

Usługi na rynkach elektroprosumeryzmu w jednostkach samorządu terytorialnego (JST) – od zwiększania kompetencji do zarządzania rynkami

Electroprosumerism market services in local government entities (JST) – from development of competences to markets' management

Systemy(WSE) to efektywna droga do osiągnięcia elektroprosumeryzmu. Udostępniają one rozwiązania techniczne powiązane z czterema rynkami \vec{EP} dedykowane lokalnym potrzebom, ale niekoniecznie powiązane geograficznie ze sobą. Zapewniają platformę dla usług na tych rynkach, która obejmuje zagadnienia techniczne, handlowe, a nawet społeczne. Przedstawione w artykule rozszerzenie koncepcji systemu(WSE) obejmuje przede wszystkim warstwę techniczną (z wyszczególnionymi pięcioma obszarami) od komponentów sieciowych do programów decyzyjnych. Podkreśla się jednak, że mimo technicznych możliwości, budowa systemu(WSE) wymaga ustrojowej reformy rynku energii oraz współtworzenia (ko-kreacji) systemu przez wszystkich jego użytkowników.

Słowa kluczowe: system(WSE), transformacja energetyczna, kompetencje, elektroprosumencka Warszawa

Systems(WSE) are an effective way to achieve electroprosumerism. They enable access to technical solutions connected with four markets \vec{EP} and dedicated to local needs but not necessarily linked together geographically. They provide the platform for services in these markets, which encompasses technical, commercial and even social issues. Presented here an extension of the system(WSE) concept covers first of all the technical layer (with five specified areas) from network components to decisive programs. Still, it must be emphasized that despite the technological possibilities the creation of the system(WSE) needs a systemic reform of the energy market and co-creation of this system by all its users.

Keywords: system(WSE), energy transformation, competences, electroprosumeric Warsaw

Od energetyki WEK do systemu(WSE)

W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat powstało kilka wynalazków, które zrewolucjonizowały życie i nie pozostały obojętne dla żadnej sfery. Powstały tanie technologie OZE, które już wygrały konkurencję z technologiami wytwarzania energii elektrycznej z paliw kopalnych. Internet pozwala na praktycznie natychmiastowy dostęp do informacji z całego świata, a rozwój sztucznej inteligencji umożliwia prognozowanie produkcji i zapotrzebowania na energię z dużą dokładnością dla usług bilansowania (prognozowanie długoterminowe jest bardziej skomplikowane, ponieważ brakuje danych uczących, które uwzględniałyby zmianę sytuacji na rynkach). Tworzy się więc środowisko, w którym pokrycie zapotrzebowania za pomocą energetyki odnawialnej staje się nie tylko realne, ale również ekonomiczne. Większa świadomość społeczeństwa (choć jeszcze nie całego) tworzy podwaliny pod ustanowienie coraz bardzo ambitnych planów odejścia od energetyki węglowej, które nabierają realnych kształtów w dokumentach unijnych dotyczących Europejskiego Zielonego Ładu.

Z tym wszystkim musi mierzyć się energetyka WEK, zakorzeniona w energetyce węglowej z praktycznym, często nazywanym naturalnym, monopolem. Jednak zmiany są już tak duże, że przypomina to próbę sterowania samolotem odrzutowym za pomocą technik sterowania bryczką.

Co więcej, prowadzone badania potwierdzają [1,2], że obecne podejście do wytwarzania i przesyłania energii nie jest już ani efektywne, ani tanie, a jego wpływ na środowisko powoduje, że nie jest też akceptowalne społecznie.

Powodem tego są przesłanki, na których opiera się działanie obecnej energetyki. Jeżeli nie zmieni się model jej funkcjonowania, co jest niezwykle trudne, to rosnące ceny energii, brak sensownych planów transformacyjnych i działania prowadzące do marginalizowania problemu spowodują, że dopiero raczkujące rynki elektroprosumeryzmu rozkwitną. Co więcej, wprowadzenie kolejnych opłat, a w szczególności opłaty mocowej wręcz wymusiło na przedsiębiorcach szukanie alternatywnych rozwiązań zapewniających energię elektryczną. Dla przykładu, wzrost cen energii pomiędzy grudniem 2019 roku a styczniem 2021 (który dotyczył również wzrostu opłaty dystrybucyjnej, kosztu energii biernej, wprowadzenia opłaty mocowej) dla sektora MMSP (mikro, małe, średnie przedsiębiorstwa) wzrósł o blisko 100% [3]. Równolegle, moc zainstalowana w źródłach PV przekroczyła poziom 4 GW (stan na 1 lutego 2021), a w samym roku 2020 zainstalowano ponad 2,6 GW. Dynamika wzrostu źródeł OZE jest ogromna i zmienia ona w sposób zdecydowany zasady funkcjonowania rynku energii.

W tym kontekście przedstawiono fundamenty działania energetyki WEK oraz systemu(WSE) (tab. 1) [4]. Do najważniejszych podstaw funkcjonowania systemu KSE należy scentralizowana generacja, podyktowana osiągnięciem efektywności, wykorzystująca efekt skali (elektrownie węglowe klasy 1 GW, elektrownie jądrowe). Wymusza to wielkie inwestycje w sieci przesyłowe, wielkie centra danych, najlepiej z informacją o każdym najmniejszym użytkowniku, ale o ograniczonym dostępie do danych dla innych. W takim systemie nie ma miejsca na wolną wolę odbiorców. Rola ta (odbiorców) powinna ograniczyć się

do pokrycia potrzeb energetyki WEK i sfinansowania kolejnych inwestycji. Jednak takie podejście wymusza coraz więcej inwestycji, coraz więcej zasobów, coraz więcej środków. Rabunkowa polityka nie jest obojętna dla środowiska, a to powoduje, że potrzebne są zmiany.

