

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ parametrów systemu budowlano-instalacyjnego na wskaźniki energetyczne budynków jednorodzinnych

MARIUSZ WÓJCIKIEWICZ, MIROSŁAW SANYTSKY, ROBERT SEKRET

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA, WYDZIAŁ INŻYNIERII I OCHRONY ŚRODOWISKA

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań, dotyczących wpływu parametrów systemu budowlano-instalacyjnego na wartość wskaźników energetycznych budynków jednorodzinnych. Do przeprowadzenia analizy przyjęto trzy rodzaje budynków: standardowy, energooszczędny oraz pasywny. Wśród tych kategorii przyjęto dodatkowo trzy powierzchnie użytkowe, tj. 100 m², 150 m² i 200 m². Wymienione kategorie budynków różnią się między sobą izolacyjnością przegród zewnętrznych pełnych i przeszklonych oraz sprawnością użytkową systemu ogrzewczego. Do porównania wytypowanych obiektów wykorzystano bilans energetyczny, oparty o metodologię wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków. Przedstawiono ponadto modele matematyczne wpływu parametrów przegród zewnętrznych omawianych budynków oraz powierzchni ogrzewanej na ich wskaźniki energetyczne, tj. zapotrzebowanie na energię końcową E_k i energię pierwotną E_p .

Influence of building-installation system parameters on the building energetic coefficients

ABSTRACT

In this paper experimental results of influence of building-installation system parameters on the building energetic coefficients are presented. Three types of buildings: standard, energy-saving and passive with heating surface of 100 m², 150 m² i 200 m² have been used. The above types of buildings differ on thermal barrier and heating system efficiency. Certificate for energy characteristic of building has been used. Mathematics models of influence of thermal barrier parameters and heating surface on the energy characteristic, namely final energy E_k and primary energy E_p have been established.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najważniejszych działań UE jest polityka energetyczna. W jej realizacji UE kieruje się zasadą zrównoważonego rozwoju. Dokumentami kształtującymi politykę energetyczną UE jest „Zielona Księga – strategia UE dotycząca zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego” oraz „Biała Księga – strategia rozwoju energetyki odnawialnej”. To z nich wynika szereg działań ustawodawczych, mających na celu ograniczenie oraz racjonalizację zużycia energii, takich jak np. „Dyrektywa 2002/91/EC w sprawie charakterystyki energetycznej budynków”. Motywacją do podejmowania działań na rzecz oszczędności energii są aspekty geopolityczne, ekonomiczne, prawne oraz środowiskowe. Kraje Unii, jako sygnatariusze Protokołu z Kioto, zobowiązały się do sukcesywnego zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o określoną wartość w stosunku do poziomu wyjściowego z 1990 roku. Obecnie największym zapotrzebowaniem na energię w UE charakteryzuje się sektor komunalny (około 41%). Większość tej energii jest przeznaczana na ogrzewanie pomieszczeń (57%) oraz przygotowanie ciepłej wody użytkowej (25%). Z tego też wynika, że w tych obszarach należy szukać w pierwszej kolejności wzrostu efektywności wytwarzania, przesyłu i użytkowania energii. Dlatego też, jednym z kluczowych obecnie pytań jest zasadność (ekonomiczna, energetyczna i ekologiczna) budowy i eksploatacji, w warunkach polskich, budynku samowystarczального energetycznie. Zastosowane w nim rozwiązania techniczne umożliwią znaczne ograniczenie zapotrzebowania na energię w stosunku do budynku standardowego. Zintegrowane z jego konstrukcją niekonwencjonalne źródła energii i systemy wykorzystujące ich potencjał (moduły fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, pompy grzejne) będą w stanie pokryć niemal całkowicie zapotrzebowanie budynku na potrzeby ogrzewania, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [1, 2].

Celem niniejszego artykułu jest analiza wpływu parametrów przegród zewnętrznych oraz sprawności użytkowej instalacji grzewczej

na wskaźniki energetyczne budynków oraz rozważenie ekologicznej zasadności skonstruowania w warunkach polskich budynków energooszczędnych i samowystarczalnych energetycznie, z uwzględnieniem nowoczesnych systemów grzewczych i wentylacyjnych oraz materiałów budowlanych.

