

Dariusz SOBCZYŃSKI<sup>1</sup>  
Małgorzata BALAJEJDER<sup>2</sup>

## UDZIAŁ PROSUMENTÓW W ROZWOJU SIECI SMART GRID

Prosument – to odbiorca jednocześnie producent energii w tym energii elektrycznej. Przyjęty przez rząd projekt ustawy o OZE jest początkiem rewolucji związanej z rozproszoną produkcją energii i wykorzystaniem źródeł niskoemisyjnych. Prosumentem może zostać osoba fizyczna, która produkuje energię elektryczną w instalacji o mocy poniżej 40 kW. Zgodnie z ustawą prosumenci, aby produkować i sprzedawać energię nie muszą prowadzić działalności gospodarczej, jak również nie jest wymagana od nich koncesja. Oznacza to również, iż prosumenci nie mogą łączyć działalności prosumenckiej z inną działalnością gospodarczą w innym miejscu. Istotnym zagadnieniem związanym z energetyką prosumencką jest funkcjonowanie sieci elektroenergetycznej oraz rozliczanie wyprodukowanej czy skonsumowanej energii. *Net metering* ma służyć właściwemu monitorowaniu i rozliczaniu przepływów energii. Ustawa o OZE stwarza perspektywę opłacalności przy produkcji energii na własne potrzeby i możliwości techniczne przyłączenia do sieci elektroenergetycznej. Dla sprawnego i efektywnego działania systemu z udziałem prosumentów, konieczna jest budowa sieci inteligentnych tzw. *smart-grid*. Inteligentne sieci elektroenergetyczne są w stanie efektywnie integrować działanie wszystkich podłączonych do niej użytkowników w celu stworzenia systemu energetycznego, charakteryzującego się niskim poziomem strat oraz wysoką jakością i bezpieczeństwem dostaw. Sieci inteligentne pozwalają na kontrolę produkcji, przesyłu i konsumpcji energii elektrycznej. Energia elektryczna jest dostarczana poprzez: sterowanie produkcją, zarządzania ograniczeniami i przerwami dostaw, monitorowanie stanu nadwyżek energii i przewidywanie awarii. Takie działania wpływają na zmniejszenie kosztów utrzymania systemu. W artykule opisano rolę prosumenta w sieci energetycznej oraz potencjał energetyki prosumenckiej, który określono na podstawie wykonanych obliczeń.

**Słowa kluczowe:** energia odnawialna, smart-grid, net-metering, prosument.

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Dariusz Sobczyński, Politechnika Rzeszowska, W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, +48 17 865 1974, dsobczyn@prz.edu.pl

<sup>2</sup> Małgorzata Balajejder, Politechnika Rzeszowska, W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, msadleja@wp.pl

## 1. Potencjał energetyki prosumenckiej

Ustawa o odnawialnych źródłach energii, uchwalona 20 lutego 2015 roku przez Sejm RP, wprowadza zmiany w zakresie mikro- i małych instalacji opartych na źródłach odnawialnych. Jako mikroinstalacje definiuje się te o mocy do 40 kW lub osiągalnej mocy cieplnej w skojarzeniu do 120 kW. Instalacje małe mają odpowiednio moc z przedziału 40kW do 200 kW lub w skojarzeniu moc cieplną od 120 kW do 600 kW [10]. Brak jest opracowań dotyczących potencjału rynku energetyki prosumenckiej w Polsce.

