

Lech Malara

**KOMPLEKSOWA TERMOMODERNIZACJA WRAZ Z POPRAWĄ
SPRAWNOŚCI SYSTEMU GRZEWczego ORAZ WYMIANĄ
ŹRÓDEŁ CIEPŁA W OBIEKTACH SZKOLNYCH
W SIEMIANOWICACH ŚLĄSKICH**

Streszczenie

W latach 2004–2005 w Siemianowicach Śląskich przeprowadzono kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych. Podstawą do jej przeprowadzenia były, wcześniej wykonane, w Głównym Instytucie Górnictwa w Zakładzie Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza, prace audytorskie w postaci analiz ograniczenia potrzeb cieplnych obiektów szkolnych, na podstawie których sporządzono projekty technologiczno-wykonawcze.

W publikacji przedstawiono opis przebiegu tych prac: charakterystykę technologiczną obiektów, energooszczędne usprawnienia termomodernizacyjne (w tym również poprawę sprawności systemu grzewczego wraz z wymianą źródeł ciepła), wyniki bilansu energetycznego przed i po wykonaniu zaproponowanych usprawnień termomodernizacyjnych, analizę ekonomiczną wariantu wykonawczego (w tym oszczędności kosztów ogrzewania) oraz sposób finansowania powyższych inwestycji.

**Complex termomodernization including heating system efficiency improvement
and heat sources replacement in school buildings in Siemianowice Śląskie**

Abstract

A number of investments related to complex termomodernization of school buildings has been done in years 2004–2005 in Siemianowice Śląskie. The base of these investments – auditing research was performed earlier by Central Mining Institute in Department of Energy Saving and Air Protection. This research contained analyses of reduction school buildings thermal needs, they were used to make technological and executive projects concerning final investments.

This publication describes progress of this research: technological characteristic of buildings, energy-saving improvements (including heating system efficiency improvement and heat sources replacement), energy balance results before and after proposed termomodernization improvements realization, economical analysis of final termomodernization variant (including cost savings of heating) and way of financing investments.

WPROWADZENIE

W celu przeprowadzenia analizy możliwości ograniczenia potrzeb cieplnych budynków szkolnych zlokalizowanych na terenie miasta Siemianowice Śląskie wykonano inwentaryzację stanu przegród budowlanych budynków. Na jej podstawie sporządzono bilans cieplny i obliczono zapotrzebowanie na ciepło i moc potrzebną do wytworzenia tego ciepła. Zaproponowano optymalne przedsięwzięcia termomodernizacyjne w celu ograniczenia potrzeb cieplnych obiektów szkolnych. Wykonano także analizy ekonomiczne, w tym: kosztów ogrzewania, wielkości nakładów inwestycyjnych na prace termomodernizacyjne i propozycje ich finansowania.

W ramach kompleksowej termomodernizacji budynków szkół przewidziano ocieplenie ścian zewnętrznych, ścian zewnętrznych piwnic, stropodachów wentylowanych nad budynkami, wymiany starych okien w ramach drewnianych, wymianę okien w ramach metalowych, eliminację przegród z luksferów, zmniejszenie powierzchni okiennej, wymianę drzwi wejściowych do budynków oraz modernizację źródeł ciepła i usprawnienie wewnętrznej instalacji grzewczej zasilanej z kotłowni węglowych znajdujących się w pomieszczeniach piwnicznych budynków szkół.

Powodem podjęcia prac termomodernizacyjnych były duże straty ciepła spowodowane brakiem izolacji termicznej ścian zewnętrznych i wewnętrznych oraz ścian piwnic ogrzewanych, stropodachów budynków, złym stanem technicznym okien drewnianych podwójnie szklonych, drzwi wejściowych do budynków oraz małą sprawnością istniejącej instalacji c.o. Uzyskano w ten sposób zmniejszenie zapotrzebowania na energię ciepłą budynków szkół, a w konsekwencji redukcję emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych do powietrza w sezonie grzewczym.

