklenia z luksferów/pustaków szklanych	2,58	zamurowanie
Drzwi zewnętrzne	2,00; 2,50; 5,10	2,00; 2,50



Rys. 2. Bilans cieplny budynków SP i Gimnazjum

Fig. 2. Thermal balance of buildings of Elementary School and Gymnasium

Rzeczywiste efekty energetyczne i ekologiczne termomodernizacji

Efekty energetyczne i ekologiczne termomodernizacji wyznaczano na podstawie danych o energii cieplnej wytworzonej w grupowej kotłowni w kolejnych sezonach ogrzewczych. Dodatkowo, w przypadku czterech z pięciu sezonów ogrzewczych, uzyskano dane o ilości paliwa (węgla) zużytego w źródle ciepła. Ilość paliwa i wytworzonej energii cieplnej wskazywała na średnią sprawność kotłowni (bez przesyłu ciepła do poszczególnych odbiorców) na poziomie ok. 75%. Dane uzyskane od zarządcy obiektu w kolejnych latach zestawiono w tabeli 2.

Zmierzone w poszczególnych sezonach ogrzewczych zużycie energii cieplnej przeliczono, wykorzystując dane meteorologiczne tych sezonów, na sezon standardowy stosowany w audycie energetycznym. Ponadto na podstawie ogrzewanej kubatury, wszystkich obiektów zasilanych w energię cieplną z kotłowni grupowej, wydzielono energię przypadającą na obiekty SP i Gimnazjum. Po termomodernizacji

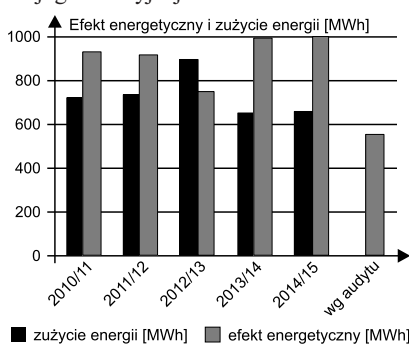
Tabela 2. Dane dotyczące zużycia paliwa i produkcji energii w grupowym źródle ciepła

Table 2. Data on fuel consumption and energy production in the group heat source

Wielkość	Sezon ogrzewczy				
	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Zużycie węgla [Mg]	–	295,56	308,10	278,16	251,30
Wyprodukowana energia [GJ]	5010,30	4850,00	5935,00	3958,00	3604,00

objektów wszystkie budynki zasilane w ciepło z kotłowni grupowej miały bardzo podobne charakterystyki energetyczne. Spośród rozpatrywanych pięciu sezonów ogrzewczych tylko sezon 2012/2013 był „ostrzejszy” niż standardowy (rysunek 3).

Oszczędności w zużyciu paliwa i wyprodukowanej energii w poszczególnych sezonach ogrzewczych są większe od obliczeniowych (audyt energetyczny) o 35 ÷ 81%. Większe oszczędności towarzyszą „łagodniejszym” sezonom ogrzewczym, a większe zużycie energii „ostrzejszym”, co jest wynikiem podatności budynku na działanie wiatru przy zastosowanej w obiekcie wentylacji grawitacyjnej.



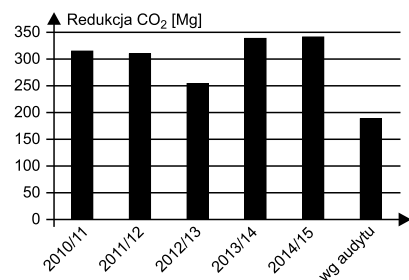
Rys. 3. Rzeczywiste efekty energetyczne termomodernizacji kompleksu budynków SP i Gimnazjum

Fig. 3. The actual energy effects of the thermomodernization of the complex of buildings of Elementary School and Gymnasium

Uzyskane efekty energetyczne i ekologiczne znacznie wyższe od wyliczonych lub zaplanowanych na podstawie obliczeń wykonanych w ramach audytu energetycznego (rysunek 4 i 5) wskazują, że jest to możliwe, jeśli użytkownicy (zarządcy) będą racjonalnie użytkować budynek.

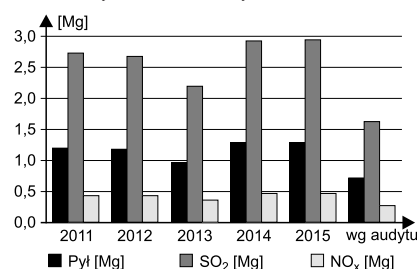
Podsumowanie

Osiągnięte efekty energetyczne wynikające z pomiaru energii w źródle ciepła (odniesione do sezonu standardowego) oraz związane z nimi efekty ekologiczne są znacznie większe od obliczonych w audycie energetycznym. Dotyczy to wszystkich pięciu sezonów ogrzewczych, w przypadku których prowadzono monitoring zużycia energii i paliwa w źródle ciepła. Większe oszczędności energii (w stosunku do obliczonych w audycie) wynikają z właściwej eksploatacji (obniżanie temperatury pomieszczeń nieuży-



Rys. 4. Rzeczywista redukcja CO₂ osiągnięta w wyniku termomodernizacji kompleksu budynków SP i Gimnazjum

Fig. 4. The actual CO₂ reduction achieved as a result of the thermomodernization of Elementary School and Gymnasium



Rys. 5. Rzeczywista i planowana, na podstawie audytu, redukcja SO₂, NO_x i pyłu osiągnięta w wyniku termomodernizacji kompleksu budynków SP i Gimnazjum

Fig. 5. Actual and planned on the basis of the audit reduction of SO₂, NO_x and dust achieved as a result of the thermomodernization of the complex of buildings of Elementary School and Gymnasium

kowanych oraz ograniczanie temperatury podczas nieobecności użytkowników). Na końcowy dobry efekt energetyczny oraz redukcję zanieczyszczeń do atmosfery mogła mieć również wpływ oszczędna eksploatacja pozostałych budynków podłączonych do źródła ciepła zasilającego budynek SP i Gimnazjum (budynki zasilane są ze wspólnego źródła i mają jeden licznik energii). Zauważono zwiększone efekty energetyczne i ekologiczne w sezonach łagodniejszych, co może być związane z mniejszymi stratami ciepła na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w warunkach znacznej ekspozycji budynków na zwiększony ruch powietrza w czasie niższej temperatury zewnętrznej.

Z analizy bilansu ciepła budynków SP i Gimnazjum wynika, iż najbliższa modernizacja przedmiotowego obiektu powinna obejmować instalację c.o. oraz instalację wentylacyjną (z rozpatrzeniem zastosowania odzysku ciepła). *Otrzymano 11.01.2015 r.*