

Ocena efektywności energetycznej i ekonomicznej systemu grzewczego opartego na pompach ciepła typu powietrze woda współpracującego z mikroinstalacją fotowoltaiczną

Streszczenie. Dla przykładowego budynku mieszkalnego przedstawiono analizę opłacalności montażu instalacji fotowoltaicznej, która będzie produkowała energię służącą do pokrycia potrzeb bytowych oraz grzewczych. Wykonano obliczenia zapotrzebowania na moc do ogrzewania i przygotowania c.w.u., obliczono roczne zużycie energii końcowej w obiekcie, dobrano moc oraz oszacowano wielkość rocznej produkcji energii przez mikroinstalację PV. Analiza ekonomiczna polegała na obliczeniu wartości wskaźników oceny takich jak SPBT, PBT, NPV oraz IRR.

Abstract. For an example of a residential building, an analysis of the cost-effectiveness of installing a solar installation, which will produce energy to cover living and heating needs, is presented. The calculations of power demand for heating and hot water preparation were made, the annual final energy consumption in the facility was calculated, the power was determined and the value of the annual energy production by the micro-installation of PV was estimated. The economic analysis consisted in calculating the values of assessment indicators such as SPBT, PBT, NPV and IRR. (Assessment of energy and economic efficiency of a heating system based on air-water heat pumps cooperating with photovoltaic micro installations)

Słowa kluczowe: zużycie energii końcowej w budynku, pompy ciepła typu powietrze/woda, mikroinstalacja PV, program Prosument, **Keywords:** final energy consumption in a building, air/water heat pumps, PV microinstallation, Prosumer program, economic analysis.

Wprowadzenie

Jednym z głównych kierunków rozwoju rynku energii elektrycznej na świecie, w Europie i w Polsce może okazać się odejście od tzw. energetyki systemowej na rzecz lokalnej energetyki rozproszonej, w której głównym wyznacznikiem zmian są zachowania aktywnych odbiorców energii - prosumentów, ze szczególnym uwzględnieniem inwestycji w małe mikroźródła OZE. Szczególnie ważnym aspektem inwestycji w mikroźródła jest to, że gwarantują one pewną niezależność od trendów obejmujących wzrost kosztów energii, które wynikać będą z wprowadzenia zapisów dotyczących pakietu klimatycznego odnośnie wzrostu opłat za prawa do emisji CO₂, gdzie szacuje się, że po roku 2020 cena jednostkowa energii dla klientów indywidualnych może wzrosnąć nawet o 30%.

W ustawie o odnawialnych źródłach energii [1], (która jest implementacją dyrektywy w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych [2] oraz w sprawie efektywności energetycznej [3]) wprowadzono zasady i warunki wykonywania działalności w zakresie wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii oraz mechanizmy i instrumenty wspierające wytwarzanie energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Zdefiniowano pojęcie mikroinstalacji – czyli instalacji odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 40 kW, przyłączonej do sieci elektroenergetycznej (ON-GIRD) o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV. Przy użytkowaniu mikroinstalacji w pierwszej kolejności wyprodukowana energia jest wykorzystywana na zaspokojenie bieżącego zużycia w domu. Jeżeli Prosument wyprodukuje więcej energii niż wynosi jego bieżące zużycie, wytworzy się nadwyżka, która jest oddawana do sieci energetycznej. Zgodnie z ustawą o OZE obowiązuje tzw. net-metering, czyli system rozliczania okresowego, w formie opustu do faktury. System rozliczeń dla Prosumentów umożliwia odbiór wyprodukowanych nadwyżek energii przesłanych do sieci w okresie do 365 dni od daty odczytu rozliczeniowego w ramach proporcji zależnej od mocy zainstalowanej w danej instalacji:

- w przypadku instalacji do 10 kW: 0,8 kWh (energii pobranej) dla każdej 1 kWh energii wyprodukowanej,
- w przypadku instalacji powyżej 10 kW: 0,7 kWh (energii pobranej) dla każdej 1 kWh energii wyprodukowanej.

