

Bartosz CHWIEDUK<sup>1</sup>

## WPLYW WYKORZYSTANIA INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ ZASILAJĄCEJ POMPEJ CIEPŁA W OKRESIE OGRZEW CZYM NA WSKAŹNIK EK I EP CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU

W artykule przeanalizowano wpływ działania instalacji fotowoltaicznej zasilającej pompę ciepła na zapotrzebowanie budynku na energię końcową i pierwotną do ogrzewania. W pierwszym kroku na podstawie znanego zapotrzebowania na energię elektryczną w rozpatrywanym budynku zwymiarowano system fotowoltaiczny. Na podstawie danych meteorologicznych zamieszczonych na stronie internetowej Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa oraz danych technicznych modułów fotowoltaicznych wyznaczono zyski energetyczne w kolejnych godzinach roku wynikające z pracy systemu fotowoltaicznego. Określono również czas trwania okresu grzewczego oraz ilość energii jaka musi zostać dostarczona do pompy ciepła w kolejnych dniach roku, aby utrzymać temperaturę wewnętrzną na stałym wymaganym poziomie. Uwzględniając moc pompy ciepła obliczono czas jej działania w kolejnych dniach roku. Porównując zyski energetyczne z instalacji fotowoltaicznej i zapotrzebowanie na energię do ogrzewania wyznaczono jaka część energii zasilającej pompę ciepła pochodzić będzie z systemu fotowoltaicznego, a jaka będzie pobrana z sieci elektroenergetycznej. Wyróżniono dwa przypadki. W pierwszym założono, że cała wyprodukowana przez system fotowoltaiczny energia może zostać wykorzystana do zasilania pompy ciepła. Jest to możliwe gdy w skład instalacji fotowoltaicznej wchodzi akumulatory. W drugim przypadku energia elektryczna wyprodukowana przez generator fotowoltaiczny nie jest magazynowana, a pompa ciepła działa w godzinach pracy systemu fotowoltaicznego. Posiadając wyniki tych obliczeń określono jaki wpływ na wskaźniki EK i EP obliczane w świadectwach charakterystyki energetycznej budynku ma wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej.

**Słowa kluczowe:** charakterystyka energetyczna budynku, pompa ciepła, fotowoltaika

---

<sup>1</sup> Bartosz Chwieduk, Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, Zakład Chłodziactwa i Energetyki Budynku, ul. Nowowiejska 2/25, 00-665 Warszawa; tel. 606325523; bartosz.chwieduk@itc.pw.edu.pl

## 1. Wstęp

Od 2015 roku osoby, które budują dom na własny użytek nie muszą sporządzać świadectwa charakterystyki energetycznej. Wymagane są one podczas sprzedaży lub najmu domu lub jego części. Świadectwo takie musi być odnawiane co 10 lat lub w przypadku modernizacji budynku mającej wpływ na wskaźniki oceny charakterystyki energetycznej.

Podczas obliczeń prowadzących do wyznaczenia wskaźników rocznego zapotrzebowania na energię użytkową EU, końcową EK i pierwotną EP uwzględnia się zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, podgrzewania ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia, jeśli jest stosowane. Na zużycie energii w danym budynku mają wpływ także inne czynniki np. oświetlenie czy urządzenia AGD i RTV. Zastosowanie urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii takich jak kolektory słoneczne czy pompa ciepła, wyraźnie obniża zapotrzebowanie na nieodnawialną energię końcową i pierwotną. W przypadku instalacji z modułami fotowoltaicznymi jej działanie uwzględnić można jedynie przy zasilaniu urządzeń pomocniczych i pompy ciepła. Obniżenie zużycia energii pobieranej z sieci elektroenergetycznej bądź zyski ze sprzedaży energii nie są brane pod uwagę w charakterystykach energetycznych budynków mieszkalnych [1].

