

Bożena BABIARZ<sup>1</sup>  
Justyna BORKOWSKA<sup>2</sup>

## ANALIZA EKSPLOATACYJNA INSTALACJI SŁONECZNEJ PRACUJĄCEJ NA POTRZEBY PRZYGOTOWANIA C.W.U. DLA BUDYNKU WIELORODZINNEGO

Celem niniejszej pracy jest przeprowadzenie analizy instalacji słonecznych pod kątem eksploatacyjnym. Zasadniczą część opracowania stanowi analiza istniejącej od 2005 r. instalacji słonecznej pracującej dla potrzeb przygotowania ciepłej wody użytkowej dla mieszkańców budynku wielorodzinnego. W pracy wykorzystano rzeczywiste dane eksploatacyjne z dziesięciu lat działania instalacji, udostępnione przez Spółdzielnię Mieszkaniową „ZODIAK” w Rzeszowie. Przeanalizowano koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz koszty serwisowe instalacji. Na koszty eksploatacyjne instalacji słonecznych składają się m.in.: koszty zużycia i przygotowania c.w.u., koszty zużycia energii elektrycznej przez pompy obiegowe instalacji słonecznych, oraz koszty serwisowania instalacji. Na podstawie niniejszej analizy można wysnuć szereg wniosków możliwych do wykorzystania w analizach techniczno-finansowych na etapie projektowania inwestycji w odnawialne źródła energii. Przeprowadzona analiza wykazała, iż instalacja słoneczna w znacznym stopniu obniża koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej. Koszt przygotowania 1 m<sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku wielorodzinnym w 2015 r. przy udziale instalacji słonecznej stanowił 67% kosztów podgrzewu ciepłej wody w budynku o podobnej kubaturze wykorzystującym ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej. Pompy obiegowe zastosowane w instalacjach słonecznych charakteryzują się stosunkowo małym zużyciem energii elektrycznej. Koszty serwisowe instalacji są niewielkie i zależą od wielkości instalacji, jej lokalizacji oraz budowy.

**Słowa kluczowe:** eksploatacja, instalacje słoneczne, kolektory słoneczne, koszty, analiza, serwisowanie

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji / corresponding author: Bożena Babiarz, Politechnika Rzeszowska, Zakład Ciepłownictwa i Klimatyzacji, Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów; tel. 178651445; bbabiarz@prz.edu.pl

<sup>2</sup> Justyna Borkowska, Politechnika Rzeszowska, Al. Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów; j.borkowska92@gmail.com

## 1. Wprowadzenie

Perspektywa możliwości wyczerpania się zapasów paliw kopalnianych oraz rozwój świadomości społecznej w ogromnej mierze przyczyniają się do poszukiwania rozwiązań i technologii, które wykorzystują odnawialne źródła energii. Jednym z takich rozwiązań są instalacje słoneczne, zamieniające energię promieniowania słonecznego na ciepło, które wykorzystywane jest do różnorodnych celów [1,2].

Analiza eksploatacyjna instalacji słonecznej wykonywana jest w celu określenia z jakimi kosztami wiąże się użytkowanie instalacji słonecznych. Stanowi ona swego rodzaju bazę danych, którą można wykorzystać do wyliczenia rocznych kosztów eksploatacyjnych instalacji [3]. Na podstawie kart katalogowych, dokumentacji technicznej i projektowej, faktur i rachunków w łatwy sposób można określić średnie zużycie ciepłej wody użytkowej, zużycie energii elektrycznej przez pompy obiegowe instalacji słonecznej czy koszty serwisowania instalacji. Na dzień dzisiejszy firmy serwisowe oferują prosty coroczny przegląd bieżący w zakresie cenowym od 100 do 300 zł. Ponadto co 5 lat zalecana jest wymiana nośnika ciepła na nowy. Wówczas przegląd może kosztować nawet 400÷500 zł. Jeżeli instalacja pracuje poprawnie (brak przegrzewów) to wymiana nośnika ciepła nie będzie konieczna. Kontrola jego stanu tak czy inaczej jest wskazana [4,5]. Przykłady zastosowania kolektorów słonecznych wspomagających instalację centralnej ciepłej wody są przedmiotem wielu analiz w różnych aspektach i konfiguracjach współpracy z innymi źródłami ciepła, [6, 7, 8].