Opustowi podlegają zarówno energia elektryczna czynna jak i opłaty dystrybucyjne w zakresie składników zmiennych. Dodatkowo zachęca fakt, że zgodnie z rozporządzeniem Ministra Inwestycji i Rozwoju od 1 stycznia [4] osoby fizyczne od podstawy podatku dochodowego będą mogły odliczyć wydatki poniesione m.in. na ogniwa fotowoltaiczne wraz z osprzętem, a także ich montaż. Odliczenie nie może przekroczyć kwoty 53 tys. zł, a kwota odliczenia nieznajdująca pokrycia w rocznym dochodzie podatnika będzie podlegać odliczeniu w kolejnych latach, nie dłużej jednak niż przez 6 lat, licząc od końca roku podatkowego, w którym poniesiono pierwszy wydatek. Drugim alternatywnym sposobem wsparcia inwestycji w instalacje fotowoltaiczne może być skorzystanie z oferty Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) wraz z Bankiem Ochrony Środowiska (BOŚ), który w programie „EKOkredyt Prosument II” wprowadził mechanizmy wsparcia dla inwestorów chcących zakupić mikroinstalację fotowoltaiczną. Osoby prywatne mogą się starać o doinwestowanie w formie umorzenia kredytu w wartości 30%. Oprocentowanie kredytu jest ustalone z góry przez fundusz na 1%. Maksymalny czas finansowania wynosi 15 lat. Dotacja może być wykorzystania wyłącznie na pokrycie kosztów inwestycyjnych kwalifikowanych (zakup oraz montaż systemu fotowoltaicznego). Jak zaznacza NFOŚiGW i BOŚ, ważnym warunkiem otrzymania kredytu z dotacją są dbałość o nieprzewymiarowanie instalacji – jej projektowanie i montaż winien następować w nawiązaniu do potrzeb energetycznych mieszkańców.

Mimo wielu prowadzonych zachęt podstawowym kryterium warunkującym instalację konkretnego systemu energetycznego jest rachunek ekonomiczny [5-7]. Analiza energetyczna nie może być w praktyce czynnikiem decydującym o wyborze rozwiązania. Potencjalny użytkownik chcący zainstalować mikroinstalację fotowoltaiczną powinien ocenić zarówno aspekty techniczne jak i ekonomiczne każdego z rozpatrywanych systemów i wybrać ten, który w perspektywie całkowitego okresu eksploatacji będzie najbardziej korzystny. W literaturze przedmiotu można znaleźć informacje i analizy techniczno-ekonomiczne dotyczące mikroinstalacji PV produkujących energię na potrzeby odbiorców indywidualnych dla różnych typów paneli fotowoltaicznych [8-10] nie mniej jednak

brakuje opracowań dotyczących współpracy mikroinstalacji PV z systemami grzewczymi, w których, źródłem są pompy ciepła. Implementacja tego typu systemu może okazać się ciekawą alternatywą dla tradycyjnych źródeł ciepła (np. gazowych) ze względu na korzystny system rozliczeń wyprodukowanej energii przez prosumenta – nadwyżka energii elektrycznej wyprodukowanej w okresie letnim przez mikroinstalację PV może być odebrana (z odpowiednim opustem) w czasie trwania sezonu grzewczego do napędu sprężarki pompy ciepła.

Cel i zakres

Celem pracy było określenie opłacalności montażu instalacji fotowoltaicznej, która będzie produkowała energię służącą do pokrycia potrzeb bytowych (oświetlenie, urządzenia AGD, RTV, itp.) oraz grzewczych jakimi są ogrzewanie budynku i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Zakres pracy obejmuje obliczenia zapotrzebowania na moc do ogrzewania i przygotowania c.w.u., obliczenie rocznego zużycia energii końcowej w obiekcie, dobór mocy oraz oszacowanie wielkości rocznej produkcji energii przez mikroinstalację PV. Analiza ekonomiczna [5] obejmuje obliczenie wartości wskaźników oceny w oparciu o metody statyczne i dynamiczne takie jak: SPBT, PBP, NPV, IRR. Obliczenia wykonano dla dwóch wariantów finansowania, tj.: koszty inwestycyjne systemu ponoszone są w całości przez inwestora, lub instalacja jest zakupiona w ramach programu NFOŚiGW „EKOkredyt Prosument II”. W ramach obliczeń założono, że cena jedno-stkowa energii rozliczanej wg taryfy G11 (wg stawek TAURON) wynosząca w chwili obecnej ok. 0,65 zł/kWh, po wprowadzeniu zapisów pakietu klimatycznego może wzrosnąć o 30% co daje koszt jednostkowy na poziomie 0,84 zł/kWh.

