



Jacek WASILEWSKI*, Mariusz KALETA**, Dariusz BACZYŃSKI***

Wybrane zagadnienia rozwoju mikrosieci energetycznych w Polsce

STRESZCZENIE. Mikrosieci (ang. *microgrids*) są postrzegane jako integralny składnik przyszłych systemów elektroenergetycznych, kształtujący się w wyniku rozwoju i realizacji różnych inicjatyw sieci inteligentnych (ang. *smart grids*). Mikrosieci są tworzone poprzez integrację źródeł rozproszonych, elastycznych (sterowalnych) odbiorów oraz systemów magazynowania energii występujących w lokalnym obszarze geograficznym. W artykule przeanalizowano wybrane aspekty rozwoju mikrosieci energetycznych w kontekście obecnych uwarunkowań prawnych i rynkowych w Polsce. Przedstawiono możliwe struktury mikrosieci w odniesieniu do modeli własności i zarządzania nimi. Scharakteryzowano mikrosieci publiczne, komercyjne jednopodmiotowe oraz komercyjne wielopodmiotowe. Przeanalizowano także możliwości realizacji prawnej mikrosieci w formie spółdzielni energetycznych, będących lokalnymi przedsięwzięciami, które powstają w ramach inicjatyw oddolnych. Udziałowcami spółdzielni mogą być prywatni inwestorzy, w tym rolnicy, jak również przedsiębiorstwa publiczne i prywatne, np. wspólnoty mieszkaniowe, szkoły, gminy. Cechą szczególną jest to, że lokalna społeczność ma istotny, bezpośredni udział finansowy w przedsięwzięciu, nie wliczając w to opłat za dzierżawę terenu lub zwrotu podatków. Wyróżnikami energetyki obywatelskiej są: dobrowolne i otwarte członkostwo, udział w zyskach z inwestycji, zarządzanie i kontrola na zasadach demokratycznych. Celem spółdzielni może być obniżenie kosztów zaopatrzenia w energię dla lokalnej społeczności. Jednak z rozwojem spółdzielni mogą wiązać się dodatkowe korzyści, w tym rozwój gospodarki wiejskiej, wzrost lokalnych przychodów z opodatkowania działalności, tworzenie nowych miejsc pracy i zwiększenie

* Dr inż. – Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Warszawska, e-mail: jacek.wasilewski@ien.pw.edu.pl.

** Dr inż. – Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, Politechnika Warszawska, e-mail: mkaleta@elka.pw.edu.pl.

*** Dr hab. inż. – Instytut Elektroenergetyki, Politechnika Warszawska, e-mail: dariusz.baczynski@ien.pw.edu.pl.

obrotu finansowego w lokalnym obszarze. W artykule zidentyfikowano w tej kwestii zarówno szanse, jak również bariery dla rozwoju tego typu formy energetyki obywatelskiej. Artykuł zakończono najważniejszymi wnioskami.

SŁOWA KLUCZOWE: mikrosieć, energetyka obywatelska, spółdzielnia energetyczna

Wprowadzenie

Mikroenergetyka jest obecnie istotnym elementem debaty publicznej w Polsce dotyczącej energetyki odnawialnej. W szczególności poruszane są takie pojęcia jak mikroinstalacja odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz prosument energii. Pojęcia te są często poruszane w kontekście mikroenergetyki obywatelskiej, co oznacza społeczne i gospodarcze organizowanie się w ramach oddolnych inicjatyw na rzecz lokalnego pokrycia zapotrzebowania na energię (Krajowy Plan... 2013).

Z drugiej strony, rozwój inteligentnych sieci energetycznych (ISE, ang. *smart grid*) będzie się wiązał z rozwojem koncepcji aktywnego odbioru/generacji/magazynu energii rozproszonych w sieciach dystrybucyjnych. Podstawą w tej koncepcji jest dostrzeżenie wzrostu efektywności w sytuacji, gdy wspólnie zarządzani/rozliczani odbiorcy są zlokalizowani w bliskim obszarze (Malko 2009). W realizacji tej koncepcji doskonale wpisują się struktury mikrosieci energetycznych.

Mikrosieci są postrzegane jako integralny składnik przyszłych systemów elektroenergetycznych, kształtujący się w wyniku rozwoju i realizacji różnych inicjatyw ISE. Mikrosieci są tworzone poprzez integrację źródeł rozproszonych, elastycznych odbiorów oraz systemów magazynowania energii występujących w lokalnym obszarze geograficznym (Billewicz 2011; Parol, red. 2013; Driesen i Katiraei 2008; Wasilewski 2013).

Kluczową kwestią jest identyfikacja właściciela/zarządcy mikrosieci, którymi mogą być: operator systemu dystrybucyjnego (OSD), właściciel zakładu przemysłowego, czy grupa zakładów przetwórstwa rolnego. W odniesieniu do modeli własności, istotne są rozważania dotyczące źródeł zysków – wynikających z obrotu energią oraz z innych korzyści (usług sieciowych, zapewnienia jakości energii, środowiskowych i in.). Prowadzonych jest wiele prac w zakresie badań operacyjnych dotyczących strategii handlu energią i usługami, zawierania transakcji, bilansowania sieci i harmonogramowania dla najważniejszych uczestników rynku (systemowy wytwórca energii – spoza mikrosieci, operator mikrosieci, wytwórca w mikrosieci, odbiorca uczestniczący w programie redukcji poboru oraz prosument) (Słobodanka 2013).

