

*Lech Malara**

ENERGOOSZCZĘDNE OBIEKTY SZKOLNE PO KOMPLEKSOWEJ TERMOMODERNIZACJI WRAZ Z POPRAWĄ SPRAWNOŚCI SYSTEMÓW GRZEWCZYCH I MODERNIZACJĄ WĘZŁÓW CIEPLNYCH W SIEMIANOWICACH ŚLĄSKICH

Streszczenie

W latach 2006–2007 w Siemianowicach Śląskich kontynuowano kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych. Podstawę do wykonania inwestycji stanowiły prowadzone w Głównym Instytucie Górnictwa w Zakładzie Oszczędności Energii i Ochrony Powietrza prace audytorskie, polegające na analizie ograniczenia potrzeb energetycznych obiektów szkolnych, które wykorzystano do sporządzenia projektów technologiczno-wykonawczych tych inwestycji.

W artykule przedstawiono opis przebiegu prac modernizacyjnych, a mianowicie: charakterystykę technologiczną obiektów, energooszczędne usprawnienia termomodernizacyjne (poprawę sprawności systemu grzewczego), wyniki bilansu energetycznego przed i po wykonaniu zaproponowanych usprawnień termomodernizacyjnych, analizę ekonomiczną wariantu wykonawczego (w tym oszczędności kosztów ogrzewania) oraz sposób finansowania powyższych inwestycji.

Energy-saving school buildings after complex thermomodernization including heating systems efficiency improvement and modernization of heat distribution centres in Siemianowice Śląskie

Abstract

A number of investments related to complex thermomodernization of school buildings have been realised in the years 2006–2007 in Siemianowice Śląskie. The base to carry out these investments constituted auditing research performed earlier at the Central Mining Institute in the Department of Energy Saving and Air Protection. This research contained analyses of reduction of school buildings thermal needs, which were used to make technological and executive projects concerning final investments.

This publication describes the progress of this research, namely: technological characteristics of buildings, energy-saving improvements (heating system efficiency improvement), energy balance results before and after proposed thermomodernization improvement realization, economical analysis of the final thermomodernization variant (including cost savings of heating) and way of financing the mention above investments.

WPROWADZENIE

Przyczyną kontynuowania w latach 2006–2007 termomodernizacji obiektów szkolnych w Siemianowicach Śląskich były duże straty ciepła spowodowane brakiem izolacji termicznej ścian zewnętrznych oraz ścian piwnic ogrzewanych, stropodachów budynków, złym stanem technicznym okien drewnianych podwójnie szklonych, drzwi wejściowych do budynków oraz małą sprawnością istniejącej instalacji c.o.

* Główny Instytut Górnictwa

W celu przeprowadzenia kompleksowej termomodernizacji budynków szkolnych wykonano prace w zakresie: ocieplenia ścian zewnętrznych, ścian piwnic i stropodachów, wymiany starych okien w ramach drewnianych, eliminacji przegród z luksferów, zmniejszenia powierzchni okiennej (głównie na korytarzach), wymiany drzwi wejściowych do budynków i usprawnienia wewnętrznej instalacji grzewczej zasilanej z węzłów ciepłych znajdujących się w pomieszczeniach piwnicznych budynków szkół, jak również poprawy wentylacji w salach gimnastycznych.

Następnym celem było zmniejszenie zapotrzebowania na energię ciepłą budynków szkół, a w konsekwencji redukcja emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych w sezonie grzewczym. Było to zgodne między innymi z:

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

1. LOKALIZACJA OBIEKTÓW SZKOLNYCH

Obiekty szkolne są zlokalizowane w centrum Siemianowic Śląskich. Jego powierzchnia stanowi obszar około 25,5 km², który zamieszkuje około 80 tys. mieszkańców. Centrum miasta zajmuje zwarta zabudowa mieszkalna; znajdują się w nim liczne skwery i zieleńce oraz park miejski. Poza miastem występują tereny rolnicze, leśne oraz rekreacyjne, a zabudowę mieszkaniową stanowią rozproszone jedno- i wielorodzinne budynki.

2. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTÓW

Budynki szkolne zostały wybudowane w latach powojennych (w 1961 i w 1968 r.), według technologii tradycyjnej. Są murowane z cegły pełnej lub wykonane z prefabrykowanych elementów żelbetowych (tabl. 1). Budynki mają po trzy kondygnacje i są podpiwniczone. Każdy z nich ma salę gimnastyczną.

