



## Efektywność wznoszenia budynków niskoenergetycznych i termomodernizacji istniejących

BEATA SADOWSKA, WIESŁAW SAROSIEK

Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,  
Zakład Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli, 15-351 Białystok, ul. Wiejska 45E,  
b.sadowska@pb.edu.pl, wsarosiek@op.pl

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wskaźniki energetyczne budynków poddanych termomodernizacji oraz możliwe do osiągnięcia efekty ekonomiczne. Wskazano rozwiązania techniczne pozwalające na znaczne obniżenie potrzeb cieplnych projektowanych obiektów.

**Słowa kluczowe:** termomodernizacja, budynki niskoenergetyczne, efektywność energetyczna, efektywność ekonomiczna

### 1. Wstęp

Efektywność rozumiana jako rezultat podjętych działań opisywana jest relacją uzyskanych efektów do poniesionych nakładów.

Możliwość osiągnięcia oszczędności energetycznych podczas eksploatacji obiektu, czy to w wyniku jego termomodernizacji, czy zastosowania konkretnych rozwiązań już na etapie jego wznoszenia, nie jest wystarczającym kryterium ich stosowania, gdyż pociąga za sobą konieczność poniesienia dodatkowych nakładów inwestycyjnych. Niezbędne jest więc dobre rozpoznanie i wybór odpowiedniej metody postępowania tak, by związane z tym koszty mogły być pokrywane głównie z uzyskanych oszczędności [1, 4]. Poprawne przeprowadzenie termomodernizacji, przy odpowiednim sposobie użytkowania budynku, pozwala na osiągnięcie komfortu cieplnego w pomieszczeniach.

Jednym z takich narzędzi, pozwalającym przeprowadzić właściwie kompleksową termomodernizację budynku, jest *Ustawa o wspieraniu termomodernizacji*

*i remontów* [8]. Obecnie coraz częściej ocena inwestycji termomodernizacyjnej odbywa się również na podstawie przewidywanych efektów energetycznych, głównie gdy termomodernizacja realizowana jest w oparciu o różnego rodzaju fundusze unijne. Jeśli chodzi o niskoenergetyczne budynki projektowane, pierwszy w kraju program dopłat jest w fazie rozruchu (tak zwany system NF15 i NF 40).

W artykule przedstawiono możliwe do osiągnięcia efekty energetyczne i finansowe kompleksowej termomodernizacji budynków, a także zastosowania rozwiązań technicznych mogących powodować niższe potrzeby cieplne obiektów projektowanych.

## 2. Efektywność termomodernizacji budynków wielorodzinnych i użyteczności publicznej

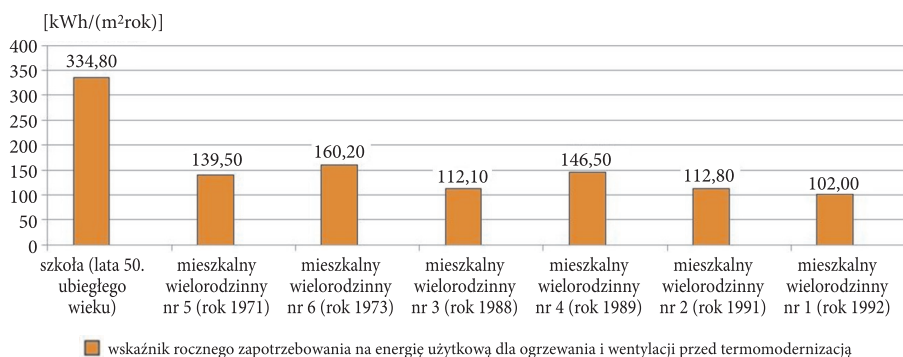
Do analizy do osiągnięcia efektów energetycznych i czasu zwrotu poniesionych na termomodernizację nakładów wybrano siedem budynków zlokalizowanych w północno-wschodniej Polsce, wśród których jest jeden obiekt szkolny i sześć mieszkalnych wielorodzinnych. Dane dotyczące powierzchni i kubatur tych budynków zamieszczono w tabeli nr 1.