Rozwój mikrosieci energetycznych jest niewątpliwie związany z obecnymi i przyszłymi uwarunkowaniami prawnymi i ekonomicznymi. Uwarunkowania te będą miały wpływ na wybór odpowiedniego modelu własności i zarządzania mikrosieciami, które mogą być przede wszystkim efektywnymi strukturami technicznymi przy równoległym rozwoju energetyki prosumenckiej i obywatelskiej.

1. Uwarunkowania rozwoju mikroenergetyki

Rozwój i wdrażanie mikrosieci, jako lokalnych systemów zaopatrzenia w energię pracujące OZE i/lub kogenerację energii, wiąże się niewątpliwie z ustanowieniem odpowiednich strategii oraz regulacji prawnych, zarówno na szczeblu Unii Europejskiej (dyrektywy, decyzje, komunikaty, „białe” i „zielone” księgi), jak i na poziomie krajowym (ustawy, rozporządzenia, strategie prowadzenia polityk (Parol, red. 2013; Paska i Surma 2013)).

Jednym z najważniejszych dokumentów w skali międzynarodowej jest Protokół z Kioto, w którym państwa Unii Europejskiej (UE), w tym Polska, zobowiązały się do obniżenia emisji CO₂ o 8% w latach 2008–2012 w stosunku do poziomu emisji z roku 1990 (Ustawa 2002). Protokół ten został zatwierdzony Decyzją Rady 2002/358/WE z dnia 25 kwietnia 2002 r. Na szczeblu UE opracowano również dokumenty strategiczne, w których podkreśla się rolę OZE w energetyce. Są to: Biała Księga „Energia dla przyszłości: odnawialne źródła energii” oraz Zielona Księga „Ku europejskiej strategii bezpieczeństwa”. W wymienionych dokumentach określono udział OZE w stosunku do całkowitego zużycia energii oraz zaproponowano różne mechanizmy ich wspierania (Communication... 1997; European Commission... 2001). W grudniu 2011 r. Komisja Europejska przyjęła plan działań w zakresie energii do roku 2050, w którym zobowiązano się redukcji emisji gazów cieplarnianych o 80–95% do roku 2050, w odniesieniu do poziomu z 1990 roku. W jednym z analizowanych scenariuszy rozwoju energetyki przewiduje się 75-procentowy udział OZE w końcowym zużyciu energii w 2050 r. (Komunikat... 2011). Oprócz wymienionych dokumentów strategicznych UE, zawierających zamierzenia polityczne, istnieją również akty prawne, z których najważniejszy to Dyrektywa 2009/28/EC z dnia 23 kwietnia 2009 r. Zgodnie z celami określonymi w tej dyrektywie, do 2020 roku Polska powinna osiągnąć 15-procentowy udział energii elektrycznej z OZE w zużyciu energii elektrycznej brutto (Directive... 2009). Wspomniana dyrektywa zwraca również uwagę na promocję małych, lokalnych instalacji OZE, podkreślając przy tym zwiększenie bezpieczeństwa dostaw energii, wspierania rozwoju technologicznego, innowacji, a także tworzenia możliwości zatrudnienia i rozwoju regionalnego.

Rozwój OZE i kogeneracji jest jednym z priorytetów wymienionych w dokumencie Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, przygotowanym przez Ministerstwo Gospodarki i przyjętym przez Radę Ministrów. Przewiduje on różne mechanizmy, które mają zachęcać do rozwoju OZE i źródeł wytwarzających energię w skojarzeniu, takie jak: ulgi i zwolnienia podatkowe, wsparcie dla przedsiębiorstw wytwarzających energię pochodzącą z OZE i kogeneracji, wsparcie inwestycji kapitałowych w projektach OZE z funduszy UE i ochrony środowiska (Polityka energetyczna Polski... 2009). Zawarte tam treści należy traktować jako punkt odniesienia na poziomie ustawodawczym, oraz w indywidualnych postępowaniach administracyjnych. Obecnie (stan na styczeń 2015), przygotowany jest również rządowy dokument Polityka energetyczna Polski do 2050 r., w którym zakłada się priorytetowo osiągnięcie wzrostu efektywności energetycznej w skali kraju. Z kolei OZE mają się rozwijać w celu wypełnienia zobowiązań UE (Polityka energetyczna Polski... 2014).

Najważniejszym krajowym dokumentem regulującym cały sektor energetyczny, w tym kwestie formalnoprawne działania OZE oraz źródła energii pracujące w skojarzeniu, jest ustawa

Prawo Energetyczne, znowelizowana w ramach tzw. małego trójpaku energetycznego. Określone zostały w niej m.in. zasady przyłączania źródeł energii do sieci elektroenergetycznej, udzielania koncesji i sprzedaży wytworzonej energii oraz regulacje promujące wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych i pracujących w skojarzeniu. Ustawa wprowadza dwa nowe rodzaje instalacji wytwórczych OZE: mikroinstalacja oraz mała instalacja (Ustawa... 1997), w tym dogodniejsze warunki przyłączenia mikroinstalacji OZE do sieci dystrybucyjnej.

Zgodnie z aktualnie obowiązującymi regulacjami (stan na styczeń 2015), energia elektryczna wytworzona w mikroinstalacji, która jest przyłączona do sieci dystrybucyjnej, musi być zakupiona przez podmiot sprzedający energię „z urzędu” po cenie w wysokości 80% średniej ceny sprzedaży energii elektrycznej na rynku hurtowym z poprzedniego roku kalendarzowego. Co istotne, dla właściciela mikroinstalacji OZE będącego osobą fizyczną i niebędącego przedsiębiorcą w rozumieniu Ustawy o swobodzie działalności gospodarczej, wytwarzanie i sprzedaż energii elektrycznej nie jest uważane za działalność gospodarczą (Ustawa... 1997). Kwestie związane z przyłączaniem małych instalacji do sieci OSD i działalnością gospodarczą w tym zakresie precyzuje nowa ustawa o OZE, której rządowy projekt jest aktualnie procedowany w Sejmie (Projekt ustawy... 2014).

