

RACJONALNE OGRZEWANIE, A NOWOCZESNE ŹRÓDŁA CIEPŁA

Efficient central heating and modern heat sources

PAWLITA MONIKA^{A-F*}

* Praca przygotowana na podstawie wystąpienia, które uzyskało I miejsce podczas I Międzyuczelnianej Konferencji Studenckich Kół Naukowych (Opole, 6 maja 2013 r.)

Członek Koła Naukowego Inżynierii Środowiska „Reaktor”, studentka kierunku inżynieria środowiska (SUM) na Wydziale Przyrodniczo-Technicznym Uniwersytetu Opolskiego

A- przygotowanie projektu badania (study design), **B-** zbieranie danych (data collection), **C-** analiza statystyczna (statistical analysis), **D-** interpretacja danych (data interpretation), **E-** przygotowanie maszynopisu (manuscript preparation), **F-** opracowanie piśmiennictwa (literature search), **G-** pozyskanie funduszy (funds collection)

Streszczenie

Wstęp: Sposób, w jaki ogrzewane są domy i elementy instalacji, które wchodzi w jej skład, jest głównym wyznacznikiem w określeniu czy dotyczy energooszczędnego systemu. Rozwiązania zużywające małą ilość energii pozwalają na zachowanie komfortowych warunków w domu, minimalizując jednocześnie koszt związany z jego eksploatacją, a tym samym przyczyniając się do ochrony środowiska naturalnego. Przykładami tego typu są, m.in. kotły kondensacyjne, pompy ciepła oraz kolektory słoneczne.

Materiał i metody: Obiektem analizy jest typowy dom jednorodzinny o powierzchni 150 m². Porównanie rodzajów ogrzewania analizowanego domu, z uwzględnieniem wybranych nowoczesnych źródeł energii, umożliwia ocenę najbardziej opłacalnego sposobu jego ogrzewania.

Wyniki: Wybór racjonalnej metody ogrzewania domu podyktowany jest głównie względami ekonomicznymi. Sprawność urządzeń, w których wykorzystywane jest dane paliwo, jest różnicowana. Koszty eksploatacyjne, inwestycyjne, paliwa oraz roczna emisja zanieczyszczeń do atmosfery są głównym wyznacznikiem przy wyborze najlepszego rozwiązania grzewczego nie tylko dla użytkownika, ale i dla środowiska naturalnego.

Wnioski: Koszty ponoszone na energię mają tendencję rosnącą. Wybór paliwa podyktowany jest głównie wartością opałową oraz ceną. Należy przeanalizować zatem, które nowoczesne źródła ciepła są najbardziej optymalne pod względem ekonomicznym, uwzględniając koszty w zł brutto/rok, jak i w zł brutto przypadających na kWh ciepła.

Słowa kluczowe: energooszczędny system, ochrona środowiska, dom, racjonalne ogrzewanie, koszty

Summary

Background: The methods of heating houses with system components determine the energy-saving systems. Energy-saving solutions allow to maintain comfortable conditions in the house, while minimizing the cost associated with its operation and at the same time helping to protect natural environment. The examples of such solutions include condensing boilers, heat pumps and solar collectors.

Material and methods: The object of the analysis in this paper is typical single-family house occupying the area of 150 m². The comparison of analyzed heating system for a single-family house, including modern energy sources, allows the assessment of the most cost-effective method of heating.

Results: Choosing rational method of heating for a single-family house is dictated mainly by economic reasons. The efficiency of the heating sources is also very important. In addition, an important factor is a heating period, which depends on the weather conditions in a given year.

Conclusions: The costs of fuel/energy are still growing. Fuel selection is determined mainly by fuel calorific value and the price. To select the type of the heating source one must take into account the cost of kWh of heat.

Keywords: energy-saving systems, protect the natural environment, house, rational heating, cost

Wstęp

Energooszczędne rozwiązania grzewcze umożliwiają zachowanie komfortowych warunków w domu, przy jednoczesnej minimalizacji kosztów związanych z jego eksploatacją, zapewniając ochronę środowiska naturalnego. Źródłami ciepła uznawanymi za zużywające małą ilość energii są, m.in.: pompy ciepła, kotły kondensacyjne, kolektory słoneczne.

