

## ENERGETYKA PROSUMENCKA JAKO INNOWACJA PRZEŁOMOWA

Jan Popczyk

**Streszczenie (w tym wyjaśnienie dotyczące rozszerzenia Raportu).** Raport prezentuje w ujęciu praktycznym „startowy” potencjał energetyki prosumenckiej widzianej w kategoriach innowacji przełomowej, która jest rozumiana w sposób taki jak w pracy [1]. Jednocześnie Raport jest syntezą wybranych opracowań autora z drugiej połowy 2013 r. pokazujących bardzo ważne obszary, w których są już widoczne silne przesłanki rozwoju energetyki prosumenckiej jako innowacji przełomowej.

W pierwszej części Raportu, będącej syntezą opracowania [2] i referatu konferencyjnego [3], dokonano w szczególności konfrontacji dwóch inwestycji, z których jedna (bloki węglowe, wzmacniające petryfikację elektroenergetyki WEK) jest reprezentatywna dla innowacji zachowawczych, a druga (krajowy program energetycznej rewitalizacji zasobów mieszkaniowych i modernizacji rolnictwa) dla innowacji przełomowych.

Podstawą drugiej części jest referat konferencyjny [4]; w tej części pokazano obszary wiejskie jako potencjalną kolebkę energetyki prosumenckiej; kolebka ta ma podstawowe właściwości niezbędne do rozwoju energetyki prosumenckiej, spełnia podstawowe kryteria umożliwiające dyfuzję innowacji przełomowych.

Trzecia część przedstawia mikrobiogazownię rolniczo-utylicacyjną jako charakterystyczny przykład potencjalnej polskiej innowacji przełomowej. Punktem wyjścia w tej części jest krótki opis (przytoczony za artykułem [5]) programu badawczego dotyczącego mikrobiogazowni pod roboczą nazwą Energa 20/PS. Przy tym za innowację przełomową uznaje się w Raporcie jednak nie samą mikrobiogazownię (ta może być uznana co najwyżej za radykalną innowację zachowawczą; tak mikrobiogazownia została potraktowana w programie badawczym, którego dotyczą opracowania źródłowe [5], [6], [7] i [8]). Innowacją przełomową, co podkreśla się w Raporcie, jest natomiast nowy prosumencki łańcuch wartości możliwy do zrealizowania (w gospodarstwie rolnym) za pomocą mikrobiogazowni.

Niniejsza edycja Raportu jest drugą (patrz datowanie na końcu) i oprócz drobniejszych zmian (polegających na niewielkich modyfikacjach tekstu związanych z szybkim rozwojem języka opisującego energetykę prosumencką, a także dotyczących aktualizacji opisu mikrobiogazowni jako przedmiotu programu badawczego) zawiera dwa istotne rozszerzenia. Pierwsze polega na uzupełnieniu Raportu o „wywoławczą” listę innowacji przełomowych w procesie przebudowy energetyki (poniżej). Drugie (na końcu Raportu) polega z kolei na wprowadzeniu dodatkowego opisu zastosowania (modelowego) mikrobiogazowni w gospodarstwie 2 (istotnie różniącym się od gospodarstwa 1, opisanego w pierwszej edycji Raportu).

**„Wywoławcza” lista innowacji przełomowych w procesie przebudowy energetyki.** Ze względu na to, że pojęcie innowacji przełomowej jest jeszcze mało znane, a z drugiej strony ma fundamentalne znaczenie z punktu widzenia rozwoju energetyki prosumenckiej, poniżej przedstawia się „wywoławczą” listę takich innowacji. Przy tym za każdym razem innowację przełomową przedstawia się w kontekście interesów, które ona narusza (interesów związanych z tradycyjnymi technologiami). Lista jest następująca.

1. Mikrobiogazownia (rozumiana jako cała instalacja utylizacyjno-energetyczna) vs źródło energii elektrycznej (innowacja narusza interesy całej elektroenergetyki WEK, jednak przede wszystkim wytwórców WEK).
2. Lokalna sieć (instalacja budynkowa) *semi off grid* vs klasyczna integracja źródeł rozproszonych z siecią (innowacja narusza interesy całej elektroenergetyki WEK).
3. Smart grid EP vs AMI (innowacja narusza interesy całej elektroenergetyki WEK, jednak przede wszystkim operatorów OSP i OSD).
4. Dom pasywny vs dom tradycyjny/energochłonny (innowacja narusza pośrednio interesy gazownictwa i górnictwa węgla kamiennego).
5. Rewitalizacja istniejącego domu do standardu inteligentnego domu *semi off grid* vs budowa bloków węglowych (jądrowych) i systemowych sieci elektroenergetycznych (innowacja narusza interesy całej elektroenergetyki WEK, jednak przede wszystkim wytwórców WEK).
6. Samochód elektryczny (EV) vs samochód z silnikiem spalinowym (innowacja narusza przede wszystkim interesy sektora paliw płynnych/transportowych; producentów samochodów z silnikiem spalinowym; także wytwórców energii elektrycznej WEK).
7. *Car sharing* vs własny samochód (innowacja narusza interesy sektora paliw płynnych/transportowych; także wytwórców energii elektrycznej WEK; jednak przede wszystkim producentów samochodów z silnikiem spalinowym).