Podjęcie powyższych prac było uzasadnione między innymi:

- zapisami zawartymi w Programie Ochrony Środowiska Województwa Śląskiego: Realizacja celu długoterminowego pt. „Polepszenie jakości powietrza atmosferycznego” w zakresie gospodarki cieplnej działania związane z termomodernizacją obiektów,
- listą przedsięwzięć priorytetowych planowanych do dofinansowania ze środków WFOŚiGW w latach 2001–2004 (działania OA 5.3),
- strategią rozwoju miasta Siemianowice Śląskie, należącego do strefy Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.

1. LOKALIZACJA OBIEKTÓW SZKOLNYCH I OCENA ICH STANU TECHNICZNEGO

Obiekty szkolne są zlokalizowane na terenie Siemianowic Śląskich – miasta w województwie śląskim, które należy do Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Powierzchnia miasta stanowi obszar około 25,5 km², który zamieszkuje 73 906 mieszkańców (stan na 31.XII.2003 r.). W centrum miasta, które zajmuje zwartą zabudowę, znajdują się liczne skwery i zieleńce oraz park miejski. Poza miastem występują tereny rolnicze, leśne oraz rekreacyjne, a zabudowę mieszkaniową stanowią – rozproszone jedno- i wielorodzinne budynki mieszkaniowe.

Budynki szkolne zostały wybudowane w różnych latach. Dwa z nich w latach przedwojennych, a trzy w powojennych. Technologia budynków: tradycyjna – murowane z cegły pełnej lub wykonane z prefabrykowanych elementów żelbetonowych. Mają one po dwie lub trzy kondygnacje i są podpiwniczone.

Stan techniczny obiektów nie był zadowalający ze względu na duże współczynniki przenikania ciepła U w przegrodach, wynoszące przeciętnie:

- 1,5–2,7 – dachy,
- 1,1–2,3 – stropodachy,
- 1,0–1,8 – ściany zewnętrzne budynków,
- 3,2–5,6 – okna zewnętrzne,
- 2,5–5,6 – drzwi zewnętrzne.

Okna na ścianach zewnętrznych budynków były podwójnie szklone w ramach drewnianych lub pojedynczo szklone w ramach stalowych. Były też okna drewniane typu skrzynkowego podwójnie szklone (szkoła A). Stan okien był zły – okna były nieszczelne. Drzwi wejściowe główne do budynków były najczęściej w ramach stalowych lub aluminiowych, podwójnie lub pojedynczo szklone w złym stanie technicznym. Drzwi wejściowe boczne – drewniane pełne, stan ich był niedostateczny, drzwi były nieszczelne.

Charakterystykę technologiczną obiektów szkolnych przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Charakterystyka technologiczna obiektów szkolnych

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny			
	A	B	C	D
Rok budowy	1903 1974*)	1937	1964	1968
Technologia budynku	budynek szkoły murowany z cegły pełnej, zbudowany metodą tradycyjną; dom harcerza – konstrukcja żelbetowa	budynek murowany z cegły pełnej, zbudowany metodą tradycyjną	budynek murowany z cegły pełnej, zbudowany metodą tradycyjną	budynek wykonany z prefabrykowanych elementów żelbetowych typu SF
Powierzchnia zabudowy, m ²	881 227*	1263	1335	1556
Kubatura budynku, m ³	9 793 1884*	16 200	10 540	16 015
Powierzchnia użytkowa pomieszczeń, m ²	2020 276*	3041	1833	2456
Kubatura ogrzewanej części budynku, m ³	6445 822*	11 157	5896	12 120
Budynek podpiwniczony tak/nie	tak tak*	tak	tak	częściowo
Kotłownia w budynku tak/nie	tak nie**	nie**	tak	nie**

* dom harcerza, ** węzeł cieplny.

Obiekty wyposażone są w instalacje:

- wodno-kanalizacyjną – służącą do zaopatrywania użytkowników w wodę pitną i odprowadzającą ścieki bytowo-gospodarcze,
- wentylacyjną – służącą do wentylowania grawitacyjnego (z wnętrza pomieszczeń szkolnych, gabinetów, pracowni, sal wykładowych) oraz wentylowania mechanicznego (nawiewno-wywiewnego) z kuchni i sal gimnastycznych,
- klimatyzacyjną – umywalnie i natryski (zaplecze sali gimnastycznej – szkoła A),
- spalinowe (dymowe) – służące do odprowadzania spalin z urządzeń grzejnych – gazowych (kuchnie szkolne),
- elektryczną – służącą do oświetlenia wnętrz pomieszczeń szkolnych i napędu urządzeń elektrycznych małej mocy,
- centralnego ogrzewania – z własnymi kotłowniami węglowymi lub zasilane z węzła cieplnego (ogrzewanie budynków głównych szkół oraz sal gimnastycznych),
- przygotowywania c.w.u. – z term gazowych (kuchnie), term elektrycznych przepływowych (punkty sanitarne) lub z wymienników parowych (szkoła B).