Obiekt badań

Obiektem badań symulacyjnych jest wolnostojący jednorodzinny budynek mieszkalny o powierzchni użytkowej 127 m², kubaturze ogrzewanej 512 m³, zlokalizowany w III strefie klimatycznej, zamieszkiwany przez cztery osoby. Przegrody zewnętrzne budynku wykonane są zgodnie z wytycznymi dotyczącymi maksymalnych wartości współczynnika przenikania ciepła U_{max} zawartymi w WT2013 [11]. W oparciu o normę PN-EN 12831 [12] obliczono zapotrzebowanie na moc grzewczą budynku, która wynosi 6,7 kW. Moc urządzenia do przygotowania c.w.u. obliczona według normy PN-EN 15450 [13] jest równa 1,86 kW. Do analizy dobrano pompę ciepła o mocy ok. 10 kW i sezonowym współczynnikiem efektywności COP=2,4. Ostatnim etapem analizy technicznej było obliczenie zużycia energii końcowej zużywanej przez budynek w standardowym sezonie grzewczym (obejmujące zużycie energii na ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz napęd urządzeń pomocniczych systemu grzewczego). Obliczenia wykonano zgodnie z metodyką zawartą w Rozporządzeniu w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [14]. Dane odnośnie zużycia energii elektrycznej na cele bytowe w gospodarstwie domowym zlokalizowanym na obszarze powiatu krakowskiego (oświetlenie, urządzenia AGD, RTV, itp.) przyjęto w oparciu zestawienia zawarte w Banku Danych Regionalnych GUS dla roku 2017 [15], gdzie dla czteroosobowej rodziny kształtuje się na poziomie 3874 kWh. Sumaryczne roczne zużycie energii elektrycznej w budynku zestawiono w tabeli 1.

Sumaryczne zużycie energii elektrycznej w analizowanym obiekcie wynosi około 10,36 MWh/rok. Kolejnym etapem analizy był dobór mocy mikroinstalacji PV.

Moc instalacji fotowoltaicznej obliczono w oparciu o wzór:

$$(1) \quad P_{PV} = \frac{(E_k \cdot a) + \left(\frac{E_k \cdot b}{O_e}\right)}{U_{PVj}}$$

gdzie: E_k – ilość zużywanej rocznie energii, kWh; a – procentowy udział bieżącej konsumpcji własnej, %; b – procentowy udział ilości energii oddanej do sieci, %; O_e – opust, do 10 kW 0,8 powyżej 0,7; U_{PVj} – roczna produkcja energii z 1 kWp zainstalowanej mocy przez instalację PV [kWh].

Tabela 1. Wartość wskaźnika zapotrzebowania na energię końcową

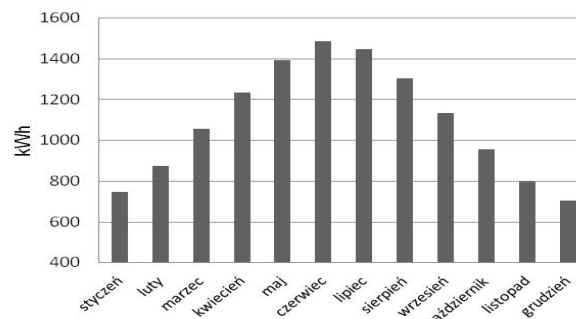
Wyszczególnienie	Potrzeby bytowe	Ogrzewanie	Ciepła woda	Urządzenia pomocnicze	Suma
MWh	3,87	4,16	2,06	0,27	10,36
udział %	38	41	20	1	100

Obliczenia mocy instalacji PV wykonano w oparciu o następujące założenia:

- roczne zużycie energii $E_k = 10360$ kWh,
- procentowy udział bieżącej konsumpcji własnej waha się w przedziale 20 do 30% - do obliczeń przyjęto wartość średnią tj. $a = 25\%$, a zatem parametr $b = 75\%$,
- opust $O_e = 0,7$,
- roczna produkcja energii z 1 kWp dla stacji klimatycznej Kraków-Balice wynosi $U_{PVj} = 994$ kWh.