Kotły kondensacyjne można opalać olejem opałowym oraz gazem ziemnym. Ogrzewanie tego typu uznawane jest za jedno z najtańszych źródeł pod względem eksploatacji. W kotłach kondensacyjnych wykorzystywana jest energia kondensacji (ciepło kondensacji lub inaczej ciepło utajone), która w przypadku kotłów konwencjonalnych jest bezpowrotnie tracona. W instalacjach grzewczych, w których występuje niska temperatura (tzw. niskotemperaturowe np. 40/30°C) zastosowanie kotłów kondensacyjnych umożliwia pozyskanie nawet 11 % dodatkowej energii, a oszczędności w zużyciu paliwa mogą sięgać ok. 20 %. W przypadku wysokich temperatur (np. 70/50°C) oszczędności są niewielkie i nie aż tak zauważalne. Gospodarność ta wynika z wyższej sprawności kotłów kondensacyjnych [1, 2].

Innym rozwiązaniem są pompy ciepła, które są przyjazne środowisku naturalnemu, nieemitujące przy tym zanieczyszczeń do atmosfery, ponieważ podczas procesu produkcji energii cieplnej nie powstają spaliny, popiół ani inne substancje szkodliwe dla środowiska. Ich budowa zapewnia możliwość pozyskania dużej ilości energii cieplnej z dolnych źródeł ciepła, np. wody, powietrza, ziemi, które z racji niskiej temperatury nie nadają się do bezpośredniego wykorzystania w ogrzewaniu. Dzięki pompie ciepła możliwe jest pobranie tej energii w sposób opłacalny ekonomicznie. Pompy podczas pracy pobierają energię z dolnego źródła poprzez czynnik roboczy, który jest przekazywany do urządzenia. Tego typu ogrzewanie skojarzone powinno być z niskotemperaturową instalacją grzewczą taką jak np. ogrzewanie podłogowe czy ściennie. Pompy ciepła pozwalają na uzyskiwanie wydajności w granicach 300-400 % podczas sprzyjających warunków grunto-wodnych. Na każdą zużytą kWh energii elektrycznej otrzymywane są 4 kWh energii cieplnej, co gwarantuje

duże oszczędności. W warunkach niekorzystnych wydajność tę szacuje się znacznie niżej. Oprócz gruntowych pomp ciepła pobierających ciepło z ziemi, stosuje się również gazowe pompy ciepła, które stanowią alternatywę dla gazowych kotłów kondensacyjnych. Tego typu pompy ciepła posiadają wysoką efektywność gazowego silnika, umożliwiając szybkie nagrzewanie pomieszczeń mieszkalnych w zimne dni. Rozwiązanie to może być również alternatywą dla systemu centralnego ogrzewania, pozwalając na oszczędności ok. 50 % kosztów bieżącej eksploatacji [1, 3].

Innymi urządzeniami wykorzystującymi odnawialne źródła energii są kolektory słoneczne, które pochłaniają promieniowanie słoneczne i przekształcają je w energię cieplną. Ze względu na brak ich negatywnego wpływu na środowisko naturalne, uznawane są za urządzenia ekologiczne. W solarnej instalacji grzewczej absorber konwertuje promieniowanie słoneczne w ciepło, które przedostaje się dzięki użyciu czynnika roboczego do wymiennika. Kolektory słoneczne gwarantują oszczędności w kosztach ponoszonych na przygotowanie c.w.u. Zastosowanie tego typu rozwiązania umożliwia pokrycie ok. 60-70% zapotrzebowania na ciepłą wodę, a sezonowo nawet do 90 %. Kolektory słoneczne gwarantują niskie koszty jednostki produkowanego ciepła. Największe różnice dotyczą wstępnego przygotowania c.w.u. przy użyciu oleju opałowego, energii elektrycznej czy gazu płynnego [1, 3].