Budowa segmentu mikroenergetyki prosumenckiej jest pochodną zwrócenia uwagi potencjalnych inwestorów nie tylko na produkcję i sprzedaż energii, ale także na jej końcowe wykorzystanie przez konkretnych odbiorców. Prosumenckie mikroinstalacje OZE działające po stronie popytu, także na rzecz ograniczenia strat energii w łańcuchu dostaw z zewnątrz, doskonale wpisują się w idee tworzenia inteligentnych sieci energetycznych (ISE), w tym mikrosieci. Elementem ISE i mikrosieci są także m.in. systemy zdecentralizowanego (blisko odbiorcy i blisko mikroinstalacji) magazynowania energii oraz elementy sprzęgające prosumenckie i przydomowe mikroinstalacje z siecią domową (energetyczną i informatyczną) (Krajowy Plan... 2013).

Istotną kwestią w przyszłości mogą stać się zmiany w zakresie naliczania opłat przesyłowych (Korab 2011). W obecnie istniejącym modelu rynku energii elektrycznej, tzw. miedzianej płyty, cena rozliczeniowa za jednostkę energii nie uwzględnia kosztów związanych ze stratami przesyłowymi i ograniczeniami sieciowymi. Koszty te są przenoszone na uczestników rynku (głównie na odbiorców) za pośrednictwem opłaty przesyłowej i najczęściej są one uśredniane w ramach danej grupy odbiorców (stosowana jest tzw. metoda znaczka pocztowego). Prowadzi to poniekąd do zdegenerowania obrazu koniecznych inwestycji zarówno w podsystem wytwórczy jak i przesyłowy. Istotnych informacji w tym względzie nie posiadają potencjalni inwestorzy – rozwój obu systemów zależy nie od sytuacji rynkowej, a od decyzji administracyjno-politycznych. W przypadku, gdyby zastosowano jedną z metod wyliczających koszt energii z uwzględnieniem strat sieciowych i ograniczeń systemowych, wówczas potencjalni inwestorzy mikrosieci mogliby zyskać (oczywiście w niektórych rejonach) dodatkowy impuls ekonomiczny. Wymagałoby to jednak zmiany organizacji rynku energii elektrycznej w Polsce.

2. Mikrosieci energetyczne

Mikrosieć określa się zwykle przez autonomiczny mikrosystem elektroenergetyczny, w którym znajdują się źródła wytwarzania energii elektrycznej (w tym OZE), zasobniki energii, sterowalne odbiory oraz układy sterowania (Malko 2009; Parol i in. 2013). Cechą charakterystyczną nowoczesnych systemów zaopatrzenia w energię w skali lokalnej, takich jak mikrosieci, jest mnogość konwersji różnych postaci energii (w tym kogeneracji). Układami przetwarzania postaci energii mogą być m.in.:

- ✧ kotły gazowe (gaz/ciepło),
- ✧ kolektory słoneczne (promieniowanie Słońca/ciepło),
- ✧ silniki spalinowe (gaz, paliwa płynne/energia elektryczna + ciepło),
- ✧ mikroturbiny spalinowe (gaz, paliwa płynne/energia elektryczna + ciepło),
- ✧ systemy fotowoltaiczne (promieniowanie Słońca/energia elektryczna),
- ✧ mikroturbiny wiatrowe (energia kinetyczna wiatru/energia elektryczna).

Sprzęgnięcie wielu nośników energii każe traktować źródła jako konwertery energii, a zatem mikrosieć powinno się rozpatrywać jako wielonośnikowy system zaopatrzenia w energię (Wasilewski 2013). Biorąc pod uwagę obszar możliwych zastosowań mikrosieci energetycznych oraz ich strukturę podmiotową można wyróżnić trzy rodzaje mikrosieci (Parol i in. 2013; Driesen i Katiraei 2008):

- ✧ mikrosieć publiczna,
- ✧ mikrosieć komercyjna jednopodmiotowa,
- ✧ mikrosieć komercyjna wielopodmiotowa.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe schematy poszczególnych rodzajów mikrosieci. Każdy numer na rysunku przypisuje się do jednego podmiotu, będącego właścicielem lub zarządcą danej części mikrosieci.