2. OBIEKT I METODYKA BADAŃ

Do przeprowadzenia założonej analizy przyjęto trzy rodzaje budynków: standardowy, energooszczędny oraz pasywny. W każdej z tych kategorii rozważono trzy warianty: budynek o powierzchni użytkowej ogrzewanej 100 m² i kubaturze 300 m³, budynek o powierzchni użytkowej ogrzewanej 150 m² i kubaturze 450 m³ oraz budynek o powierzchni użytkowej ogrzewanej 200 m² i kubaturze 600 m³. Analizowane budynki różnią się między sobą izolacyjnością przegród zewnętrznych pełnych i przeszklonych, a co za tym idzie również sezonowym zapotrzebowaniem na ciepło. Są to budynki parterowe, niepodpiwniczone o identycznej powierzchni okien i drzwi zewnętrznych oraz użytkowane przez 4 osoby. Charakterystyczne dane przyjęte do obliczeń dla systemu budowlanego przedstawiono w Tabeli 1. W każdym z rozpatrywanych budynków, w poszczególnych ich kategoriach, rozważono 4 warianty systemów grzewczych, bazujących na następujących źródłach ciepła: kocioł spalający węgiel kamienny, kocioł spalający biomasę,

Tabela 1. Współczynnik przenikania ciepła U dla przegród zewnętrznych analizowanych budynków

Rodzaj budynku		Ściany zewnętrzne	Okna	Drzwi	Stropodach
		[W/m ² · K]			
Budynek standardowy,	BS	0,3	2,6	2,6	0,25
Budynek energooszczędny,	BE	0,2	1,8	1,8	0,18
Budynek pasywny,	BP	0,1	1	1	0,11

Tabela 2. Sprawności systemu ogrzewania i c.w.u. dla badanych budynków

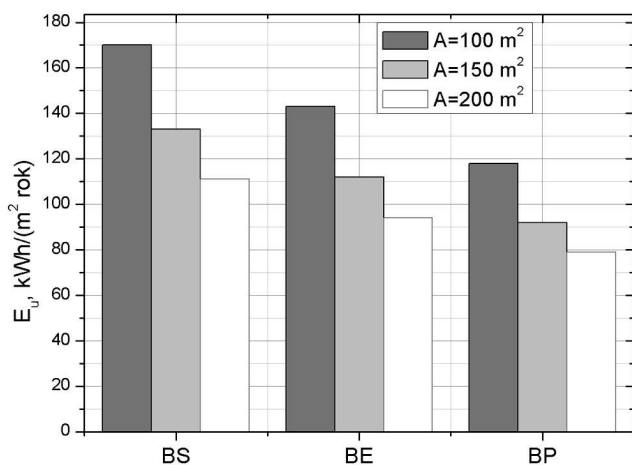
Rodzaj instalacji		Sprawność				całkowita
		wytworzenia	akumulacji	dystrybucji	regulacji i wykorzystania	
Kocioł spalający węgiel kamienny,	W	0,82	1,00	0,94	0,98	0,76
Kocioł spalający biomasę,	B	0,72				0,66
Kocioł spalający gaz ziemny,	G	0,94				0,87
Pompa grzejna,	PG	3,50				3,22

kocioł spalający gaz ziemny oraz pompę grzejącą, wykorzystującą jako dolne źródło – ciepło gruntu. Zestawienie sprawności systemu ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej przedstawiono w Tabeli 2. Dla potrzeb wentylacji analizowanych budynków przyjęto krotność wymiany powietrza równą jeden, co równoważne jest odpowiednio z następującymi strumieniami powietrza wentylacyjnego: 300, 450 i 600 m³/h.

Do obliczenia wskaźników oceny energetycznej, przyjętych do rozważań systemów budowlano-instalacyjnych, wykorzystano metodologię wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania, wzorów świadectw i ich charakterystyki energetycznej [3].

