



# Wpływ rozproszonej sieci mikrobiogazowni na przebieg zapotrzebowania mocy KSE

Opracował Park Naukowo-Technologiczny Euro-Centrum

## Wprowadzenie (mikrobiogazownia jako innowacja przełomowa) [2,3,4].

Mikrobiogazownia jest innowacją przełomową jako jedna z podstawowych technologii energetyki prosumenckiej. Energetyka prosumencka zmienia trajektorię rozwoju energetyki. Głównymi graczami stają się pretendenci, którzy wykorzystują technologie przełomowe do wykreowania rynków prosumenckich łańcuchów wartości. Rynki prosumenckich łańcuchów wartości wraz z pojawieniem się przejmują przestrzeń istniejących rynków sektorowych, którymi są zainteresowani liderzy (obecne przedsiębiorstwa korporacyjne). Liderzy nie są zainteresowani innowacjami przełomowymi, są natomiast zainteresowani innowacjami zachowawczymi, ewentualnie zachowawczymi radykalnymi. (Nazwy: innowacja „przełomowa”, „zachowawcza”, „zachowawcza radykalna” są tu stosowane za artykułem [5]). Ze względu na to, że pojęcie innowacji przełomowej jest jeszcze mało znane, a z drugiej strony ma fundamentalne znaczenie z punktu widzenia rozwoju rynku mikrobiogazowni, poniżej przedstawia się „wywoławczą” listę innowacji przełomowych w dokonującym się procesie przebudowy energetyki: mikrobiogazownia (cała instalacja utylizacyjno-energetyczna) vs źródło energii elektrycznej; instalacja *semi off grid* vs integracja źródeł rozproszonych z siecią; smart grid EP vs AMI; dom pasywny vs dom tradycyjny/energochłonny; program rewitalizacji zasobów mieszkaniowych vs budowa bloków węglowych (jądrowych) i sieci; samochód elektryczny (EV) vs samochód z silnikiem spalinowym; *car sharing* vs własny samochód.

Sama mikrobiogazownia nie jest innowacją przełomową. Staje się taką dopiero wówczas jeśli wchodzi w prosumencki łańcuch wartości. Wejście takie wiąże się z koniecznością wyposażenia mikrobiogazowni w zasobnik biogazu, a instalacji PME (prosumencka mikroinstalacja energetyczna) w baterię akumulatorów, zasobnik ciepła, i przede wszystkim w inteligentną infrastrukturę smart grid EP. Podstawowa lista wartości w prosumenckim łańcuchu wartości z mikrobiogazownią obejmuje: 1° - produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne (praca *on grid* lub *off grid*), 2° - produkcję ciepła na potrzeby własne, 3° - utylizację odpadów, przede wszystkim w produkcji hodowlanej gospodarstwa rolnego, ale także rolnej i odpadów w części bytowej gospodarstwa (komunalnej), 4° - rezerwowe zasilanie gospodarstwa w stanach niezdatności zasilania sieciowego (praca *off grid*), zwłaszcza związanych z rozległymi awariami sieciowymi, 5° - dywersyfikację produkcji gospodarstwa (między towarową produkcją rolno-hodowlaną i prosumencką produkcją energetyczną) celem obniżenia ryzyka biznesowego towarowej produkcji rolniczej, czyli umożliwiającą zarządzanie ryzykiem cenowym produktów rolnych związanym z klęskami urodzaju i nieurodzaju w rolnictwie i ryzykiem cenowym na rynkach paliw i energii, 6° - produkcję (w trybie usługi) energii elektrycznej dla operatorów w stanach deficytu mocy w KSE (praca *on grid*), 7° - wyłączanie mikrobiogazowni (w trybie usługi dla operatorów) w stanach nadpodaży (na rynku bilansującym KSE) energii elektrycznej w ofertach z bloków WEK.

Tryb pracy *semi off grid* instalacji prosumenckiej z mikrobiogazownią [4, 6] jest to tryb pracy wymagający odpowiednich właściwości regulacyjnych agregatu kogeneracyjnego oraz inteligentnego interfejsu sieciowego. Przez agregat kogeneracyjny rozumie się tu: silnik spalinowy na biogaz, generator elektryczny w postaci maszyny elektrycznej synchronicznej

lub asynchronicznej, ewentualnie przekształtnik energoelektroniczny. Przez inteligentny interfejs sieciowy rozumie się: aparaturę łączeniową, automatykę zabezpieczeniową, smart grid EP. Tryb pracy *semi off grid* jest realizowany za pomocą infrastruktury smart grid EP i polega na naprzemiennym stosowaniu trybu *off grid* oraz *on grid*. Naprzemienne stosowanie tych trybów jest wynikiem uczestniczenia mikrobiogazowni w rynkach energii elektrycznej i usług systemowych dla KSE (według koncepcji przedstawionej na rys. 5), czyli usług na rzecz operatorów działających na rynku energii elektrycznej (na rzecz operatora OSP, przede wszystkim jednak na rzecz operatorów OSD).

Wraz z restrukturyzacją rolnictwa i modernizacją polskiej wsi nasila się w prostej linii potrzeba reelektryfikacji obszarów wiejskich w ogóle, nie tylko z powodu rozległych awarii sieciowych. Przede wszystkim jest to potrzeba wywołana zmianami strukturalnymi, w wyniku których powstaje nowa mapa gęstości powierzchniowej zapotrzebowania na energię elektryczną (wyludnianie się tradycyjnych wsi, wzrost liczby towarowych gospodarstw rolnych – skupionych odbiorów energii elektrycznej, migracja ludności miast na przyległe obszary wiejskie). Potrzeba ta spotyka się współcześnie z unikatowymi możliwościami energetyki prosumenckiej. Uwarunkowania (społeczne, ekonomiczne, techniczne) reelektryfikacji i właściwości energetyki prosumenckiej (samowystarczalność energetyczna, w tendencji aż do modelu *off-grid*) powodują historyczną koincydencję potrzeb i możliwości. Dlatego na obszarach wiejskich rozegra się w pierwszej kolejności przebudowa energetyki (obszary wiejskie staną się kolebką energetyki prosumenckiej). Przy tym podkreśla się, że wykorzystanie energetyki prosumenckiej do reelektryfikacji wsi, do rewitalizacji zasobów mieszkaniowych i gospodarczych na wsi oraz do modernizacji rolnictwa powinno być rozpatrywane w kategoriach innowacyjności przełomowej, właściwej dla pretendentów, zapewniającej rozległe pobudzenie całej gospodarki, a nie w optyce liderów rynku energii elektrycznej dążących do zachowania *status quo*.

Zmiany strukturalne wywołane innowacjami zachowawczymi w elektroenergetyce WEK były wstępem do dokonującej się zmiany paradygmatu rozwoju energetyki [7], jednocześnie tworzą one przesłanki pojawienia się innowacji przełomowej, której przykładem jest mikrobiogazownia. Istotą tej innowacji jest zapoczątkowanie całkowicie nowego wykorzystania źródeł OZE, mianowicie w trybie *semi off grid*. To pociąga za sobą w szczególności konieczność nowego podejścia do połączenia źródła OZE z siecią elektroenergetyczną, mianowicie na warunkach dyktowanych przez prosumenta, a nie przez operatora (OSD) i sprzedawcę z urzędu (na warunkach wynikających z zapotrzebowania operatorów na usługi w takich stanach jak: deficyt mocy w szczytach obciążenia KSE, nadmiar zdolności produkcyjnych w wielkich blokach podstawowych w dolinach obciążenia KSE, rozległe awarie sieciowe, i wielu innych stanach).