Kardynalna różnica w systemie(WSE) wynika z istotnego, i koniecznego, udziału uczestników w rynku energii. Osiągane jest to przez włączenie potencjalnie wszystkich podmiotów w każdy etap funkcjonowania systemu(WSE). Taki udział nazywa się ko-kreacją i może przyjąć różne formy partycypacji.

Z definicji ko-kreacji [5] wynika, że konsumenci, mieszkańcy i obywatele występują w kilku rolach:

- 1° – współinicjatora projektu razem z innymi podmiotami np. samorządem,
- 2° – współtwórcy – współtworzenie projektów, polityk i planów,
- 3° – współrealizatora,
- 4° – koproducenta,
- 5° – współbeneficjenta,
- 6° – współoceniającego projekt po jego zakończeniu.

Efektom zastosowania podejścia ko-kreacyjnego jest aktywne zaangażowanie się w system(WSE), a to prowadzi do efektywniejszego wykorzystania lokalnych zasobów i możliwości. Z ko-kreacji coraz częściej korzystają przedsiębiorcy, włączając w swoje procesy wszystkich, którzy chcą uczestniczyć w tworzeniu produktu [6,7].

Ko-kreacja w dokumentach Europejskiego Zielonego Ładu wpisana jest jako metoda na wprowadzenie transformacji energetycznej. Podejście takie wymaga jednak podzielenia się nie tylko obowiązkami (np. kształtowania profili w reakcji na cenę), ale również podzielenia się władzą i odpowiedzialnością, a to może nie być akceptowalne w obecnym modelu funkcjonowania energetyki WEK.

Transformacja energetyki na świecie stała się faktem. Również w Polsce zyskała na znaczeniu, szczególnie po ogłoszeniu Funduszu Sprawiedliwej Transformacji [8] i Krajowego Planu Odbudowy [9]. Niestety obecna polityka energetyczna, co znajduje również odzwierciedlenie w planach FST i KPO, dedykowana jest dla energetyki WEK, a udział społeczeństwa jest marginalizowany, chociaż istnieją lokalne inicjatywy, które starają się włączać lokalne samorzady i obywateli w ich przygotowanie [10].

W poprzednim wydaniu *Biuletynu rynku EP* opisano antycypowane trajektorie transformacyjne prowadzące do elektroprosumeryzmu [11]. Podstawą elektroprosumeryzmu są trzy paradygmaty monizmu elektrycznego, bazujące na prawach fizyki [12]. Przedstawione trzy paradygmaty stanowią podstawy teoretyczne systemu(WSE), którego fundamentami są rozproszone systemy, z niezbędnym udziałem uczestników w rynkach energii i zamianą efektu skali na efekt fabryczny i modułowość (skalowalność) rozwiązań.

Z fundamentów działania systemu(WSE), ale także z przeprowadzonych analiz [13] wynika, że bardzo istotną rolą w pokryciu potrzeb energetycznych pełni kształtowanie profilu, które realizowane jest przez uczestników rynku wschodzącego [14]. W elektroprosumeryzmie jest to bardzo istotne w sytuacji, gdy w miksie wytwórczym duża część energii (cała w tendencji) pochodzi ze źródeł z produkcją wymuszoną [14]. Powoduje to maksymalizację wykorzystania energii na potrzeby własne. Dlatego tak istotny jest paradygmat wirtualizacyjny w transformacji energetycznej. Jednym z fundamentów paradygmatu jest oderwanie rynku technicznego od sieci oraz handel energią na lokalnych rynkach, natomiast za bezpieczeństwo sieci odpowiadają zautomatyzowane systemy kontroli ograniczeń sieciowych.

W tym kontekście rozważa się poziomy system(WSE), mianowicie – niski, występuje wtedy, gdy istnieje dostęp do pomiarów, natomiast najwyższy, gdy systemy(WSE) są w pełni zintegrowane, łącznie z bilansowaniem i handlem energią pomiędzy użytkownikami, na podstawie lokalnych zasad wypracowanych w sandboxach [15]. Wzrost poziomu wiąże się ze spełnianiem kolejnych założeń transformacji energetycznej i ograniczaniem wpływu na środowisko.

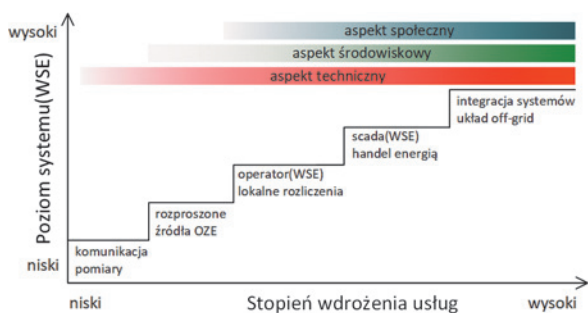
Na rysunku 1 zobrazowano wpływ wprowadzania kolejnych rozwiązań na poziom systemu. Aspekty środowiskowe (bardzo często postrzegane jedynie przez redukcję emisji CO₂, ale tutaj również przez gospodarkę surowcową) są już osiągnięte po wprowadzeniu rozproszonych źródeł OZE, jednak dopiero zwiększenie efektywności i korzystanie z lokalnych zasobów pozwala minimalizować zużycie surowców w całym cyklu życia, od produkcji do utylizacji. W analizie oddziaływania na środowisko pomaga metoda kosztu termoeologicznego [16]. Nie mniej istotne są aspekty społeczne, bez których nie będzie możliwe efektywne osiągnięcie pełnej integracji systemów. Wprowadzenie operatora(WSE), czyli lokalnych rozliczeń, wymaga udziału uczestników w systemie(WSE), np. poprzez udostępnianie

Tabela 1

Fundamenty działania systemu KSE oraz systemu(WSE)