Materiał i metoda

Ocena aspektów finansowych, jak i środowiskowych umożliwia wybór odpowiedniego systemu grzewczego dla domu jednorodzinnego. W celu przeanalizowania najkorzystniejszego pod względem ekonomicznym rozwiązania źródła i systemu ogrzewania budynku mieszkalnego należy przeprowadzić porównanie kosztów inwestycyjnych, eksploatacyjnych oraz ponoszonych na wykorzystywane paliwo. Porównanie ilości emitowanych zanieczyszczeń do atmosfery z analizowanych rozwiązań grzewczych umożliwia wyłonienie najmniej uciążliwego dla środowiska naturalnego sposobu ogrzewania budynku. Przyjęte założenia oraz parametry potrzebne do przeprowadzenia analiz zawarte zostały w tabeli 1.

Tabela 1. Dane dla nowego domu jednorodzinnego o powierzchni 150 m²

Powierzchnia domu:	150 m ²
Liczba osób zamieszkujących:	3 osoby
Współczynnik zapotrzebowania na ciepło, k	50 kWh/(m ² rok) ¹
Zużycie c.w.u. ² :	50 litr/(osobę·dzień)
Temperatura zimnej wody	10°C
Wymagana temperatura c.w.u.:	45°C
Liczba dni korzystania z c.w.u. pomniejszona o dni wolne:	346 dni/rok
Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku, Q _{co}	7500 kWh/rok
Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania c.w.u., Q _{cwu}	2113 kWh/rok
Całkowite zapotrzebowanie na ciepło, Q	9613 kWh/rok
Cyrkulacja ciepłej wody użytkowej	Bez cyrkulacji c.w.u.

¹ w przypadku domu energooszczędnego zgodnie z europejską normą ISO: 30-70 kWh/(m²rok) [4]; ² zużycie c.w.u. (ciepła woda użytkowa) zależne jest od celu jej użytkowania, przykładowo dla indywidualnych osób zużycie może wynosić 30-80 litrów/(osobę·dobę) [5, 6]

Porównując sposób ogrzewania domu jednorodzinnego należy uwzględnić taryfę grzewczą (np. energia elektryczna – G12 noc/dzień, pompa ciepła gruntowa – G12 noc/dzień w systemie dwutaryfowym: 70 % poboru energii w taryfie nocnej, 30% w taryfie dziennej, pompa ciepła pokrywa całkowite zapotrzebowanie na ciepło do budynku) dla poszczególnego paliwa oraz cenę. Przy obliczeniach kosztu opalania

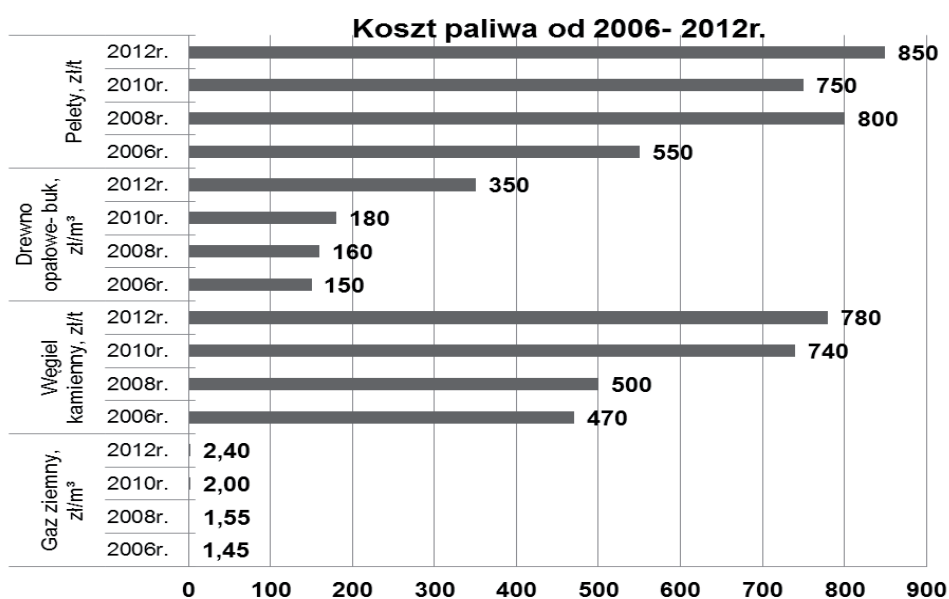
budynku mieszkalnego przy zastosowaniu konkretnego opału należy uwzględnić koszt paliwa całkowity brutto (uwzględniono średnią cenę z 2012r.), wartość opałową, sprawność danego urządzenia oraz całego systemu.