## 2. Charakterystyka rozpatrywanego budynku

Przeprowadzone obliczenia pokazują jak niewielki wpływ na charakterystykę energetyczną budynku mieszkalnego ma stosowanie instalacji fotowoltaicznych. Parametry urządzeń wchodzących w skład instalacji ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej zaczerpnięto z istniejącego systemu. Do rozważanego budynku jednorodzinne doprowadzone są jedynie energia elektryczna oraz zimna woda. Ciepła woda użytkowa przygotowywana jest za pośrednictwem kolektorów słonecznych wspomaganych okresowo przez grzałkę elektryczną. Do ogrzewania budynku wykorzystuje się pompę ciepła o mocy elektrycznej 1,8 kW i COP na poziomie 4,9. Na potrzeby obliczeń w okresie ogrzewczym do zasilania pompy ciepła służyć będzie energia z instalacji fotowoltaicznej oraz energia z sieci elektroenergetycznej. Pozwoli to na uwzględnienie energii z modułów fotowoltaicznych w obliczeniach wykorzystywanych do sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej budynku.

## 3. Zyski energetyczne z instalacji fotowoltaicznej

Pierwszym etapem obliczeń jest wyznaczenie zysków energetycznych z instalacji fotowoltaicznej. Moc instalacji określono na podstawie zapotrzebowania na energię elektryczną w rozpatrywanym budynku. System fotowoltaiczny zaprojektowano tak, aby pokrywał zapotrzebowanie na energię elektryczną w czerwcu. Jest to miesiąc, w którym stosunek zapotrzebowania na energię elektryczną

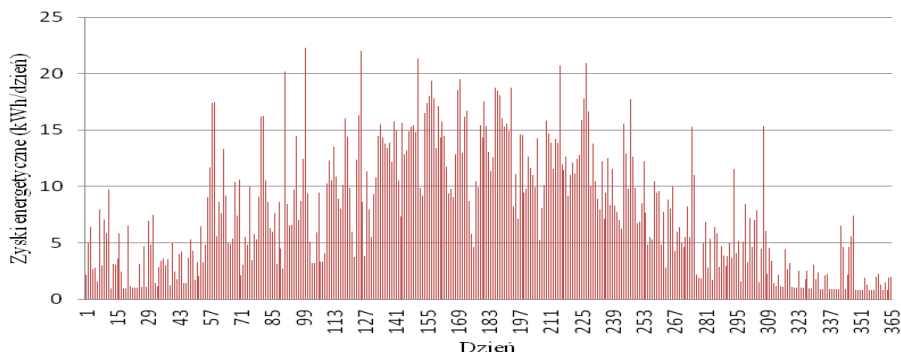
do zysków słonecznych jest najniższy. Dla rozpatrywanego budynku jednorodzinnej instalacja taka będzie miała moc nominalną na poziomie 2,7 kWp. Do wyznaczenia zysków energetycznych posłużyły dane meteorologiczne zaczerpnięte ze strony Ministerstwa Infrastruktury i Budownictwa [2]. Pochodzą one ze stacji meteorologicznej zlokalizowanej w Warszawie. W tabeli 1 zebrano dane techniczne modułów fotowoltaicznych wykorzystane do obliczeń.

Tabela 1. Dane techniczne modułów fotowoltaicznych na podstawie [3]

Table 1. Technical data of PV modules based on [3]