Właściwość	System KSE	System(WSE)
Komunikacja	brak lub jednostronna, zazwyczaj nie w czasie rzeczywistym	dwustronna, w czasie rzeczywistym
Interakcja uczestników	ograniczona (stałe taryfy)	niezbędna (reakcja na sygnały)
Pomiary	brak sprzężenia (jeszcze czasami licznik elektromechaniczny)	cyfrowy z modułami reakcji na sygnał dynamiczny, netmetering
Utrzymanie i serwis	często ręczna kontrola	zdalny, monitoring, predykcja, kontrola czasu pracy ...
Kontrola przepływu mocy	ograniczona	kompleksowa, automatyczna
Generacja	scentralizowana (efekt skali)	rozproszona (efekt partycypacji i koordynacji)
Niezawodność	podatna na awarie i kaskadowe (rozległe) przestoje	aktywna ochrona, predykcja zużycia i awarii
Przywrócenie po awarii	zazwyczaj ręczne	częściowo (obszarowo) zautomatyzowane – zdolność „samoleczenia”
Topologia	promieniowa, zazwyczaj jednokierunkowa	wielokrotnie domknięta
Dostęp do informacji	blokowanie (syndrom obłądzonej twierdzy)	pełna wiedza, możliwość podjęcia świadomych inwestycji
Projektowanie	przewymiarowanie	modułowość, zwiększenie wykorzystania sieci

(odpowiednio wycenionych) swoich zasobów. Należy podkreślić, że udział w rynku będzie tym większy, im większa będzie świadomość i kompetencje członków systemu(WSE).



Rys. 1. Wpływ wdrażanych usług na poziom systemu(WSE)

Opisane i przedstawione na rysunku 1 poziomy systemu(WSE) są istotne również ze względu na kompetencje, jakie muszą zostać pozyskane przy przejściu na kolejny poziom. Dla przykładu wprowadzenie operatora(WSE) i umożliwienie lokalnych rozliczeń nie może polegać tylko na zapewnieniu odpowiedniej infrastruktury technicznej. Infrastruktura taka już istnieje, a zarządzanie dostępem do zasobów pozwoliło rozwinać się systemom teleinformatycznym do obecnego poziomu.

W tym kontekście należy rozważyć sposób wymiany informacji stosowany w przemyśle. Dla przykładu protokół PROFINET [17] jest otwartym systemem stosowanym w systemach automatyki. Wykorzystuje standardowe urządzenia sieciowe (karty sieciowe, sieć Internet), ale – co najważniejsze – może wymieniać informację w trzech standardowych trybach. Są to:

- dane niekrytyczne czasowo – konfiguracja, parametry,
- dane krytyczne czasowe – komunikacja w czasie rzeczywistym,
- dane z synchronizacją czasu – komunikacja izosynchroniczna w czasie rzeczywistym.

Istotne jest to, że każdy rodzaj komunikacji może korzystać z tych samych zasobów sieciowych, z wyjątkiem transmisji izosynchronicznej, która wymaga dedykowanych rozwiązań sprzętowych. Umożliwia za to wymianę informacji co 125 μ s, obejmującą nawet kilkadziesiąt bajtów, jednocześnie nie blokując innych transmisji.

Komunikacja jest inicjalizowana za pomocą protokołu TCP/UDP. Po nawiązaniu połączenia diagnostyka jest przesyłana acyklicznie, a dane procesowe cyklicznie. Zarządzanie komunikacją realizowane jest w sposób sprzętowy, za pomocą kontrolerów (IO-controller) z wyspami IO (IO-Device).

W kontekście pracy systemu(WSE) należy rozważyć dodatkowo bezpieczeństwo. Protokół PROFIsafe [17] jest dodatkową warstwą protokołu PROFINET, która pozwala na zmniejszenie prawdopodobieństwa błędu komunikacji do poziomu wymaganego przez obowiązujące normy. Co ważne, protokół PROFIsafe jest realizowany wyłącznie na poziomie oprogramowania, co pozwala wykorzystać go w praktycznie każdej komunikacji. Należy jednak podkreślić, że obecnie można zauważyć tendencję do zachowania proporcji pomiędzy niezawodnością i dostępnością technologii przy zachowaniu ustalonego poziomu kosztów.

Istniejące protokoły pozwalają na realizację wymiany informacji w czasie rzeczywistym. Technicznie nie stanowi więc problemu uzyskanie poziomu lokalnych rozliczeń, a nawet handlu

energiją. Barierą jest dostosowanie prawa i aktywny udział w systemie(WSE) użytkowników. W tym aspekcie dużą rolę mogą odegrać samorządy. **Efektywne wprowadzenie opisanych rozwiązań wymaga ustrojowej reformy rynku energii elektrycznej [17], której podstawą jest odpowiedzialność jednostek samorządu terytorialnego (JST) za model energetyczny w jej strategii rozwojowej w horyzoncie 2050 oraz za plany zagospodarowania przestrzennego zharmonizowane z unijnymi ramami programowymi.** Jak również planowanie realizacji zasady pomocniczości na rzecz eliminowania wykluczenia energetycznego w JST oraz pobudzania innowacji przełomowych we wdrażaniu elektroprosumeryzmu.

Rola jednostek JST w elektroprosumeryzmie

Budowanie kompetencji społeczeństwa jest również istotne, co wdrażanie nowych technologii i nowych rozwiązań. Kompetencje najszybciej można osiągnąć biorąc udział w realizacjach projektów, w szczególności, jeżeli projekty te dotyczą w sposób bezpośredni (gospodarstwa domowego, spółdzielni mieszkaniowej ...) lub pośredni (gminy, szkoły ...) otoczenia zainteresowanego. Dlatego to właśnie samorządy mają predyspozycje do tego, żeby rozwijać kompetencje mieszkańców, szczególnie na początkowym etapie, i stać się siłą napędową rozwoju systemów(WSE). Zwłaszcza, że mają łatwość wdrażania nowych rozwiązań w ramach działalności własnej, która obejmuje m.in. budynki gminne, szkoły, szpitale Samorządy mogą wykorzystać do tego celu szkolnictwo (które im podlega), ale przede wszystkim mechanizmy prawa miejscowego.