Dla powyższych założeń moc instalacji fotowoltaicznej PPV jest równa 13,5 kWp.

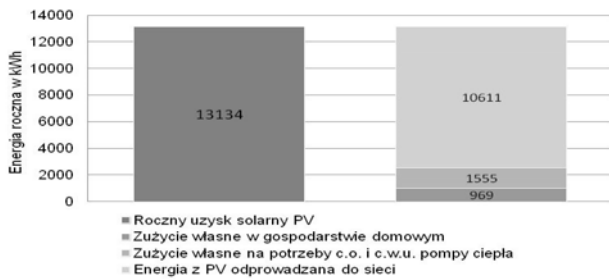
Następnie obliczono ilość uzyskanej energii z modułów fotowoltaicznych dla warunków średnich wieloletnich jakie panują w okolicach Krakowa, przy czym z uwagi na to, że założony czas pracy mikroinstalacji wynosi 25 lat, w obliczeniach założono, że wydajność konwersji wraz z wiekiem będzie się obniżała o 0,8 % na każdy rok pracy instalacji. Wyniki obliczeń zestawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej w okresie 12 miesięcy

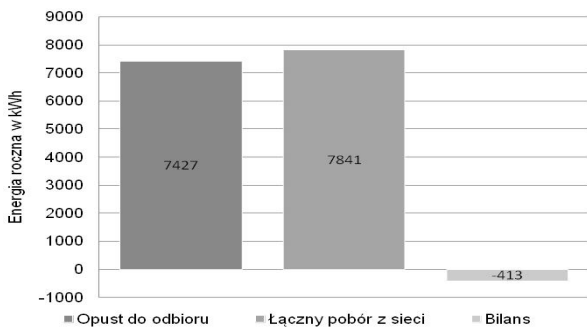
Przeciętna roczna produkcja energii elektrycznej dla mikroinstalacji o mocy 13,5 kWp wynosi 13134 kWh. Największe nasłonecznienie występuje w okresie od kwietnia do września. W tych miesiącach uzyskujemy największy zysk z wyprodukowanej energii. Z uwagi, że miesiące te występują poza sezonem grzewczym to w tym czasie większość wyprodukowanej energii będzie oddawana do sieci. W pozostałych miesiącach (w czasie trwania sezonu grzewczego) obiekt będzie pobierał energię z sieci ze względu na niewielki uzysk solarny (4 krotnie mniejszy niż w okresie letnim).

Mając dane dotyczące ilości energii zużywanej w gospodarstwie oraz uzysku energii z mikroinstalacji PV wykonano obliczenia mające na celu określenie wielkości rocznych kosztów zużycia energii elektrycznej w budynku. Wyniki obliczeń bilansu produkcji mikroelektrowni PV zestawiono na rysunku 2, natomiast bilans produkcji i poboru (z opustem) energii elektrycznej przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Bilans produkcji energii przez mikroelektrownię PV

Na podstawie wykonanych obliczeń można stwierdzić, że w ujęciu rocznym około 10,6 tys. kWh energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację PV zostanie przekazane do sieci energetycznej. Na potrzeby własne budynku zostanie zużyte ok. 2,5 kWh energii z czego ok. 61% zostanie zużyte przez system grzewczy.



Rys. 3. Bilans net-meteringu dla analizowanego obiektu

Uwzględniając wielkość odpustu (30%) oszacowano ilość energii, którą będzie można „odzyskać” z sieci – dla analizowanego obiektu wyniesie ona ok. 7,4 tys. kWh, co przy łącznym poborze energii elektrycznej z sieci wynoszącym ok. 7,84 tys. kWh spowoduje konieczność zakupu z sieci ok. 413 kWh energii. Wartość ta przy całkowitym zużyciu energii wynoszącym 10,36 tys. kWh stanowi zaledwie 4% - a więc mikroinstalacja PV pokrywa blisko 96% potrzeb energetycznych analizowanego obiektu.

Uwzględniając koszt energii elektrycznej na poziomie 0,65 zł/kWh oraz opłatę OZE (3,7 zł/MWh) za pobraną energię szacowany roczny koszt ponoszony na zakup energii elektrycznej wyniesie 297 zł. Gdyby budynek nie posiadał mikroinstalacji PV - roczne koszty ponoszone na zakup energii elektrycznej wynosiłyby 6,7 tys. zł.