TABELA 1  
Podstawowe dane termomodernizowanych budynków [3]

Budynek	Powierzchnia użytkowa m <sup>2</sup>	Kubatura m <sup>3</sup>
szkoła	776,01	3 428,0
mieszkalny wielorodzinny nr 1	2 611,31	9 185,8
mieszkalny wielorodzinny nr 2	716,73	2 491,0
mieszkalny wielorodzinny nr 3	3 151,14	10 406,0
mieszkalny wielorodzinny nr 4	1 739,10	5 151,0
mieszkalny wielorodzinny nr 5	1 506,44	5 294,0
mieszkalny wielorodzinny nr 6	343,43	1 206,0

Budynek szkolny oraz mieszkalny nr 6 zostały wzniesione w technologii tradycyjnej, budynek mieszkalny nr 5 wielorodzinny w technologii cegły żerańskiej, zaś pozostałe w OTW-67N.

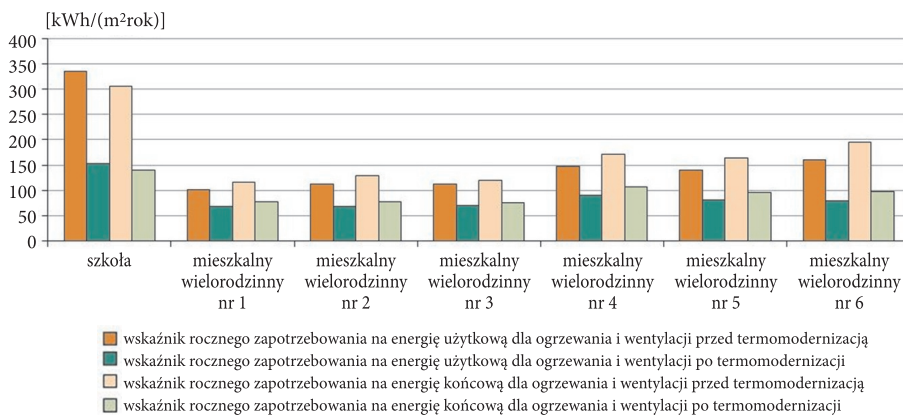
Na rysunku nr 1 zobrazowano jakość energetyczną budynków przed przeprowadzeniem kompleksowej termomodernizacji w zależności od roku ich budowy. Widoczna jest generalna tendencja poprawy jakości energetycznej budynków wraz ze wzrostem wymagań w kolejnych latach.



Rys. 1. Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową dla ogrzewania i wentylacji  $EU_H$  budynków przed termomodernizacją w zależności od roku ich budowy

Wszystkie przedstawione wyżej budynki zostały poddane kompleksowej termomodernizacji przeprowadzonej z wykorzystaniem *Ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów* [8], przy czym usprawnienia dotyczyły jedynie struktury obudowy (docieplenie stropodachów, ścian zewnętrznych, wymiana starych drzwi zewnętrznych i części okien), gdyż instalacje c.o. zostały już wcześniej zmodernizowane.

Na rysunku nr 2 przedstawiono wskaźniki rocznego zapotrzebowania na energię użytkową i końcową na potrzeby ogrzewania przed kompleksową termomodernizacją i po niej.



Rys. 2. Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową  $EU_H$  i końcową  $EK_H$  do ogrzewania i wentylacji budynku przed kompleksową termomodernizacją i po niej

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową dla ogrzewania i wentylacji  $EU_H$  wyznaczono ze wzoru 2.1:

$$EU_H = \frac{Q_{H,nd}}{A_f} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]}, \quad (2.1)$$

gdzie:  $Q_{H,nd}$  — zapotrzebowanie na energię użytkową (ciepło użytkowe) przez budynek (lokal mieszkalny) [kWh/rok];  
 $A_f$  — powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku [m<sup>2</sup>].