Obecnie prawem miejscowym o największym znaczeniu są miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, a ostatnio uchwały krajobrazowe i antysmogowe. Natomiast w kontekście energetyki prawo miejscowe występuje w szacunkowym zakresie w formie prawa gmin do sporządzenia założeń do planów (a nawet samych planów) zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i gaz (art. 19 i 20 Prawa energetycznego) i następnie do wprowadzenia go do obowiązkowego stosowania (art. 20 ust. 6 Prawa energetycznego). Jednak zastosowanie tego prawa jest marginalne i nie ma obecnie w praktyce większego znaczenia. Spowodowane jest to brakiem środków egzekucji tego prawa. Potrzebne są nowe regulacje prawne, zwiększające skuteczność jego realizacji. W szczególności dotyczy to zapewnienia nadzoru nad uchwalanym prawem lokalnym i zapewnienie organom uchwalającym prawo miejscowe instrumentów prawnych egzekucji prawa miejscowego na szczeblu ustawy [19].

Nie bez znaczenia w transformacji jest rola wielkich miast, które muszą mierzyć się z problemem dużej gęstości energii i prognozowaną silną migracją. Prognozuje się, że do roku 2050 zwiększy się poziom ludności w miastach z 55% (obecnie) do 68%.

Koncepcja usług na rynkach elektroprosumeryzmu – synergia potrzeb

Rynki elektroprosumeryzmu nie mogą funkcjonować bez nowych technologii, a te wymuszają nie tylko zmianę sposobu użytkowania energii elektrycznej, ale wpływają na każdą dziedzinę życia. Nie można realizować transformacji

energetycznej, jeżeli nie respektuje się całkowicie nowych właściwości infrastruktury, która obejmuje rozproszoną generację, lokalne sieci energetyczne wielokrotnie domknięte i z niespotykaną do tej pory liczbą informacji, praktycznie o każdym odbiorcy. Są to również szeroko rozumiane technologie ICT, ale także zupełnie inna infrastruktura przesyłania informacji z szybkością i pewnością oferowaną przez technologię 5G, czy w końcu technologie rozproszonej komunikacji, takiej jak np. UWB (Ultra Wideband).

Nowe możliwości wprowadzają również całkiem nowy sposób świadczenia usług. Dla przykładu może to być oprogramowanie jako usługa (ang. *Software as a Service, SaaS*). Jest to model, w którym dostawca usługi zapewnia nie tylko dostęp do aplikacji, ale również infrastrukturę, jak np. chmurę obliczeniową, z której klient korzysta za pomocą przeglądarki. Model ten jest znakomitym rozwiązaniem, ponieważ umożliwia dostęp do najnowszych technologii informatycznych bez długotrwałych wdrożeń i dużych inwestycji. Jest on jednak obciążony niedogodnościami w postaci ograniczonej kontroli nad rozwojem środowiska i przekazaniem kompetencji firmie zewnętrznej. Przykładem zastosowania są prognozy pogody, produkcji, czy przewidywanie cen.

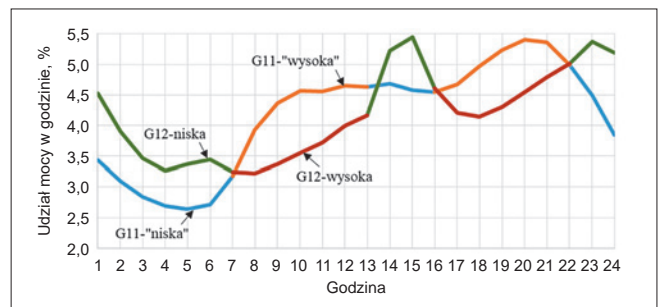
Strukturyzacja podmiotowo-przedmiotowa czterech rynków elektroprosumeryzmu została szczegółowo opisana w artykule [14]. Struktura ta została uzupełniona i uszeregowana od zagadnień, które pojawiają się w tytule artykułu, czyli od zwiększenia kompetencji do zarządzania rynkami elektroprosumeryzmu. Uszeregowanie należy jednak traktować jedynie jako punkt wyjściowy, ponieważ zagadnienia (usługi) w większości przypadków muszą być wdrażane równolegle, a kompetencje przenikają się i nie powinno się ich traktować w sposób silosowy (zarezerwowany jedynie dla konkretnego obszaru), ale jako wiedzę pozwalającą wykorzystać synergię wielu rozwiązań. W tym kontekście obszary zastosowań usług elektroprosumeryzmu (tutaj na przykładzie Warszawy) obejmują następujące zagadnienia:

- edukacja – zwiększenie kompetencji, wykorzystanie środowisk wirtualnych do bezpiecznej nauki, laboratoria cyberfizyczne ...,
- zdrowie i opieka społeczna – telemedycyna, monitorowanie zdrowia, dostęp zdalny do informacji,
- systemy pomiarowe – zdalne pomiary, analiza poprawności odczytów,
- zrównoważone budownictwo – pasywizacja i elektryfikacja budynków,
- zarządzanie budynkami – systemy sterowania i zarządzania energią, automatyka budynkowa,
- produkcja energii – rozproszone systemy generacji energii w źródłach OZE,
- zarządzanie gospodarką wodną – monitorowanie stanu, analiza zużycia, optymalizacja przepływu,
- zarządzanie ciepłem – systemy sterowania i monitorowania rozproszonych systemów ciepłych,
- usługi prognostyczne – modelowanie pogody, produkcji w źródłach OZE, zapotrzebowania,
- usługi bilansowania – na podstawie usług prognozowania i systemów pomiarowych zapewnienie bilansowania systemów(WSE),
- usługi regulacyjne – lokalne usługi regulacyjne wykorzystujące przekształtniki,
- handel energią – platformy handlu energią,

- usługi lokalizacyjne i geograficzne w czasie rzeczywistym – dedykowane do predykcji zdarzeń, awarii, a także przydatne w prowadzeniu i utrzymaniu ruchu,
- bezpieczeństwo publiczne – monitorowanie zagrożeń, identyfikacja,
- ogólne usługi miejskie i biznesowe – zintegrowane platformy zarządzania miastami, karty miejskie itp.