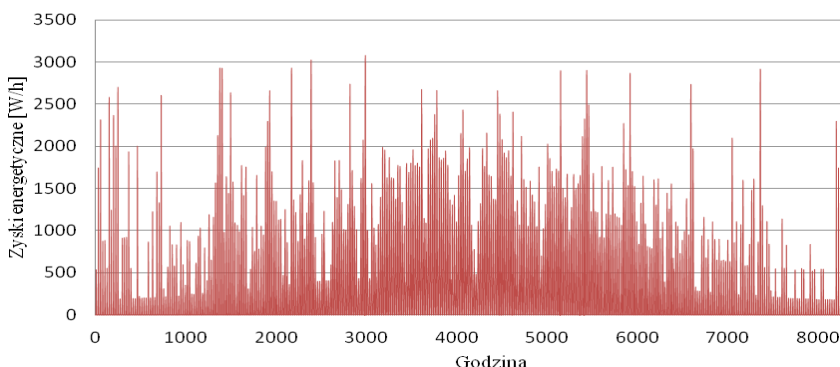
Typ	polikrystaliczne	
Ogniwa	60 sztuk 156x156 mm	
Waga	20 kg	
Wymiary	1640x990x40 mm	
Żywotność	0,9 wyjściowej sprawności po 10 latach 0,8 wyjściowej sprawności po 25 latach	
Współczynniki temperaturowe		
NOCT (°C)	nominalna temperatura pracy	45
NWT (°C)	napięciowy współczynnik temperaturowy	-0,003
PWT (°C)	prądowy współczynnik temperaturowy	0,0004
MWT (°C)	mocowy współczynnik temperaturowy	-0,004
Parametry elektryczne		
Pmax (W)	moc maksymalna	245
Imp (A)	prąd w punkcie mocy maksymalnej	8,19
Vmpp (V)	napięcie w punkcie mocy maksymalnej	29,9
TP (°C)	temperatura pracy	od -40 do +85
MNS (V)	maksymalne napięcie systemowe	1000

Uwzględniając zmianę sprawności modułów w zależności od ich temperatury oraz spadek sprawności w czasie wyznaczono zyski energetyczne na przestrzeni całego roku. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wyniki tych obliczeń. Energia wyprodukowana przez system fotowoltaiczny w czasie całego roku wynosi 2859 kWh.



Rys.1. Dienne zyski energetyczne z instalacji fotowoltaicznej

Fig.1. Energetic gain in the following days of the year

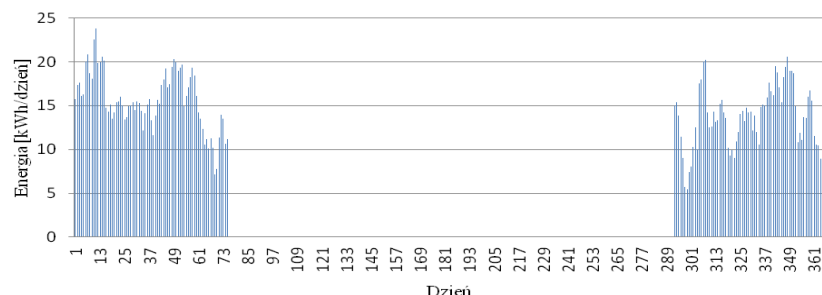


Rys.2. Godzinowe zyski energetyczne z instalacji fotowoltaicznej

Fig.2. Energetic gain in the following hours of the year

#### 4. Zapotrzebowanie energii do zasilania pompy ciepła

Na podstawie rachunków za energię elektryczną określono czas trwania okresu ogrzewczego od 20 października do 15 marca. W kolejnym kroku wyznaczono czas pracy pompy ciepła w kolejnych dniach roku. W tych dniach działa pompa ciepła. Wyznaczając różnicę temperatur między otoczeniem, a wnętrzem budynku w kolejnych godzinach roku oraz znając całkowitą energię pobieraną przez pompę ciepła określono, jaką energię pobiera ona w każdej godzinie swojej pracy. Ponieważ pompa ciepła nie pracuje w trybie ciągłym zsumowano energię przez nią pobieraną i wyznaczono jej czas pracy z mocą znamionową. Na rysunku 3 przedstawiono zapotrzebowanie energii do zasilania pompy ciepła w kolejnych dniach roku. Całkowita energia potrzebna do zasilania pompy ciepła to 2185 kWh/rok.