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

- stropodachów 0,85–1,35,
- ścian zewnętrznych budynków 1,15–1,43,
- okien zewnętrznych 1,50–3,20,
- drzwi zewnętrznych 2,50–5,60.

Okna na ścianach zewnętrznych budynków były podwójnie szklone w ramach drewnianych, a okna wewnątrz budynków (na korytarzach) to tzw. luksfery. Stan okien był zły – były nieszczelne. Główne drzwi wejściowe do budynków były najczęściej w ramach stalowych lub aluminiowych, podwójnie lub pojedynczo szklone, w złym stanie technicznym. Drzwi wejściowe boczne były drewniane pełne, stan ich był niedostateczny, były nieszczelne.

Ponadto, obiekty były wyposażone w instalacje:

- wodno-kanalizacyjną – służącą do zaopatrywania użytkowników w wodę pitną, a także odprowadzającą ścieki bytowo-gospodarcze,
- wentylacyjną – służącą do wentylowania grawitacyjnego pomieszczeń szkolnych, gabinetów, pracowni, sal wykładowych oraz wentylowania mechanicznego (nawiewno-wywiewnego) kuchni i sal gimnastycznych,
- spalinową (dymową) – służącą do odprowadzania spalin z urządzeń grzejnych – gazowych (z kuchni szkolnej),
- elektryczną – służącą do oświetlania pomieszczeń szkolnych i napędu urządzeń elektrycznych o małej mocy,
- centralnego ogrzewania – węzłów cieplnych (budynki główne szkół oraz sale gimnastyczne),
- przygotowywania c.w.u. – z term gazowych (kuchnie), term elektrycznych przepływowych (punkty sanitarne).

Tablica 1. Charakterystyka technologiczna obiektów szkolnych

Wyszczególnienie	SZKOŁA D	SZKOŁA E
Rok budowy	1968	1961
Technologia budynku	budynek wykonany z prefabrykowanych elementów żelbetowych typu SF	budynek wykonany w technologii tradycyjnej, murowany z cegły pełnej
Powierzchnia zabudowy, m ²	1 556	1541
Kubatura budynku, m ³	16 015	13 948
Powierzchnia użytkowa pomieszczeń, m ²	2 456	2767
Kubatura ogrzewanej części budynku, m ³	12 120	9 697
Budynek podpiwniczony	częściowo	częściowo
Kotłownia w budynku tak/nie	nie*	nie*

* węzeł cieplny.

3. BILANS ENERGETYCZNY BUDYNKÓW

Obliczeń zapotrzebowania na ciepło i moc dla budynków dokonano za pomocą programu komputerowego AUDYTOR OZC 3.0 Narodowej Agencji Poszanowania Energii SA w Warszawie, z uwzględnieniem obowiązujących norm.

Temperatury obliczeniowe ustalono według PN-82/B-02403.

Temperatury ogrzewanych pomieszczeń w budynkach ustalono według PN-82/B-02402:

- sale wykładowe, pracownie, gabinety, biura, jadalnie, biblioteki + 20°C,
- łazienki, natryski, rozbieralnie, gabinety lekarskie + 25°C,
- klatki schodowe, korytarze, sale gimnastyczna + 16°C.

Strumień powietrza wentylacyjnego określono według PN-83/B-03430:

- w pomieszczeniach WC przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 30 m³/h, dla pomieszczeń typu łazienki z WC przewidziano wentylację grawitacyjną o strumieniu 50 m³/h, dla kuchni z oknem zewnętrznym – 70 m³/h,
- w pomieszczeniach przeznaczonych na węzły cieplne – 2,0 m³/h wymiany powietrza,

- w pomieszczeniach przeznaczonych na naukę – 1,0–1,5 m³/h wymiany powietrza,
- w pomieszczeniach typu klatki schodowe oraz korytarze – 0,5–1,0 m³/h wymiany powietrza,
- w pomieszczeniach piwnicznych ogrzewanych – 1,0 m³/h wymiana powietrza,
- w pomieszczeniach piwnicznych nieogrzewanych – 0,3–0,5 m³/h wymiany powietrza.

Współczynniki przenikania ciepła przegród U obliczono korzystając z katalogu materiałów programu AUDYTOR OZC 3.0.