Integracja usług wymaga całkowitej zmiany podejścia do użytkowania energii elektrycznej. W systemach(WSE) równie ważne co produkcja energii jest platforma pozwalająca na wirtualne (ponad siecią) bilansowanie energii elektrycznej, a w szczególności mechanizmy kształtujące profil zapotrzebowania. Potencjał kształtowania profilu trudno jednoznacznie określić. W badaniach [13] został przyjęty na poziomie 15%. Wynikało to z analizy potencjału zmiany zużycia w okresach z niską i wysoką ceną energii w taryfach. Porównując taryfę G11 (stała cena energii) z taryfą G12 (wysoka i niska cena) można oszacować potencjał kształtowania profilu.

Na podstawie uzyskanych wyników (rys. 2) potencjał zwiększenia zużycia w okresie niskiej ceny wynosi 7,7 p.p. i analogicznie tyle samo wynosi zmniejszenie zużycia w okresie ceny wysokiej (7,7 p.p). Sumarycznie można założyć, że kształtowanie profilu na poziomie 15% jest realne. Należy podkreślić, że w Polsce szacowana liczba odbiorców w taryfie G12 i G12w wynosi około 3 mln. Oczywiście w systemie(WSE) cena energii będzie zależeć od aktualnego kosztu wytwarzania i dostępności energii ze źródeł OZE z wymuszoną produkcją i będzie zmieniać się w sposób dynamiczny. Wymaga to wdrożenia operatora(WSE), który na platformie technicznej zapewni usługę reakcji na cenę. Umożliwi handel w lokalnej osłonie.

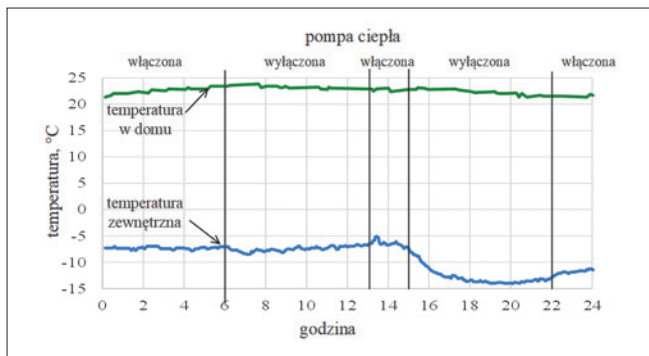


Rys. 2. Porównanie profilu zużycia energii elektrycznej w taryfie G11 (stała cena) z taryfą G12 (zmienna cena energii)

Wirtualizacja rynku pozwala również na wykorzystanie technologii pomp ciepła i pojemności cieplnej budynku do „magazynowania” energii elektrycznej. W tym kontekście niezwykle cenne są wyniki z przeprowadzonego w Danii [18] projektu dotyczącego możliwości wykorzystania pomp ciepła w kształtowaniu profilu zapotrzebowywania. Z analizy wynika, że pojemność cieplna budynków pozwala na utrzymanie komfortu cieplnego, a spadek temperatury w domu wynosi około 0,3°C na 2 h, dla budynku o współczesnym standardzie izolacyjności i temperaturze zewnętrznej nawet -10°C. Podobne wyniki analizy dla domu z pompą ciepła zostały przeprowadzone w Politechnice Śląskiej [21]. W tym przypadku praca pompy została uzależniona od niskiej ceny energii w taryfie G12 (rys. 3). Wykorzystanie energii dla pompy ciepła jedynie w taryfie niskiej pozwala

utrzymać komfort cieplny domu. Różnica po wyłączeniu pompy ciepła na 7 h spowodowała obniżenie temperatury o 1,4°C przy temperaturze zewnętrznej sięgającej -15°C. Przedstawione właściwości mogą być z powodzeniem wykorzystywane w systemach(WSE), a potencjał kształtowania profilu dla Danii [20] jedynie za pomocą pomp ciepła został oszacowany w projekcie na poziomie 15%.

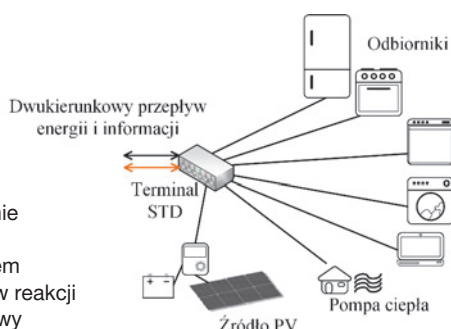
Na podstawie raportu [22] do 2023 roku 65% przedsiębiorstw zainwestuje w cyfrowe technologie i platformy wspierające elastyczność. Pozwoli to na uruchomienie potencjału kształtowania profilu na poziomie 35% mocy zainstalowanej.