Dalej, pociąga to za sobą konieczność nowego podejścia do struktury prosumenckich zasobników energii/paliw; w wypadku mikrobiogazowni chodzi o strukturę zasobników biogazu, ciepła i energii elektrycznej (akumulatorów). Chodzi też o cykliczną, a nie ciągłą pracę agregatu kogeneracyjnego. Rozpatrzenie tych spraw w kontekście kryteriów innowacji przełomowej jest ważnym celem Raportu: zakłada się, że Raport stanie się katalizatorem dyskusji o energetyce prosumenckiej jako nowej jakości, a nie jako substytutu energetyki WEK.

## 1. Mikrobiogazownia jako technologia przełomowa- charakterystyka obiektu.

Kontenerowa mikrobiogazownia utylizacyjno-rolnicza „KMU-R”, tab. 2, jest odpowiedzią na dwa specyficzne uwarunkowania. Pierwszym jest rozdrobniona struktura polskiego rolnictwa, (łącznie liczba gospodarstw około 325 tys.), to potencjalny rynek dla mikrobiogazowni KMU-R. Zakłada się przy tym referencyjną strukturę substratu 50/50% (odpady gospodarskie i rolnicze/hodowlane – 50%, kiszonka z jednorocznych roślin energetycznych – 50%). Dalej, zakłada się maksymalny udział gruntu przeznaczonego w gospodarstwie na produkcję energetyczną poniżej 20% i minimalną powierzchnię jednorocznych upraw energetycznych w gospodarstwie (kukurydza kiszonkowa, buraki energetyczne, ...) nie mniejszą niż 2...3 ha, przy wydajności energetycznej gruntu uprawnego 50...80 MWh energii chemicznej na rok i jeden hektar gruntu.

Drugim uwarunkowaniem jest potrzeba zapewnienia „transportowalności” komory fermentacyjnej. Łatwy transport komory jest warunkiem jej fabrycznej (warsztatowej) produkcji, czyli wysokiej jakości i niskiego kosztu. Transportowalność oznacza, że komora musi mieć gabaryty kontenera transportowego. Stąd wynika objętość komory fermentacyjnej około 60 m<sup>3</sup> (gabaryty zewnętrzne: długość około 12 m, szerokość około 2,6 m, wysokość – około 2,3 m. Taka objętość umożliwia produkcję biogazu wystarczającą do produkcji energii elektrycznej ze stałą mocą elektryczną około 10 kW. Przy strukturze sprawności elektrycznej i cieplnej agregatu kogeneracyjnego 35/45% i rocznym czasie użytkowania mocy szczytowej równym 7500 godzin produkcja roczna energii elektrycznej wynosi 75 MWh, a ciepła około 95 MWh. Roczne zapotrzebowanie na energię chemiczną w substratach (w utylizowanych odpadach i roślinach energetycznych) wynosi około 210 MWh. Połączenie dwóch modułowych komór fermentacyjnych umożliwia zwiększenie (podstawowej) mocy elektrycznej agregatu kogeneracyjnego zintegrowanego z tymi komorami do około 20 kW.

Zakres zrealizowanych przez Politechnikę Śląską, w ścisłej współpracy z firmą eGIE (eGmina Infrastruktura Energetyka) prac rozwojowych w okresie 2011-2012 dotyczących mikrobiogazowni, obejmujących badania technologiczne (proces fermentacyjny) [9], opracowanie dokumentacji technicznej (produkcyjnej, warsztatowej) [10] oraz dokumentacji eksploatacyjnej (w szczególności instrukcji obsługi) [11] umożliwia rozpoczęcie działań w trzech kierunkach. Po pierwsze, działań mających na celu uruchomienie produkcji mikrobiogazowni KMU-R i wprowadzenie tej mikrobiogazowni (na osiągniętym już/dotyychczas etapie rozwojowym) na rynek w trybie bezpośredniej oferty skierowanej do gospodarstw rolnych. Po drugie, działań mających na celu utworzenie sieci franczyzowej, która przejmie mikrobiogazownię KMU-R na obecnym etapie rozwojowym i zrealizuje program jej wdrożenia (w formule franczyzowej). Po trzecie, działań mających na celu opracowanie nowej generacji mikrobiogazowni kontenerowych, przy wykorzystaniu mikrobiogazowni KMU-R jako prototypu.

W kontekście pierwszego kierunku podkreśla się w szczególności, że istnieją firmy gotowe podjąć się produkcji mikrobiogazowni KMU-R pod klucz. Firmy te przeprowadziły analizy wykonalności dla takiej produkcji i mają gotową ofertę cenową dla potencjalnych klientów, ale nie uwzględniają w swoich strategiach rozwojowych angażowania się w rozwój produktu, a tym bardziej w budowę systemów wsparcia rynkowego produktu (systemu serwisowania). Ta ścieżka wprowadzenia mikrobiogazowni KMU-R na rynek (ścieżka

polegająca na bezpośrednim skierowaniu do gospodarstw rolnych oferty w postaci mikrobiogazowni produkowanej seryjnie, w małych seriach, ale bez systemu wsparcia) jest obciążona jeszcze stosunkowo dużym ryzykiem technicznym, technologicznym i przede wszystkim regulacyjnym – jest to typowa sytuacja dla innowacji przełomowej. Dlatego jest to ścieżka, której się nie rekomenduje w niniejszym Raporcie.

Drugi kierunek może być interesujący przede wszystkim dla silnych inwestorów, zdecydowanych budować od podstaw sieć franczyzową mikrobiogazowni (z wykorzystaniem mikrobiogazowni KMU-R i innych) [12]. Jest to kierunek właściwy dla pretendentów do rynku (mikrobiogazowni). Zatem w wypadku mikrobiogazowni KMU-R występuje konflikt charakterystyczny dla każdej innowacji przełomowej. W wyniku, nie należy oczekiwać, że lider rynku (Energa), współfinansujący rozwój mikrobiogazowni KMU-R, może być zainteresowany sprzedażą (pretendentowi) produktu na jego obecnym etapie rozwoju. Dlatego realizacja drugiego kierunku jest mało prawdopodobna w praktyce, chociaż drugi kierunek byłby bardzo racjonalny pod względem ogólnego interesu gospodarczego.

Trzeci kierunek należy rozpatrywać w kontekście całkowicie nowych uwarunkowań w stosunku do tych, które występowały w 2009 r. (początek programu badawczego). Należy przyjąć na obecnym etapie, że gdyby inwestorami mieli być rolnicy (pierwszy kierunek), to będą oczekiwać na produkt bardziej dostosowany do ich potrzeb, o mniejszym ryzyku z ich punktu widzenia. Z kolei osłabienie konfliktu „liderzy-pretendenci” jest w wypadku mikrobiogazowni możliwe za pomocą jej (jako produktu rynkowego) „przekierowania” (w biznesie elektroenergetycznym) z rynku energii elektrycznej na rynek usług systemowych (operatorskich).