Charakterystykę obiektów szkolnych w stanie przed i po termomodernizacji przedstawiono w tablicy 2. Należy zaznaczyć, że wyniki obliczeń zostały, w formie załączników, dołączone do opracowań dotyczących termomodernizacji konkretnych obiektów szkolnych.

Tablica 2. Charakterystyka obiektów szkolnych przed i po termomodernizacji (bilans energetyczny obiektów)

Wyszczególnienie	SZKOŁA D		SZKOŁA E	
	stan obiektu (przed i po termomodernizacji)			
	przed	po	przed	po
Obliczeniowa moc cieplna, kW	323,47	152,64	284,13	148,05
Roczne zapotrzebowanie na ciepło, GJ/rok	2215,18	1058,89	1640,24	847,91
Sprawność systemu grzewczego	0,557	0,893	0,637	0,893
Poprawa sprawności systemu grzewczego, %	–	37,6	–	28,7
Roczne zapotrzebowanie na ciepło z uwzględnieniem sprawności systemu grzewczego i przerw w ogrzewaniu, GJ/rok	4071,08	1220,58	2622,24	949,32
Wskaźnik powierzchniowy sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh/m ² ·rok	182,80	87,60	164,60	85,10
Wskaźnik kubaturowy sezonowego zapotrzebowania na ciepło, kWh/m ³ ·rok	50,80	24,30	47,00	24,30

4. OPTIMALIZACJA PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH

Optymalny dodatkowy opór cieplny ΔR przegrody określono z zależności

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

gdzie:

SPBT – okres zwrotu nakładów inwestycyjnych, lata;

ΔR – dodatkowy opór cieplny przegrody zewnętrznej, m²·K/W;

N_u – planowane koszty robót na zwiększenie, o wartość ΔR , oporu cieplnego 1 m² przegrody, zł/m²;

U – współczynnik przenikania ciepła przegrody zewnętrznej, określony zgodnie z Polską Normą dotyczącą sposobu obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła, dla budynku przed termomodernizacją, W/m²·K;

W_E – jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii w wyniku usprawnienia termomodernizacyjnego, zł·K/W·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, w przypadku:

- stropodachów 0,20–0,21,
- ścian zewnętrznych budynków 0,23–0,25,
- okien zewnętrznych 1,30–1,50,
- drzwi zewnętrznych 1,20.

Okna na ścianach zewnętrznych budynków wymieniono na okna z PCV podwójnie oszklone (z szybami niskoemisyjnymi).

Luksfery częściowo zlikwidowano, a resztę powierzchni wymieniono na okna z PCV podwójnie oszklone (z szybami niskoemisyjnymi).

Drzwi wejściowe główne i boczne do budynków szkolnych wymieniono na drzwi z PCV ze specjalnymi szybami.

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

Tabela 3. Charakterystyka obiektów szkolnych przed i po optymalizacji przegród zewnętrznych

Wyszczególnienie	SZKOŁA D			SZKOŁA E		
	Optymalizacja przegród					
	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
Stropodachy	1,164	14,0	0,215	0,854	13	0,213
	1,023	14,0	0,210	1,351	15	0,210
	1,009	14,0	0,209	1,162	14	0,215
Ściany zewnętrzne	1,149	13,0	0,243	1,193	13	0,245
	1,328	13,0	0,249	1,428	14	0,238
Okna zewnętrzne	3,20	–	1,50	3,20	–	1,30
	1,70	–	1,70	1,50	–	1,50
				4,50*	–	1,50
Zmniejszenie powierzchni okien	3,20	13,0	0,231	5,10	–	1,50
				3,20	14	0,247
Drzwi zewnętrzne	5,60	–	1,20	4,50*	14	0,247
	2,50	–	1,20	5,60	–	1,20
Zmniejszenie powierzchni drzwi	5,60	13,0	0,240	2,50	–	1,20
				–	–	–

* luksfery.

5. MODERNIZACJA SYSTEMÓW GRZEWczyCH I WĘZŁÓW CIEPLNYCH

Ciepło do budynków szkolnych było dostarczane z węzłów cieplowniczych przez stacje wymienników zabudowanych w piwnicach. Systemy grzewcze w tych budynkach były w złym stanie technicznym. Dotyczyło to zarówno węzłów cieplowniczych i wymienników, jak również wyeksploatowanych dwururowych stalowych instalacji grzewczych. Brak zaworów termostacyjnych na grzejnikach nie pozwalał na ustalenie właściwej temperatury w zajmowanych pomieszczeniach, co z kolei wpływało na brak możliwości oszczędzania energii w czasie ogrzewania pomieszczeń.