Rys. 3. Przebieg obrazujący wykorzystanie pojemności cieplnej budynku jako bufora energii elektrycznej

Na podstawie opisanych badań można założyć, że potencjał kształtowania profilu znacznie przekroczy 15% w systemie(WSE), a do jego realizacji potrzebna jest infrastruktura informatyczna, która może zostać dostarczona w postaci usług, zarządzanych przez operatora(WSE).

Sterowanie urządzeniami, jak np. pompą ciepła, wymaga zastosowania sieciowego terminala STD. Funkcję tę mogą pełnić sterowniki PLC czy mikrokomputery o różnym stopniu złożoności i możliwościach sterowania. Przykład niskiego stopnia integracji terminala STD zamieszczono na rysunku 4. Każde z urządzeń może zostać załączone i wyłączone na podstawie sygnałów od operatora(WSE). Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość wykorzystania już dostępnych w sprzedaży urządzeń, wada natomiast konieczność poprowadzenia dodatkowych obwodów elektrycznych do urządzeń. Wada ta jest mniej istotna, jeżeli wyposaży się urządzenie w moduły komunikacyjne, które pozwolą, na podstawie sygnałów, sterować odbiornikami. Terminal kontroluje pracę urządzeń (np. pompy ciepła), przesyła energię na osłonie kontrolnej, ale także, jeżeli instalacja jest wyposażona w magazyn energii, również jej magazynowanie.



Rys. 4. Sterowanie odbiornikami z wykorzystaniem terminala STD w reakcji na sygnał cenowy

Doposażenie terminala w układy energoelektroniczne na osłonie kontrolnej pozwala na osiągnięcie pełnej kontroli przepływu i utrzymanie odpowiednich parametrów sieciowych (węzłowych i gałęziowych). Współpraca wielu terminali STD w systemie(WSE) pozwala na pełną kontrolę rozprywu energii, a przez to maksymalizację wykorzystania sieci.

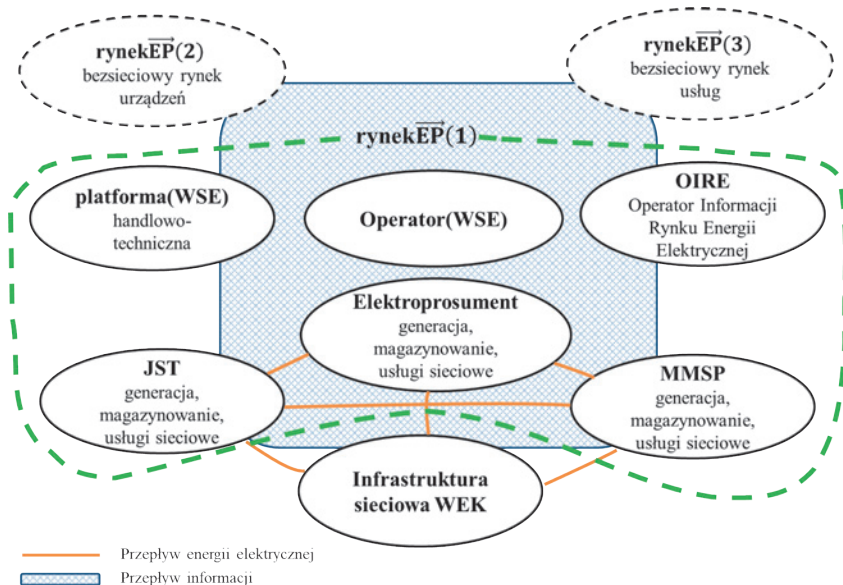
Zagospodarowanie zasobów własnych prowadzi do maksymalizacji efektywności, dlatego tak istotne jest tworzenie systemów(WSE) pozwalających osiągnąć nową jakość użytkowania energii elektrycznej. W szczególności w pierwszym etapie wdrażania rozwiązań potrzebny jest operator(WSE), którego głównym zadaniem będzie koordynowanie działania systemu(WSE). Operator ten powinien charakteryzować się znajomością lokalnych uwarunkowań, mieć doświadczenie w prowadzeniu i koordynowaniu inwestycji. Jednak nie mniej ważny w elektroprosumeryzmie jest kapitał społeczny. Dlatego proponuje się tworzenie osłon kontrolnych wokół jednostek samorządu terytorialnego (JST).

Integracja przedstawionych w artykule, ale w ogólnym przypadku jeszcze rozleglejszych obszarów oraz wykorzystanie kompetencji uczestników przyczyni się do osiągnięcia bardzo dużej efektywności użytkowania energii. W tym kontekście, czynnikami decydującymi o potencjale systemu(WSE) są:

- **elastyczność** – system(WSE) jest dedykowany do lokalnych potrzeb, musi spełniać potrzeby klientów, jednocześnie wykorzystując ich możliwości, uwzględniać wszystkie opcje (wytworzenie, magazynowanie, zarządzanie ...);
- **dostępność** – zasada TPA+, dostępność do zasobów sieciowych rynku schodzącego, ale również oferowanie własnych, priorytetowanie np. ze względu na cenę łącznie z opłatą przesyłową (wykorzystanie lokalnych źródeł), a także np. ze względu na wpływ na środowisko (wybór technologii wytwarzania o niskim TEC [16]);
- **niezawodność** – dekompozycja bezpieczeństwa, odporność na zagrożenia atmosferyczne, łatwość wyłączenia, bezpieczeństwo, np. protokoły Safety znane z przemysłu;
- **aspekt ekonomiczny** – zdolność do wdrażania najlepszych rozwiązań, ukierunkowanie na efektywność.