Aby instalacja funkcjonowała poprawnie przez cały okres jej eksploatacji należy zadbać także o to aby standardowe temperatury robocze oraz okresowe przeglądy z zalecanymi pracami serwisowymi były wykonywane systematycznie.

W pracy na podstawie danych udostępnionych przez Spółdzielnię „ZODIAK”, dotyczących instalacji słonecznej znajdującej się przy ulicy Króla Augusta w Rzeszowie [9], wykonano analizę eksploatacyjną oraz przeanalizowano energochłonność pomp obiegowych instalacji słonecznych [10].

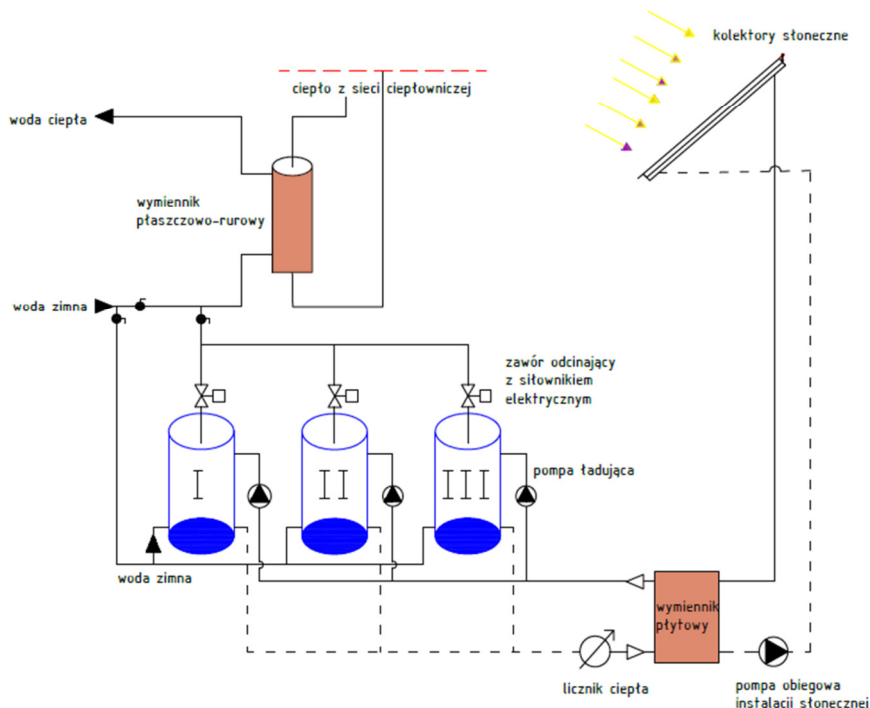
## 2. Charakterystyka analizowanej instalacji słonecznej

W pracy przedstawiono analizę eksploatacyjną instalacji słonecznej zbudowanej z dwóch osobno działających instalacji, znajdujących się na budynku mieszkalnym wielorodzinnym przy ulicy Króla Augusta w Rzeszowie, służących do przygotowania ciepłej wody użytkowej dla mieszkańców zamieszkujących obiekt. Energia pozyskiwana z instalacji słonecznej, nie jest jedynym źródłem energii. Dodatkowo budynki wyposażone są w indywidualne węzły cieplne c.o. i c.w.u. Nowoczesny system ciepłowniczy został zamontowany przez Spółdzielnię „ZODIAK”. Pierwsza instalacja słoneczna zbudowana jest z 48 płaskich kolektorów słonecznych, usytuowanych na dachu budynku po południowo-zachodniej stronie, na stalowej konstrukcji wsporczej, pod kątem  $45^\circ$  do poziomu. Nośnikiem energii cieplnej w obu instalacjach jest wodny roztwór glikolu propylenowego. Transport czynnika roboczego