Dalsze prace rozwojowe, prowadzące do komercyjnej mikrobiogazowni nowej generacji powinny obejmować dwa obszary. Pierwszy dotyczy homologacji (atestacji, certyfikacji), drugi dotyczy natomiast systemu SCADA (systemu ukierunkowanego z jednej strony na sieć franczyzową mikrobiogazowni, ale z drugiej strony na segment energetyki EP (według koncepcji przedstawionej na rys. 5).

Zakres homologacji powinien obejmować: 1° - świadectwo zgodności instalacji elektrycznej z IRiESD (Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej), 2° - certyfikat bezpieczeństwa gazowego, 3° - izolacje wartości kryterialnych hałasu i uciążliwości zapachowej, 4° - świadectwo uznające pozostałość pofermentacyjną za nawóz, 5° - świadectwo, że instalacja nie jest budowlą.

Z kolei system SCADA (mini smart grid EP; w starym nazewnictwie: telepomiar, telesygnalizacja, telesterowanie) powinien obejmować dwa sterowniki PLC. Są to: 1° - sterownik instalacji elektroenergetycznej (agregat kogeneracyjny – silnik spalinowy i maszyna elektryczna; przyłącze elektryczne – aparatura łączeniowa, automatyka zabezpieczeniowa, licznik inteligentny), 2° - sterownik technologiczny.

Widać, że dalsze prace rozwojowe prowadzą do *know how*, które jest kluczem do wykorzystania mikrobiogazowni jako innowacji przełomowej.

## 2. Mikrobiogazownia w gospodarstwie rolnym 1 (przypadek ogólniejszy)

W definicji i we wprowadzeniu podkreślono, że innowacją przełomową jest nie sama mikrobiogazownia, a prosumerski łańcuch wartości możliwy do realizacji za pomocą



mikrobiogazowni. Miejszem realizacji tego łańcucha jest gospodarstwo rolne. W tabeli 1 scharakteryzowane zostało (rzeczywiste) gospodarstwo rolno-hodowlane, które można uznać za bardzo reprezentatywne z punktu widzenia prosumernckiego łańcucha wartości i potencjalnej inwestycji mikrobiogazowej. Gospodarstwo to jest dalej wykorzystane do zilustrowania ilościowego (liczbowego) najważniejszego zagadnienia w kontekście mikrobiogazowni traktowanej w kategoriach innowacji przełomowej. Zagadnieniem tym jest praca takiego właśnie źródła energii elektrycznej w trybie *semi off grid* (na mikrosieć typu PISE 1, por. cz. 2, ewentualnie na sieć nN/SN należącą do operatora korporacyjnego, jeśli ten ma zapotrzebowanie na usługi „systemowe”).

Z kolei w tab. 2 przedstawione zostały dane mikrobiogazowni kontenerowej (mikrobiogazownia KMU-R), wyposażonej w agregat kogeneracyjny, ważne w kontekście jej właściwości ruchowych, szczególnie w kontekście produkcji energii elektrycznej. Z punktu widzenia pracy w trybie *semi off grid* charakterystyka mikrobiogazowni musi być przede wszystkim ukierunkowana na bilanse dobowe produkcji energii elektrycznej, tworzące podstawę pod grafikowanie godzinowe produkcji.

Przedstawione dane są realistyczne, ale mają jedynie znaczenie „wywoławcze”. Potrzebne są dalsze rozległe badania mające na celu implementację koncepcji polegającej na wykorzystaniu mikrobiogazowni w charakterze „pilota” innowacji przełomowej, którą jest cała energetyka prosumencka. Badania te powinny być zrealizowane przez „pretendentów” rynkowych w obszarze energetyki prosumenckiej we współpracy z firmami typu *start up* (właściwymi dla środowiska uczelnianego). Wiadomo natomiast, że elektroenergetyczne firmy korporacyjne z istoty rzeczy nie mają interesu w rozwijaniu energetyki prosumenckiej. Wskazuje na to zresztą w szczególności coraz częściej artykułowane już w sposób jawny stanowisko tych firm, że są one odpowiedzialne za wyniki finansowe, których oczekują udziałowcy, a nie za bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej do odbiorców (mimo, że bezpieczeństwo takie jest przedmiotem zapisów koncesyjnych stanowiących podstawę funkcjonowania firm korporacyjnych).

Tab. 1. Charakterystyka (wybrane dane) małowarowego gospodarstwa rolno-hodowlanego jako potencjalnego miejsca instalacji mikrobiogazowni (traktowanej docelowo w kategoriach źródła prosumenckiego dla zróżnicowanych sytuacji, patrz warianty 1, 2 i 3 poniżej)

Lp.	Wielkość	Wartość
1	Powierzchnia gospodarstwa, ha	15
2	Liczba krów, szt.	20
3	Produkcja mleka, tys. l/rok	120
4	Liczba innego bydła, szt.	20
5	Zużycie kiszonki z kukurydzy do celów paszowych (krowy i inne bydło, po połowie; kiszonka z kukurydzy pokrywa 10% całego zapotrzebowania na paszę), t/rok	160
6	Zużycie oleju napędowego, tys. l/rok	2,5
7	Zużycie energii elektrycznej (na cele bytowe i do produkcji mleka, po połowie), MWh	5

Tab. 2. Charakterystyka (wybrane dane) mikrobiogazowni KMU-R (traktowanej docelowo w kategoriach innowacji przełomowej). Dane dobowe dla rocznego bilansu produkcji energii: energia chemiczna w biogazie – 210 MWh, energia elektryczna – 75 MWh, produkcja ciepła brutto – 95 MWh