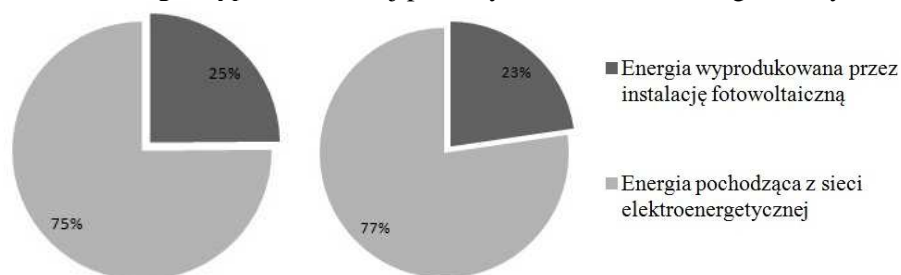


Rys.3. Zapotrzebowanie energii do zasilania pompy ciepła

Fig.3. Energy requirements to operate the heat pump

### 5. Wykorzystanie energii słonecznej do zasilania pompy ciepła

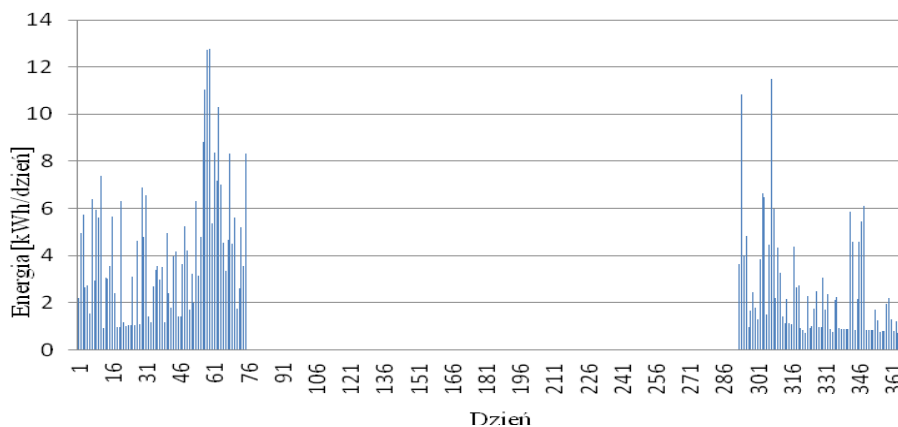
W przypadku instalacji fotowoltaicznej, w której skład wchodzi akumulatory, godziny w jakich pracuje pompa ciepła danego dnia nie mają znaczenia. Cała wytworzona energia może zostać wykorzystana do zasilania pompy ciepła. Jeśli system fotowoltaiczny składa się jedynie z modułów fotowoltaicznych oraz inwerterów rozwiązaniem idealnym jest praca pompy ciepła w godzinach, w których dostępne jest promieniowanie słoneczne i system PV produkuje energię elektryczną. Instalacja fotowoltaiczna w takim przypadku ma największy wpływ na wartości współczynników EK i EP w świadectwie charakterystyki energetycznej danego budynku. W czasie okresu grzewczego instalacja fotowoltaiczna wyprodukuje 559 kWh energii elektrycznej. Jest to energia z instalacji fotowoltaicznej wykorzystana do zasilania pompy ciepła w przypadku, gdy można ją akumulować. Jeśli energia z systemu fotowoltaicznego może być wykorzystywana jedynie na bieżąco, a godziny pracy pompy ciepła dostosowywane są do godzin działania instalacji, to energia jaką można wykorzystać to 495,6 kWh. Jest to 88,6% energii wyprodukowanej przez system PV w okresie grzewczym.



Rys.4. Źródła energii wykorzystywane do zasilania pompy ciepła (instalacja z akumulatorami - po lewej, instalacja bez akumulatorów - po prawej)

Fig.4. Sources of energy used to power the heat pump (pv installation with batteries - on the left , pv installation without batteries - on the right)