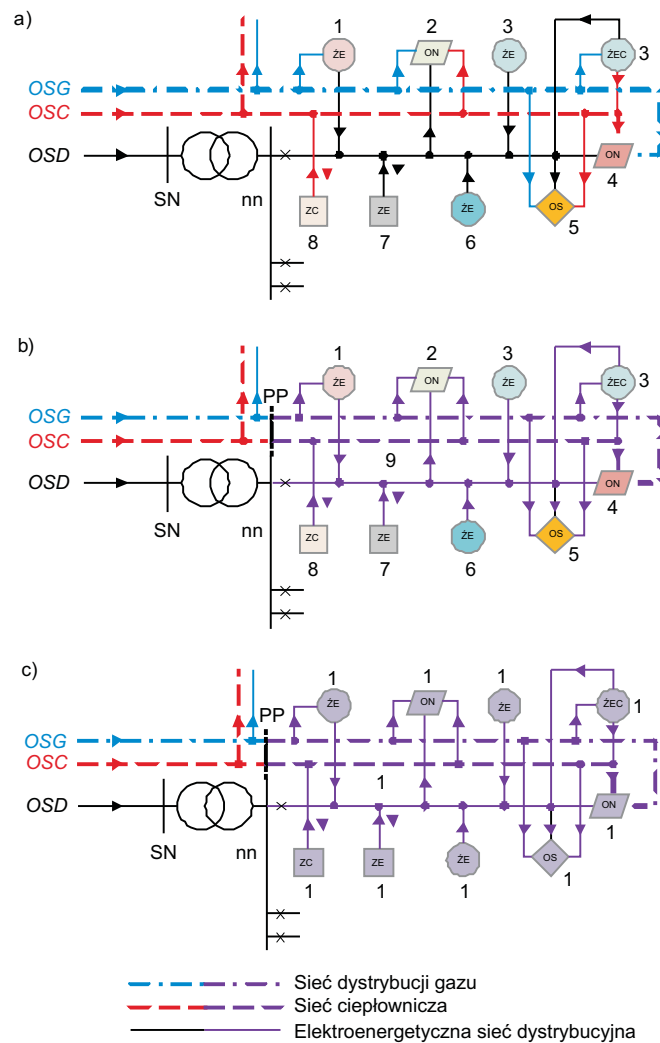
2.1. Mikrosieci publiczne

Mikrosieć publiczna jest zarządzana z definicji przez operatorów poszczególnych rodzajów sieci dystrybucyjnych (OSD, OSG i OSC). Rozważając system zaopatrzenia w energię elektryczną, OSD ma możliwość bardziej elastycznego sterowania pracą swojej sieci, tj. (Parol i in. 2013):

- ✧ regulacja poziomów napięć i przepływów mocy biernej,
- ✧ zarządzanie przepustowością linii i transformatorów,

przy zachowaniu nieskrępowanego dostępu do rynku energii (regulowanego lub uwolnionego) podmiotom będącym właścicielami/zarządcami źródeł i magazynów energii w mikrosieci.

Zarządzanie twardymi ograniczeniami (niespełnienie ich prowadziłyby do awarii) w sieci dystrybucyjnej musiałyby przebiegać na zasadzie interwencyjnego sterowania elementami mikrosieci (źródłami, magazynami, odbiorami sterowanymi) na zasadzie umów bilateralnych między OSD a poszczególnymi podmiotami w mikrosieci. Pożądane punkty pracy sieci rozdzielczych przez OSD, które wynikają np. z optymalnego sterowania według kryterium mini-



Rys. 1. Rodzaje przyszłościowych struktur mikrościek energetycznych: a) mikrościeć publiczna, b) mikrościeć komercyjna wielopodmiotowa, c) mikrościeć komercyjna jednopodmiotowa; oznaczenia: OSG – operator sieci gazowej, OSC – operator sieci ciepłowniczej, OSD – operator elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej, PP – punkt przyłączenia mikrościeki, ZE – źródło energii elektrycznej, ZEC – źródło energii elektrycznej i ciepłej (kogeneracja), ZC – źródło ciepła, ON – odbiór energii niesterowalnej, OS – odbiór energii sterowalnej

Fig. 1. Types of future structures of energy microgrids: a) public microgrid, b) commercial multi-entity microgrid, c) commercial single-entity microgrid; denotations: OSG – gas system operator, OSC – district heat system operator, OSD – electric power distribution system operator, PP – point of common coupling, ZE – electric power source, ZEC – combined heat and electric power source (cogeneration), ZC – heat source, ON – uncontrolled energy receiver, OS – controlled energy receiver

malizacji kosztów pokrycia strat w sieci, mogłyby być oczekiwane jako odpowiedź uczestników mikrościeki na określone sygnały taryfowe. Taka odpowiedź miałaby oczywiście charakter stochastyczny.

Wydaje się, że efekt ekonomiczny (opłacalność) zarządzania przez OSD tego typu strukturami byłby osiągnięty przy dużym nasyceniu mikrogeneracji rozproszonej (w tym OZE), rozwiniętej technologii magazynowania energii oraz stosowania przez odbiorców inteligentnej automatyki budynkowej (np. w standardzie KNX, LonWorks) uwzględniającej w sobie systemy zarządzania energią w budynku. Tym samym wdrożyłoby się pełną koncepcję ISE, z uwzględnieniem poprawy efektywności energetycznej w sektorze budownictwa, którego potencjał jest w Polsce bardzo znaczący (Mirowski i in. 2013).

W przypadku pracy wyspowej OSD odpowiadałyby za zbilansowanie mocy w mikrosieci, przy jednoczesnym zarządzaniu ograniczeniami technicznymi w takim stanie. Byłaby to usługa OSD na rzecz odbiorców objętych obszarem mikrosieci, za którą musieliby odpowiednio płacić. Zakup takiej usługi byłby oczywiście dobrowolny. Przedstawiony sposób działania OSD musiałby być poparty odpowiednimi zmianami w prawie i tym samym w IRiESD. OSD musiałby tym samym przejąć obowiązek częściowego zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej na poziomie lokalnym.

Trudnym, ale i interesującym z naukowego punktu widzenia zadaniem wydaje się planowanie rozwoju inteligentnego systemu dystrybucyjnego. Z jednej strony kryteria i ograniczenia w takim zadaniu zaczynają przypominać problem rozwoju krajowego systemu elektroenergetycznego (KSE), przy czym rozległość sieci oraz jej stochastyczna natura (zarówno strukturalna, jak i obciążen/generacji w indywidualnych węzłach) znacznie komplikują to zadanie. Do tego dochodzi niepewność uwarunkowań prawnych, mających wpływ na rozwój OZE w skali mikro.