Modernizacja systemów grzewczych w obiektach szkolnych polegała na: modernizacji węzłów ciepłowniczych – wymiana wymienników i zaopatrzenie ich w elementy regulacyjne (automatyka pogodowa) oraz kompleksowej wymianie instalacji grzewczej: wymiana starych grzejników żeliwnych na grzejniki konwekcyjne (typu BRUGMANN), zabudowa na grzejnikach zaworów termostatycznych (typu DANFOSS), hermetyzacja i odpowietrzanie instalacji (zastosowanie indywidualnych odpowietrzników na pionach), a następnie przeprowadzenie regulacji hydraulicznej we wszystkich obiektach.

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 z Tabeli (zgodnie z Ustawą z dnia 18 grudnia 1998 r.) lub z dokumentacji technicznej,
- η_p – sprawność przesyłania ciepła określana zgodnie z Polską Normą dotyczącą izolacji cieplnej rurociągów, armatury i urządzeń lub przyjmowana z Tabeli (zgodnie z Ustawą z dnia 18 grudnia 1998 r.) lub z dokumentacji technicznej,
- η_r – sprawność regulacji systemu ogrzewania obliczana ze wzoru lub przyjmowana z dokumentacji technicznej,
- η_e – sprawność wykorzystania ciepła przyjmowana z Tabeli (zgodnie z Ustawą z dnia 18 grudnia 1998 r.) lub z dokumentacji technicznej.

6. 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 (Rozporządzenie Ministra Finansów),
- ΔO_{rco} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego 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 przedsięwzięcia termomodernizacyjnego poprawiającego sprawność całkowitą systemu ogrzewania budynku, określone zgodnie z Polską Normą dotyczącą obliczania zapotrzebowania na ciepło lub projektu technicznego instalacji ogrzewania, MW.

Optymalny wariant przedsięwzięcia termomodernizacyjnego dotyczącego poprawy sprawności cieplnej systemu grzewczego jest to wariant, dla którego zdyskontowana wartość netto inwestycji *NPV* przyjmuje wartość maksymalną.

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

7. ANALIZA EKONOMICZNA I ENERGETYCZNA EFEKTÓW TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW

W tabelicy 4 przedstawiono analizę ekonomiczną i energetyczną efektów termomodernizacji budynków szkolnych w Siemianowicach Śląskich.

Tablica 4. Analiza ekonomiczna obiektów szkolnych przed i po termomodernizacji

Wyszczególnienie	SZKOŁA D		SZKOŁA E	
	przed i po modernizacji			
	przed	po	przed	po
Oplata stała O_m , zł/(MW·m·c)	7215,7	7215,7	7129,58	7129,58
Oplata zmienna O_z , zł/GJ	26,62	26,62	29,31	29,31
Cena za 1 GJ ciepła z uwzględnieniem opłaty za moc zamówioną C_e , zł/GJ	37,18	37,18	39,74	39,74
Jednostkowa roczna oszczędność kosztów energii W_e , zł·K/W·a	12,20	12,20	13,04	13,04
Oplata za ogrzanie 1 m ² powierzchni użytkowej, zł/m ²	3,76	1,13	3,14	1,14
Oszczędność w zapotrzebowaniu na ciepło, %	–	70,1	–	63,8
Oszczędność w zapotrzebowaniu na moc cieplną, %	–	52,8	–	47,9
Koszt ogrzewania obiektu, zł/rok	136 900	46 155	101 423	40 748
Oszczędności w koszcie ogrzewania obiektu, zł/rok	–	90 745	–	60 675

8. FINANSOWANIE TERMOMODERNIZACJI OBIEKTÓW I MODERNIZACJI SYSTEMÓW GRZEWCZYCH

Na przeprowadzenie przedsięwzięć termomodernizacyjnych w obiektach szkolnych w Siemianowicach Śląskich zostały wykorzystane środki finansowe:

- własne,
- uzyskane z Powiatowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- uzyskane z Gminnego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,
- uzyskane z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

8. OBIEKTY SZKOLNE PO WYKONANIU USPRAWNIENÍ TERMOMODERNIZACYJNYCH

a)



b)