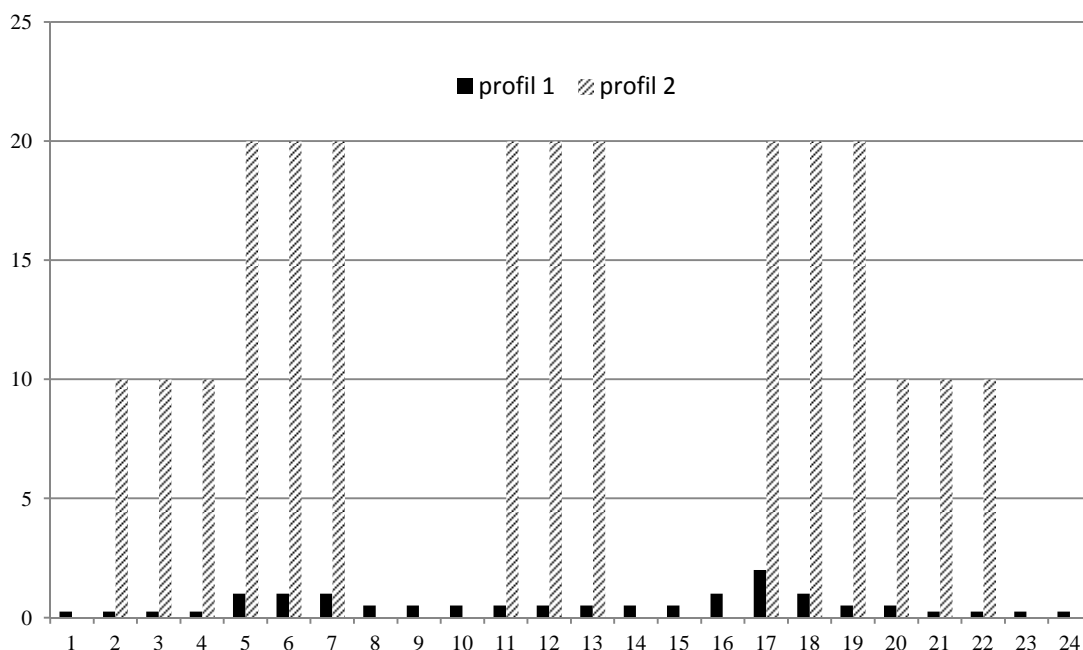
Lp.	Wielkość	Wartość
1	Dobowa (równomierna) produkcja biogazu, m <sup>3</sup>	120
2	Dobowa (równomierna) produkcja energii chemicznej, kWh	600
3	Dobowa produkcja energii elektrycznej, kWh	240
4	Godzinowa produkcja energii elektrycznej (odpowiadająca mocy podstawowej, wynoszącej 10 kW, związanej z równomierną produkcją biogazu), kWh	10
5	Pojemność zasobnika biogazu, m <sup>3</sup>	16
6	Zdolność magazynowa energii chemicznej, kWh	80
7	Zdolność produkcyjna „zasobnikowa” energii elektrycznej (pełne jednorazowe wykorzystanie zasobnika biogazu), kWh	30
8	Dopuszczalny czas wyłączenia agregatu kogeneracyjnego, h	3
9	Dopuszczalna moc elektryczna agregatu (wymagająca jego przewymiarowania w stosunku do mocy podstawowej), kW	20
10	Osiągalny czas pracy z dopuszczalną mocą elektryczną agregatu (czas do całkowitego „rozładowania” zasobnika biogazu, h	3
11	Maksymalna dobowa liczba cykli pracy agregatu „załącz/wyłącz”	4

Poniżej przedstawia się trzy warianty potencjalnego wykorzystania mikrobiogazowni KMU-R w trybie *semi off grid*. We wszystkich tych wariantach gospodarstwo scharakteryzowane w tab. 1, z mikrobiogazownią scharakteryzowaną w tab. 2, nazywa się gospodarstwem bazowym. Podkreśla się, że dwa pierwsze warianty charakteryzują się przerywaną pracą agregatów kogeneracyjnych; odstawienia agregatów umożliwiają realizację różnorodnych celów, których szczegółowe omówienie wykracza poza niniejszy Raport. W czasie odstawienia agregatu zasilanie gospodarstw (bazowego i innych) może być realizowane z sieci nN (OSD), a alternatywnie z własnych (gospodarstw) baterii akumulatorów. Wystarczające są do tego celu niewielkie zasobniki. Na przykład w wariantcie 1 potrzebna byłaby dla gospodarstwa bazowego użyteczna energia magazynowa równa 1,5 kWh, czyli zasobnik o całkowitej zdolności magazynowej równej 3 kWh, przy dopuszczalnym roboczym rozładowaniu zasobnika/akumulatora równym 50%; inaczej, wystarczyłyby 4 akumulatory samochodowe. Dla każdego innego gospodarstwa niż gospodarstwo bazowe (wariant 2) wystarczyłyby 3 akumulatory samochodowe.

### **Wariant 1. Praca w trybie *semi off grid* na potrzeby gospodarstwa bazowego i rynku usług dla OSD.**

Jest to wariant z dominacją (94%) „ustawowej” sprzedaży energii elektrycznej do sprzedawcy z urzędu (zapotrzebowanie gospodarstwa stanowi jedynie 6% produkcji). Z tego powodu nie powinno się w gruncie rzeczy nazwać tego wariantu prosumenckim – w wariantcie prosumenckim proporcje powinny być odwrotne; z drugiej strony, jest to wariant, który w stosowanym, na ogół przez środowisko korporacyjne, nazewnictwie ciągle jeszcze

utożsamia się z prosumenckim (jest tak ze względu na brak ugruntowanej na razie definicji energetyki prosumenckiej).



Rys. 1. Godzinowy grafik energii elektrycznej (w kWh) gospodarstwa bazowego: zapotrzebowanie (profil 1), produkcja (profil 2)

Przepływ energii elektrycznej produkowanej w źródłach OZE do sieci nN (OSD) jest obecnie główną osią konfliktu między prosumentami i operatorami OSD. Rzeczywiście, przykład zapotrzebowania i produkcji, według grafików godzinowych przedstawionych na rys. 1 (traktowany w sposób wyizolowany) nie jest zachęcający z punktu widzenia sieciowego do współpracy operatora OSD z producentem energii elektrycznej (odstępuje się tu od nazwy prosument). Z drugiej strony, z punktu widzenia systemowego są korzyści do zdyskontowania przez liderów rynkowych, czyli przez całą elektroenergetykę korporacyjną. Temu jest podporządkowany harmonogram pracy agregatów kogeneracyjnych. Mianowicie, agregaty pracujące z maksymalną mocą, możliwą dzięki zasobnikom biogazu, mogą łagodzić deficyt mocy w szczytach obciążenia KSE. W dolinach obciążenia KSE agregaty są natomiast wyłączone i tym samym gospodarstwo może przyczyniać się do łagodzenia problemów związanych z nadmiarem mocy wytwórczych w (wielkich) blokach przeznaczonych do pracy podstawowej.

Jednak pogłębiona analiza, związana z rolą systemową i siecią mikrobiogazowni, prowadzi do diametralnej zmiany spojrzenia na korzyści. Mianowicie, analiza taka wskazuje na liczne obiektywne korzyści, nie tylko systemowe elektroenergetyki korporacyjnej w całości, ale także sieciowe, dotyczące operatorów, i to nie tylko dystrybucyjnych (OSD), ale także operatora przesyłowego (OSP). Wynika to choćby tylko z faktu, że ze względu na historyczne uwarunkowania rozwoju KSE na każdy 1 mld PLN zainwestowany w nowy blok

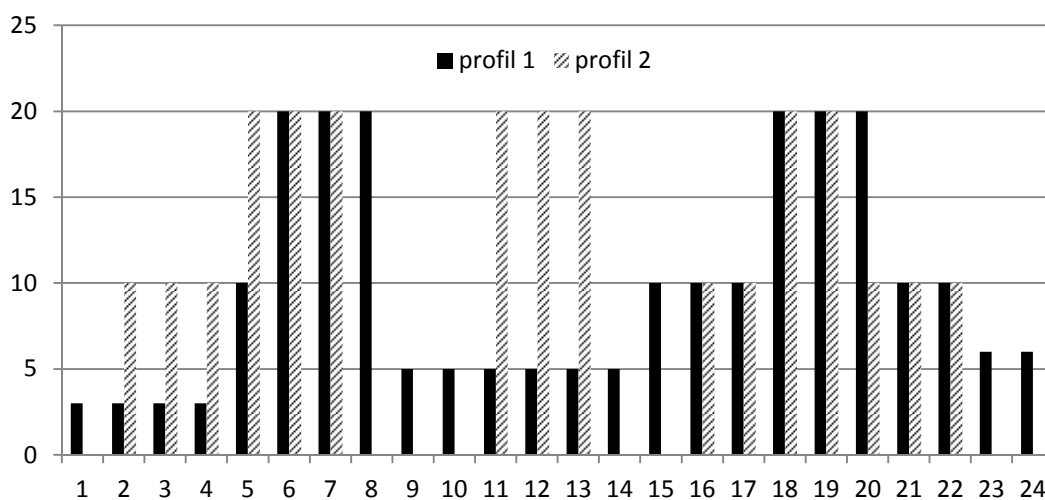


o mocy rzędu 1000 MW potrzebne są inwestycje sieciowe wynoszące około 0,7 mld PLN (w tym około 0,3 mld PLN w sieć przesyłową).