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową dla ogrzewania i wentylacji  $EK_H$  obliczono z zależności 2.2:

$$EK_H = \frac{Q_{K,H}}{A_f} \text{ [kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)]}, \quad (2.2)$$

gdzie:  $Q_{K,H}$  — roczne zapotrzebowanie na energię końcową dla ogrzewania i wentylacji obliczane ze wzoru 2.3 [kWh/rok]

$$Q_{K,H} = \frac{Q_{H,nd} \cdot w_d \cdot w_t}{\eta_{H,tot}} \text{ [kWh/rok]}, \quad (2.3)$$

gdzie:  $w_d, w_t$  — współczynniki przerw w ogrzewaniu w ciągu dnia i doby;  
 $\eta_{H,tot}$  — średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego budynku — od wytwarzania (konwersji) ciepła do przekazania w pomieszczeniu,  
gdzie:

$$\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,s} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,e}, \quad (2.4)$$

$\eta_{H,g}$  — średnia sezonowa sprawność wytworzenia nośnika ciepła z energii dostarczanej do granicy bilansowej budynku (energii końcowej);  
 $\eta_{H,s}$  — średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego budynku (w obrębie osłony bilansowej lub poza nią);  
 $\eta_{H,d}$  — średnia sezonowa sprawność transportu (dystrybucji) nośnika ciepła w obrębie budynku (osłony bilansowej lub poza nią);  
 $\eta_{H,e}$  — średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w budynku (w obrębie osłony bilansowej).

Wskaźniki zapotrzebowania na energię przed termomodernizacją w grupie budynków wielorodzinnych wahały się od  $EU_H = 102,00 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{rok)}$  — dla budynku

nr 1 do  $EU_H = 160,20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$  w przypadku budynku nr 6 i analogicznie  $EK_H = 116,70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$  do  $EK_H = 196,07 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ . W przypadku budynku szkolnego wskaźnik  $EU_H$  wyniósł  $334,80 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ , zaś  $EK_H = 306,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$  (niższa wartość wskaźnika  $EK_H$  niż  $EU_H$  wynika ze stosowanych w budynku przerw na ogrzewanie w ciągu doby i w okresie tygodnia oraz wysokiej sprawności instalacji c.o.).

W wyniku przeprowadzenia kompleksowej termomodernizacji roczne zapotrzebowanie na energię końcową zmalało w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych od 33 do 41%, oprócz budynku mieszkalnego nr 6, w którym ta oszczędność wyniosła 50%. Budynek ten wykonany był w technologii tradycyjnej, podobnie jak budynek szkolny, w którym zaoszczędzono 54% energii. Najniższy osiągnięty wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynku po przeprowadzeniu termomodernizacji  $EU_H$  osiągnął wartość  $67,70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ , zaś  $EK_H = 76,13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ .

W tabeli nr 2 przedstawiono wysokość nakładów finansowych na przeprowadzenie kompleksowej termomodernizacji budynków, prosty czas zwrotu nakładów oraz wyliczony wskaźnik kosztu termomodernizacji w odniesieniu do  $1 \text{ m}^2$  powierzchni budynku.

TABELA 2

Koszty termomodernizacji budynków

Budynek	Nakład	SPBT	Koszt termomodernizacji w odniesieniu do jednostki powierzchni budynku
	zł	lata	zł (N) / $\text{m}^2$
szkoła	232 689	5,18	299,85
mieszkalny wielorodzinny nr 1	342 000	10,00	130,97
mieszkalny wielorodzinny nr 2	120 000	9,55	167,43
mieszkalny wielorodzinny nr 3	353 801	16,04	112,28
mieszkalny wielorodzinny nr 4	240 060	15,26	138,04
mieszkalny wielorodzinny nr 5	254 031	12,58	168,63
mieszkalny wielorodzinny nr 6	74 190	17,94	216,03

Prosty okres zwrotu nakładów finansowych poniesionych na kompleksową termomodernizację wahał się od 5,18 lat w przypadku budynku szkolnego do 17,94 lat w przypadku budynku mieszkalnego wielorodzinnego nr 6. Uzależniony był on głównie od ceny nośników energii (tab. 3). Oszacowano także koszt ogrzania  $1 \text{ m}^2$  budynków przed przeprowadzeniem wszystkich ulepszeń termomodernizacyjnych i po nim.