odbywa się przy udziale pomp obiegowych instalacji słonecznych. Do magazynowania ciepłej wody użytkowej w przypadku instalacji słonecznej I zaprojektowano 6 zbiorników akumulacyjnych o pojemności 800 dm<sup>3</sup> każdy. Instalację zabezpieczono naczyniem przeponowym o ciśnieniu dopuszczalnym 6 bar, oraz zaworem bezpieczeństwa o ciśnieniu otwarcia 6 bar. Do przekazywania ciepła pomiędzy czynnikiem grzewczym a ogrzewanym w instalacji I służy płytowy wymiennik ciepła. Wszystkie przewody rurowe zaizolowano termicznie.

Druga instalacja zbudowana jest z 34 płaskich kolektorów, usytuowanych na dachu obiektu po południowo-wschodniej stronie, na stalowej konstrukcji wsporczej, pod kątem 45° do poziomu. Do magazynowania ciepłej wody użytkowej instalacji słonecznej II zaprojektowano 4 zbiorniki akumulacyjne o pojemności 800 dm<sup>3</sup> każdy. Instalację zabezpieczono naczyniem przeponowym o ciśnieniu dopuszczalnym 6 bar, oraz zaworem bezpieczeństwa o ciśnieniu otwarcia 6 bar. Przepływ ciepła pomiędzy czynnikiem grzewczym a ogrzewanym w instalacji II odbywa się przy udziale wymiennika ciepła. Tak jak w przypadku instalacji I przewody rurowe zaizolowano termicznie.

Zasada działania omawianej instalacji jest o tyle nietypowa, że zbiorniki nie posiadają wężownic ani żadnego innego wymiennika wewnątrz. Są więc one jedynie zbiornikami kumulującymi ciepłą wodę. Ciepła woda w zbiornikach uzyskiwana jest dzięki ciepłu z kolektorów za pośrednictwem wymiennika. Stąd unika się sytuacji powstawania kamienia kotłowego w zbiornikach. Ułatwia to eksploatację instalacji c.w.u. [8, 10]. Tworzący się kamień kotłowy na wymienniku płytowym, może być usuwany po rozkręceniu wymiennika. Taki typ instalacji maksymalnie zwiększa jej sprawność oraz pozwala na uzyskanie maksymalnej różnicy temperatur. W sytuacji, gdy woda wychodząca ze zbiornika nie jest podgrzana do odpowiedniej temperatury (np. pochmurne dni), zanim dotrze do odbiorców trafia na płaszczowo-rurowy wymiennik ciepła, który dogrzewa wodę z ciepła pozyskanego z miejskiej sieci ciepłowniczej. Ponieważ instalacja słoneczna składa się z dwóch instalacji nie połączonych ze sobą, ze względu na ich usytuowanie nie mogą one pracować razem. Do południa pracuje mniejsza instalacja II, która uzyskuje maksymalne temperatury w zbiornikach już około godziny 11-12. Natomiast po południu ze względu na swoje południowo-zachodnie umiejscowienie pracuje instalacja większa I. Początkowymi założeniami w przypadku zbiorników był montaż 2 i 3 większych zbiorników. Jednak z uwagi na problemy konstrukcyjne oraz niemożliwość wniesienia takich zbiorników do wymiennikowni, zdecydowano się na 4 i 6 mniejszych zbiorników. Jest to sytuacja o wiele bardziej skomplikowana z punktu widzenia automatyki. Z tego względu założenia automatyki są takie, że każda para zbiorników traktowana jest jako jeden zbiornik. Dzięki tak dobranej automatyce instalacji, woda dostarczana do odbiorców transportowana jest zawsze tylko z jednej pary zbiorników. Jest to ta para, w której w obecnej chwili woda jest najcieplejsza. W sytuacji gdy woda się ochłodzi, zawór odcinający z siłownikiem elektrycznym zamyka się a układ automatyki pozwala na otwarcie innego zaworu i woda pobierana jest np. ze zbiornika II. Uproszczony schemat analizowanej instalacji słonecznej przedstawiono na rysunku 1 [10].