Porównanie średnich cen energii w latach 2009-2012 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Koszt wybranych nośników energii od 1999 do 2012 r. [2, 7]

Rok	1999	2002	2006	2008	2010	2012
Drewno opałowe- buk ¹ /w zł/m ³ /	70	120	150	160	180	350
Pelety /w zł/t/	bd	bd	550	800	750	850
Gaz ziemny /w zł/m ³ /	0,82	1,10	1,45	1,55	2,00	2,40
Węgiel kamienny/w zł/t/	350	450	470	500	740	780

bd- brak danych, ¹w cenie drewna zawarty jest koszt dostawy do budynku



Wykres 1. Porównanie średnich cen paliwa od 2006-2012 r.

W obliczeniach emisji zanieczyszczeń z analizowanych systemów grzewczych uwzględniano wartość opałową poszczególnych paliw, sprawność średnioroczną źródeł ciepła oraz skorzystano z danych zawartych w tabeli 1.

Wyniki

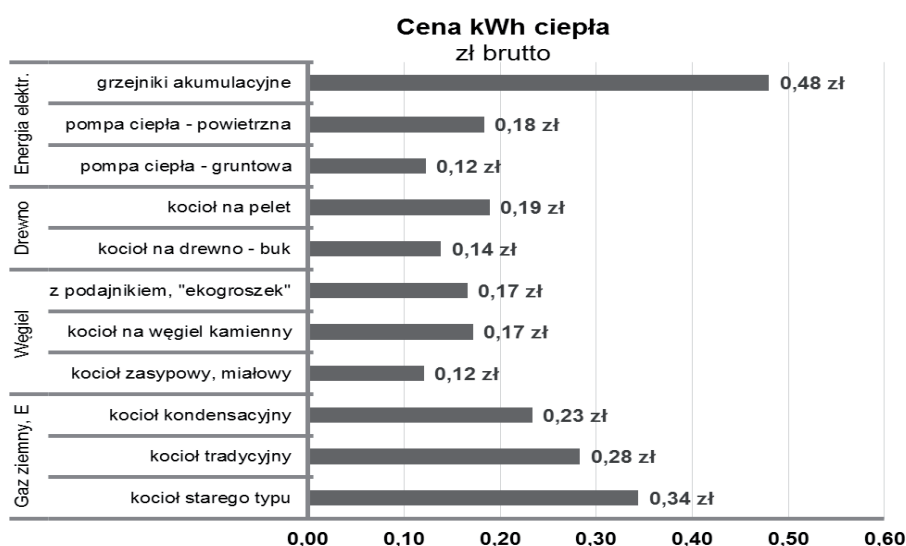
Wyniki obliczeń kosztów ogrzewania rozpatrywanego budynku wybranymi źródłami energii zestawiono w tabeli 3 oraz przedstawiono na wykresach 2-3.

Tabela 3. Koszty ogrzewania budynku mieszkalnego o powierzchni 150 m² na podstawie średnich cen nośników energii w 2012 r.