Jednostkowy koszt produkcji wyznaczono ze wzoru 2.5:

$$K_j = B_j \cdot C_p \text{ [zł/GJ]}, \quad (2.5)$$

gdzie:  $C_p$  — cena paliwa;  
 $B_j$  — jednostkowe zużycie paliwa [kg/GJ]

$$B_j = \frac{Q_j}{W_u \cdot \eta_{H,g}} \text{ [kg/GJ]}, \quad (2.6)$$

gdzie:  $Q_j$  — jednostkowa ilość energii cieplnej;  
 $W_u$  — wartość opałowa paliwa;  
 $\eta_{H,g}$  — sprawność wytworzenia nośnika ciepła.

TABELA 3

Opłaty jednostkowe za energię cieplną w poszczególnych budynkach oraz jednostkowy koszt ich ogrzania

Rodzaj budynku	Źródło ciepła	Opłaty jednostkowe za energię cieplną			Koszt ogrzania 1 m <sup>2</sup> budynku	
		zł/GJ	zł/MW/m-c	zł /m-c (opłata abonamentowa)	przed termo- modernizacją	po termo- modernizacji
					zł/m <sup>2</sup>	
szkoła	kotłownia olejowa	93,19	–	–	8,98	4,16
mieszkalny wielorodzinny nr 1		95,00	–	–	3,31	2,22
mieszkalny wielorodzinny nr 2		95,00	–	–	3,66	2,20
mieszkalny wielorodzinny nr 3	węzeł cieplny zasilany z miejskiej sieci ciepłowniczej	39,71	9 148,10	–	1,72	1,13
mieszkalny wielorodzinny nr 4		38,09	9 918,02	–	2,10	1,35
mieszkalny wielorodzinny nr 5		46,75	10 288,16	–	2,70	1,58
mieszkalny wielorodzinny nr 6	kotłownia gazowa	39,71	0,0643 zł/(m <sup>3</sup> h)/za h	134,20	2,45	1,45

Trzy pierwsze budynki (szkolny oraz mieszkalny nr 1 i 2) zasilane były z kotłowni olejowej (najdroższy sposób ogrzewania spośród analizowanych). Czas zwrotu nakładów poniesionych na kompleksową termomodernizację tych budynków był więc najkrótszy (od 5,18 do 10 lat). Pozostałe budynki ogrzewane były z węzłów

ciepłych zasilanych z miejskiej sieci ciepłowniczej lub z kotłowni gazowej (niższa cena energii ciepłej), stąd czas zwrotu nakładów ich na termomodernizację był dłuższy (w granicach 15-18 lat z wyjątkiem budynku mieszkalnego wielorodzinnego nr 5, gdzie przy nieco wyższej opłacie za GJ energii SPBT w 12,5 wyniósł 8 lat). Inne źródła ciepła są raczej rzadko stosowane w budynkach takich jak analizowane, lecz w przypadku ogrzewania budynku drewnem lub nawet węglem wskaźnik SPBT osiągałby wartości wyższe, zaś zastosowanie energii elektrycznej spowoduje obniżenie jego wartości. Przy źródłach ciepła, które występowały w prezentowanej analizie koszt ogrzania budynków zasilanych z miejskiej sieci ciepłowniczej i z kotłowni gazowej wahał się od 1,72 do 2,70 zł/m<sup>2</sup> przed termomodernizacją i od 1,13 do 1,58 zł/m<sup>2</sup> po termomodernizacji (tab. 3). Ogrzewanie budynków wielorodzinnych olejem to koszt 3,31 i 3,66 zł/m<sup>2</sup> przed termomodernizacją oraz 2,20 i 2,22 zł/m<sup>2</sup> po termomodernizacji. Oczywiście koszt ogrzewania zależy również od jakości energetycznej oraz rodzaju budynku i związanego z tym sposobu jego eksploatacji (budynki wielorodzinne pod tym względem były podobne), a w przypadku budynku szkolnego koszt ten wyniósł 8,98 zł/m<sup>2</sup> przed termomodernizacją i 4,16 zł/m<sup>2</sup> po termomodernizacji.