Wyzwanie może stanowić również koordynacja optymalnego rozwoju i pracy takich mikrosieci, w odniesieniu do operatorów sieci różnych nośników energii. Rozważane są modele biznesowe spółek dystrybucyjnych zarządzających całą (wielonośnikową) infrastrukturą dystrybucji energii (Geidl i in. 2007). Modele te są cały czas przedmiotem badań, przy czym tego typu modele wprowadzono w kilku krajach w Europie, m.in. w Niemczech (Bielecki i in. 2010).

2.2. Mikrosieci komercyjne

Mikrosieć komercyjna jest własnością jednego lub wielu podmiotów, i z punktu widzenia operatorów sieci dystrybucyjnych (OSD, OSG i OSC) stanowi częściowo sterowalny odbiór (źródło/magazyn energii).

Mikrosieć komercyjna jednopodmiotowa stanowi infrastrukturę zaopatrzenia w energię odbiorów w ramach tej samej własności (jednostki zarządzającej). Istotnymi warunkami dla podmiotu rozważającego inwestycję w strukturę mikrosieci komercyjnej są:

- ✧ posiadanie określonych potrzeb energetycznych (zapotrzebowanie na energię w różnych postaciach),
- ✧ zapewnienie dystrybucji energii do swoich odbiorów,
- ✧ obracanie energią jako towarem (zakup/sprzedaż) w ramach prowadzenia działalności gospodarczej (przydzielonej koncesji na wytwarzanie energii lub w zakresie małych instalacji OZE) lub jej nieprowadzenia (w zakresie mikroinstalacji OZE).

Typowe cechy potencjalnych inwestorów w mikrosieci komercyjne końcowe to:

- ✧ niewielka awersja do ryzyka inwestycyjnego,
- ✧ wykazywanie świadomości i aktywności w procesie zarządzania energią,
- ✧ relatywnie duże zapotrzebowanie na energię (satysfakcjonujący okres zwrotu inwestycji),
- ✧ wysokie wymagania dotyczące ciągłości zaopatrzenia w energię oraz jej jakości,
- ✧ odpowiednie zasoby budowlane i terenowe dla lokalizacji elementów składowych mikrosieci (źródła, zasobniki).

Niezbędnym elementem tego typu mikrosieci jest system zarządzania energią (SZE), sterujący w sposób optymalny źródłami energii (sterowalnymi), zasobnikami oraz wybranymi odbiorcami. SZE w mikrosieci komercyjnej musi uwzględniać sygnały taryfowe zawierające składniki zakupu energii, jak również stawek dystrybucyjnych OSD, włączając w to zachęty finansowe w ramach usług zarządzania reakcją popytową (ang. *demand response* – DR).

W obecnym ujęciu Prawa Energetycznego wydaje się, że rozwój mikrosieci komercyjnych jednostopniowych będzie uzależniony od warunków wsparcia wytwarzania energii w OZE przede wszystkim w zakresie małych instalacji. Będą istnieć okresy, w których opłacalna będzie sprzedaż nadwyżki energii do „sprzedawcy z urzędu”, jak również magazynowania lub konsumpcji (przy najdroższej strefie taryfowej). Na dzień dzisiejszy nie ma możliwości ubiegania się o świadectwa pochodzenia, jeśli nie prowadzi się działalności gospodarczej w zakresie sprzedaży energii z OZE, w ramach przyznanej koncesji na jej wytwarzanie. Należy także zwrócić uwagę na brak precyzyjnego określenia udziału zasobników energii i źródeł niebędących OZE w pojęciu mikroinstalacji lub małej instalacji.

Potencjalnymi inwestorami w mikrosieci komercyjne jednostopniowe mogą być m.in.:

- ✧ przedsiębiorstwa produkcji rolnej,
- ✧ kompleksy hotelowe, sanatoria,
- ✧ zakłady przemysłowe,
- ✧ kampusy uczelniane,
- ✧ kompleksy szpitalne,
- ✧ jednostki penitencjarne,
- ✧ jednostki wojskowe.

Istnieje również koncepcja mikrosieci komercyjnej wielopodmiotowej, np. zasilającej osiedla mieszkaniowe, parki przemysłowe, parki biurowe (Driesen i Katiraei 2008). Cechą charakterystyczną tego typu mikrosieci jest wydzielenie podmiotu, który pełni funkcję jej operatora. Operator mikrosieci (OMS) może pełnić rolę lokalnego agregatora obejmującego źródła, magazyny energii oraz odbiorców. Agregacja taka może mieć miejsce zarówno na płaszczyźnie handlowej jak i technicznej (potencjalne usługi systemowe na rzecz OSD, czy agregatora świadczącego usługi dla OSP). Jego funkcją jest również zarządzanie mikrosiecią w stanie pracy wyspowej (utrzymanie bilansu mocy i innych parametrów). OMS pełni również naturalną rolę dystrybutora energii na rzecz mikrowytwórców energii oraz odbiorców podłączonych do mikrosieci. Prawo energetyczne dopuszcza łączenie funkcji wytwarzania, obrotu i dystrybucji energii, jeśli liczba odbiorców obejmujących usługę dystrybucji nie przekracza 100 tys. (Ustawa... 1997).

Należy zaznaczyć, że OMS (wraz ze źródłami i zasobnikami energii) może być spółka lub spółdzielnia, której udziałowcami są odbiorcy znajdujący się w obszarze mikrosieci.