Koncepcja systemu(WSE) obejmuje szereg rozwiązań technicznych, które można podzielić na pięć obszarów. Są to:

- 1) **zaawansowane komponenty sieciowe** – w szczególności przekształtniki energoelektroniczne, rozproszone magazyny, zarządzalne stacje transformatorowe;
- 2) **zintegrowane systemy komunikacyjne** – dwukierunkowa sieć telekomunikacyjna, wykorzystująca wszelkie dostępne protokoły i interfejsy, mianowicie: WAN, WiFi, LoRa, ale także IEC 61850;
- 3) **zaawansowane systemy SCADA** – zapewniające kontrolę bezpieczeństwa technicznego, predykcję awarii, zarządzanie bezpieczeństwem;
- 4) **liczniki i czujniki** – opomiarowanie w czasie rzeczywistym, pomiary temperatury, sensory drgań, kontrola jakości energii, obciążalności dynamicznej linii;
- 5) **programy wspomagające decyzje** – sztuczna inteligencja, BigData, GIS ..., ale także sposób wizualizacji i komunikacji z użytkownikiem.



Rys. 5. Model systemu(WSE) z zaznaczeniem przepływu energii i informacji

Przedstawione rozwiązania techniczne determinują potrzebę wymiany informacji pomiędzy poszczególnymi segmentami systemu. System(WSE) nie może ograniczyć się jedynie do zapewnienia zasilania. W ogólnym przypadku integruje cztery rynki elektroprosumeryzmu [14]. Model uwzględniający powiązanie pomiędzy rynkami EP (rys. 5) określa potrzeby systemu(WSE) w kontekście zarządzania przepływem energii i informacji. Integruje wszystkie usługi z rynków EP, ale również musi być kompatybilny z usługami okołoenerygetycznymi, związanymi dla przykładu z siecią wodociągową, monitoringiem itd.

Elektryczna Warszawa – wpływ usług na bilans wytwórczy

Elektryczna Warszawa została wprowadzona jako koncepcja na XVI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw, 3 października 2019 roku. Na Forum zaprezentowano miks energetyczny, pozwalający pokryć zapotrzebowanie na energię Warszawy w horyzoncie 2050 [23]. Przeprowadzona analiza została wykonana przy założeniu bardzo ostrożnych oszacowań związanych z dostępnością lokalnych zasobów Warszawy i możliwości wykorzystania źródeł OZE. Założono również ograniczony potencjał województwa do pokrycia potrzeb energetycznych.

Duża gęstość energii wymusiła to, że pokrycie potrzeb energetycznych w elektroprosumeryzmie było w ponad 70% realizowane za pomocą elektrowni wiatrowych offshore (tab. 2, etap 1).

Tak duże uzależnienie Warszawy od rynku wschodzącego 2 [14] doprowadziło do zrewidowania założeń i uwzględnienia lokalnych zasobów oraz zasobów województwa. Założono zwiększenie wykorzystania sieci 110 kV. Na miks energetyczny wpłynął również skokowy rozwój elektrowni wiatrowych. Spowodowało to zmniejszenie energii pochodzącej z elektrowni wiatrowych offshore o około 35% (tab. 2, etap 2).

Przesłankami do etapu 3 analizy miksu energetycznego, wychodzącego naprzeciw komunikatu [24], było ponowne oszacowanie możliwości wykorzystania źródeł PV (wzrost do 25%), a także przesłanki do przyjęcia znacznie większych możliwości kształtowania profilu (założono poziom 30%, wcześniej 15%) [13] oraz do całkowitego wyeliminowania paliw kopalnych. Układy gwarantowanego zasilania stanowią jedynie rezerwę i nie są brane pod uwagę w analizie miksu. W etapie 3 zarządzanie rynkiem odgrywa kluczową rolę w bilansowaniu. Wyniki analizy zamieszczone w tabeli 2.

Obliczenie miksu energetycznego można wykonać dla innych funkcji celu, dla przykładu może to być:

- ograniczenie produkcji w offshore (do 30%) – wiąże się to z koniecznością wykorzystania kogeneracji gazowej i UGZ;
- wykorzystanie technik wodorowych – brak produkcji z paliw kopalnych, zwiększone zapotrzebowanie na produkcję w źródłach OZE, w tym offshore.

Tabela 2

Struktura bilansu pokrycia potrzeb energetycznych Warszawy na trzech etapach

Technologia	Etap 1		Etap 2		Etap 3	
	energia, TWh	energia, %	energia, TWh	energia, %	energia, TWh	energia, %
Źródła PV	1,1	10	2,2	20	2,7	25
Mikro EW	0,2	2	0,2	2	0,2	2
Elektrownie biogazowe	0,2	2	0,5	5	0,5	5
Źródła kogeneracyjne	1,0	9	1,0	9	0,3	3
Elektrownie dieslowskie	0,4	4	0,4	4	0	0
EW offshore	8,0	73	4,2	38	4,6	42
EW onshore	0,0	0	2,0	18	2,2	20
Inne	0,0	0	0,5	5	0,5	5
Suma	10,9	100	11,0	100	11	100

Zapewnienie pokrycia potrzeb energetycznych w elektroprosumeryzmie odwraca piramidę kompetencji. To właśnie elektroprosumenci, przedsiębiorcy (pretendenci do rynków \vec{EP}), a w szczególności jednostki samorządu terytorialnego sprawiają, że transformacja może się udać. Potrzebne jest zwiększenie kompetencji na każdym poziomie. Udostępnienie do sterowania pompy ciepła wymaga od osoby, która ją posiada podstawowej wiedzy o wpływie sterowania na profil zapotrzebowania. Operator (WSE) musi mieć wiedzę z zakresu prowadzenia ruchu w sieciach, a firmy wdrażające platformy handlu kompetencje do zarządzania regułami rynków lokalnych.