Zakładając trzydziestoprocentową podwyżkę cen energii do poziomu 0,84 zł/kWh, szacowany koszt ponoszony na zakup energii wzrosł do ok. 376 zł natomiast w przypadku braku instalacji wyniesie on może 8,7 tys. zł.

Aby oszacować koszty inwestycyjne wysłano zapytanie ofertowe do dziesięciu firm zajmujących się dystrybucją systemów fotowoltaicznych spełniających wymagania eksploatacyjne i techniczne zgodne zapisami w prawie energetycznym [16]. Zapytanie dotyczyło mikrosystemów o mocy 13-13,5 kWp wraz z montażem, zarówno na skośnym dachu jak i na gruncie. Na podstawie otrzymanych ofert określono koszty inwestycyjne, jako wartość średnią z zaproponowanych kwot. Nakłady inwestycyjne mogą być pokrywane ze środków własnych inwestora a następnie będzie on mógł je odliczyć od podstawy opodatkowania przez kolejnych 6 lat, przy czym odliczenie nie może przekroczyć kwoty 53 tys. zł co daje 9540 zł (18% z 53 tys. zł). Może on również skorzystać z dofinansowania z NFOŚiGW w ramach programu „EKOkredyt Prosument II”. Uwzględniając oprocentowanie kredytu, czas finansowania

15 lat wielkość umorzenia oraz fakt, że od otrzymanej dotacji należy zapłacić podatek dochodowy w wysokości 18%. Obliczono rzeczywistą wielkość dotacji, która wynosi 19% (przy umorzeniu wynoszącym 30%).

Oprócz kosztów montażu instalacji, dla każdego inwestora bardzo ważne są koszty eksploatacyjne jak serwis i obsługa, wzięto również pod uwagę koszt ubezpieczenia instalacji. Założono, że koszty te będą stanowiły 1,5% nakładów inwestycyjnych rocznie. Nie mniej ważnym kosztem – a często pomijanym jest amortyzacja mikroelektrowni fotowoltaicznej. W założeniach przyjęto amortyzację liniową rozłożoną na 25 lat.

Założenia ekonomiczne do obliczeń wraz z oszacowaną wartością rocznych korzyści (WRK) płynących z użytkowania mikroinstalacji PV zestawiono w tabeli 2. Przy czym inwestycja ze środków własnych inwestora została oznaczona w tabelach jako PV13, natomiast skorzystanie z dofinansowania w ramach programu EKOkredyt Prosument II oznaczono PV13_{d30}.

Tabela 2. Podstawowe założenia do obliczeń ekonomicznych

Wyszczególnienie	Wartość	
	PV13	PV13 _{d30}
<i>NI</i> – nakłady inwestycyjne, [tys. zł]	58	47,5
<i>n</i> – całkowita liczba lat eksploatacji	25	
<i>o</i> – koszty obsługi, napraw oraz ubezpieczenie 1,5 % kosztów inwestycyjnych (rocznie), [tys. zł]	0,87	
<i>a</i> – amortyzacja instalacji fotowoltaicznej, [tys. zł]	2,3	
cena jednostkowa (brutto) energii wg taryf operatora (taryfa G11), [zł/kWh]	a - 0,65 b - 0,85	
<i>i</i> – stopa dyskonta %	3	
<i>PIT, o</i> – roczne odliczenie od podstawy opodatkowania max 6 lat, [tys. zł]	1,59	0
<i>Pb</i> – roczny koszt uniknięty zakupu energii elektrycznej, [tys. zł]	a - 6,4 b - 8,3	
<i>Ke, o</i> – roczne koszty użytkowania instalacji (<i>o+a</i>), [tys. zł]	3,17	
<i>WRK</i> – wartość rocznych korzyści (<i>PIT, o+Pb-Ke</i>), [tys. zł]	*a - 4,82 *b - 6,72 a - 3,23 b - 5,13	a - 3,23 b - 5,13
*przez 6 lat		

Wskaźniki oceny ekonomicznej mikroinstalacji fotowoltaicznych

Analizę ekonomiczną wykonano w oparciu o proste i złożone metody oceny inwestycji rzeczowych, oparte na stopie procentowej (dyskontowej), uwzględniające zmianę wartości pieniądza w czasie.