Rys. 1. Uproszczony schemat analizowanej instalacji słonecznej

Fig. 1. Simplification scheme analyzed solar installation

### 3. Koszty eksploatacyjne omawianej instalacji słonecznej

#### 3.1. Koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej w wybranych latach

Koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej i jej zużycie w latach 2013÷2015 w przypadku zastosowania instalacji słonecznej przedstawiono w tabeli 1. Największe roczne zużycie ciepłej wody użytkowej w omawianym budynku wielorodzinnym zaobserwowano w roku 2014 i wynosiło ono 4535,2 m<sup>3</sup>/rok. Rok 2015 z kolei charakteryzował się najmniejszym zużyciem c.w.u. W 2015 r. zużycie ciepłej wyniosło 4356,60 m<sup>3</sup>. Liczba osób zamieszkujących budynek na grudzień 2015 roku wynosi 171. Oznacza to, że średnie roczne zużycie ciepłej wody użytkowej na jednego mieszkańca to około 25,47 m<sup>3</sup>/M-rok. Stąd średnie miesięczne zużycie ciepłej wody przez jednego mieszkańca wynosi około 2,12 m<sup>3</sup>/M-mc, a dobowe około 0,071 m<sup>3</sup>/M-d [9,10].

W przeliczeniu na złotówki miesięczny koszt podgrzania takiej ilości wody to 20,22 zł/M-mc, natomiast średni dobowy koszt przygotowania ciepłej wody użytkowej to około 0,67 zł/ M-d, a więc 9,53 zł/m<sup>3</sup>. Dla porównania koszt podgrzania 1m<sup>3</sup> c.w.u. ciepłem z sieci miejskiej dla budynku wielorodzinnego o podobnej kubaturze, wybudowanego przez Spółdzielnię „ZODIAK” znajdującego się przy

Tabela 1. Koszt i zużycie ciepłej wody użytkowej w latach 2013 ÷ 2015

Table 1. Cost and use of domestic hot water in 2013 ÷ 2015

Rok	Średni roczny koszt przygotowania ciepłej wody użytkowej [zł/m <sup>3</sup> ]	Zużycie [m <sup>3</sup> /rok]
2013	9,47	4386,00
2014	8,73	4535,20
2015	9,53	4356,60

ulicy Gromskiego w Rzeszowie wynosi około 14,16 zł/m<sup>3</sup>. Oznacza to, że instalacja słoneczna obniża koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej o 4,6 zł/m<sup>3</sup>, co stanowi ok. 33%.

### 3.2. Koszty serwisowe

Na koszty serwisowe w analizowanej instalacji składają się: koszty wymiany i uzupełnienia instalacji glikolem, wymiany pomp obiegowych instalacji słonecznych, wymiany pomp ładujących zasobnik, koszty wymiany otuliny oraz koszty regeneracji wymiennika ciepła. Omawiana w niniejszej pracy instalacja słoneczna, została założona w 2005 r. Przez dwa kolejne lata użytkowania instalacji, Spółdzielnia nie ponosiła żadnych kosztów związanych z eksploatacją z uwagi na jej dwuletnią gwarancję [9]. Po tym okresie wykonano czynności serwisowe, które zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Czynności serwisowe w latach 2005÷2015

Table 2. Service operations in 2005÷2015

Rok	Czynność serwisowa	Cena [zł]
2005	Okres gwarancji	
2006		
2008	Wymiana pomp ładujących zasobniki	1646,6
2012	Wymiana otuliny + taśmy aluminiowej	253,73
2013	Wymiana pomp obiegowych instalacji	885,60
2014	Regeneracja płytowego wymiennika ciepła	1000,00

Koszty zakupu i uzupełnienia instalacji glikolem w latach 2007÷2015 zestawiono w tabeli 3. Analizując dane można zaobserwować rosnące z roku na rok ceny czynnika roboczego.