### 3. Możliwości oszczędności energetycznych w grupie budynków jednorodzinnych

W celu określenia poziomu zapotrzebowania na ciepło grupy budynków jednorodzinnych, położonych w północno-wschodniej Polsce, wybrano 52 obiekty [3]. Były to budynki wzniesione w latach 1940-1988, których właściciele podjęli decyzję wykonania kompleksowej termomodernizacji z wykorzystaniem Ustawy Termomodernizacyjnej [8]. Sporządzono audyty energetyczne, w których zawarto obliczenia sezonowego zapotrzebowania na ciepło (przed termomodernizacją zweryfikowane wieloletnimi danymi eksploatacyjnymi) oraz przewidywanego po wykonaniu zalecanych w audytach zabiegów. Dane dotyczące wielkości wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania przed wykonaniem kompleksowej termomodernizacji i po nim zamieszczono w tabeli 4.

Średnia wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową dla ogrzewania i wentylacji w odniesieniu do powierzchni, po przeprowadzonej kompleksowej termomodernizacji, w analizowanej grupie 52 budynków jednorodzinnych wyniosła 91,63 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), a najniższa 65,06 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Należy tu nadmienić, iż termomodernizacje przeprowadzone były z wykorzystaniem pomocy państwa na mocy ustawy, co zobowiązywało do zastosowania zapisów Rozporządzenia MI w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego [5], narzucającego ostrzejsze wymagania izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych budynków poddawanych termomodernizacji, niż to jest w przypadku budynków nowych zgodnie

z wymaganiami WT 2008 [6] (zmiana WT wchodząca w życie od początku 2014 roku zastrza wymagania). We wszystkich analizowanych budynkach występowała wentylacja grawitacyjna. Nie proponowano jej zamiany na mechaniczną wobec nieopłacalności wykonania tego zabiegu w budynkach istniejących. W budynku z wentylacją naturalną, nawet przy polepszeniu współczynników przenikania ciepła przegród zewnętrznych o kilkanaście procent (w stosunku do wymaganych dla budynków nowych), nie było możliwe uzyskanie wskaźnika  $EU_H$  mniejszego od  $65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ .

TABELA 4

Wyniki statystyki wskaźników zapotrzebowania na energię użytkową i końcową na potrzeby ogrzewania grupy analizowanych budynków jednorodzinnych

Wartości wskaźników zapotrzebowania na energię do ogrzewania grupy budynków jednorodzinnych	$EU$ [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ ]		$EK$ [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ ]	
	stan istniejący	stan po termomodernizacji	stan istniejący	stan po termomodernizacji
średnia	265,53	91,63	577,32	125,00
minimalna	118,16	65,06	181,46	78,18
maksymalna	559,38	128,61	2301,52	283,21

W przypadku włączenia do analizy sprawności systemu ogrzewania, średnia wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania w odniesieniu do powierzchni, po przeprowadzonej kompleksowej termomodernizacji, w rozpatrywanej grupie 52 budynków jednorodzinnych wyniosła  $125,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ , a minimalna  $78,18 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ .

#### 4. Efektywność wznoszenia budynków o obniżonych potrzebach cieplnych

Do analizy wybrano trzy budynki jednorodzinne (tab. 5), wzniesione w latach 1999–2003 w technologii tradycyjnej. Dwa z nich są pod względem budowlanym niemal identyczne (różnią się wysokością pomieszczeń oraz instalacjami). W rozwiązaniach przegród zewnętrznych rozpatrywanych budynków, jednakowych dla wszystkich obiektów, zastosowano ponadstandardową izolację termiczną (18 cm wełny mineralnej w ścianie trójwarstwowej, 20 cm izolacji termicznej w dachu, 10 cm styropianu w podłodze na gruncie). Każdy z badanych budynków wyposażony został w wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła oraz gruntowy wymiennik ciepła.