Niedostrzeżenie tych korzyści, a nawet blokowanie przyłączeń mikrobiogazowni do sieci jest zrozumiałe na rynku energii elektrycznej: jest to klasyczne zachowanie liderów na wszystkich dojrzałych rynkach, a rynek energii elektrycznej jest pod tym względem najbardziej reprezentatywny. Z drugiej strony takie działania liderów tworzą w naturalny sposób pole do działania pretendentów rynkowych dążących do wykorzystania innowacji przełomowych. Warianty 2 i 3 są ilustracją potencjału różnorodności rozwiązań w energetyce prosumenckiej, czyli pokazują obszar biznesowy właściwy dla pretendentów.

### **Wariant 2. Praca w trybie *semi off grid* na potrzeby całej wsi/kolonii (25 gospodarstw zasilanych ze stacji transformatorowej SN/nN o mocy 100 kVA) i na potrzeby rynku usług dla OSD.**

Jest to wariant, który pod względem bilansowym nie różni się praktycznie od wariantu 1. W wariacie tym kooperacja odbiorców z gospodarstwem bazowym i utworzenie zbiorowego prosumenta w postaci wsi/kolonii, a pod względem technicznym w postaci sieci PISE (prosumencka inteligentna sieć energetyczna) [1] doprowadza do zmiany układu sił. Oczywiście, odrębną sprawą jest ukształtowanie i sposób dochodzenia do sieci PISE 1. Mianowicie, sieć ta może powstawać na ścieżce konfrontacyjnej, znanej w teorii gier jako strategia „jak ty mnie, tak ja tobie” (odbiorcy i nabywcy na rynku paliw i energii, prosumenci, a także pretendenci do rynku energetyki prosumenckiej vs energetyka WEK). Nie jest to jednak najlepsza strategia ze względu na niepewność, lepsza jest współpraca, wynika to z ogólnej teorii ewolucji złożonych systemów [13].



Rys. 2. Godzinowy grafik energii elektrycznej (w kWh): zapotrzebowanie wsi (25 gospodarstw), łącznie z gospodarstwem bazowym (profil 1), produkcja (profil 2)

Istnieje duży potencjał wykorzystania, w długim czasie, tego generalnego stwierdzenia. Dwa praktyczne sposoby zastąpienia konfrontacji przez współpracę mogą przybrać następujące postaci. Po pierwsze, korporacja (z rządem, bo będą potrzebne odpowiednie regulacje) zaoferuje prosumetom rynek usług systemowych, który jest coraz bardziej potrzebny w związku z niewydolnością inwestycyjną w obszarze energetyki korporacyjnej, zarówno w obszarze wytwórczym jak i sieciowym; wcześniejsze zapewnienie rzeczywistego działania zasady TPA jest oczywiście absolutnie potrzebne, ale nie jest już wystarczające. Po drugie, za rozwiązanie kooperacyjne można uznać sprzedaż przez lidera na rynku energii elektrycznej (przez energetykę korporacyjną) sieci nN zasilanej ze stacji transformatorowej SN/nN pretendentowi rynkowemu w segmencie PISE 1. Podkreśla się, że układy kooperacyjne (takie, o jakich powyżej napisano) powstają w Niemczech, Portugalii, Holandii i w innych krajach. Podobne działania są podejmowane również w Polsce i niosą z sobą ciekawe, konstruktywne doświadczenia.

W wariantcie 2 mamy do czynienia, w wymiarze praktycznym, z bilansowaniem się produkcji i zapotrzebowania w przedziałach dobowych. Na rys. 2 pokazana jest w szczególności sytuacja prawie całkowitego zbilansowania (zapotrzebowanie 240 kWh, produkcja 234 kWh). Jednak ze względu na trzykrotne wyłączenie agregatu kogeneracyjnego (w okresach: nocnym, przedpołudniowym i przedwieczornym) grafiki godzinowe częściowo „rozmijają się”. Polega to na „nadprodukcji” (w 7 godzinach, łącznie 60 kWh) i na braku zasilania (również w 7 godzinach, łącznie 60 kWh).

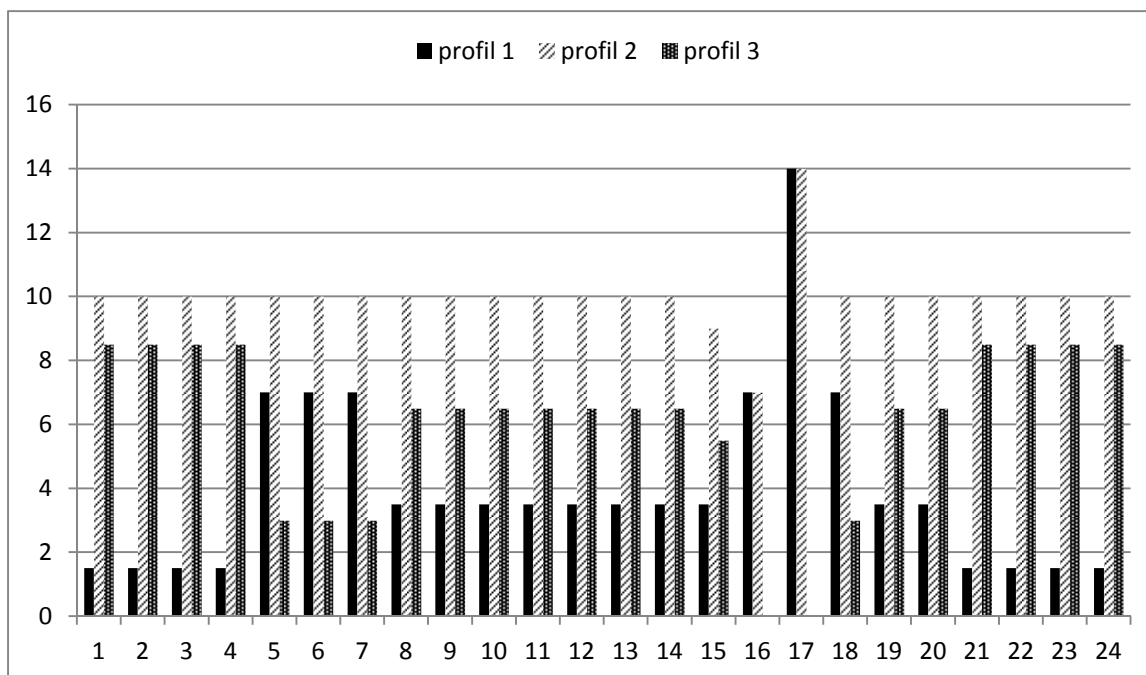
Rozmijanie się grafików tworzy bardzo korzystną sytuację do współpracy między zbiorowym prosumetem i energetyką korporacyjną (operatorem OSD, ewentualnie OSP). Jej (współpracy) istota jest taka jak w przypadku wariantu 1, o ile gospodarstwa (bazowe i wszystkie pozostałe) nie są wyposażone w akumulatory. Wyposażenie gospodarstw w akumulatory umożliwiłoby pracę sieci PISE w trybie *off grid*.