Wzrost kompetencji przyczynia się do zwiększenia efektywności energetycznej, redukcji wpływu na środowisko i w tendencji osiągnięcia gospodarki zeroemisyjnej, w której pokrywanie potrzeb energetycznych realizowane jest w dużej części za pomocą usług.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Sarkar S., Chakrabarti U., Bhattacharyya S. et al., *A Comprehensive Assessment of the Need and Availability of Smart Grid Technologies in an Electricity Distribution Grid Network* "J. Inst. Eng. India", Ser. B, 101, 753–761 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40031-020-00486-1>
- [2] Niamat Ullah Ibne Hossain, Morteza Nagahi, Raed Jaradat, Chiranjibi Shah, Randy Buchanan, Michael Hamilton, *Modeling and assessing cyber resilience of smart grid using Bayesian network-based approach: a system of systems problem*, "Journal of Computational Design and Engineering" Volume 7, Issue 3, June 2020, Pages 352–366, <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa029>
- [3] Portal operatora *Tauron Polska Energia S.A.*, <https://www.tauron.pl/>
- [4] Salman K. Salman, *Introduction to the Smart Grid, Concept, Technologies and Evolution*, The Institution of Engineering and Technology, London 2017.
- [5] Ryszawska B., *Ko-kreacja w budowaniu kompetencji na rzecz transformacji TETIP do elektroprosumeryzmu, Projekt Scalings*, Horyzont 2020 (Konwersatorium IE, 23 lutego 2021 <https://ppte2050.pl/>)
- [6] *Ko-kreacja sposobem na skuteczną cyfryzację polskich przedsiębiorstw*, *Business Insider*, 22 marca 2021.
- [7] Portal Philips, *W ludziach siła, czyli jak Co-Creation pomaga markom w poszukiwaniu innowacji*, <https://www.lighting.philips.pl/edukacja/nowoczesne-oswietlenie/swiatlo-w-biznesie/co-creation>
- [8] Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji (FST) <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/214/fundusz-na-rzecz-sprawiedliwej-transformacji-fst>
- [9] Krajowy Plan Odbudowy, <https://www.gov.pl/web/planodbudowy/zaczynamy-konsultacje-kpo>
- [10] Fundusz Sprawiedliwej Transformacji – Subregion Wałbrzyski: <https://um.walbrzych.pl/pl/news/fundusz-sprawiedliwej-transformacji-subregion-walbrzyski>
- [11] Bodzek K., *Modelowanie trajektorii transformacyjnych energetyki do elektroprosumeryzmu w wybranych osłonach kontrolnych*. Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1/2020. „Energetyka” 2020, nr 11, także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>
- [12] Popczyk J., *TRANSFORMACJA ENERGETYKI. Paradygmatyczny triplet i mapa oraz trajektoria* (cz. 1 - 3), „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2018, nr 5 (cz. 1 i 2), 2019, nr 1 (część 3), także: <https://ppte2050.pl/>
- [13] Bodzek K., *Od analizy profili na osłonach kontrolnych systemu (WSE) do wskazówek projektowania struktury miksu energetycznego – studium przypadków*, Biuletyn PPE2050 nr 2/2020. „Energetyka” 2020, nr 7, także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>
- [14] Popczyk J., *Cztery rynki elektroprosumeryzmu – odpowiedź na strukturalny kryzys 2020 (ścianę rodzącą energetyczny przełom), wyzwanie i szansa 2050*. Biuletyn Rynki Elektroprosumeryzmu nr 1/2020. „Energetyka” 2020, nr 11, także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>
- [15] Popczyk J., *Od działań kryzysowych 2020 do elektroprosumeryzmu 2050, transformacja energetyki w trybie przełomowym. Część II. Słownik encyklopedyczny teorii i zarys koncepcji rynku wschodzącego na poziomie praktyki*. Biuletyn PPE2050 nr 1/2020. „Energetyka” 2020, nr 5, także: <https://ppte2050.pl/>, <https://www.cire.pl/>
- [16] Stanek W., *Analiza egzergetyczna w teorii i praktyce*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2016.
- [17] Portal firmy *Siemens*: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>
- [18] Popczyk J., *TRANSFORMACJA ENERGETYKI. Od ustrojowej reformy rynku energii elektrycznej i programu restrukturyzacji energetyki paliw kopalnych do rynków monizmu elektrycznego OZE*. Raport (12) BPEP. Listopad 2019. <https://ppte2050.pl/>, oraz portal CIRE <https://www.cire.pl/>
- [19] Muszyński I., *Waga prawa miejscowego w oddolnej transformacji energetycznej TETIP do elektroprosumeryzmu*, *Konwersatorium Inteligentna Energetyka*, 23 lutego 2021, <https://ppte2050.pl/>
- [20] *Project – Heat pumps – an asset in the energy system of the future* <https://www.dti.dk/projects/project-heat-pumps-an-asset-in-the-energy-system-of-the-future/40168>
- [21] Wójcicki R., *Prosumencka mikroinstalacja fotowoltaiczna na przykładzie domu jednorodzinnego, Energetyka prosumencka. Pierwsza próba konsolidacji*. Monografia. Red. Jan Popczyk, Robert Kucęba, Krzysztof Dębowski, Waldemar Jędrzejczyk. Politechnika Częstochowska. Wydział Zarządzania Częstochowa: Sekcja Wydaw. Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, 2014.
- [22] Portal International Data Corporation: <https://www.idc.com/>
- [23] Bodzek K., *Trajektoria transformacyjna miksu energetycznego Warszawy. Proporcje między zasobami „własnymi” (po stronie popytowej i podaźowej) oraz zewnętrznymi (offshore)*, XVI Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw, Warszawa 3 października 2019, także: portal PPE2050. <https://ppte2050.pl/platforma/apbp/siecpar/sptew/index.php?name=2>
- [24] Drogosz L., *Model energetyczny dla m.st. Warszawy w perspektywie roku 2050 uwzględniający warunki elektroprosumeryzmu*. Komunikat na Konwersatorium IE, 23 lutego 2021, <https://ppte2050.pl/>