2. BILANS ENERGETYCZNY BUDYNKÓW

Do obliczenia zapotrzebowania ciepła i mocy dla budynków zastosowano program komputerowy AUDYTOR OZC 3.0 Narodowej Agencji Poszanowania Energii S.A. w Warszawie, opracowany na podstawie obowiązujących norm.

Temperaturę zewnętrzną ustalono według PN-82/B-02403 – *Temperatury obliczeniowe zewnętrzne* [3d], a mianowicie:

- temperatury zewnętrzne dla III strefy klimatycznej – 20 °C,
- Temperaturę ogrzewanych pomieszczeń w budynkach przyjęto według PN-82/B-02402 [3c]:
 - sale wykładowe, pracownie, gabinety, biura, jadalnie, biblioteki + 20 °C,
 - łazienki, natryski, rozbieralnie, gabinety lekarskie + 25 °C,
 - klatki schodowe, korytarze, sale gimnastyczne + 16 °C.

Strumień powietrza wentylacyjnego ustalano według PN-83/B-03430 – Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej [3f]. Zgodnie z normą w pomieszczeniach typu W.C. przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 30 m³/h, dla pomieszczeń typu łazienki z W.C. przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 50 m³/h, dla kuchni z oknem zewnętrznym – 70 m³/h.

W pomieszczeniach przeznaczonych na kotłownię – 2,5 wymiany na godz.

W pomieszczeniach przeznaczonych na naukę – 1,0–1,5 wymiany na godz.

W pomieszczeniach typu klatki schodowe oraz korytarze – 0,5 wymiany na godz.

W pomieszczeniach piwnicznych – 0,3 wymiany na godz.

Współczynniki przenikania ciepła przegród U [3g] obliczono, korzystając z katalogu materiałów programu AUDYTOR OZC 3.0.

Uzyskane wyniki obliczeń zamieszczano w opracowaniach jako załącznik w wydrukach z powyższego programu.

Charakterystykę obiektów szkolnych przed i po modernizacji przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. Charakterystyka obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po termomodernizacji (bilans energetyczny obiektów)

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny							
	A		B		C		D	
	przed	po	przed	po	przed	po	przed	po
Obliczeniowa moc cieplna, kW	203,54 103,40*	104,88 29,59*	380,68	175,30	317,05	123,16	323,47	152,64
Roczne zapotrzebowanie na ciepło, GJ/rok	1251,71 777,78*	622,74 226,77*	2367,26	1007,39	2334,63	946,32	2215,18	1058,89
Sprawność systemu grzewczego	0,522 0,534*	0,677 0,621*	0,713	0,893	0,547	0,670	0,557	0,893
Poprawa sprawności systemu grzewczego, %	–	22,9 14,0	–	20,2	–	18,4	–	37,6
Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, GJ/rok	2397,91 1456,52*	919,85 365,17*	3320,14	1128,10	2253,53	4268,06	4071,08	1220,58
Wskaźnik powierzchniowy sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh·m ² ·rok	172,10 782,50*	85,60 228,20*	216,30	92,00	353,80	143,40	182,80	87,60
Wskaźnik kubaturowy sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh·m ³ ·rok	53,90 263,60*	26,80 76,90*	58,90	25,10	110,00	44,60	50,80	24,30

* dom harcerza.

3. OPTIMALIZACJA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Do wyznaczenia optymalnego dodatkowego oporu cieplnego ΔR przegrody korzystano z zależności określonej wzorem

$$SPBT = \frac{N_u}{\left[U - \frac{1}{U + \Delta R} \right] W_E}, \text{ lata}$$

gdzie:

- ΔR – dodatkowy opór cieplny przegrody zewnętrznej ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$);
- N_u – planowane koszty robót na zwiększenie o wartość ΔR oporu cieplnego 1 m^2 przegrody, $\text{zł}/\text{m}^2$;
- U – współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej, określony zgodnie z Polską Normą dotyczącą sposobu obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła, dla budynku przed termomodernizacją $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;
- W_E – jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii w wyniku usprawnienia termomodernizacyjnego ($\text{zł} \cdot \text{K}$)/ $\text{W} \cdot \text{rok}$.