### **Wariant 3. Praca w trybie *off grid* na łączne potrzeby gospodarstwa bazowego i 6 gospodarstw partnerskich, z uwzględnieniem transportu elektrycznego we wszystkich gospodarstwach.**

Jest to wariant pod względem sieciowym podobny do drugiego (zakłada się tu korzystne wzajemne usytuowanie gospodarstw partnerskich i gospodarstwa bazowego, umożliwiające wydzielenie zwartej części sieci nN i ukształtowanie PISE). Pod względem bilansowania i współpracy z KSE jest to natomiast wariant różny jakościowo od dwóch pierwszych. Mianowicie, zbiorowy prosumet z wariantu 3 z natury rzeczy dysponuje możliwością bilansowania zapotrzebowania i produkcji energii elektrycznej, uwzględniając w pełnym zakresie wymaganą jakość tej energii, w trybie *off grid* (prosumet nie potrzebuje współpracy z energetyką korporacyjną). Wynika to z bilansu uwzględniającego zapotrzebowanie na energię elektryczną potrzebną dla transportu elektrycznego.

Mianowicie, roczny bilans (w trzecim wariantcie analiza bilansu rocznego jest wystarczająca, a przy tym jest dużo prostsza) jest następujący. Zapotrzebowanie zbiorowego prosumenta na energię elektryczną dla potrzeb bytowych i produkcyjnych wynosi około 35 MWh (przyjmuje się, że zużycie gospodarstwa partnerskiego jest takie jak gospodarstwa bazowego i wynosi 5 MWh, tabl. 1). Zapotrzebowanie zbiorowego prosumenta na energię

chemiczną dla potrzeb tradycyjnego transportu szacuje się natomiast na około 120 MWh (przyjmuje się, że zużycie paliwa przez gospodarstwo partnerskie wynosi około 70% zużycia gospodarstwa bazowego, wynoszącego 2,5 tys. litrów oleju napędowego, tabl. 1). Takie zapotrzebowanie na paliwo chemiczne przekłada się na zapotrzebowanie energii elektrycznej dla transportu elektrycznego wynoszące około 40 MWh (przyjmuje się jednakową pracę do wykonania przez transport tradycyjny i elektryczny, 3-krotne zmniejszenie zużycia energii jest wynikiem 3-krotnie większej sprawności energetycznej transportu elektrycznego w porównaniu z tradycyjnym). Zatem łączne zapotrzebowanie na energię elektryczną wynosi 75 MWh, czyli tyle ile produkcja mikrobiogazowni (agregatu kogeneracyjnego).

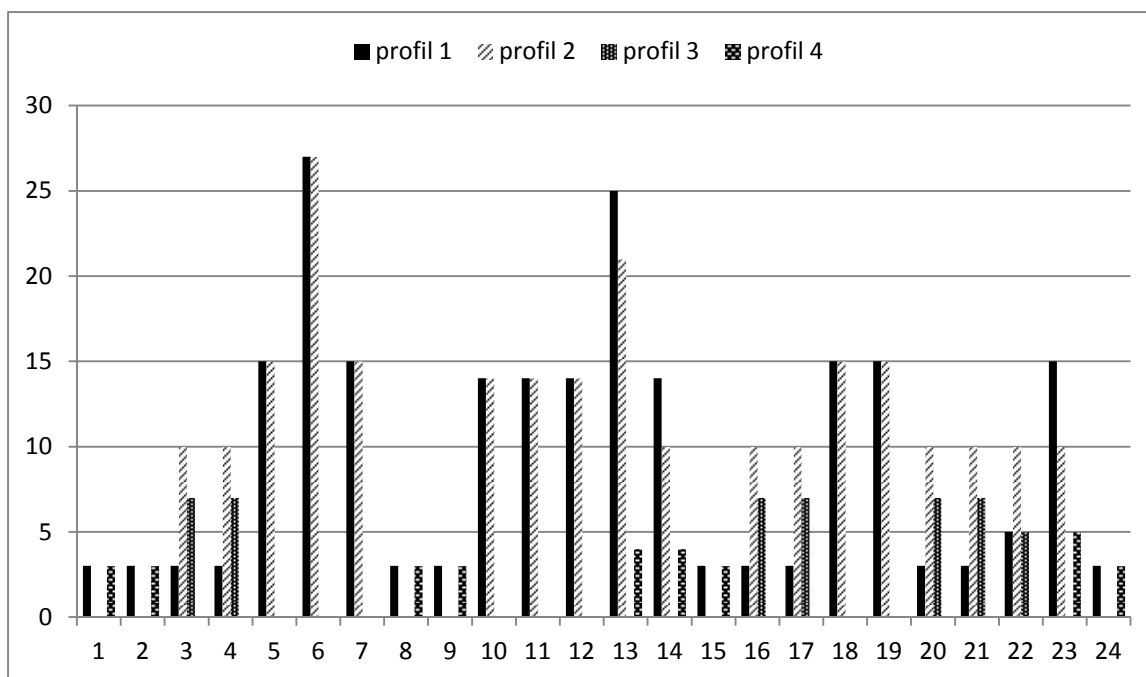


Rys. 3. Godzinowy grafik energii elektrycznej (w kWh) uwzględniający wykorzystanie energii elektrycznej z mikrobiogazowni do transportu elektrycznego: zapotrzebowanie (profil 1), produkcja (profil 2), ładowanie akumulatorów (profil 3)

Możliwość, z której skorzystano powyżej, dotycząca zastąpienia bilansu dobowego bilansem rocznym wynika stąd, że zdolności bilansowo-regulacyjne w sieci PISE przekraczają w wariancie 3 znacznie potrzeby. Oczywiście, w tym wariancie zmienia się struktura zdolności: dominujące są w nim zdolności zasobnikowe w postaci baterii akumulatorów w samochodach elektrycznych, w samochodach dostawczych, w ciągnikach i w innych maszynach rolniczych.