W artykule podjęto próbę oszacowania tego potencjału odnośnie systemów fotowoltaicznych możliwych do zainstalowania w istniejących budynkach mieszkalnych na terenie kraju. Aby określić potencjał energetyki prosumenckiej należy obliczyć ilość energii jaką może wyprodukować pojedyncza mikroinstalacja. Przeanalizowano mikroinstalację fotowoltaiczną o dwóch poziomach mocy 3 kWp oraz 5 kWp. Wartość założonej mocy instalacji fotowoltaicznych wynika z średniego zapotrzebowania na energię elektryczną typowego gospodarstwa domowego które szacowane jest na poziomie 2303 kWh/rok. Biorąc pod uwagę kryterium rocznego zużycia, najczęściej gospodarstw (prawie 30% gospodarstw z 55%, dla których uzyskano dane o zużyciu energii elektrycznej) znajdowało się w przedziale zużycia 2001-3000 kWh/rok, a nieco mniej liczne są przedziały 1001-1500 kWh/rok, 1501-2000 kWh/rok i 3001-5000 kWh (po 17-19% gospodarstw). Mediana zużycia energii elektrycznej wynosi 2039 kWh/rok [11]. Na wstępie oszacowano liczbę paneli fotowoltaicznych dla założonej mocy pojedynczego modułu oraz maksymalnej mocy zainstalowanej. Oszacowano również powierzchnię jaką zajmą moduły fotowoltaiczne i przykładowy koszt instalacji. Ilość energii wyprodukowanej w mikroinstalacji fotowoltaicznej obliczono za pomocą programu *Sunny Design Web*. Wydajność instalacji fotowoltaicznej zależy od takich czynników jak m.in.: lokalizacja (warunki nasłonecznienia adekwatne dla danego regionu), orientacja względem stron świata oraz kąt, pod jakim nachylone zostaną moduły. Ustalono sposób montażu, azymut oraz pochylenie modułu. Jako miejsce montażu paneli fotowoltaicznych wybrano dach budynku. Kąt nachylenia modułów ustalono na 37 stopni i orientację w kierunku południowym, ponieważ jest to optymalne położenie modułów dla wszystkich szerokości geograficznych występujących w Polsce [5]. Na terenie Polski różnice nasłonecznienia są nieznaczne. Najwyższe nasłonecznienie wynoszące nieco powyżej 1050 kWh/m<sup>2</sup>/rok posiada południowa część województwa lubelskiego. W Polsce centralnej nasłonecznienie zmienia się w granicach 1022 – 1048 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Na pozostałym terenie kraju wynosi ono nieco poniżej 1000 kWh/m<sup>2</sup> rocznie. Przyjęto zatem jedną średnią wartość nasłonecznienia dla terenu całego kraju na poziomie 1025 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Usłonecznienie zaś zmienia się w zależności od regionu od 1400 do 1800 h/rok, średnio 1600h/rok

[6] [7]. Przed rozpoczęciem obliczeń program wymaga aby ustalić lokalizację, dla której będą wykonywane kalkulacje. Należy także wybrać zakres napięcia (wybrano napięcie niskie) oraz przyłączy sieciowe falowników – jedno lub trójfazowe. Kolejnym etapem jest konfiguracja instalacji fotowoltaicznej tzn. należy wybrać moduł fotowoltaiczny, ustalić poziom mocy szczytowej instalacji fotowoltaicznej i ustalać sposób montażu instalacji, azymut oraz pochylenie modułu. Następnym krokiem jest wybór falownika jaki będzie zastosowany w instalacji fotowoltaicznej. Istnieje możliwość wyboru falownika przy wykorzystaniu opcji automatycznego wyboru rozwiązania. Program uwzględnia również sprawność poszczególnych elementów składowych przekształtnika. Tabela 1 przedstawia wyniki obliczeń, które wykonano dla dwóch mocy instalacji fotowoltaicznych: 3 kWp i 5 kWp.

Tabela 1. Wyniki obliczeń rocznego uzysku energii elektrycznej dla założonej mocy szczytowej instalacji PV wykonane w programie *Sunny Design Web*

Table 1. The calculations results of electrical energy for set up of peak power PV installations done by *Sunny Design Web* program.