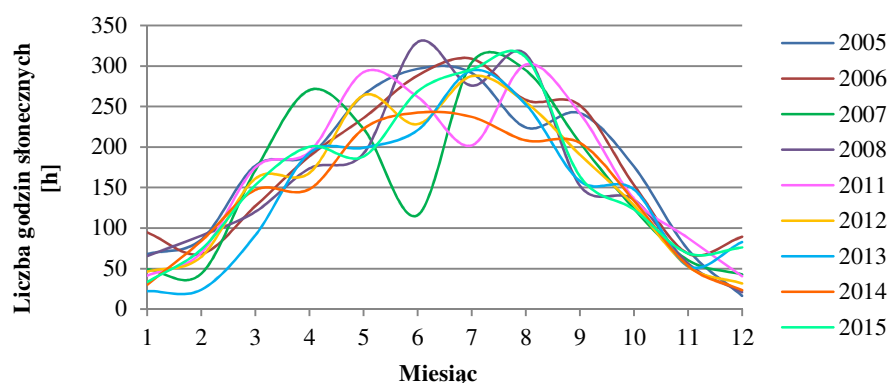
Tabela 3. Koszty zakupu glikolu w poszczególnych latach eksploatacji

Table 3. The purchase price of glycol in years of use

Rok zakupu glikolu	[dm <sup>3</sup> ]	Cena [zł]	Uzupełnienie	Kosz glikolu + uzupełnienie
2005	okres gwarancji - brak kosztów			
2006				
2007	40,00	311,10	2 x 50 zł/r-g	411,10
2008	40,00	302,56	2 x 50 zł/r-g	402,56
2008	40,00	322,08	2 x 50 zł/r-g	422,08
2010	20,00	199,99	2 x 50 zł/r-g	299,99
2012	20,00	221,40	2 x 50 zł/r-g	321,40
2012	20,00	221,40	2 x 50 zł/r-g	321,40
2015	20,00	266,92	2 x 50 zł/r-g	366,92

### 3.3. Energochłonność pomp obiegowych instalacji słonecznych

Energochłonność pomp obiegowych instalacji słonecznych rozumiana jest jako zapotrzebowanie pomp na energię elektryczną do przeprowadzenia określonego procesu. Dysponując średnim zużyciem energii przez pompy instalacji słonecznych (tabela 4) oraz liczbą godzin słonecznych w łatwy sposób można określić ich roczną energochłonność. Przy wykorzystaniu danych dla stacji meteorologicznej Rzeszów-Jasionka dotyczących średniego usłonecznienia (tabela 5) zobrażowano miesięczne usłonecznienie w poszczególnych latach (rysunek 2). Na podstawie rysunku można zauważyć, że największy uzysk słoneczny występuje w miesiącach od kwietnia do września. Wtedy też instalacja słoneczna pracuje z największą wydajnością. Natomiast najmniejszą liczbę godzin słonecznych zaobserwowano w styczniu, lutym oraz listopadzie i grudniu. Stąd wniosek, że



Rys. 2. Liczba godzin słonecznych w poszczególnych latach dla stacji meteorologicznej Rzeszów – Jasionka

Fig. 2. Accumulated sunshine hours in recent years for weather station Rzeszów – Jasionka

Tabela 4. Charakterystyka pomp obiegowych instalacji słonecznej

Table 4. Characteristic circulating pumps of solar installation

Dane	Pompa obiegowa instalacji I	Pompa obiegowa instalacji II
Firma	Grundfos	
Model	UPS 32-120F	UPS 32-60F
Liczba pomp [sztuki]	1	1
Funkcja	Pompa obiegowa instalacji słonecznej	
Pobór mocy P <sub>min</sub> [kW]	0,29	0,15
Pobór mocy P <sub>max</sub> [kW]	0,79	0,38