### 3. Mikrobiogazownia w gospodarstwie rolnym 2 (samobilansującym się)

Gospodarstwo 2 jest rzeczywistym gospodarstwem rolno-hodowlanym, większym od gospodarstwa 1. Mianowicie, gospodarstwo 2 ma powierzchnię 45 ha, a liczba bydła wynosi 90 szt. Po zbadaniu bilansu energii elektrycznej gospodarstwa 2 okazało się, że mikrobiogazownia taka jak KMU-R (dane według tab. 2) praktycznie zapewnia w przedziałach rocznych samobilansowanie się zużycia i produkcji energii elektrycznej (roczne zużycie wynosi około 80 MWh i roczna produkcja także wynosi około 80 MWh). Przy rozliczeniach godzinowych w przedziałach dobowych występuje niewielkie niezbilansowanie: sprzedaż wynosi około 47 kWh (profil 3 na rys. 4), a zakup około 37 kWh (profil 4 na rys. 4). Przy tym w trybie pracy *semi off grid* zarówno sprzedaż jak i zakup energii elektrycznej mogą być realizowane jako usługa systemowa dla operatora OSD lub OSP (w zależności od regulacji prawnych i rodzaju infrastruktury smart grid). Alternatywą jest praca mikrobiogazowni w trybie *off grid*; jednak w tym trybie musiałoby wystąpić (niewielkie) pogorszenie sprawności eksploatacyjnej mikrobiogazowni (instalacji PME) oraz pogorszenie parametrów niezawodnościowych zasilania gospodarstwa 2 w energię elektryczną. Pierwszą z wymienionych wad można bardzo efektywnie wyeliminować za pomocą dodatkowego wyposażenia mikrobiogazowni (instalacji PME) w baterię akumulatorów. Wystarczyłaby do tego bateria o pojemności energetycznej mniejszej od 10 kWh (przy dopuszczalnym rozładowaniu baterii do poziomu 50%).



Rys. 4. Godzinowy grafik energii elektrycznej (w kWh) dla gospodarstwa 2 (samobilansującego się) uwzględniający wykorzystanie energii elektrycznej z mikrobiogazowni (na potrzeby technologiczne gospodarstwa i domu mieszkalnego):

zapotrzebowanie (profil 1), produkcja (profil 2), usługa dla OSD - sprzedaż (profil 3), usługa dla OSD - zakup (profil 4)

#### 4. Uwarunkowania rozwoju energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich w kontekście zużycia energii elektrycznej i produkcji w źródłach OZE [8]

Zużycie energii elektrycznej na obszarach wiejskich było w Polsce zawsze problemem strukturalnej nieadekwatności, działającym następująco: niskie zużycie energii elektrycznej hamowało rozwój obszarów wiejskich, brak rozwoju ograniczał z kolei możliwość inwestycji w sieci rozdzielcze i pogarszał jakość zasilania odbiorców do poziomu, który był nieakceptowalny przez inwestorów z segmentu rolnictwa towarowego, przede wszystkim z segmentu hodowlanego, ale także z segmentu przetwórstwa rolno-spożywczego oraz małych i średnich firm budowlanych. Problem ten pokazują następujące dane.

- Zużycie (roczne, łączne) energii elektrycznej na obszarach wiejskich – 12 TWh (poniżej 10% całego krajowego zużycia przez odbiorców końcowych): zużycie rolnictwa na cele produkcyjne – 1, 6 TWh; zużycie bytowe gospodarstw (wszystkich: rolnych i innych) – 10,4 TWh;

- Zużycie roczne, jednostkowe gospodarstw na cele bytowe: zużycie gospodarstwa „socjalnego”, domu mieszkalnego (segmenty PME 1, PME 2) – 1,5÷2,5 MWh; zużycie gospodarstwa niskotowarowego (segment P<sub>u</sub>B,) oraz towarowego (segmenty P<sub>m</sub>B 1, P<sub>m</sub>B 2) – 2,5÷3,5 MWh; zużycie gospodarstwa wielkotowarowego (segmenty PB 1, PB 2) – wartość do indywidualnego oszacowania.

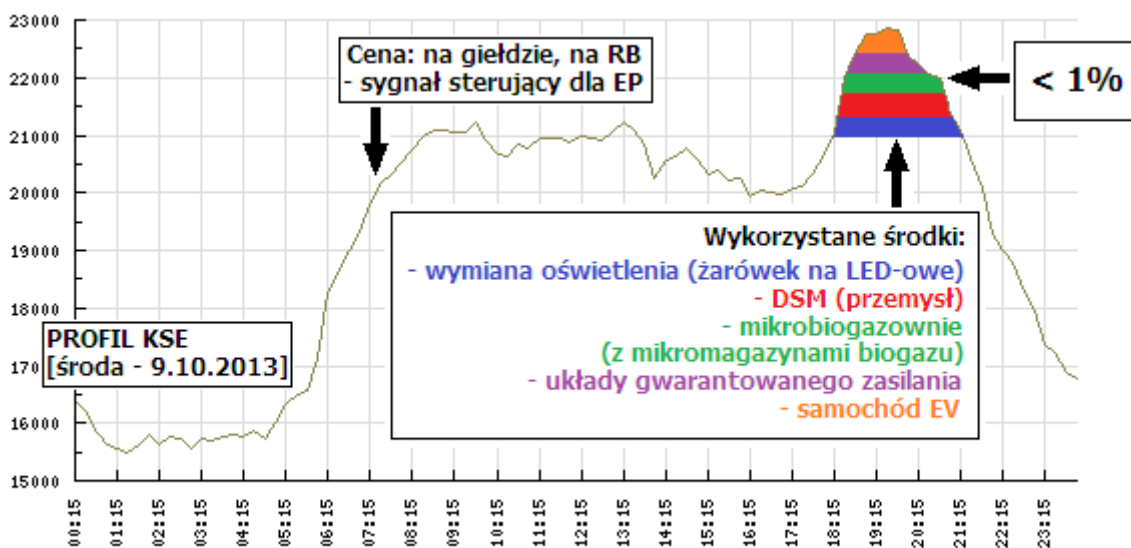
#### Podsumowanie

Mikrobiogazownia w łańcuchu prosumenckim (z zasobnikiem biogazu, baterią akumulatorów i z zasobnikiem ciepła), zarządzana inteligentną infrastrukturą smart grid EP jest, potencjalnie, najlepszą technologią z punktu widzenia obecnych problemów w KSE (antycypowany, w związku z dyrektywą 2010/75) deficyt mocy oraz wielkie bloki – 400 do 1100 MW – które ze względu na historyczną doktrynę rozwojową obowiązującą w przeszłości są współcześnie niewłaściwe z punktu widzenia KSE). Bardzo dobre właściwości mikrobiogazowni ujawniają się szczególnie w analizach, których podstawą jest profil dobowy KSE.

Na rysunku 5 przedstawiono (w kontekście polskim), na czym polega przełom energetyczny. Potężną elektroenergetykę korporacyjną na rysunku reprezentuje, w sposób najbardziej zsyntetyzowany, dobowy profil produkcji energii elektrycznej (profil KSE). Istotą przełomu jest sygnał sterujący sprzężony z tym profilem, powiązany z ceną *ex ante* na giełdzie lub *ex post* na rynku bilansującym (RB), wysyłany w sposób ciągły w obszar energetyki prosumenckiej, zarządzanej (w sposób indywidualny u prosumentów) infrastrukturą smart grid EP. Problemy deficytowe mocy w SEE można rozwiązać na wiele „sposobów” prosumenckich, m.in. siecią mikrobiogazowni. Problem deficytu rozwiązywane tradycyjnymi metodami WEK spowoduje nadmiar mocy w dolinie zapotrzebowania (rys. 6), co z kolei spowoduje zmniejszenie efektywności produkcji energii przez WEK (bloki węglowe pracują w nieoptymalnych punktach pracy, z częstymi wyłączeniami).