Paliwo		Koszt ogrzewania /w zł brutto/rok/	Koszt kWh /w zł brutto/kWh/	Zużycie paliwa
Gaz ziemny, E	Kocioł starego typu	3306	0,34	1377 m ³ /rok
	Kocioł tradycyjny	2722	0,28	1134 m ³ /rok
	Kocioł kondensacyjny	2247	0,23	936 m ³ /rok
Węgiel	Kocioł zasypowy, miałowy	1159	0,12	2,32 ton/rok
	Kocioł na węgiel kamienny	1650	0,17	2,12 ton/rok
	Z podajnikiem „ekogroszek”	1598	0,17	1,78 ton/rok
Drewno	Kominek na drewno-buk	1333	0,14	6,66 m.p./rok
	Kominek na pelet	1821	0,19	2,14 ton/rok
Energia elektryczna	Pompa ciepła-gruntowa	1178	0,12	2403 kWh/rok
	Pompa ciepła-powietrzna	1762	0,18	3204 kWh/rok
	Grzejnik akumulacyjny	4614	0,48	9613 kWh/rok



Wykres 2. Koszty ogrzewania analizowanego budynku w zł brutto/rok



Wykres 3. Koszty uzyskania kWh ciepła z rozpatrywanych źródeł

Największy wpływ na wielkość nakładów pieniężnych ponoszonych na ogrzewanie domu wywiera wybór źródła energii. Przy wyborze zasilania konkretnym paliwem decydującym kryterium są koszty przeznaczone na ogrzewanie mieszkania, na które może wpływać m.in.: odpowiednie użytkowanie oraz poziom strat podczas przesyłu energii cieplnej, rodzaj paliwa, jak i jego jakość, poziom sprawności urządzeń służących do grzania lokalu mieszkalnego, odpowiednie zastosowanie ciepłochłonności rozwiązań zastosowanych podczas budowy.

W celu obniżenia wydatków istotne jest zastosowanie odpowiedniej termoizolacji budynku, regulacji temperatury, korzystanie z wysokosprawnych urządzeń grzewczych oraz paliwa wysokiej jakości. Istotnym czynnikiem, który może w większym stopniu obniżyć koszty użytkowania domu jest zastosowanie dodatkowych urządzeń pozwalających na tanie pozyskiwanie energii, np. kolektorów słonecznych.

Na podstawie przyjętych założeń wskaźników zapotrzebowania ciepła dla budynku, sprawności pracy systemów grzewczych, aktualnych cen paliwa i nośników energii z 2012 r. oszacowano wydatki na eksploatację analizowanych systemów grzewczych. Zestawienie to może ułatwić wybór rozwiązania ogrzewania budynku, gdyż decyzja o przyjętym systemie ogrzewania ma odzwierciedlenie w budżecie domowym przez lata. Racjonalnie przyjęty system ogrzewania powoduje obniżenie kosztów eksploatacyjnych, co pozwala na zwrot, we wskazanym czasie, podwyższonych kosztów inwestycyjnych. Wyniki oszacowania nakładów finansowych na eksploatację analizowanych systemów grzewczych przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Koszty eksploatacji systemu grzewczego budynku jednorodzinnego

Paliwo		Koszty eksploatacji systemu grzewczego /w PLN/rok brutto/		
		Ogrzewanie co	Ciepła woda c.w.u.	Suma co+c.w.u.
Gaz ziemny, E	Kocioł starego typu	2766	1188	3954
	Kocioł kondensacyjny	1776	713	2489
	Kocioł kondensacyjny+ kolektory słoneczne ¹	1776	285	2061
Węgiel	Kocioł zasypowy, miałowy	1330	588	1918
	Z podajnikiem „ekogroszek”	1276	705	1981
Drewno	Kocioł na drewno	1092	645	1737
	Kocioł na pelet	1443	668	2111
Energia elektryczna	Pompa ciepła (taryfa G12)	923	509	1432
	Grzejnik akumulacyjny	4151	1529	5680

¹ przy współpracy z instalacją solarną przyjęto, że pokrywa ona 60 % rocznego zapotrzebowania ciepła dla podgrzewania c.w.u.