TABELA 5  
Zestawienie charakterystycznych danych badanych budynków o obniżonych potrzebach cieplnych

Budynek	Powierzchnia	Kubatura
	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>
energooszczędny mieszkalny jednorodzinny nr 1	177,00	732,0
energooszczędny mieszkalny jednorodzinny nr 2	177,00	794,0
energooszczędny mieszkalny jednorodzinny nr 3	261,70	1 160,8

Na podstawie długoletnich badań wyznaczono eksploatacyjne wskaźniki zapotrzebowania na energię końcową dla ogrzewania i wentylacji [1] i w odniesieniu do warunków sezonu standardowego wyniosły one:

- w budynku nr 1: 52,06 kWh/(m<sup>2</sup>·rok),
- w budynku nr 2: 58,53 kWh/(m<sup>2</sup>·rok),
- w budynku nr 3: 48,05 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

Wskaźniki zapotrzebowania na energię użytkową są następujące:

- dla budynku nr 1: 45,50 kWh/(m<sup>2</sup> rok),
- dla budynku nr 2: 53,32 kWh/(m<sup>2</sup> rok),
- dla budynku nr 3: 42,00 kWh/(m<sup>2</sup> rok).

W celu przeprowadzenia analizy efektywności wzniesienia tych budynków w wersji energooszczędnej wyznaczono również obliczeniowe wskaźniki zapotrzebowania na energię końcową tych budynków oraz identycznych wykonanych w wersji standardowej (zapewniającej obecne wymagania ochrony cieplnej budynków [6]). Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 6.

TABELA 6  
Zestawienie obliczonych wartości wskaźników zapotrzebowania na energię końcową badanych budynków w dwóch wersjach ich wykonania (standardowej i energooszczędnej)

Wersja wykonania budynku:	Obliczone wskaźniki zapotrzebowania na energię końcową <i>E<sub>K</sub></i> do ogrzewania [kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)]		
	Budynek nr 1	Budynek nr 2	Budynek nr 3
energooszczędna	46,21	50,23	46,96
standardowa	114,85	119,65	116,64

Obliczone wskaźniki sezonowego zapotrzebowania na energię końcową są niższe niż otrzymane z badań, przeliczone na warunki standardowego sezonu grzewczego, ze względu na zastosowanie w obliczeniach okien o lepszych parametrach cieplnych ( $U = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ).

Wyznaczono poziom dodatkowych nakładów na wzniesienie analizowanych budynków w wersji energooszczędnej (tab. 7), uwzględniając następujące elementy ich ponadstandardowego wyposażenia:

- zwiększoną grubość izolacji termicznej,
- nawiewno-wywiewną wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła,
- gruntowy wymiennik ciepła współpracujący z rekuperatorem w systemie wentylacji,
- dobrą jakościowo i szczelną stolarkę,
- system ogrzewania (nowoczesny kocioł gazowy z automatyką, grzejniki, zawory termostatyczne)/piece elektryczne akumulacyjne,
- powierzchnie przeszklone od strony południowej i dużą akumulacyjność ścian (bierne wykorzystanie energii słonecznej).

Dodatkowe koszty inwestycyjne wynikające z osiągnięcia „ponadstandardowych walorów” termicznych spowodowały zwiększenie całkowitych kosztów budowy budynków energooszczędnych w stosunku do kosztów budowy takich samych budynków wykonanych w wersji standardowej. W przypadku budynku nr 1 koszt dodatkowy wyniósł 4,51%, w budynku nr 2 4,54%, a w przypadku budynku nr 3 było to 5,01% (tab. 7).