3. WYNIKI BADAŃ

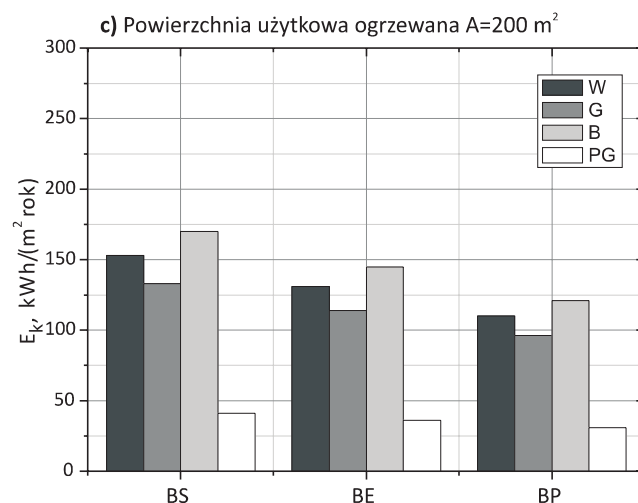
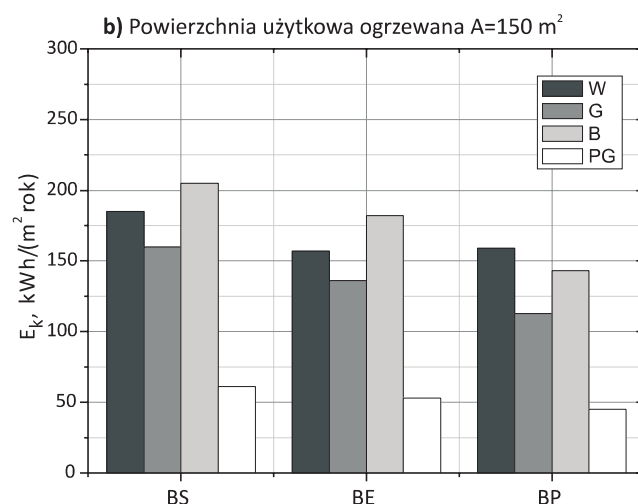
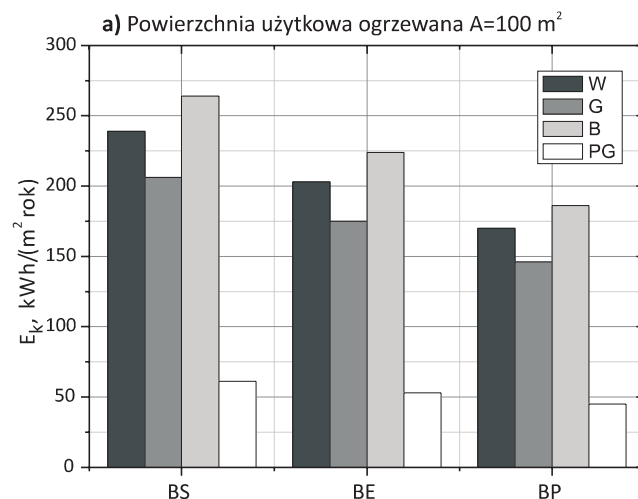
Jednym z głównych wskaźników energetycznych, charakteryzujących dany system budowlany, jest roczne zapotrzebowanie na energię użytkową w przeliczeniu na pole powierzchni ogrzewanej budynku. Roczne zapotrzebowanie na energię użytkową, w przypadku analizowanych budynków, obejmuje straty ciepła budynku w wyniku przenikania przez przegrody oddzielające przestrzeń ogrzewaną od środowiska zewnętrznego, straty ciepła powstające w wyniku konieczności podgrzania strumienia powietrza wentylacyjnego oraz zewnętrzne i wewnętrzne zyski ciepła. Na Rysunku 1 przedstawiono wartości wskaźnika energii użytkowej E_u dla badanych budynków. Jak widać na analizowanym Rysunku 1, wraz ze



Rysunek 1. Zestawienie wartości E_u dla analizowanych systemów budowlano-instalacyjnych

wzrostem pola powierzchni ogrzewanej budynku, od 100 m² do 200 m², wartości wskaźnika energii użytkowej zmniejszają się o 35% w przypadku budynków w technologii standardowej i 33% w przypadku budynków w technologii pasywnej.