Fot. 1. Szkoła E – budynek po wykonaniu termomodernizacji: a – elewacja: wschodnia i południowa,
b – elewacja: północna i wschodnia (fot. L. Malara)

Photo. 1. School E – building after thermomodernization improvement realization: a – elevation: east and south,
b – elevation: north and east (photo L. Malara)

a)



b)



Fot. 2. Szkoła D – budynek po wykonaniu termomodernizacji: a – elewacja: południowa i zachodnia,
b – elewacja: wschodnia i północna (fot. L. Malara)

Photo. 2. School D – building after thermomodernization improvement realization: a – elevation: south and west,
b – elevation: east and north (photo L. Malara)

PODSUMOWANIE

- 1) W Siemianowicach Śląskich, należących do Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP), konsekwentnie od 2004 roku (z przerwą w 2006 r.), jest realizowany program ograniczania zanieczyszczenia powietrza (tzw. niskiej emisji) przez kompleksową termomodernizację obiektów szkolnych:

- Szkoły A – w 2004 roku^{*},
 Szkoły B – w 2004 roku^{*},
 Szkoły C – w 2005 roku^{*},
 Szkoły D – w 2007 roku,
 Szkoły E – 2007/2008 rok.
- 2) Termomodernizacja obiektów szkolnych spowodowała zmniejszenie zapotrzebowania na energię cieplną, a w efekcie zmniejszenie ilości paliwa stałego (węgla) do jej produkcji w ciepłowniach, co w konsekwencji doprowadziło do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń do środowiska w skali miasta.
 - 3) Termomodernizacja przeprowadzona kompleksowo w budynkach jest podstawą do osiągnięcia dużych efektów ekonomicznych. W wyniku termomodernizacji obiektów szkolnych D i E przewiduje się osiągnięcie oszczędności energii cieplej w granicach od 63,8–70,1%.
 - 4) Termomodernizacja może być finansowana ze środków własnych, a także dotacji i niskooprocentowanych pożyczek z GFOŚ i GW, PFOŚ i GW i WFOŚ i GW. Termomodernizacja ostatnich dwóch budynków szkolnych była finansowana ze środków własnych, a także uzyskanych z PFOŚ i GW, GFOŚ i GW i WFOŚ i GW.

Literatura

1. Malara L. (2005): Prace badawczo-usługowe dotyczące kompleksowych termomodernizacji, modernizacji węzłów ciepłowniczych oraz usprawnień systemów grzewczych w obiektach szkolnych „D” i „E” w Siemianowicach Śląskich (audyty energetyczne). Katowice. GIG.
2. PN-B-02025: Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych.
3. PN-91/B-02020: Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
4. PN-82/B-02402: Temperatuty ogrzewanych pomieszczeń w budynkach.
5. PN-82/B-02403: Temperatuty obliczeniowe zewnętrzne.
6. PN-83/B-03406: Obliczenie zapotrzebowania ciepła pomieszczeń o kubaturze do 600 m³.
7. PN-83/B-03430: Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.
8. PN-EN ISO 6946: Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła.
9. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 r. dotycząca wspierania przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
10. Rozporządzenia wykonawcze do Ustawy z dnia 18 grudnia 1998 r.
11. Nowelizacja Ustawy o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych z dnia 21 czerwca 2001 r.
12. Rozporządzenie MSW i A (Dz. U. nr 15, poz. 140 z dnia 25.02.1999 r.) w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
13. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia (Dz. U. Nr 75) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

^{*} Realizację przedsięwzięć termomodernizacyjnych w budynkach szkolnych A, B i C w Siemianowicach Śląskich szczegółowo przedstawiono w Pracach Naukowych GIG. Górnictwo i Środowisko nr 2/2006.

14. Rozporządzenie MSW i A (Dz. U. nr 46, poz. 459 z dnia 21.05.1999 r.) w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego, a także wzorów kart audytu energetycznego.
15. Rozporządzenie MSW i A z dnia 22.09.1999 r. (Dz. U. Nr 79, poz. 900 z dnia 1.10.1999 r.) zmieniające Rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.
16. Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 15 listopada 2000 r. (Dz. U. Nr 105, poz. 1112 z dnia 28.11.2000 r.) w sprawie wartości stopy dyskonta do obliczania zdyskontowanej wartości netto dla przedsięwzięć termomodernizacyjnych.
17. 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 Bronisław Kajewski