Tabela 5. Roczne usłonecznienie dla stacji meteorologicznej Rzeszów- Jasionka na podstawie [11]

Table 5. Annual numerous of hours of sunshine for weather station Rzeszów – Jasionka based on [11]

Rok/miesiąc	2005	2006	2007	2008	2011	2012	2013	2014	2015
styczeń	67,90	94,60	49,20	65,50	41,30	46,20	22,20	30,20	33,50
luty	85,80	68,10	43,90	90,70	69,60	64,60	23,90	84,20	73,70
marzec	177,10	127,20	171,40	120,20	174,90	161,20	91,30	147,20	153,10
kwiecień	189,90	188,90	270,40	173,60	194,10	168,20	192,80	148,10	200,50
maj	264,50	236,00	222,50	192,20	292,50	264,00	199,20	222,70	188,40
czerwiec	296,60	288,30	116,00	329,70	262,00	228,30	220,90	242,50	268,60
lipiec	291,50	309,00	304,30	275,90	202,10	287,60	294,60	237,30	295,80
sierpień	224,20	258,10	294,80	314,70	301,90	255,10	252,60	208,20	310,90
wrzesień	242,00	251,60	205,50	152,30	241,60	190,70	158,00	205,20	163,90
październik	175,90	153,20	123,80	135,20	136,00	128,20	147,60	133,80	122,90
listopad	73,30	68,50	60,30	56,20	87,70	52,40	53,10	53,20	68,80
grudzień	16,40	89,30	42,70	20,70	40,60	31,70	82,90	23,40	76,10
Suma godzin słonecznych roku [h]	2105,10	2132,80	1904,80	1926,90	2044,30	1878,20	1739,10	1736,00	1956,20

instalacja słoneczna w tych miesiącach będzie pracowała z najmniejszą efektywnością oraz z najmniejszą mocą. Wiedząc jednak, że największe zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową jest w miesiącach zimowych można wnioskować, że w tych miesiącach instalacja słoneczna nie będzie w stanie pokryć całkowitego zapotrzebowania na c.w.u. i właśnie w tym okresie będzie konieczne wykorzystanie innego źródła ciepła [9,10].

Na rysunku 3 zobrazowano średnią roczną energochłonność pomp obiegowych analizowanych instalacji słonecznych, wyznaczoną według wzoru:

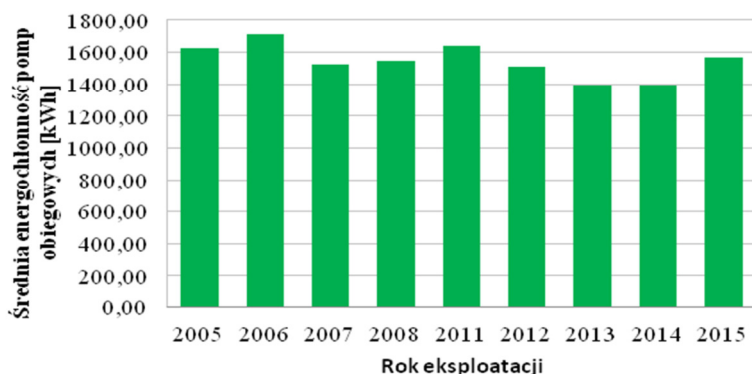
$$E_{cht} = E_{pomp} \cdot \sum h \text{ [kWh]} \quad (1)$$

gdzie:

$E_{cht}$  - roczna energochłonność pompy obiegowej instalacji słonecznej [kWh],

$E_{pomp}$  - średnie zużycie energii przez pompę obiegową instalacji słonecznej [kW],

$\sum h$  - suma godzin słonecznych w danym roku [h/rok].