Najwyższą wartość wskaźnika E_k , wynoszącą 170 kWh/(m²rok), uzyskano dla budynku w technologii standardowej i powierzchni ogrzewanej 100 m².



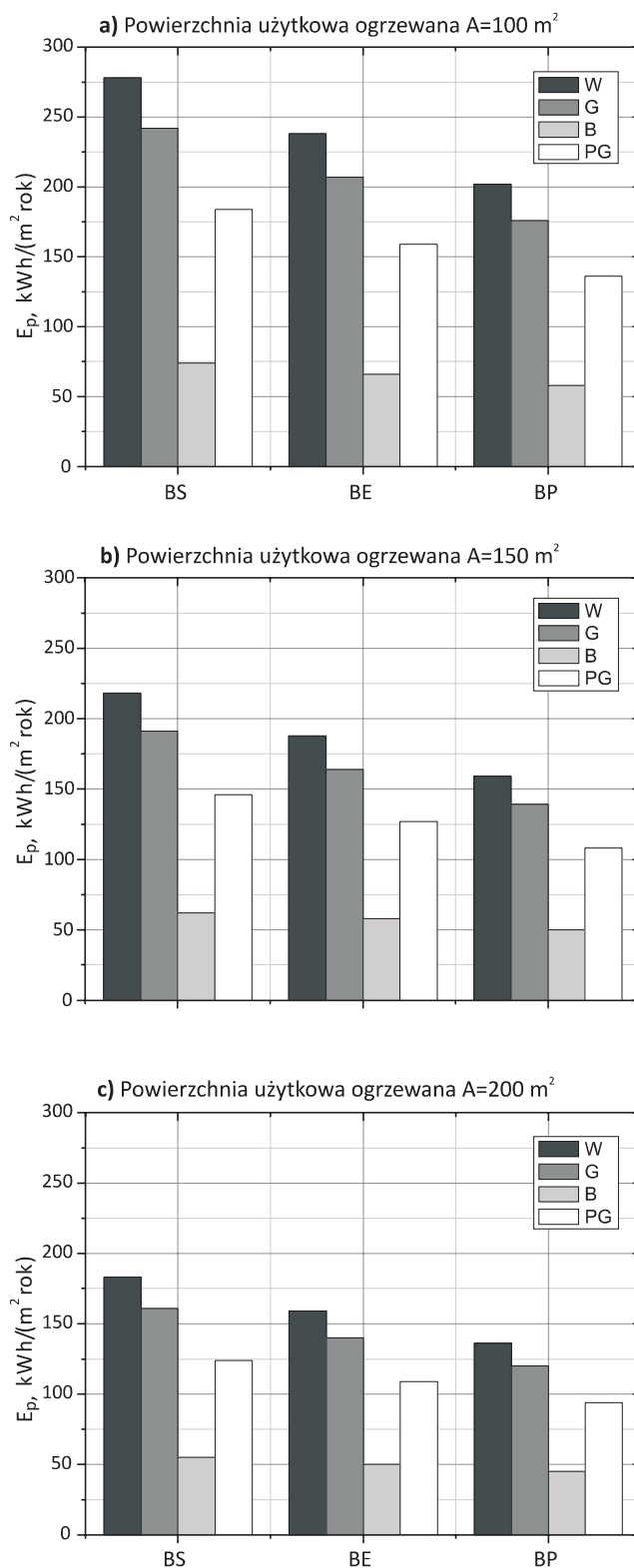
Rysunek 2. Zestawienie wartości E_k dla analizowanych systemów budowlano-instalacyjnych

Najniższą wartością wskaźnika E_U , wynoszącą 79 kWh/(m²rok), charakteryzuje się budynek w technologii pasywnej o powierzchni ogrzewanej 200 m². Kolejnym charakterystycznym wskaźnikiem oceny energetycznej systemu budowlano-instalacyjnego jest roczne zapotrzebowanie na energię końcową w przeliczeniu na pole powierzchni ogrzewanej budynku. Na Rysunku 2 przedstawiono zależność wartości wskaźnika E_K od rodzaju źródeł ciepła dla analizowanych modelowych budynków.