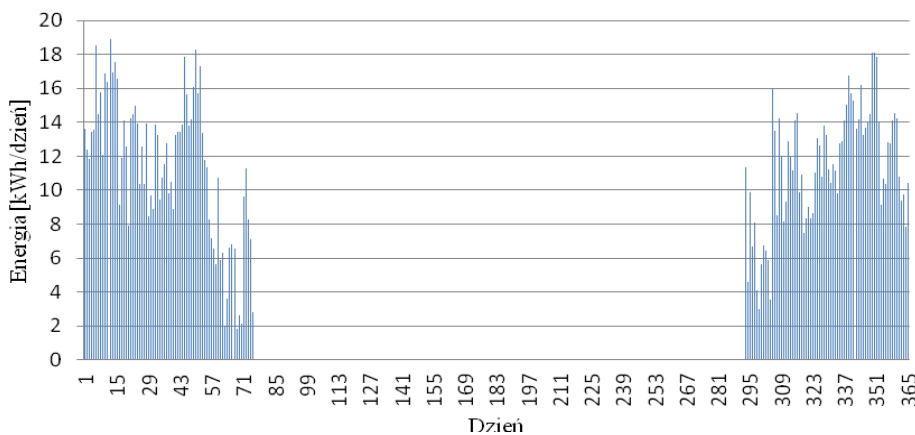
Rysunek 4 pokazuje, jaka część energii niezbędnej do zasilania pompy ciepła jest wyprodukowana przez system fotowoltaiczny (ciemny kolor), a jaka pochodzi z sieci elektroenergetycznej (jasny kolor). Nadmiarowa energia występuje, gdy zyski energetyczne z modułów fotowoltaicznych są większe od zapotrzebowania pompy ciepła na energię i wynosi ona 63,4 kWh w sezonie ogrzewczym.



Rys.5. Energia wyprodukowana przez system fotowoltaiczny w okresie grzewczym

Fig.5. The energy produced by the photovoltaic system during the heating season

Na podstawie wyników obliczeń, przedstawionych na rysunkach 3 i 5, wyznaczono energię, jaka w kolejnych dniach roku zostanie pobrana z sieci elektroenergetycznej do zasilania pompy ciepła, co przedstawia rysunek 6.



Rys.6. Energia pobrana z sieci elektroenergetycznej potrzebna do napędu pompy ciepła

Fig.6. Energy taken from the grid needed to drive the heat pump

## 6. Wpływ działania instalacji fotowoltaicznej na wskaźniki rocznego zapotrzebowania na energię końcową i pierwotną

Na podstawie wyznaczonych podczas sporządzania charakterystyki energetycznej budynku strat ciepła przez przenikanie i wentylację oraz zysków ciepła, a także zapotrzebowania na energię do przygotowania c.w.u. obliczono roczne zapotrzebowanie na energię końcową i pierwotną do potrzeb cieplnych budynku.

Dla istniejącego budynku nie posiadającego mikroinstalacji fotowoltaicznej roczne zapotrzebowanie na energię końcową do ogrzewania wynosi  $Q_{K,H} = 2405,46$  kWh/rok. Przyjęto, że wyprodukowana energia nie jest wykorzystywana do przygotowania c.w.u. Wartość  $Q_{K,H}$  po uwzględnieniu instalacji fotowoltaicznej spadnie o 559 bądź o 495,6 kWh w zależności od rodzaju systemu i wynosić będzie odpowiednio 1846,46 albo 1909,86 kWh/rok. Energia niezbędna do zasilania urządzeń pomocniczych  $E_{el,pom,H}$  jest równa 1233,28 kWh/rok. Na podstawie obliczonych wartości  $Q_{K,H}$ ,  $E_{el,pom,H}$  oraz znanej wielkości współczynnika nieodnawialnej energii pierwotnej (równiej 3 dla energii elektrycznej) wyznaczono zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania. Dla budynku bez instalacji fotowoltaicznej wynosi ono 8521,96 kWh/rok. Jeżeli jednak część energii pochodzić będzie z systemu fotowoltaicznego spadnie do poziomu 6772,66 lub 6962,86 kWh/rok w zależności, czy system fotowoltaiczny ma akumulatory czy nie.