3. Spółdzielnie energetyczne

Spółdzielnie energetyczne są lokalnymi projektami powstającymi w ramach inicjatyw oddolnych. Model lokalnej kooperatywy energetycznej powstał w Danii, a następnie został zaadoptowany przez inne państwa, w tym Niemcy, Austrię, Holandię. Właścicielami spółdzielni mogą być prywatni inwestorzy, w tym rolnicy, jak również przedsiębiorstwa publiczne i prywatne, np. spółdzielnie mieszkaniowe, szkoły, gminy. Cechą szczególną jest to, że lokalna społeczność ma istotny, bezpośredni udział finansowy w przedsięwzięciu, nie wliczając w to opłat za dzierżawę terenu lub zwrotu podatków. Wyróżnikami energetyki obywatelskiej są: dobrowolne i otwarte członkostwo, udział w inwestycji i zyskach, zarządzanie i kontrola na zasadach demokratycznych.

Celem spółdzielni może być obniżenie kosztów energii dla lokalnej społeczności. Jednak z rozwojem spółdzielni mogą wiązać się dodatkowe korzyści, w tym rozwój gospodarki wiejskiej i wzrost lokalnych przychodów z opodatkowania działalności, tworzenie nowych miejsc pracy i zwiększenie obrotu finansowego w lokalnym obszarze. W Stanach Zjednoczonych udziałowcy mogą oczekiwać dodatkowo stabilizacji cen. W przypadku energii lokalnej z ceny końcowej usuwane są składowe związane z przesyłem, surowcami pierwotnymi. Okazuje się, że oprócz głównego celu – obniżenia kosztów – bardzo często zasadniczym motorem jest chęć społeczności do tworzenia energetyki zielonej. W tym wypadku motywatorem są przede wszystkim aspekty środowiskowe, a więc redukcja emisyjności oraz redukcja zużycia nieodnawialnych bogactw naturalnych. Wiąże się to z głęboką świadomością ekologiczną społeczności i ich dojrzałością oraz zrozumieniem dla zrównoważonego rozwoju.

Spółdzielnie bazują na efekcie skali – inwestycje o większym zakresie niż inwestycje, które mogłyby być zrealizowane w pojedynczych gospodarstwach, skutkują mniejszym kosztem w przeliczeniu na dostępną jednostkę mocy.

Spółdzielnia energetyczna dodatkowo może dążyć do samowystarczalności energetycznej. Są znane spółdzielnie, które generują istotne nadwyżki odsprzedawane do sieci systemowej. Taka samowystarczalność może oznaczać większe bezpieczeństwo energetyczne spółdzielni. W skrajnym przypadku funkcjonują już nieliczne spółdzielnie, które są w stanie zaspokoić własne potrzeby w każdej chwili czasowej i działają w trybie wyspowym. W tej sytuacji bezpieczeństwo energetyczne staje się dyskusyjne, a dominującym motorem są ambicje lokalnych społeczności w zakresie rozwoju zrównoważonego.

Zazwyczaj to członkowie spółdzielni bezpośrednio finansują przedsięwzięcie, np. wykupując udziały w spółdzielni. W proces finansowania mogą być jednak włączane przedsiębiorstwa prywatne o zasięgu większym niż lokalny oraz instytucje samorządowe.

Można wyróżnić następujące modele biznesowe inicjatyw lokalnych:

- ✧ Spółdzielnia działająca według prawa spółdzielczego. Charakteryzuje się wspólną własnością, każdy członek spółdzielni ma prawo głosu. Kierowanie spółdzielnią jest więc oparte na wspólnym, demokratycznym, podejmowaniu decyzji (demokratyczna energetyka). Model taki funkcjonuje m.in. w Danii, Niemczech, Holandii, Austrii.
- ✧ Inicjatywa samorządowa. Model ten może mieć miejsce, o ile prawo wspiera działalność samorządów w rozwoju OZE. Samorząd staje się zarządcą instalacji elektroenergetycznej,

która staje się własnością publiczną. Inicjatywy samorządowe mogą być wspierane poprzez zwolnienia podatkowe.

- ✧ Partnerstwo społeczno-akcyjne. W modelu tym występuje inwestor, który decyduje się współdzielić swoją własność z członkami spółdzielni. Może to mieć związek z własnością ziemi, na której inwestor lokuje swoje instalacje. Zamiast stałej opłaty za dzierżawę ziemi, właściciele ziemi mogą otrzymać udziały w inwestycji. Jedną z formy współdzielenia własności jest emisja akcji po realizacji inwestycji.
- ✧ Podmioty gospodarcze. W niektórych przypadkach mieszkańcy zawiązują spółki kapitałowe zamiast spółdzielni, zazwyczaj spółki z ograniczoną odpowiedzialnością (Dania, północne Niemcy). Bодźcem do takiego działania mogą być uwarunkowania prawne lub podatkowe, które nie promują formy spółdzielczej. W tych przypadkach powstałe spółki zazwyczaj też są określane terminem „spółdzielni”, choć ma to wymiar nieformalny. Inwestorami mogą być posiadacze gruntów, lub również osoby z sąsiedztwa, a także inwestorzy o zasięgu krajowym.

Istotnym warunkiem umożliwiającym rozwój spółdzielni jest gwarancja stałej minimalnej ceny za wygenerowaną energię. Spełnienie tego warunku umożliwia oszacowanie przychodów, a w efekcie pozyskanie środków na budowę infrastruktury.