Metodami tymi są [5]:

- prosty okres zwrotu SPBT (simple pay-back period),
- dyskontowany okres zwrotu nakładów PBP (pay-back period),
- wartość zaktualizowana netto przedsięwzięcia NPV (net present value),
- wewnętrzna stopa zwrotu nakładów inwestycyjnych IRR (Internal Rate of Return).

Analiza wyników badań

Przeprowadzone obliczenia w oparciu o wskaźniki oceny ekonomicznej pozwoliły określić zasadność inwestowania w mikroinstalację fotowoltaiczną.

Wyniki przeprowadzonych analiz ekonomicznych dla poszczególnych wariantów przy założeniu ceny jednostkowej za energię 0,65 zł/kWh zestawiono w tabeli 3, natomiast w 4 dla ceny 0,84 zł/kWh.

Analizując powyższe wyniki można stwierdzić, przy aktualnych cenach jednostkowych za energię elektryczną inwestycja w mikroinstalację PV jest opłacalna niezależnie

wariantu finansowania – środki własne inwestora, bądź też dofinansowanie w ramach programu EKO kredyt Prosument II. Świadczą o tym wartości wszystkich wskaźników ekonomicznych, które dla obu wariantów są zbliżone do siebie. W tym przypadku inwestycja zwróci się w okresie 15 do 20 lat. Po jej zwrocie inwestor może zaoszczędzić ok. 7,8–8,7 tys. zł. Jeszcze lepsze wartości wskaźników ekonomicznych wystąpią jeżeli uwzględnimy prognozowany wzrost cen energii o ok. 30% – w tym przypadku inwestycja w instalację fotowoltaiczną (niezależnie od wariantu) może zwrócić się najpóźniej po 11 latach a w kolejnych inwestor może zaoszczędzić nawet ok. 41 tys. zł. O opłacalności inwestycji świadczą również wartości wskaźników IRR które w zależności od formy finansowania kształtują się na poziomie ok. 9,6%.

Tabela 3. Wyniki analizy ekonomicznej dla poszczególnych wariantów finansowania przy założeniu ceny jednostkowej za energię 0,65 zł/kWh

Wyszczególnienie	PV13	PV13 _{d30}
SPBT [lata]	15	14,7
PBP [lata]	20	20
NPV [tys. zł]	7,8	8,7
IRR [%]	4,4	4,6

Tabela 4. Wyniki analizy ekonomicznej dla poszczególnych wariantów finansowania przy założeniu ceny jednostkowej za energię 0,84 zł/kWh

Wyszczególnienie	PV13	PV13 _{d30}
SPBT [lata]	9,4	9,3
PBP [lata]	11,3	11
NPV [tys. zł]	40,9	41,53
IRR [%]	9,5	9,7

Podsumowanie

Dla przykładowego budynku mieszkalnego, zamieszkałego przez czteroosobową rodzinę, wykonano obliczenia zapotrzebowania na moc do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Na tej podstawie dobrano pompę ciepła typu powietrze/woda o mocy 10 kW, która będzie stanowiła główne źródło ciepła dla obiektu. Następnie obliczono sezonowe zużycie energii elektrycznej na cele ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej, a także służącej do napędu urządzeń pomocniczych systemu grzewczego (c.o. + c.w.u.), które w standardowym sezonie grzewczym wynosi ok. 6.49 MWh. Zużycie energii elektrycznej na cele oświetleniowe, urządzenia AGD i RTV wg danych GUS wynosi średnio 3,87 MWh. Całkowite zużycie energii elektrycznej w obiekcie kształtuje się na poziomie 10,36 MWh/rok. Na podstawie zużycia energii dobrano moc mikroinstalacji fotowoltaicznej, która powinna wynosić 13,5 kWp. Szacuje się, że instalacja ta w ciągu roku może wyprodukować ok. 13,1 MWh energii elektrycznej. Zgodnie z zapisami w ustawie o OZE nadmiar wyprodukowanej energii można przekazać do sieci elektroenergetycznej aby następnie w okresie zwiększonego zapotrzebowania móc ją odzyskać z opustem 1:0,7. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że mikroinstalacja PV może pokryć około 96% potrzeb energetycznych obiektu. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, przy aktualnych cenach jednostkowych za energię elektryczną, inwestycja w mikroinstalację PV jest opłacalna niezależnie od wariantu finansowania (inwestor nie poniesie straty), świadczą o tym wartości wszystkich wskaźników oceny ekonomicznej (SPBT, PBT, NPV oraz IRR), które dla obu wariantów są zbliżone do siebie. W tym przypadku inwestycja zwróci się