Roczne zapotrzebowanie na energię końcową jest sumą zapotrzebowania na energię do przygotowania c.w.u. oraz na ogrzewanie. Wskaźnik EK dla budynku bez mikroinstalacji fotowoltaicznej jest równy 22,56 kWh/m<sup>2</sup>rok. Natomiast gdy jest wykorzystywany system fotowoltaiczny o mocy nominalnej 2,7kWp to  $EK = 20,11$  lub 20,28 kWh/m<sup>2</sup>rok.

Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną wynosi, dla przypadku, gdy energia zasilająca pompę ciepła pochodzi jedynie z sieci elektroenergetycznej 9846,76kWh/rok. W drugim przypadku  $Q_P = 8169,76$  lub 8359,96 kWh/rok. Wskaźniki EP dla odpowiednich przypadków są następujące:  $EP = 25,58$  kWh/m<sup>2</sup>rok dla budynku bez mikroinstalacji fotowoltaicznej,  $EP = 21,22$  lub 21,72 kWh/m<sup>2</sup>rok dla budynku z instalacją fotowoltaiczną.

## 7. Podsumowanie

Jak wynika z obliczeń wskaźnik zapotrzebowania budynku na energię końcową spadł o zaledwie 2,45 kWh/m<sup>2</sup>rok, a na energię pierwotną 4,36 kWh/m<sup>2</sup>rok. Wskaźniki EK i EP uwzględniają w tym przypadku jedynie część energii wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną. System fotowoltaiczny w ciągu całego roku wyprodukuje 2859,1 kWh energii. Tylko 20% z tej energii wykorzystane jest do zasilania pompy ciepła. Pozostałe ponad 80% nie jest w żaden sposób uwzględniane podczas sporządzania świadectwa charakterystyki energetycznej budynku.

## Literatura

- [1] <http://www.dom.pl/budowa-domu-bez-swiadectwa-energetycznego-nowe-przepisy.html> {dostęp 23.05.2016 r.}.
- [2] <http://mib.gov.pl/> {dostęp 23.05.2016 r.}.
- [3] [http://fotowoltaika.coral.com.pl/files/20130307161310\\_MODULY\\_FOTOWOLTAI\\_CZNE\\_VIESSMANN\\_dt\\_vitovolt\\_typ\\_typ\\_p245jb\\_comma\\_\\_p250jb\\_comma\\_\\_p255jb\\_pl.pdf](http://fotowoltaika.coral.com.pl/files/20130307161310_MODULY_FOTOWOLTAI_CZNE_VIESSMANN_dt_vitovolt_typ_typ_p245jb_comma__p250jb_comma__p255jb_pl.pdf) {dostęp 23.05.2016 r.}.

## THE IMPACT OF THE PV INSTALLATION POWERING HEAT PUMP DURING THE HEATING SEASON ON FINAL AND PRIMARY ENERGY DEMAND INDEX OF THE ENERGY CHARACTERISTICS OF A BUILDINGS

### Summary

The article analyzes an impact of the PV installation powering a heat pump during a heating season on indexes of final EK and primary EP energy consumption. Those indexes depend on the way of providing energy for space heating and DHW. Based on demand for electricity of the considered building for summer conditions the size of the photovoltaic system has been determined. On the basis of meteorological data presented at the website of the Ministry of Infrastructure and Construction and technical data of PV modules the energetic gain in the following hours of the year were calculated. The duration of the heating season and the amount of energy that must be supplied to the heat pump in the following days of the year to keep the internal temperature constant have been calculated. After taking into account the heat pump output, the estimation of time of its operation in the following days of the year have been made. The share of PV energy and energy from the grid in total energy supplied to drive a heat pump were determined. Two cases of PV system configurations have been considered. The first assumes that all energy produced by PV system can be used to drive the heat pump. This is possible when the photovoltaic system contains batteries. In the second case, the heat pump works when PV system produces energy only. Last paragraph shows the impact of the working PV installation on the EK and EP indexes.

**Keywords:** energy efficiency of buildings certificate, heat pump, photovoltaic

DOI:10.7862/rb.2016.247

*Przesłano do redakcji: 30.05.2016 r.*

*Przyjęto do druku: 20.12.2016 r.*