TABELA 7

Zwiększenie całkowitych kosztów budynków energooszczędnych w odniesieniu do całkowitych kosztów budowy takich samych budynków standardowych

Lp.	Wyszczególnienie	Budynek nr 1	Budynek nr 2	Budynek nr 3
1.	Całkowite koszty budowy budynku w wersji standardowej.	409 109 zł	405 899 zł	477 445 zł
2.	Koszty dodatkowe wynikające z osiągnięcia „ponadstandardowych walorów” termicznych budynku.	18 447 zł	18 447 zł	23 981 zł
3.	Procentowe zwiększenie kosztów budynku w wersji energooszczędnej w odniesieniu do wersji standardowej.	4,51%	4,54%	5,01%
4.	Całkowite koszty budowy budynku w wersji energooszczędnej.	427 556 zł	424 346 zł	501 426 zł

Uwaga: w tabeli operowano cenami brutto

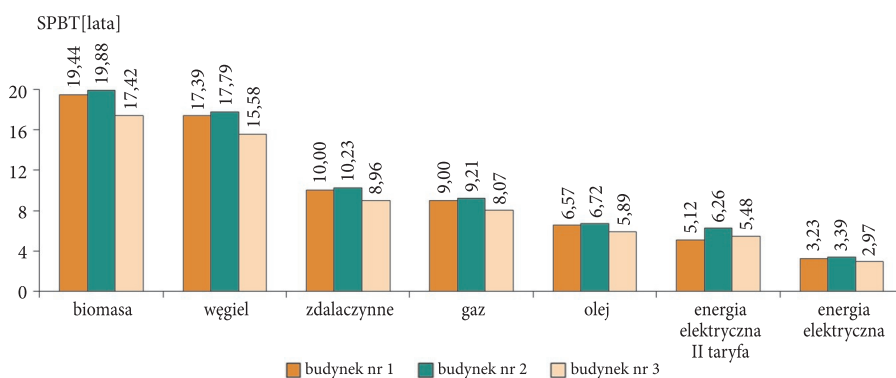
W tabeli 8 zestawiono roczne oszczędności eksploatacyjne w przypadku wzniesienia budynków w wersji energooszczędnej, a nie standardowej, dla stosowanych powszechnie w kraju źródeł energii, takich jak biomasa, węgiel, gaz, olej, energia elektryczna i zasilanie zdalaczynne.

TABELA 8

Roczne oszczędności eksploatacyjne dla poszczególnych budynków

Nr budynku	Roczne oszczędności eksploatacyjne przy różnych źródłach energii [zł]						
	biomasa	węgiel	gaz	zdalaczynne	olej	energia elektryczna II taryfa	energia elektryczna I taryfa
budynek nr 1	949	1061	2049	1845	2807	3014	5561
budynek nr 2	928	1037	2003	1803	2744	2947	5437
budynek nr 3	1377	1539	2973	2676	4072	4373	8068

Na rysunku 3 przedstawiono obliczone wartości wskaźnika *SPBT* dla każdego z budynków wzniesionych w wersji energooszczędnej.



Rys. 3. Prosty okres zwrotu dodatkowych nakładów dla badanych budynków przy stosowanych w kraju źródłach energii

Wartości prostego okresu zwrotu nakładów na wzniesienie budynków w wersji energooszczędnej zamiast standardowej zależą znacząco od ceny jednostkowej zaoszczędzonej energii. W przypadku analizowanych budynków wartości *SPBT* wahają się od nieco ponad 3 lat w przypadku rzadko stosowanej przy ogrzewaniu energii elektrycznej do prawie 20 lat w przypadku stosunkowo taniej energii otrzymywanej z biomasy.

## 5. Wnioski

1. Termomodernizacja pozwala na osiągnięcie znacznych oszczędności energetycznych. W analizowanych budynkach wielorodzinnych i użyteczności publicznej,

w których rozpatrywano jedynie polepszenie właściwości cieplnych struktury budynków (ze względu na zmodernizowane wcześniej instalacje grzewcze) oszczędności wyniosły od 33 do 54%. W grupie budynków jednorodzinnych przy kompleksowej modernizacji możliwe było zredukowanie rocznego zapotrzebowania na energię końcową średnio aż o 78%, przy czym modernizowano tu również instalacje.