w okresie 15 do 20 lat. Po jej zwrocie inwestor może zaoszczędzić ok. 8 tys. zł. Jeszcze lepsze wartości wskaźników ekonomicznych wystąpią jeżeli uwzględnimy prognozowany wzrost cen energii o ok. 30% – w tym przypadku koszt poniesiony na montaż systemu fotowoltaicznego może zwrócić się najpóźniej po 11 latach a w kolejnych latach inwestor może zaoszczędzić nawet ok. 41 tys. zł. O opłacalności inwestycji świadczą również wartości wskaźników IRR które w zależności od formy finansowania kształtują się na poziomie ok. 9,6%.

Autorzy: dr inż. Tomasz Szul, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: tomasz.szul@urk.edu.pl, dr inż. Stanisław Lis, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: stanislaw.lis@urk.edu.pl; dr inż. Marcin Tomasiak, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: marcin.tomasiak@urk.edu.pl

LITERATURA

- [1]. Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 roku o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2016 poz. 925)
- [2]. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz. Urz. UE L 140 z 05.06.2009, str. 16, z późn. zm.)
- [3]. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej (Dz. Urz. UE L 315 z 14.11.2012, str. 1);
- [4]. Rozporządzenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 21 grudnia 2018 r. w sprawie określenia wykazu rodzajów materiałów budowlanych, urządzeń i usług związanych z realizacją przedsięwzięć termo modernizacyjnych (Dz.U. 2018 poz. 2489)
- [5]. Bartnik R., Bartnik B., Rachunek ekonomiczny w energetyce. ISBN 978-83-7926-198-7, (2014), Wydawnictwo WNT
- [6]. Pawlak, R., Kawczyński, R., Korzeniewska, E., Lebioda, M., Rosowski, A., Rymaszewski, J., Sibiński, M., Tomczyk, M., Walczak, M. 2013, Ogniwa fotowoltaiczne o niekonwencjonalnych kształtach, Przegląd Elektrotechniczny 89(7), pp. 288-292
- [7]. Korzeniewska, E., Drzymała, A., Szczęsny, A., Zawiślak, R., Seme, S. 2019, Aspekty prawno-ekonomiczne i ekologiczne dla elektrowni fotowoltaicznych, Przegląd Elektrotechniczny, 95(1), pp. 69-72
- [8]. Nęcka K., Lis S., Drózd T., Oziębłowski M., Kielbasa P., Tomasiak M., Ostafin M., Nawara P., Charakterystyka pracy siłowni fotowoltaicznej w zmiennych warunkach meteorologicznych, Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, 12 (2016), s. 105-109
- [9]. Szul T., Prosumer Energy — a Benefit or Loss for Beneficiaries in the Light of the Act on Renewable Sources of Energy, Barometr Regionalny. Analizy i Prognozy. ISSN 1644-9398, 13/2 (2015) s.101-116
- [10]. Nęcka K., Knaga J., Analiza rentowności siłowni PV w zależności od warunków meteorologicznych, konstrukcyjnych i ekonomicznych siłowni, Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, 1 (2018), s. 97-100
- [11]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 lipca 2015 w sprawie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.2015., poz. 1422)
- [12]. PN-EN ISO 12831:2006 Instalacje grzewcze w budynkach - Metoda obliczania obciążenia cieplnego
- [13]. PN-EN 15450:2007 Instalacje ogrzewcze w budynkach - Projektowanie instalacji centralnego ogrzewania z pompami ciepła
- [14]. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 lutego 2015 w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku [...] (Dz. U. 2015., poz. 376)
- [15]. Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Regionalnych. Zużycie energii elektrycznej w roku 2017. <http://www.stat.gov.pl>
- [16]. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 prawo energetyczne (Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348, z późn. zm.)