Należy zauważyć, że kooperacyjne formy mogą rozwijać się niezwykle dynamicznie. Tzw. *crowdfunding* polega na społecznym finansowaniu przedsięwzięć przez znaczną liczbę drobnych inwestorów w ramach jednorazowych wpłat. Przykładowo, w centralnej części Holandii, we wrześniu 2013 r. w ciągu 13 godzin zebrano kwotę 1,3 mln euro przeznaczoną na budowę turbiny wiatrowej (Szwed i Maciejewska 2013). W przedsięwzięciu uczestniczyło 1700 inwestorów. W Polsce powstała na terenie czterech gmin pierwsza spółdzielnia energetyczna. Istotą przeprowadzanej inwestycji w ramach spółdzielni jest budowa kompleksu elektrowni biogazowych połączonych ze sobą autonomiczną siecią dystrybucyjną. Planuje się grupowanie jednostek wytwórczych w tzw. węzły energetyczne, w skład których wchodzi trzy jednostki wytwórcze, przy czym poszczególne jednostki zlokalizowane będą w pewnym dystansie od siebie i połączone między sobą mostami kablowymi, zapewniającymi wzajemne rezerwowanie mocy (Spółdzielnia... 2014).

Wnioski

Dalszy rozwój energetyki powinien podążać w kierunku orientacji na prosumenta, przy jednoczesnym jego wsparciu legislacyjnym i ekonomicznym. Z drugiej strony, część odpowiedzialności za bezpieczeństwo energetyczne będzie przesuwana w kierunku lokalnych podmiotów publicznych (np. gminy). Tym samym rozwój energetyki prosumentckiej powinien być lokalnie koordynowany i jak najefektywniej wykorzystany. Wydaje się, że największe szanse stoją przed energetyką gminną (jako główni beneficjenci funduszy pomocowych w latach 2014–2020) i zapewne energetyką rolniczą. Idea spółdzielni energetycznych będzie w tym przypadku bardzo dobrym rozwiązaniem.

Rozwój mikrogeneracji jest pierwszym krokiem do powstania mikro sieci. Można zaryzykować stwierdzenie, że uwarunkowania prawne zawarte w znowelizowanym Prawie energetycznym i przygotowywanej ustawie o OZE są dobrym, choć niewystarczającym krokiem w kierunku rozwoju mikro sieci w Polsce.

Po stronie szans dla rozwoju mikro sieci można zaliczyć:

- ✧ tradycje społeczeństwa w inicjatywach społecznych, zdolności do samoorganizacji,
- ✧ tendencje i naciski do zmian w prawodawstwie zmierzające do umożliwienia działalności spółdzielni, stwarzające warunki dla samowystarczalności gmin,
- ✧ zgodność idei rozwoju mikro sieci z trendami i koncepcjami w UE,
- ✧ systematyczny spadek kosztów mikroinstalacji,
- ✧ programy finansowania w latach 2014–2020 z UE, w ramach którego 60 mld zł powinno dotyczyć programów zwiększających efektywność energetyczną i produkcję energii z OZE,
- ✧ program „Prosument” przewidziany na lata 2014–2018, wspierający rozwój energetyki obywatelskiej. Program prowadzony jest przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, w ramach którego będą oferowane dotacje i niskooprocentowane kredyty dla małych instalacji i mikroinstalacji OZE.

Po stronie zagrożeń można wyróżnić:

- ✧ obecne bariery prawne, brak ustawy o OZE, ryzyko legislacyjne niezachęcające do inwestycji,
- ✧ niechęć w usuwaniu wymienionych barier, tzw. sojusz polityczno-korporacyjny, bariery od strony dużych przedsiębiorstw energetycznych, ze względu na ich malejącą rolę w przypadku intensywnego rozwoju energetyki obywatelskiej,
- ✧ brak regulacji prawnych dla *crowdfundingu*,
- ✧ brak systemu zachęt dla energetyki obywatelskiej (prawnych, podatkowych),
- ✧ mniejsza świadomość potrzeby działań ekologicznych w Polsce (dla wielu spółdzielni w UE za granicą to aspekty ekologiczne były motorem działania); wdrożenie „smart gridów” i energetyki obywatelskiej wymaga nie tyle zastąpienia technologii, co zmiany sposobu myślenia społeczeństwa, a zmiany takie wymagają czasu;
- ✧ dotychczas duże zainteresowanie instalacjami indywidualnymi, które nie wykorzystują efektu skali,
- ✧ bariery w mentalności społeczeństwa, mieszkańcy nie widzą korzyści w partycypowaniu w projektach, nie rozumieją potrzeb rozwoju zrównoważonego, a za dominujący aspekt uznaje się warunki ekonomiczne,
- ✧ trudności w praktyce przyłączania OZE,
- ✧ niewystarczająca sieć przesyłowa, która może blokować rozwój OZE.

Istotną kwestią wydaje się ciągły rozwój systemów automatyki budynkowej, które są niezbędnymi elementami inteligentnych sieci energetycznych, w tym mikro sieci. Impulsem do realizacji pełnych zadań mikro sieci musiałoby być zróżnicowanie cen w krótkich kwantach czasu (np. taryfy czasu rzeczywistego). Rozwiązania techniczne dotyczące struktur i sterowania pracą mikro sieci są cały czas przedmiotem badań. Wydaje się, że sprzężenie idei mikro sieci z rozwiązaniem prawnym, jakim są lokalne spółdzielnie energetyczne może być w obecnych i przyszłych uwarunkowaniach prawnych, rynkowych i społecznych bardzo korzystnym rozwiązaniem.