Wskaźnik energii końcowej E_K , w przeciwieństwie do E_U , uwzględnia średnią sezonową sprawność systemu ogrzewczego budynku, tj. sprawność wytworzenia ciepła, sprawność akumulacji, sprawność dystrybucji oraz sprawność regulacji i wykorzystania. Jak przedstawiono na Rysunku 2, najwyższą wartością wskaźnika E_K , wynoszącą 265 kWh/(m²rok), wyróżnia się budynek o powierzchni ogrzewanej 100 m², w technologii standardowej, ze źródłem ciepła w postaci kotła spalającego biomasę. Przyczyną takiego stanu jest niska sprawność założonego kotła, tj. 72%. Z kolei najniższą wartością wskaźnika E_K , wynoszącą 32 kWh/(m²rok), charakteryzuje się budynek w technologii pasywnej ze źródłem ciepła w postaci pompy grzewczej i powierzchni ogrzewanej budynku równej 200 m². W ocenie energetycznej systemów budowlano-instalacyjnych bardzo istotnym elementem jest również nakład nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii końcowej do danego budynku. Wielkością pozwalającą dokonać takiej oceny jest wskaźnik energii pierwotnej E_p . Jest to roczne zapotrzebowanie na energię końcową w przeliczeniu na pole powierzchni ogrzewanej budynku, które uwzględnia również nakład energii nieodnawialnej dla potrzeb własnych systemów ogrzewczych i wentylacyjnych. Jak widać na Rysunku 3, wartość wskaźnika E_p przy zastosowaniu źródła energii pierwotnej w postaci biomasy jest najniższa i wynosi 46 kWh/(m²rok). Przypadek ten dotyczy budynku w technologii pasywnej o powierzchni ogrzewanej 200 m². Najwyższą natomiast wartość wskaźnika E_p , wynoszącą 278 kWh/(m²rok), uzyskano dla budynku w technologii standardowej i powierzchni ogrzewanej 100 m², w którym założono węgiel kamienny jako nośnik energii pierwotnej.

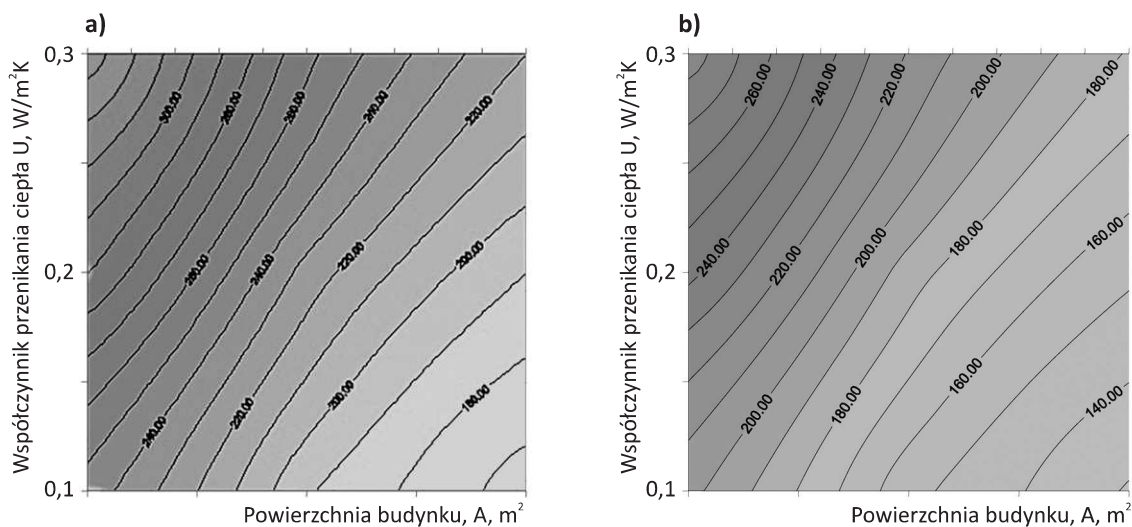
Na podstawie uzyskanych wyników badań metodą eksperymentalno-statystycznego modelowania uzyskano matematyczne modele wpływu parametrów przegród zewnętrznych omawianych budynków oraz powierzchni ogrzewanej na wartości wskaźników energetycznych. Analiza graficzna została przedstawiona na Rysunku 4.