Moc szczytowa instalacji	3 kWp	5 kWp
Liczba paneli fotowoltaicznych	12 szt.	20 szt.
Moc modułu fotowoltaicznego	250 Wp	250 Wp
Roczny uzysk energii elektrycznej	2775,7 kWh	4699,5 kWh
Powierzchnia modułów	19,5 m <sup>2</sup>	32,5 m <sup>2</sup>
Koszt instalacji	22,5 tys. zł	37,5 tys. zł

Powierzchnię dachu zajmowaną przez moduły fotowoltaiczne obliczono przy założeniu, że na każdy 1 kWp mocy instalacji fotowoltaicznej przyjęto około 6,5 m<sup>2</sup> powierzchni dachu o nachyleniu (36°) [12]. Natomiast koszt instalacji fotowoltaicznej obliczono przy założeniu, że średnie koszty jednostkowe dla małych instalacji (poniżej 10 kW) instalowanych na dachu budynku wynoszą około 7500 zł/kWp [1]. Według Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2011 r. w Polsce zlokalizowanych było ok. 6,111 mln budynków, w których znajdowało się co najmniej 1 mieszkanie. W zabudowie mieszkalnej dominowały budynki jednorodzinne. W miastach stanowiły one prawie 80% budynków zamieszkałych, a na wsi –ok. 97%. Spośród budynków objętych spisem, ponad 5,5 mln stanowiły budynki zamieszkałe. W miastach znajdowało się 2,2 mln budynków zamieszkałych, a na wsi 3,4 mln [2]. Biorąc pod uwagę to, iż baterie fotowoltaiczne wymagają znacznych powierzchni umożliwiających ich montaż, założono iż dostępną powierzchnią dachową - dla założonych mocy zainstalowanych - będzie

dysponowała maksymalnie 15 % liczba gospodarstw z ogólnej ilości budynków (zarówno zamieszkałych jak i niezamieszkałych). Uwzględniono nie tylko budynki jednorodzinne ale również budynki wielorodzinne, na których montaż paneli fotowoltaicznych również jest możliwy. Przy tak sformułowanych założeniach, potencjał rynku prosumenckiego określono dla 5%, 10% i 15% całości gospodarstw domowych w Polsce. Kolejne rozważania tyczą jakie rozwiązanie jest najbardziej opłacalne dla właściciela mikroinstalacji fotowoltaicznej.

**Rozwiązanie 1:** Całość energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji fotowoltaicznej zostanie sprzedana do sieci energetycznej.

**Rozwiązanie 2:** Całość energii elektrycznej wyprodukowanej w instalacji fotowoltaicznej zostanie zużyta na potrzeby własne gospodarstwa domowego, przy czym ewentualny niedomiar energii zostanie kupiony z sieci, a nadmiar energii zostanie sprzedany do sieci.

Zakładając odpowiedni procent zainstalowanych systemów wśród wszystkich gospodarstw domowych oraz wielkość zainstalowanej mocy OZE, można obliczyć maksymalną moc zainstalowaną. Moc danej instalacji obliczono mnożąc liczbę gospodarstw domowych poprzez moc szczytową instalacji:

$$M_W = L_G \cdot M_S \quad (1)$$

gdzie:  $M_W$  – moc szczytowa dla przyjętej liczby gospodarstw domowych,

$M_S$  – moc szczytowa pojedynczej instalacji PV,

$L_G$  – liczba gospodarstw domowych.

Przykładowe obliczenia przy założeniu mocy szczytowej modułów PV równej 3 kWp oraz założeniu, że takie instalacje posiadłoby 5% gospodarstw domowych (około 305 tys.):

- dla gospodarstw o mocy szczytowej 3 kWp:

$$305550 \cdot 3 \text{ kWp} = 916650 \text{ kWp} = 916,65 \text{ MWp} \quad (2)$$

- dla gospodarstw o mocy szczytowej 5 kWp:

$$305550 \cdot 5 \text{ kWp} = 1527750 \text{ kWp} = 1527,75 \text{ MWp} \quad (3)$$

Podobne obliczenia zostały przeprowadzone dla założonej liczby gospodarstw domowych na poziomie odpowiednio 10% (610 tys.) i 15% (około 915 tys.) gospodarstw domowych. Wyniki obliczeń zaprezentowano w tabeli 2. Następnie obliczono ilość energii elektrycznej wyprodukowanej w mikroinstalacji fotowoltaicznej jaka może zostać wprowadzona do sieci przy założonej mocy

zainstalowanej na poziomie 5%, 10% i 15% w całości gospodarstw domowych w Polsce.