Rys. 3. Energochłonność pomp obiegowych analizowanych instalacji

Fig. 3. Energy consumption by circulating solar pumps in analyzed solar installations

Średnie zużycie energii przez pompy obiegowe instalacji słonecznej, wyznaczono opierając się o dane z tabeli 4, korzystając ze wzoru:

$$E_{pomp} = \frac{P_{min} + P_{max}}{2} \text{ [kW]} \quad (2)$$

gdzie:

$E_{pomp}$  – średnie zużycie energii przez pompę obiegową instalacji słonecznej [kW],

$P_{min}$  – minimalny pobór mocy pompy obiegowej instalacji słonecznej [kW],

$P_{max}$  – maksymalny pobór mocy pompy obiegowej instalacji słonecznej [kW].

Liczbę godzin pracy pomp przyjęto na podstawie danych z tabeli 5 i rys. 2 oraz wykorzystano do obliczenia energochłonności w latach 2005÷2015.

Obliczoną energochłonność pomp obiegowych analizowanej instalacji słonecznej w poszczególnych latach zobrazowano na rys. 3.

### 3.4. Zbiorcze zestawienie kosztów serwisowych

Po przeprowadzeniu analizy eksploatacyjnej instalacji słonecznej w budynku wielorodzinnym wykonano zbiorcze zestawienie czynności serwisowych oraz wiążące się z nimi koszty w poszczególnych latach użytkowania, które zamieszczono w tabeli 6.

Analizując podsumowujące czynności serwisowe oraz koszty z nimi związane (tab. 6) wyraźnie widać, że w każdym roku eksploatacji koszty różniły się od siebie. W latach 2005 i 2006 omawiana instalacja objęta była gwarancją, stąd nie odnotowano żadnych kosztów eksploatacyjnych. Dodatkowo w latach 2009 oraz 2011 nie występowały żadne czynności serwisowe. Stąd wniosek, że nie można z góry przewidzieć przy analizie eksploatacyjnej jakie będą koszty w poszczególnych latach. Łączny koszt serwisowania instalacji w przeciągu 10 lat to 6331,38 zł [9]. Oznacza to, że średni roczny koszt czynności serwisowych instalacji wynosił



Tabela 6. Zbiorcze zestawienie kosztów serwisowych w poszczególnych latach

Table 6. Collective summary of maintenance costs in years

Rok	Czynność serwisowa	Koszt [zł]
2005	Okres gwarancji	Brak
2006		
2007	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	411,10
2008	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	2471,24
	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	
	Wymiana pomp ładujących zasobniki	
2010	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	299,99
2012	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	896,53
	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	
	Wymiana otuliny + taśma aluminiowa	
2013	Wymiana pomp obiegowych instalacji słonecznych	885,60
2014	Regeneracja płytowego wymiennika ciepła	1000,00
2015	Zakup i uzupełnienie instalacji glikolem	366,92
		6331,38

około 633 zł/rok. Aby uzyskać całkowity koszt eksploatacyjny instalacji słonecznej w danym roku, do kosztów serwisowych należy doliczyć także koszty podgrzania ciepłej wody użytkowej oraz koszty energii elektrycznej, jaką zużywają pompy obiegowe instalacji słonecznych.

#### 4. Wnioski

Na koszty eksploatacyjne instalacji słonecznych składają się m.in.: koszty zużycia i przygotowania c.w.u., koszty zużycia energii elektrycznej przez pompy obiegowe instalacji słonecznych, oraz koszty serwisowania instalacji. Instalacja słoneczna w znacznym stopniu obniża koszty przygotowania ciepłej wody użytkowej. Koszt przygotowania 1m<sup>3</sup> ciepłej wody użytkowej w analizowanym budynku wielorodzinnym zlokalizowanym w Rzeszowie w 2015 r. przy udziale instalacji słonecznej był o około 4,6 zł/m<sup>3</sup> niższy, niż w przypadku budynku o podobnej kubaturze wykorzystującego ciepło z miejskiej sieci ciepłowniczej. Stanowi to 33% oszczędności. Koszty serwisowe instalacji słonecznych są niewielkie i zależą od wielkości instalacji, jej lokalizacji oraz budowy. W analizowanej instalacji słonecznej średnie roczne koszty serwisowania instalacji wynoszą około 633 zł, to jest 0,15 zł/m<sup>3</sup>, co stanowi ok. 1,5 % kosztów przygotowania ciepłej wody. Najczęstszą czynnością serwisową w przypadku instalacji słonecznych jest zakup i uzupełnienie instalacji glikolem. Niniejsza analiza nie wyczerpuje zagadnień eksploatacyjnych, ale może być pomocna w decyzjach i analizach techniczno-finansowych na etapie projektowania inwestycji w odnawialne źródła energii.