Tabela 5. Porównanie przykładowych kosztów inwestycji

	Kocioł gazowy (gaz ziemny)	Kocioł na biomasę (pelety)	Pompa ciepła (powietrzna)
Koszty instalacji /w zł/	18 550	14 820	29 880
Łączne koszty inwestycji ¹ /w zł /	434 050	430 320	445 380

¹w łączny koszt inwestycji wliczono prócz kosztu instalacji koszt budowy domu parterowego o powierzchni 150m³, który jest wartością założoną i wynosi 415 500 zł.

Emisję zanieczyszczeń do powietrza powodują zarówno źródła naturalne, np. erupcja wulkanów, jak i związane z działalnością człowieka. Podczas spalania paliw decydującą rolę odgrywa rodzaj paliwa, konstrukcja kotła grzewczego, palnika, harmonogram parametrów pracy oraz budowa i sprawność urządzenia. Emisje

zanieczyszczeń powoduje praktycznie każdy system grzewczy. Poglądowe wyniki obliczeń rocznej emisji zanieczyszczeń dla analizowanego domu jednorodzinnego, z uwzględnieniem braku cyrkulacji ciepłej wody użytkowej, zawarto w tabeli 6.

Tabela 6. Roczna emisja zanieczyszczeń dla budynku mieszkalnego o powierzchni 150 m² /w kg/rok/

Paliwo		CO ₂	CO	Pył	SO ₂	NO _x
Gaz ziemny, E	Kocioł starego typu	3502	2,07	0,01	0,06	1,52
	Kocioł kondensacyjny	2204	1,30	0,00	0,03	0,95
	Kocioł kondensacyjny+ kolektory słoneczne	1826	1,08	0,00	0,03	0,79
Węgiel	Kocioł na miał	6895	283,89	7,12	38,93	5,68
	Kocioł na „ekogroszek”	5938	244,52	6,13	33,53	4,89
Drewno	Kocioł na drewno	282	171,65	0,20	85,29	2,79
	Kocioł na pelety	797	23,57	0,17	2,41	2,33
Energia elektryczna ¹	Pompa ciepła (taryfa G12)	brak	brak	brak	brak	brak
	Grzejnik akumulacyjny	brak	brak	brak	brak	brak

¹ nie stwierdzono emisji zanieczyszczeń gdyż energia elektryczna (grzejnik akumulacyjny, pompa ciepła) nie powodują emisji lokalnych w miejscu zainstalowania

Wnioski

Koszty ponoszone na ogrzewanie budynku od 1999 r. do 2012 r. znacznie wzrosły. Ponadto prognoza kosztów jest rosnąca na kolejne lata.

W związku z tym należy stale poszukiwać nowych rozwiązań pozwalających obniżyć koszty, np. poprzez wykorzystanie taniego paliwa lub obniżenie jego zużycia oraz podniesienie sprawności wytwarzania energii.

W tradycyjnych systemach grzewczych największe wydatki oszacowano przy zastosowaniu grzejników akumulacyjnych (4614 zł/rok), natomiast podczas ogrzewania domu węglem (z wykorzystaniem kotła zasypowego) jest to czterokrotnie niższy nakład finansowy (1159 zł). W przypadku nowoczesnych źródeł ciepła najniższymi kosztami użytkowania charakteryzują się pompy ciepła (0,12 zł/kWh). Porównując ceny ogrzewania kotłem starego typu, tradycyjnym oraz kondensacyjnym należy zauważyć, że najbardziej opłacalnym rozwiązaniem, pod względem ekonomicznym, jest zastosowanie kotła kondensacyjnego. Sprawność kotłów na paliwo stałe zmniejsza się podczas trybu podgrzewania c.w.u. poza sezonem grzewczym, przyczyniając się jednocześnie do wzrostu strat rozruchu i postoju.

Porównanie kosztów eksploatacyjnych różnych rozwiązań grzewczych pozwala stwierdzić, że najdroższe jest zastosowanie grzejników akumulacyjnych, a najbardziej opłacalne pomp ciepła. Nakłady finansowe ponoszone na ogrzewanie domu gazem ziemnym, stosując kocioł starego typu, gwarantują koszty dużo większe (3954 zł), jak w przypadku zastosowania kotła kondensacyjnego współpracującego z instalacją solarną (2061 zł).