Tabela 2. Wyniki obliczeń mocy szczytowej instalacji PV

Table 2. The calculation results of peak power PV installations

		Moc szczytowa instalacji	
		3 kWp	5 kWp
Liczba gospodarstw domowych	5% (305550)	916,65 MWp	1527,75 MWp
	10% (611100)	1833,3 MWp	3055,5 MWp
	15% (916650)	2749,95 MWp	4583,25 MWp

W tym celu wykorzystano obliczoną w tabeli 1 ilość energii wyprodukowanej w instalacji fotowoltaicznej, która wynosi:

- dla instalacji o mocy szczytowej 3 kWp - 2775,7 kWh,
- dla instalacji o mocy szczytowej 5 kWp - 4699,5 kWh.

Ilość energii jaką do sieci elektroenergetycznej może wprowadzić dana liczba gospodarstw obliczono mnożąc liczbę gospodarstw i roczny uzysk energii danego gospodarstwa:

$$E_W = L_G \cdot E_S \quad (4)$$

gdzie:  $E_W$  – całkowita energia wytworzona dla przyjętej liczby instalacji PV,

$E_S$  – energia wytworzona pojedynczej instalacji PV,

$L_G$  – liczba gospodarstw domowych.

Przykładowo ilość energii wprowadzonej do sieci przez 5% gospodarstw wyniesie dla gospodarstw o mocy szczytowej 3 kWp:

$$305550 \cdot 2775,7 \text{ kWh} = 916650 \text{ kWh} = 0,917 \text{ GWh} \quad (5)$$

Dla gospodarstw o mocy szczytowej 5 kWp:

$$305550 \cdot 4699,5 \text{ kWh} = 1527750 \text{ kWh} = 1,53 \text{ GWh} \quad (6)$$

W tabelach 3 i 4 przedstawiono wyniki wykonanych obliczeń dla wszystkich założonych ilości instalacji fotowoltaicznych. Z otrzymanych wyników prezentowanych tabelach 3. i 4. można wnioskować, iż potencjał rynku

prosumenckich mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii jest duży. Przykładem może być instalacja fotowoltaiczna o mocy 5 kWp. Zamontowanie takiej instalacji w 5% (około 305550) gospodarstw domowych w Polsce daje moc równą 1527,75 MW. Moc ta jest porównywalna z mocą planowanej elektrowni jądrowej w Żarnowcu (1600 MW) [3].

Tabela. 3. Zestawienie wyników obliczeń energii wytworzonej dla instalacji o mocy 3 kWp

Table 3. The calculation results of energy generated by the power plant 3 kWp

Ilość instalacji PV	5% (305550)	10% (611100)	15% (916650)
Moc wszystkich instalacji	916,65 MWp	1833,3 MWp	2749,95 MWp
Ilość energii wprowadzonej do sieci energetycznej	0,917 GWh	1696,23 GWh	2544,35 GWh

Tabela. 4. Zestawienie wyników obliczeń energii wytworzonej dla instalacji o mocy 5 kWp

Table 4. The calculation results of energy generated by the power plant 5 kWp

Ilość instalacji PV	5% (305550)	10% (611100)	15% (916650)
Moc instalacji	1527,75 MWp	3055,5 MWp	4583,25 MWp
Ilość energii wprowadzonej do sieci energetycznej	1,53 GWh	2871,86 GWh	4307,8 GWh