Mikrobiogazownie z zasobnikami gazu mogą szybko reagować na sygnały od OSP (lub OSD w warunkach lokalnych) zapewniając bilansowanie energii w systemie elektroenergetycznym.



Rys. 5. Przykładowe możliwości prosumenckiej „odpowiedzi” na antycypowany deficyt mocy po 2015 roku (spowodowany dyrektywą 2010/75)



Rys. 6. Problem braku miejsca dla bloków korporacyjnych (podstawowych: jądrowych, gazowych *combi*, węglowych na węgiel brunatny, węglowych na węgiel kamienny) w dolinie nocnej

Opisane zagadnienia (we wszystkich trzech częściach) w sposób syntetyczny przedstawiają konflikt, którego z perspektywy rozwoju rynku mikrobiogazowni nie można już uniknąć. Konflikt ten ma przyczynę w zmianie trajektorii dalszego rozwoju. Przy tym wcale nie chodzi tu tylko o energetykę, bo zmiany mają charakter cywilizacyjny.

Znaczenie energetyki prosumenckiej rozwijanej w zakresie takim jak przedstawiony w Raporcie (i jeszcze szerzej, obejmującym bezpieczeństwo energetyczne, budownictwo, rolnictwo, transport [4]) polega w szczególności na tym, że tworzy ona podstawy pod konwergencję technologiczną, która na tak wielką skalę nie miała jeszcze nigdy miejsca. Chodzi tu o konwergencję, traktowaną w kategoriach masowego procesu, obejmującą: wykorzystanie energii elektrycznej do tradycyjnych celów (oświetlenie, AGD i wiele innych), ale także w ciepłownictwie (pompa ciepła) i w transporcie (samochód elektryczny). Ponadto obejmującą produkcję żywności i produkcję energii w rolnictwie oraz biotechnologię (produkcja paliw, ochrona środowiska, GMO).

Przedstawiona tu (w zakończeniu, i w całym referacie) perspektywa, dotycząca energetyki prosumenckiej ogólnie, określa wielki potencjał mikrobiogazowni z punktu widzenia przebudowy obszarów wiejskich. W tym kontekście pilnym zadaniem jest ukształtowanie mikrobiogazowni jako technologii *semi off grid*.

Z punktu widzenia środowiska prawnego najważniejsze są, w kontekście mikrobiogazowni jako innowacji przełomowej, dwie regulacje. Pierwsza powinna polegać na zmianie płatnika opłaty przesyłowej – z odbiorcy na wytwórcę (potencjalny, główny mechanizm napędowy rozwoju całej energetyki prosumenckiej). Druga powinna polegać na zastąpieniu decyzji środowiskowej certyfikatem środowiskowym mikrobiogazowni (ogólnie instalacji PME, w tym instalacji przemysłowej); jest tu analogia do obligatoryjności wyposażenia elektrowni węglowych w elektrofiltry, instalacje odsiarczania, instalacje odazotowania, instalacje CCS. Po wprowadzeniu takiej regulacji prawnej mikrobiogazownia stanie się np. integralną instalacją utylizacyjno-energetyczną: obory; chlewni; pieczarkarni; gospodarstwa rolno-hodowlanego; mleczarni; rzeźni; wsi (tu w analogii do oczyszczalni ścieków w mieście).

## Literatura



Park Naukowo-Technologiczny  
Euro-Centrum Sp. z o.o.  
40-568 Katowice, ul. Ligocka 103  
tel. +48 78 34 339  
fax +48 32 250 47 85  
obserwatorium@euro-centrum.com.pl  
www.pnteuro-centrum.com.pl

NIP 634-26-64-278  
REGON 240789585  
Nr konta bankowego:  
PKO BP S.A. I Oddz. w Katowicach  
25 1020 2313 0000 3602 0192 1493  
Kapitał zakładowy: 12 588 000,00 zł.

Rejestr Przedsiębiorców KRS  
Sąd Rejonowy w Katowicach  
Wydział VIII Gospodarczy KRS  
Numer KRS 0000297073

- [1] [RAPORT] Popczyk J. *Energetyka prosumencka – od sojuszu polityczno-korporacyjnego do energetyki prosumenckiej w prosumenckim społeczeństwie*. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl), podstrona CEP, biblioteka BŻEP, Nr katalogowy 1.1.06.
- [2] Popczyk J. *Czy budowa dwóch bloków w Elektrowni Opole jest zasadna?* Ekspertyza wykonana dla Polskiej Koalicji Klimatycznej (w szczególności dla Polskiego Klubu Ekologicznego Okręg Mazowiecki), lipiec 2013.
- [3] Popczyk J. *Przebudowa energetyki: dynamiczna równowaga sektorowej energetyki wielkoskalowej i prosumenckiej w horyzontach 2020, 2030 i 2050*. Materiały XVIII Konferencji Energetyki (Innowacje dla energetyki). Turbo Care Poland. Gniew, wrzesień 2013.
- [4] [RAPORT] Popczyk J. *Energetyka prosumencka jako innowacja przelomowa*. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl), podstrona CEP, biblioteka BŻEP, Nr katalogowy 1.4.04.
- [5] Chlebowski K. *Innowacje w energetyce. Dlaczego włączanie OZE do systemu energetycznego niszczy ich innowacyjny potencjał*. Portal CIRE.pl.
- [6] Popczyk J., Zygmantowski M., Michalak J., Kielan P., Fice M. *Koncepcja prosumenckiej mikroinstalacji energetycznej (PME) wg iLab EPRO*. [www.klaster3x20.pl](http://www.klaster3x20.pl), podstrona CEP, biblioteka BŻEP, Nr katalogowy 1.2.09.
- [7] Popczyk J. *Energetyka postprzemysłowa. Piąta fala innowacyjności*. Wykład inauguracyjny w Politechnice Śląskiej. Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [8] Popczyk J. *Kontenerowa mikrobiogazownia utylizacyjno-rolnicza Energa 20/PS*. Czysta Energia, maj 2013.
- [9] Cebula J. i inni. *Badania technologiczne: laboratoryjne i w PLMR*. Gliwice-Studzionka, 2011...2012.
- [10] Wereszczyński D. *Dokumentacja techniczna mikrobiogazowni ENERGA 20/PS*. Gliwice-Studzionka, 2012.
- [11] Latocha L. *Koncepcja mikrobiogazowni kontenerowej i pilotażowa praktyczna realizacja w PLMR*. Gliwice-Studzionka, 2010...2012.
- [12] Akademia Rozwoju Systemów Sieciowych. *IMP PAN / ENERGA – raport z audytu franczyzowego*. Warszawa, lipiec 2013.
- [13] Coveney P., Hichfield R. *Granice złożoności poszukiwania porządku w chaotycznym świecie*. Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.
- [14] Popczyk J. *Rola sieci rozdzielczych w energetyce prosumenckiej*. Konferencja SEP, Oddział Kielecki. Ameliówka (Kielce), wrzesień 2013.