Optymalny dodatkowy opór cieplny ΔR , odpowiadający optymalnej grubości warstwy ocieplenia, jest to opór, dla którego prosty czas zwrotu nakładów SPBT przyjmuje wartość minimalną.

W wyniku przeprowadzonej optymalizacji przegród otrzymano następujące współczynniki przenikania ciepła U w przegrodach, wynoszące przeciętnie:

- 0,21–0,22: dla dachów,
- 0,21–0,22: dla stropodachów,
- 0,23–0,25: dla zewnętrznych ścian budynków,
- 1,3–1,5: dla okien zewnętrznych,
- 1,1–1,2: dla drzwi zewnętrznych.

Okna na ścianach zewnętrznych budynków wymieniono na okna PCV podwójnie szklone (szyba niskoemisyjna). Drzwi wejściowe główne i boczne do budynków szkolnych wymieniono na drzwi PCV z szybą specjalną.

Charakterystykę obiektów szkolnych przed i po optymalizacji przegród zewnętrznych przedstawiono w tablicy 3.

4. MODERNIZACJA ŹRÓDEŁ CIEPŁA I SYSTEMÓW GRZEWCZYCH

Systemy grzewcze w obiektach szkolnych były w złym stanie technicznym. Dotyczyło to zarówno źródeł ciepła (stare kotły stalowe, wodne niskotemperaturowe na paliwo stałe o niskiej sprawności), jak również wyeksploatowanych dwururowych stalowych instalacji grzewczych. Brak zaworów termostatycznych na grzejnikach nie pozwalał na ustalanie właściwej temperatury w zajmowanych pomieszczeniach, co z kolei powodowało brak możliwości oszczędzania energii w czasie ogrzewania pomieszczeń szkolnych.

Tablica 3. Charakterystyka obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po optymalizacji przegród zewnętrznych

Optymalizacja przegród	Obiekt szkolny											
	A			B			C			D		
	U_0 W/m ² ·K	d_i cm	U_1 W/m ² ·K	U_0 W/m ² ·K	d_i cm	U_1 W/m ² ·K	U_0 W/m ² ·K	d_i cm	U_1 W/m ² ·K	U_0 W/m ² ·K	d_i cm	U_1 W/m ² ·K
Dachy	2,514*)	15,0	0,220	1,524 2,715	15,0 16,0	0,212 0,210	2,256	15,0	0,220	–	–	–
Stropodachy	1,739	16,0	0,219	2,258	21,0	0,223	2,047	21,0	0,220	1,164	14,0	0,215
	1,779*	16,0	0,215	1,823	16,0	0,220	2,035 2,023	16,0 21,0	0,220 0,220	1,023 1,009	14,0 14,0	0,210 0,209
Ściany zewnętrzne	1,435	13,0	0,253	1,428	13,0	0,250	1,425	13,0	0,250	1,149	13,0	0,243
	1,376	13,0	0,251	1,205	13,0	0,245	1,882	14,0	0,248	1,328	13,0	0,249
	1,091 2,261*)	13,0 14,0	0,240 0,244	0,964	13,0	0,233						
Okna zewnętrzne	3,20	–	1,30	3,50	–	1,30	1,30	–	1,30	3,20	–	1,50
	3,20*	–	1,30	5,60	–	1,30	3,50	–	1,30	1,70	–	1,70
Zmniejszenie powierzchni okien	3,20*	14,0	0,240	3,50	13,0	0,250	3,50	13,0	0,220	3,20	13,0	0,231
	4,50	14,0	0,240	5,60	13,0	0,240	4,50**	13,0	0,260			
Drzwi zewnętrzne	5,60	–	1,20	5,10	–	1,20	3,50	–	1,10	5,60	–	1,20
	5,60*	–	1,20	5,60	–	1,20	5,60	–	1,20	2,50	–	1,20
Zmniejszenie powierzchni drzwi	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,60	13,0	0,240

Objaśnienia: U_0 i U_1 – współczynnik przenikania przegrody przed i po optymalizacji, d_i – grubość warstwy izolacyjnej, * dom harcerza, ** – luksfery.