Zatem już niewielka część gospodarstw z mikroinstalacją fotowoltaiczną może zastąpić dużą elektrownię. Oczywiście oprócz kwestii ilości mocy zainstalowanej oraz ilości wyprodukowanej energii przez instalacje OZE do rozpatrzenia pozostaje kwestia sezonowości rocznej oraz zmienności dobowej produkcji energii elektrycznej za pomocą systemów PV. Uwzględnienie sezonowości produkcji energii elektrycznej nie wpływa na całociowy roczny bilans produkcji energii elektrycznej, jednakże ma znaczenie odnośnie pór doby i roku w których energia jest dostępna. Nierównomierność wielkości wytworzonej energii znacznie ogranicza prosumenta, co do możliwości jej wykorzystania. Największy szczyt produkcji energii występuje w miesiącach letnich natomiast dobowo są to godziny południowe w ciągu dnia. Nocą energia elektryczna nie jest wytwarzana. Jednakże zagadnienie sezonowości produkcji energii elektrycznej z wykorzystaniem paneli PV, powinno być rozwiązane przez wprowadzenie nowych sposobów zarządzania siecią elektroenergetyczną tzw. sieci *smart-grid*. Zagadnienie sieci *smart-grid* jest zagadnieniem

wielowątkowym i złożonym, którego wyjaśnienie wykracza poza ramy niniejszego artykułu.

## **2. Rola prosumenta w sieci energetycznej**

Prosument w sieci energetycznej ogrywa szczególną rolę. Jego wymagania i potrzeby kształtują nową strukturę sieci. Poprzez produkcję energii elektrycznej staje się aktywnym uczestnikiem rynku energii, który dostarcza usługi i jest współtwórcą nowych taryf. Obecnie system energetyczny charakteryzuje się dużą centralizacją elektrowni systemowych. Wytworzona w nich energia jest przesyłana na duże odległości co wiąże się z dużymi stratami, a bezpieczeństwo przesyłu energii zależy od stanu sieci przesyłowej. Pojawienie się w systemie energetycznym mikroinstalacji prosumenckich może to zmienić. Rozproszone mikroinstalacje odnawialnych źródeł energii będą uzupełniać w produkcji energii elektrycznej duże elektrownie systemowe. Jest to szczególnie potrzebne podczas szczytowych godzin zapotrzebowania na energię elektryczną [5].

Ilość prosumenckich instalacji będzie ciągle wzrastać. Sprzyjać temu będą programy finansowe. Przykładowo program „Prosument”, dzięki któremu prosument może otrzymać dotację do modernizacji istniejącej instalacji lub do zakupu nowej mikroinstalacji odnawialnych źródeł energii. Zachętą do zbudowania własnej przydomowej mikroinstalacji może być także możliwość częściowego uniezależnienia się od dostawcy energii elektrycznej oraz potrzeba zmniejszenia kosztów kupowanej energii elektrycznej. Aby rynek prosumencki mógł się szybciej i efektywniej rozwijać potrzebne jest zwiększenie świadomości potencjału energetyki prosumenckiej wśród społeczeństwa. Służyć temu mają działania informacyjne takie jak: konferencje, artykuły oraz strony internetowe poświęcone zagadnieniom związanych z prosumenckim wytwarzaniem energii.

## **3. Podsumowanie**

Dynamika rozwoju energetyki prosumenckiej w Polsce nie jest w obecnym czasie do przewidzenia. Dlatego podjęto próbę oszacowania jej potencjału zakładając trzy różne poziomy w zakresie inwestycji w instalacje oparte na źródłach energii odnawialnej jakimi są panele PV, definiując je na poziomie 5%, 10% i 15% istniejących budynków mieszkalnych. Analizowany przypadek uwzględnił jedynie możliwości produkcji energii elektrycznej przy założonej liczbie i mocy zainstalowanych paneli PV. Autorzy tej publikacji, nie podjęli się oceny wpływu zainstalowanych źródeł PV na system elektroenergetyczny co będzie w przyszłości tematem odrębnej analizy. Okres, w jakim program „Prosument” wprowadzony przez NFOŚiGW będzie wspierał finansowanie

instalacji mikro-PV OZE, wynosi 4 lata. Rozwój rynku prosumenckiego wpływa na rozwój rynku technologii instalacji odnawialnych źródeł energii, magazynowania energii oraz wzrost liczby producentów i instalatorów systemów odnawialnych źródeł energii. Działalność prosumencka może przyczynić się do obniżenia kosztów tych technologii. Przez wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii do produkcji energii elektrycznej w mikroinstalacjach, prosument przyczynia się do ograniczenia zużycia paliw kopalnianych oraz emisji szkodliwych zanieczyszczeń do środowiska. Jak wykazano istnieje bardzo duży potencjał rynku mikroinstalacji opartych o OZE, które pracując w odpowiednio zarządzanym systemie rozproszonym mogą przyczynić się zwiększenia niezawodności działania tego systemu i wpłynąć korzystnie na rynek energii.