2. W przypadku budynków istniejących poddawanych modernizacji doprowadzenie budynku do poziomu uznawanego za energooszczędny jest praktycznie bardzo trudne. W grupie analizowanych budynków wielorodzinnych i użyteczności publicznej nie udało się obniżyć poziomu zapotrzebowania na energię końcową poniżej 76,13 kWh/(m<sup>2</sup>rok), a na energię użytkową poniżej 67,70 kWh/(m<sup>2</sup>rok). W przypadku budynków jednorodzinnych najniższą wartość *EK* otrzymano na poziomie 78,18 kWh/(m<sup>2</sup>rok), zaś *EU* = 65,06 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Dopiero zastosowanie w budynkach elementów ponadstandardowego wyposażenia (większa grubość izolacji termicznej przegród zewnętrznych, wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła współpracująca z gruntowym wymiennikiem ciepła) pozwoliło obniżyć ich potrzeby cieplne do poziomu 46,21-50,23 kWh/(m<sup>2</sup>rok) energii końcowej.
3. Czas zwrotu nakładów poniesionych na termomodernizację zależał w znacznym stopniu od ceny nośnika energii stosowanego do ogrzewania budynku. W przypadku budynków z kotłownią olejową wyniósł od 5,18 do 10 lat, zaś dla budynków z węzłami cieplnymi zasilanymi z miejskiej sieci ciepłowniczej lub z kotłownią gazową od 12,58 do 17,94 lat. W przypadku budynków nowych wartości prostego okresu zwrotu dodatkowych nakładów na wzniesienie ich w wersji energooszczędnej zamiast standardowej wahały się od nieco ponad 3 lat (przy zastosowaniu mało popularnego ogrzewania energią elektryczną) do prawie 20 lat (w przypadku stosunkowo taniej energii otrzymywanej z biomasy).
4. Już na etapie wznoszenia budynku warto przeanalizować możliwości zainwestowania w rozwiązania mogące powodować jego mniejsze potrzeby cieplne podczas użytkowania.

Artykuł przygotowano w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/2/2013.

#### LITERATURA

- [1] B. SADOWSKA, *Model operacyjny projektowania energooszczędnych budynków mieszkalnych w zabudowie jednorodzinnej*, rozprawa doktorska, Białystok, 2010.
- [2] W. SAROSIEK, B. SADOWSKA, *Oplacalność wznoszenia budynków niskoenergetycznych w warunkach klimatu północno-wschodniej Polski*, Materiały Budowlane, 1, 2012.
- [3] Audyty energetyczne budynków wykonane przez Narodową Agencję Poszanowania Energii w latach 2008-2012.
- [4] *Mądry Polak przed budową. Termomodernizacja budynku. Dom przyjazny*, Program edukacyjno-informacyjny (www.domprzyjazny.pl), ARDO-STUDIO, Poznań.

- [5] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 grudnia 2008 r. zmieniające rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, Dz.U. Nr 228 z dnia 24.12.2008, poz. 1513.
- [6] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz.U. z 2008 r., Nr 201, poz. 1238.
- [7] *Rozporządzenie Min. Infr. z dn. 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej*, Dz.U. z 2008 r., Nr 201, poz. 1240.
- [8] *Ustawa z dnia 17 października 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów* (Dz.U. z 2008 r., Nr 223, poz. 1459).

B. SADOWSKA, W. SAROSIEK

### **Efficiency of raising low-energy buildings and thermomodernization of existing ones**

**Abstract.** Energy indexes and economical results of thermomodernization of buildings are presented in this paper. Solutions and elements used in building for achieving low level of energy saving are specified.

**Keywords:** thermomodernization, low-energy buildings, energy efficiency, economic efficiency