Modernizacja systemów grzewczych w obiektach szkolnych polegała na: wymianie źródeł ciepła na nowoczesne ekologiczne o wysokiej sprawności źródła ciepła (szkoła A i C) zaopatrzone w elementy regulacyjne (np. w automatykę pogodową) oraz kompleksowej wymianie instalacji grzewczej (szkoła A, B, C i D), wymianie starych grzejników żeliwnych na grzejniki konwekcyjne, zabudowie na grzejnikach zaworów termostatycznych, hermetyzacji (przez zastosowanie naczyń w zbiorczych zamkniętych) i odpowietrzaniu instalacji (zastosowanie indywidualnych odpowietrzników na pionach), a następnie przeprowadzeniu regulacji hydraulicznej. W szkole A, która składa się z trzech budynków, zastąpiono trzy źródła ciepła (dwa stare kotły węglowe i kocioł elektryczny), jednym ekologicznym kotłem o wysokiej sprawności, a od niego poprowadzono sieci ciepłownicze z rur preizolowanych do pozostałych budynków (sala gimnastyczna i dom harcerza).

Charakterystykę źródeł ciepła w szkołach A i C przed i po modernizacji przedstawiono w tablicy 4.

Całkowitą sprawność systemów grzewczych obliczono ze wzoru

$$\eta_0, \eta_1 = \eta_w \eta_p \eta_r \eta_e$$

gdzie:

η_w – sprawność wytwarzania ciepła określana zgodnie z Polskimi Normami, dotyczącymi kotłów grzewczych wodnych niskotemperaturowych gazowych lub przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej,

η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą, dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej,

η_r – sprawność regulacji systemu ogrzewania obliczana ze wzoru lub przyjmowana z dokumentacji technicznej,

η_e – sprawność wykorzystania ciepła przyjmowana na podstawie oceny lub z dokumentacji technicznej.

Tablica 4. Charakterystyka źródeł ciepła w szkołach A i C przed i po modernizacji

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny							
	A		A		A		C	
	przed	po	przed	po	przed	po	przed	po
Producent kotła/sieć ciepłownicza	Sefako	F. Spyra	Moriel	lokalna sieć ciepłow.	Sefako	lokalna sieć ciepłow.	Dozamet	F. Spyra
Typ kotła/rodzaj rurociągu	KZ-5	KW-KMP	PEP 2CS wodny elektryczny	rurociąg preizolow. z budynku 1	KZ-3K-5	rurociąg preizolow. z budynku 1	ECA IV A	KW-KMP
Moc kotła, kW	116	120	90	–	53	–	186	80
Liczba sztuk	2	2	1	–	2	–	2	2
Szacunkowa sprawność, %	65	82	92	100	65	100	75	82
Rok produkcji	1998	2004	1995	2004	1998	2004	1979	2005
Paliwo	koks	węgiel – groszek	energia elektryczna	węzeł cieplny	koks	węzeł cieplny	koks	węgiel – groszek
Średnia wartość opałowa, kJ/kg	29900	26000	–	–	29900	–	29900	26000
Średnia zawartość siarki, %	0,55	0,60	–	–	0,55	–	0,55	0,60
Średnia zawartość popiołu, %	8,50	8,00	–	–	8,50	–	8,50	8,00
Wysokość emitora, m	14,0	14,0	–	–	6,90	–	10,0	10,0

5. WYBÓR WARIANTU PRZEDSIĘWZIĘĆ TERMOMODERNIZACYJNYCH

Obliczenia ekonomiczne

Zdyskontowaną wartość netto inwestycji NPV obliczono ze wzoru

$$NPV = \sum_{t=1}^{15} \frac{1}{(1+i)^t} \Delta O_{rco} - N_{co}, \text{ zł}$$

gdzie:

i – stopa dyskonta określana corocznie (Rozp. Min. Finansów);

ΔO_{rco} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z poprawy sprawności systemu ogrzewania, zł/rok;

N_{co} – planowane koszty robót, zł.