## Literatura

- [1] <http://www.gospodarzenergia.pl/systemy-fotowoltaiczne>
- [2] Wyniki Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań 2011 Warszawa, marzec 2012 rok
- [3] Słotwiński R., Mikroinstalacje 1 – 40 kW Czy już?
- [4] <http://www.ekonomia.rp.pl/galeria/532088,2,1139610.html> [dostęp: październik 2015r.]
- [5] Bugała A., Frydrychowicz-Jastrzębska G.: Pozycjonowanie modułu fotowoltaicznego w jednoosiowym układzie nadążnym. *Electrical Engineering* no.81, Poznan University of Technology Academic Journals 2015, pp 153-160.
- [6] Kalda G., Smorąg A.: Stan obecny sektora energetyki słonecznej w Polsce i prognoza jej wykorzystania w przyszłości. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej* nr 283, *Budownictwo i Inżynieria Środowiska* z. 59 (4/12), Oficyna Wydawnicza PRZ 2012
- [7] Instytut Energetyki Odnawialnej. *Wizja rozwoju energetyki słonecznej termicznej w Polsce wraz z planem działań do 2020 r.*, Warszawa 2009.
- [8] <http://www.optimapolska.com.pl/instalacje-prosumenckie/> [dostęp: październik 2015r.]
- [9] <http://www.cenapradu.strefa.pl/> [dostęp: październik 2015r.]
- [10] Ustawa OZE, 2015 – Ustawa o odnawialnych źródłach energii z dnia 20 lutego 2015 r. (Dz.U. z 2015 r.poz. 478).
- [11] Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2009 r., GUS, Departament Produkcji 2012, [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl) [dostęp: październik 2015r.]
- [12] Dane katalogowe panel fotowoltaiczny firmy Schüco model MPE 250 PG 04; [http://www.bode-lueneburg.de/fileadmin/produkte/pg04-modul\\_schueco.pdf](http://www.bode-lueneburg.de/fileadmin/produkte/pg04-modul_schueco.pdf) [dostęp: październik 2015r.]



## PROSUMERS PARTICIPATION'S IN SMART GRID NETWORK DEVELOPMENT

### Summary

Prosumer - the recipient at the same time energy producer in the electricity. Adopted by the government draft law on the renewable energy is the beginning of the revolution associated with distributed energy production and use of low-carbon sources. Prosumer may be a natural person who produces electricity in plants with a capacity of less than 40 kW. According to the Act, prosumers will produce and sell energy do not have to run a business, and they do not need a license from them. It also means that prosumers can not connect prosumer activity of another business elsewhere. An important issue related to prosumer's energy is functioning electricity network and billing of energy produced or consumed. Net metering is intended to appropriate monitoring and accounting of energy flows. OZE Act guarantees the profitability of the production of energy for their own needs and technical capabilities of grid connection. The efficient and effective operation of the system with the participation of prosumers, it is necessary to build the so-called smart grids. Smart power grids are able to effectively integrate the operation of all users connected to it in order to create the energy system, which is characterized by low loss and high quality and security of supply. Smart grids allow you to control the production, transmission and consumption of electricity. Electricity is provided by: production control, congestion management and supply disruptions, monitor the status of surplus energy and anticipation of failure. Such activities contribute to the reduction of maintenance costs. The article describes the role of the grid prosumer and prosumer energy potential, which is defined on the basis of the calculations.

**Keywords:** renewable energy, smart-grid, net metering, prosumer.

DOI: 10.7862/re.2015.34

*Tekst złożono w redakcji:* październik 2015

*Przyjęto do druku:* grudzień 2015