Pozyskiwanie energii cieplnej ze źródeł odnawialnych często jest kojarzone ze sporymi kosztami ponoszonymi na instalację podczas etapu inwestycyjnego. Największych nakładów finansowych wymagać będzie realizacja rozwiązania grzewczego z zastosowaniem pompy ciepła, a najmniejszych kotła na biomasę.

Zastosowanie kotła na miał powoduje emisję dużej ilości zanieczyszczeń do atmosfery, m.in. takich jak: CO₂, CO, pyły i NO_x. Najmniejsza ilość związków szkodliwych środowisku emitowana jest przez kocioł kondensacyjny pracujący samodzielnie lub współpracujący z kolektorem słonecznym. Zastosowanie pompy ciepła i grzejnika akumulacyjnego generuje najmniejszą ilość emitowanych zanieczyszczeń do atmosfery. Generalnie można wskazać, że energooszczędne rozwiązania gwarantują, w przypadku współpracy z systemem grzewczym, niższe koszty eksploatacyjne oraz są bardziej przyjazne środowisku, gdyż nie powodują znacznych emisji zanieczyszczeń do powietrza. Ponadto z przeprowadzonych analiz wynika, że najlepszym rozwiązaniem grzewczym dla rozpatrywanego domu jednorodzinnego o powierzchni 150 m² jest zastosowanie pompy ciepła, która wymaga wysokich nakładów finansowych na inwestycję ale gwarantuje niskie koszty eksploatacyjne oraz nie emituje szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery. Średni czas zwrotu kosztów inwestycyjnych poniesionych na pom-

pę ciepła może wynieść ok. od 5 do 15 lat, w zależności od awaryjności i wielkości instalacji.

Piśmiennictwo

1. Dziedzic M. *Jak budować? Kompendium wiedzy budowlanej. Budowa domu od A do Z*. Wydawnictwo Internetowe Ecopress; 2011: 330-411.
2. Dziedzic T. *Koszty stosowania gazowych kotłów grzewczych kondensacyjnych, w stosunku do kotłów gazowych niskotemperaturowych i kotłów opalanych paliwem stałym*. Kraków: Instytut Nafty i Gazu; 2010.
3. Bogacki M, Osiecki A, Pasierb S, Wojtulewicz J. *Odnawialne źródła energii. Efektywne wykorzystanie w budynkach. Finansowanie przedsięwzięć*. Wyd. 2. Katowice: Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii; 2010: 13-17, 41-46.
4. Graczyk A. *Poradnik dobrych praktyk gospodarowania energią w mikroprzedsiębiorstwie*. Białystok: Wyższa Szkoła Ekonomiczna w Białymstoku; 2011: 41.
5. Jurkiewicz A. *Poradnik dla audytorów energetycznych*. [wersja online] 2006 [cyt. 15.04.2013]. Dostępny na: <http://www.audit-energetyczny.net/poradnik-audytora-energetycznego.php#pae002>
6. Kondratiuk S. *Systemy c.w.u.* [wersja online] 2013 [cyt. 27.08.2013]. Dostępny na: <http://www.czystaenergia.legnica.pl/systemy-cwu?showall=1&limitstart=>
7. Cieślak U, Głośniewska A, Laskowski P. *Musi być drożej. Ile kosztuje ogrzewanie*. Murator [wersja online] 2012 marzec [cyt. 15.04.2013]. Dostępny na: <http://muratorom.pl/biblioteka-muratora/instalacje/ogrzewanie-domu/musi-byc-drozej-ile-kosztuje,797/>

Adres do korespondencji:

Monika Pawlita
Lipki 69
49-300 Brzeg
Tel. +48 696 322 816
E-mail: nika.p16@wp.pl

Praca wpłynęła do redakcji: 06.07.2013

Po recenzji: 16.09.2013

Zaakceptowana do druku: 20.09.2013