Wartość rocznej oszczędności kosztów energii ΔO_{rco} obliczono ze wzoru

$$\Delta O_{rco} = (w_{t0} w_{d0} Q_{0co}/\eta_0 - w_{t1} w_{d1} Q_{0co}/\eta_1) O_z + 12 O_m (q_0 - q_1), \text{ zł/rok}$$

gdzie:

- Q_{0co} – sezonowe zapotrzebowanie budynku na ciepło przed termomodernizacją, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych, GJ/rok;
- η_0, η_1 – całkowita sprawność systemu ogrzewania przed i po modernizacji;
- w_{t0}, w_{t1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia;
- w_{d0}, w_{d1} – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby;
- q_0, q_1 – zapotrzebowanie budynku na moc cieplną przed i po zastosowaniu termomodernizacji poprawiającej sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania zapotrzebowania na ciepło lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW.

Optymalny wariant termomodernizacji dotyczącej poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego zdyskontowana wartość netto inwestycji NPV przyjmuje wartość maksymalną.

Przy wyborze wariantu termomodernizacji dla inwestora brano pod uwagę wielkość maksymalnych oszczędności uzyskanych w wyniku wykonania jak największej liczby usprawnień termomodernizacyjnych w obiektach szkolnych.

6. ANALIZA EKONOMICZNA I ENERGETYCZNA EFEKTÓW TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW

Analizę ekonomiczną i energetyczną efektów termomodernizacji szkół w mieście Siemianowice Śląskie przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5. Analiza ekonomiczna obiektów szkolnych w stanie istniejącym i po termomodernizacji

Wyszczególnienie	Obiekt szkolny							
	A		B		C		D	
	przed	po	przed	po	przed	po	przed	po
Opłata stała O_m , zł/(MW· m-c)	24 818,0 16 434,0*	24 818,0 16 434,0*	9 894,4	9 894,4	8 556,4	8 556,4	7 215,7	7 215,7
Opłata zmienna O_z , zł/GJ	29,78 29,78*	29,78 29,78*	24,50	24,50	34,71	34,71	26,62	26,62
Cena za 1 GJ ciepła z uwzględnieniem opłaty za moc zamówioną C_e , zł/GJ	66,08 53,82*	66,08 53,82*	38,97	38,97	47,23	47,23	37,18	37,18
Jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii W_e , zł· K/W· a	21,68 17,66*	21,68 17,66*	12,79	12,79	15,50	15,50	12,20	12,20
Opłata za ogrzanie 1 m ² powierzchni użytkowej, zł/m ²	6,54 13,10*	2,51 3,28	3,55	1,21	9,16	3,05	3,76	1,13
Oszczędność w zapotrzebowaniu na ciepło, %	–	61,6 74,9*	–	66,0	–	66,9	–	70,1
Oszczędność w zapotrzebowaniu na moc cieplną, %	–	48,5 71,3*	–	53,9	–	61,1	–	52,8
Koszt ogrzewania obiektu, zł/rok	132 026 63 767*	58 628 16 711*	126 542	48 452	180 697	61 670	136 900	46 155
Oszczędności w kosztach ogrzewania obiektu, zł/rok	–	73 398 47 056*	–	78 090	–	119 027	–	90 745

* dom harcerza.

7. FINANSOWANIE TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW I MODERNIZACJI SYSTEMÓW GRZEWCZYCH

W czasie przeprowadzania termomodernizacji obiektów szkolnych w Siemianowicach Śląskich korzystano z następujących środków finansowania:

- ze środków własnych,
- ze środków Powiatowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

8. PRZEGLĄD OBIEKTÓW SZKOLNYCH PO WYKONANIU USPRAWNIENÍ TERMOMODERNIZACYJNYCH

Obiekty szkolne po wykonaniu termomodernizacji przedstawiono na poniższych zdjęciach.