Jak widać na Rysunku 4, wraz ze wzrostem powierzchni ogrzewanej budynku, wskaźniki energetyczne E_p



Rysunek 3. Zestawienie wartości E_p dla analizowanych systemów budowlano-instalacyjnych

i E_K ulegają obniżeniu, tj. jednostkowe zapotrzebowanie na energię końcową i pierwotną zmniejsza się. W wyniku zastosowania biomasy jako źródła energii pierwotnej potencjał redukcji zapotrzebowania na energię pierwotną w analizowanych budynkach, w stosunku do źródeł energii pierwotnej, jakim są węgiel kamienny i gaz Gz-50, wynosi od 60% do



Rysunek 4. Izolinie energii: a) pierwotnej E_p , b) końcowej E_k , dla analizowanych budynków

73% oraz od 100 kWh/(m²rok) do 200 kWh/(m²rok), co odpowiada wartości ciepła odpowiednio 0,36 GJ/(m²rok) i 0,72 GJ/(m²rok). Przy wskaźniku emisji CO₂ na poziomie 52 kg/GJ [4, 5] zmniejszenie emisji dwutlenku węgla stanowi dla analizowanych budynków odpowiednio 19 kgCO₂/(m²rok) i 38 kgCO₂/(m²rok). Należy tutaj nadmienić, że wartość E_p w bardzo dużym stopniu zależy również od możliwości zastosowania odzysku ciepła z powietrza usuwanego z budynku. Dlatego też, wyniki uzyskanych analiz w obecnej pracy, jak również wyniki zawarte w pracy [6], wskazują że budynki o niskim zapotrzebowaniu na energię, ukierunkowane na pasywne pozyskiwanie energii z otoczenia oraz maksymalne ograniczenie wykorzystania konwencjonalnych źródeł energii, są budynkami zrównoważonymi ze środowiskiem.

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz należy stwierdzić, że parametry cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych odgrywają znaczącą rolę w ograniczaniu zużycia ciepła budynków. Ponadto minimalizacja zapotrzebowania na energię pierwotną w budownictwie energooszczędnym w dużym stopniu zależy od stosowania niekonwencjonalnych źródeł energii, a zwłaszcza od możliwości pozyskania w danej lokalizacji budynku nośnika energii pierwotnej ze źródła odnawialnego. Takie budynki o wysokim współczynniku efektywności energetycznej umożliwiają znaczne ograniczenie zapotrzebowania na energię pierwotną, co powoduje redukcję emisji CO₂ i nadaje nowe kierunki rozwiązywania problematyki budownictwa proekologicznego.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 z późn. zm., 2002
- [2] Laskowski L. Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynków. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2005.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 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 i ich charakterystyki energetycznej. Dz. U. Nr 201, poz. 1240.
- [4] Wójcikiewicz M., Sanytsky M., Pozniak O. Analiza zewnętrznych przegród budowlanych w domach energooszczędnych. Energia i Budynek, Nr 6, s. 31-33, 2009.
- [5] Klem P. Budownictwo ogólne. Praca zbiorowa. T. 2, Fizyka budowy, Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa, 2007.
- [6] Nowak W., Rajczyk R., Lis P. Integracja koncepcji projektowych energooszczędnego, ekologicznego i inteligentnego budynku. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zagadnienia współczesnego budownictwa energooszczędnego o optymalizowanym zużyciu potencjału energetycznego”, Częstochowa, s. 197-203, 2003.