#### Literatura

- [1] Chwieduk D. Wykorzystanie energii słonecznej w Polsce. Przegląd Komunalny 7/2000, s.66÷68.

- [2] Chwieduk D. Energia słoneczna. Terminologia 1. Polskie Towarzystwo Energetyki Słonecznej PTES - ISES. Polska Energetyka Słoneczna 1/2004.
- [3] Pisarev V.: Alternatywne źródła energii. Projektowanie wybranych instalacji grzewczych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2013.
- [4] Oszczak W.: Kolektory słoneczne i fotoogniwa w twoim domu, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z.o.o., Warszawa 2012.
- [5] Zawadzki M.: Kolektory słoneczne, pompy ciepła na tak, Wydawnictwo SolarTeam, 2003.
- [6] Pisarev V., Rybak-Wilusz E., Sawicka P.: Analiza wielowariantowa zintegrowanego systemu zaopatrzenia budynku w energię. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2012, z.59 nr 2/2012/II.
- [7] Proszak-Miąsik D., Rabczak S.: Ekonomiczne aspekty systemów wytwarzania ciepłej wody wspomagane energią słoneczną dla budynków jednorodzinnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2012, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej z. 59, nr 2/II/II.
- [8] Babiaryz B., Szymański W.: Możliwości dezynfekcji termicznej instalacji ciepłej wody z zastosowaniem kolektorów słonecznych, Instal 2007, nr 3.
- [9] Materiały i informacje uzyskane ze Spółdzielni „ZODIAK”, Rzeszów 2016.
- [10] Borkowska J.: Analiza eksploatacyjna instalacji słonecznych, Praca dyplomowa magisterska pod opieką dr inż. Bożeny Babiaryz, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2016.
- [11] www.weatheronline.pl (dostęp: 20.05.2016 r.).

## **ANALYSIS OF USE OF SOLAR PANEL INSTALLATIONS HEAT WATER FOR THE NEEDS OF INHABITANTS OF THE MULTI-FAMILY BUILDING**

### **Summary**

The purpose of this work was to analyze the use of solar panel installations. In the thesis was evaluated performance of solar panel installation located in Rzeszów. In thesis used real data of ten years operation provided by Housing Association "ZODIAK" Rzeszów. This installation prepares water for the needs of inhabitants. Costs of preparing domestic hot water and service operations have been analyzed. Energy consumption by circulating solar pumps was determined. The costs of using of solar installations consist of among other: costs consumption and prepare domestic hot water, the cost of electricity consumption by circulating solar pumps, and service operations. On the basis of the following analysis can be draw conclusions which can be used in technical and financial analysis at the design stage investments in renewable energy sources. This analysis showed that solar installations reduce the cost of domestic hot water. The cost of preparing one cubic meter domestic hot water for the analyzed installations located in King Augusta Street in Rzeszów in 2015 was about 67% lower than in the case of a building with a similar size which supply of district heating. Costs of service operations of solar installations are small and depend on the size of the installation, construction, location and the way of using solar installations. Circulating solar pumps are characterized by low energy consumption. Regular service can help to reduce costs of solar installations and extend the working life of installations.

**Key words:** use, solar panel installations, solar collectors, costs, analysis, service

*Przesłano do redakcji: 14.06.2016 r.*

*Przyjęto do druku: 31.03.2017 r.*