Fot. 1. Obiekt szkolny A – budynek I po wykonaniu termomodernizacji, poprawie sprawności systemu grzewczego i wymianie źródła ciepła (fot. L. Malara)

Photo. 1. School "A" – building I, after thermomodernization improvements realization, heating system efficiency improvement and heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 1a. Obiekt szkolny A – budynek II po wykonaniu termomodernizacji, poprawie sprawności systemu grzewczego i wymianie źródła ciepła (fot. L. Malara)

Photo. 1a. School "A" – building II, after thermomodernization improvements realization, heating system efficiency improvement and heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 2. Obiekt szkolny B po wykonaniu termomodernizacji i poprawie sprawności systemu grzewczego (fot. L. Malara)

Photo. 2. School "B" building after thermomodernization improvements realization and heating system efficiency improvement (photo. L. Malara)



Fot. 3. Obiekt szkolny C po wykonaniu termomodernizacji, poprawie sprawności systemu grzewczego i wymianie źródła ciepła (fot. L. Malara)

Photo. 3. School "C" building after thermomodernization improvements realization, heating system efficiency improvement and heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 4. Obiekt szkolny D przed wykonaniem termomodernizacji (fot. L. Malara)

Photo. 4. School "D" building before thermomodernization improvements realization (photo. L. Malara)



Fot. 5. Kotłownia szkoły C – po wykonaniu wymiany źródła ciepła (fot. L. Malara)
Photo. 5. School "C" boiler - after heat source replacement (photo. L. Malara)



Fot. 6. System instalacji grzewczej w kotłowni szkoły C po modernizacji (fot. L. Malara)
Photo. 6. Heating system in school C boiler – room after implementation of modernization improvements (photo. L. Malara)

PODSUMOWANIE

W Siemianowicach Śląskich, należących do strefy Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), konsekwentnie od 2004 roku, jest realizowany Program ograniczania zanieczyszczenia powietrza (tzw. niskiej emisji) przez kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych:

Szkoła A – termomodernizację wykonaną w 2004 roku,

Szkoła B – termomodernizację wykonaną w 2004 roku,

Szkoła C – termomodernizację wykonaną w 2005 roku,

Szkoła D – planowana realizacja przedsięwzięć termomodernizacyjnych w 2006 roku.

Termomodernizacja obiektów szkolnych spowodowała zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną, a w efekcie zmniejszenie ilości paliwa stałego do jej

produkcji. W konsekwencji zmniejszy się emisja zanieczyszczeń dla środowiska w skali miasta Siemianowice Śląskie, będącego częścią Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP).

Kompleksowo prowadzona termomodernizacja jest podstawą do osiągnięcia dużych efektów ekonomicznych. W wyniku przeprowadzonych przedsięwzięć we wszystkich obiektach szkolnych przewiduje się osiągnąć oszczędność energii cieplnej łącznie w zakresie 61,6–74,9%.

Do realizacji kompleksowych przedsięwzięć termomodernizacyjnych, oprócz własnych środków finansowych, mogą być wykorzystane środki finansowe uzyskane na ten cel w postaci dotacji i niskooprocentowanych pożyczek z NFOŚiGW, WFOŚiGW i PFOŚiGW.

Literatura

1. Malara L. (2003, 2004, 2005): Prace badawczo-usługowe dotyczące kompleksowych termomodernizacji, wymiany źródeł ciepła oraz usprawnień systemów grzewczych w obiektach szkolnych w Siemianowicach Śląskich. Katowice, GIG.
2. Nowelizacja Ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych z dnia 21 czerwca 2001 r.
- 3a. PN-B-02025 Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych
- 3b. PN-91/B-02020 Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
- 3c. PN-82/B-02402 Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
- 3d. PN-82/B-02403 Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne.
- 3e. PN-83/B-03406 Obliczenie zapotrzebowania ciepła pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
- 3f. PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.
- 3g. PN-EN ISO 6946 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła.
4. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 r. dotyczącą wspierania przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Rozporządzenia wykonawcze do tej ustawy.
5. Rozporządzenie MSWiA w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 15, poz. 140).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75).
7. Rozporządzenie MSWiA w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego (Dz. U. nr 46, poz. 459).
8. Rozporządzenie MSWiA z dnia 22 września 1999 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego (Dz. U. nr 79, poz. 900).
9. Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 15 listopada 2000 r. w sprawie wartości stopy dyskonta do obliczania zdyskontowanej wartości netto dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych (Dz. U. nr 105, poz. 1112).
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz. U. nr 12/02, poz. 114).

Recenzent: dr inż. Bronisław Kajewski