Literatura

- BIELECKI i in. 2010 – BIELECKI, S., PAROL, M., PIOTROWSKI, P. i RUDION, K. 2010. Konkurencja w sektorze dystrybucji energii elektrycznej – sytuacja w Polsce i w Niemczech. *Wiadomości Elektrotechniczne* z. 3, s. 7–12.
- BILLEWICZ, K. 2011. *Smart metering: inteligentny system pomiarowy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Communication... 1997 – Communication from the Commission Energy for the future: Renewable sources of energy. White Paper for a Community Strategy and Action Plan. COM (97) 599, final (26/11/1997).
- Directive... 2009 – Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union, L 140/16. 5.6.2009.
- DRIESEN, J. i KATIRAEI, F. 2008. Design for distributed energy resources. *IEEE Power & Energy Magazine* t. 6 z. 3, s. 30–40.
- European Commission... 2001 – European Commission: Green Paper – Towards a European strategy for the security of energy supply. Brussels 2001.
- GEIDL i in. 2007 – GEIDL, M., KOEPEL, G., FAVRE-PERROD, P., KLOCKL, B., ANDRESSON, G. i FROLICH, K. 2007. Energy hubs for the future. *IEEE Power & Energy Magazine* t. 5, z. 1, s. 24–30.
- Komunikat ... 2011 – Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r., Bruksela, 08.03.2011.
- KORAB, R. 2011. Ceny (i stawki) węzłowe – harmonizacja rozwiązań rynkowych z nowymi trendami rozwojowymi. *Acta Energetica* z. 11, s. 31–40.
- Krajowy Plan... 2013 – Krajowy Plan Rozwoju Mikroinstalacji Odnawialnych Źródeł Energii do 2020 roku. Synteza, 2013 – Raport przygotowany przez Instytut Energetyki Odnawialnej we współpracy z członkami i partnerami Związku Pracodawców Forum Energetyki Odnawialnej.
- MALKO, J. 2009. Sieci inteligentne – zasady i technologie. *Rynek Energii* z. 3, s. 13–21.
- MIROWSKI i in. 2013 – MIROWSKI, T., KAMIŃSKI, J. i SZURLEJ, A. 2013. Analiza potencjału efektywności energetycznej w sektorze mieszkalnictwa w perspektywie do 2030 roku. *Rynek Energii* z. 6, s. 57–62.
- PAROL i in. 2013 – PAROL, M., BACZYŃSKI, D., KSIĘŻYK, K., PIOTROWSKI, P., WASILEWSKI, J. i WÓJTOWICZ, T. 2013. *Mikrosieci niskiego napięcia*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- PASKA, J. i SURMA, T. 2013. Polityka energetyczna Polski na tle polityki energetycznej Unii Europejskiej. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 16, z. 4, s. 7–19.
- Polityka energetyczna Polski... 2009 – Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 10 listopada 2009 roku.
- Polityka energetyczna Polski... 2014 – Polityka energetyczna Polski do 2050 roku. Projekt przygotowywany przez Ministerstwo Gospodarki, sierpień 2014, wersja 0.2.
- Projekt ustawy... 2014 – Projekt ustawy o odnawialnych źródłach energii z dnia 28.03.2014 r. Wersja 6.3.
- SLOBODANKA, D.T. 2013. A study of the impact of load forecasting errors on trading and balancing in a microgrid. *In IEEE Green Technologies Conference*, s. 443–450.

- Spółdzielnia... 2014 – Powstała pierwsza w Polsce spółdzielnia energetyczna; artykuł dostępny na <http://www.portalsamorzadowy.pl/lubelskie/gospodarka-komunalna/powstala-pierwsza-w-polsce-spoldzielnia-energetyczna,60831.html> (dostęp wrzesień 2014).
- SZWED, D. i MACIEJEWSKA, B. 2013. Demokracja energetyczna. Technical report, Zielony Instytut; raport [Online] Dostępne w: http://www.zielonapolityka.pl/images/pdf/demokracja_energetyczna_publicacja.pdf [Dostęp: 02.09.2014].
- Ustawa... 1997 – Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348) z późniejszymi zmianami.
- Ustawa... 2002 – Ustawa z dnia 26 lipca 2002 roku o ratyfikacji Protokołu z Kioto do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (Dz.U. Nr 144, poz. 1207).
- WASILEWSKI, J. 2013. Steady-state modelling issues of smart hybrid energy microsystems, on IEEE 13th International Conference in Environment and Electrical Engineering (EEEIC), s. 38–41.

Jacek WASILEWSKI, Mariusz KALETA, Dariusz BACZYŃSKI

Selected Issues of Energy Microgrid Development in Poland

Abstract

Microgrids are perceived as an integral component of future power systems and shaping up as a result of development and initiatives of the „smart grid” concept. A microgrid is a energy delivery system integrating dispersed (distributed) generation sources, elastic (controlled) energy receivers and energy storage systems (all located in a local geographical area). The paper discusses selected issues of energy microgrids in the context of current legal and market regulations in Poland. Possible structures of microgrids regarding ownership and management models have been presented. Both public and commercial (multi- and single-entity) microgrids have been described. The possibilities of legal realization of microgrids in the form of energy cooperatives have been also analyzed. Energy cooperatives are local projects formed in the frame of bottom-up initiatives. Cooperative shareholders can be individual investors (including farmers), public utilities (e.g. community housing, schools, municipalities) and private companies. The particular feature of energy cooperatives is that a local community has significant, direct financial participation in an energy project, not including fees for property leasing or tax refunds. The distinguishing features of civic energy industry are: a voluntary and open membership, participation in return on investment, and management and control based on democratic rules. One of the possible goals of forming energy cooperatives can be the reduction of energy delivery cost to the local community. However, additional benefits exist concerning energy cooperative development, such as: rural economic growth and increase in local revenues from taxes, creating new jobs, increase in money turnover in local economic areas. In the paper both the opportunities for and the barriers against energy cooperative development have been identified. The most important conclusions have been presented at the end.

KEY WORDS: microgrid, civic energy industry, energy cooperative