Już obecnie przedstawiona lista jest daleko niepełna, i będzie się ona gwałtownie rozszerzać. Zasadność tej tezy znajduje potwierdzenie w globalnych trendach technologicznych obrazujących: rozwój technologii środowiskowo-energetycznych, inteligentnej infrastruktury, technologii domu pasywnego, transportu elektrycznego, rolnictwa energetycznego.

Za trendami technologicznymi idą już zmiany rynków. Dramatycznie pogarsza się sytuacja liderów na tradycyjnych rynkach paliwowo-energetycznych: w górnictwie węgla kamiennego (najbardziej dotkliwym przykładem jest polska Kompania Węglowa, ale także górnictwo w USA i w innych krajach świata), w sektorze paliw ropopochodnych (najbardziej dotknięta spadkami cen ropy naftowej i gazu jest Rosja, ale także kraje OPEC i inni producenci tych paliw), w elektroenergetyce (najbardziej spektakularnymi przykładami spadku wartości przedsiębiorstw w tym sektorze są z kolei niemieckie firmy RWE, EON, francuska firma GDF Suez, i wiele innych, w tym polscy liderzy na rynku energii elektrycznej). Pretendenci zdobywają (tworzą) natomiast nowe rynki. Przykładem są inwestycje firm światowych w wydobywanie gazu łupkowego, firm IT w smart grid EP (w tym w handel na rynkach energii elektrycznej), firm ICT w dobra inwestycyjne dla energetyki prosumenckiej (w szczególności dla energetyki OZE) i. Najbardziej spektakularnym przykładem w skali globalnej jest pretendent na rynku produkcji samochodów elektrycznych w postaci firmy TESLA (USA).

Zmiany rynków potwierdzają siłę synergetyki [9], czyli nowej konsolidacji obszarów strukturalnie nieefektywnych: energetyki WEK, budownictwa, transportu i rolnictwa. Ta nowa konsolidacja – realizowana w dużej mierze pod wpływem wymagań środowiska, z uwzględnieniem zachodzących zmian w stylu życia, za pomocą infrastruktury EP – oznacza kształtowanie się energetyki prosumenckiej, jako piątej fali innowacyjności [9]. Jej charakter różni ją od pierwszych czterech fal. Mianowicie, będzie to fala oparta na milionach wynalazków, z których będą korzystać miliardy prosumenatów. Udział prosumenatów, jako „udziałowców” piątej fali innowacyjności, będzie decydował o jej dynamice i o jej demokratycznym charakterze.

## Część 1

### DWA BLOKI WĘGLOWE vs KRAJOWY PROGRAM REWITALIZACJI ZASOBÓW MIESZKANIOWYCH I MODERNIZACJI ROLNICTWA

*Nigdy dotąd w historii nie zaistniała ogólnie w gospodarce koincydencja czynników prorozwojowych i potrzeb restrukturyzacyjnych tak silna jak obecna i dająca się zogniskować w jednym miejscu, mianowicie w energetyce prosumenckiej. To w tym obszarze pojawiają się najważniejsze determinanty dynamicznej przebudowy energetyki w horyzontach 2020, 2030, 2050. Tworzy je konwergencja budynkowych odnawialnych źródeł energii (ogniwa PV, mikrowiatraki, kolektory słoneczne i pompy ciepła, ...), dalej technologii niskoenergetycznych (między innymi takich jak dom pasywny i głęboka termomodernizacja budynku istniejącego, ale także samochód elektryczny), ponadto nowych technologii ochrony środowiska (różnorodne technologie biogazowe, w tym utylizacyjne), wreszcie rozległej i zróżnicowanej inteligentnej infrastruktury do zarządzania energią. Przebudowa energetyki w kierunku prosumenckiej oznacza odchodzenie od paliw kopalnych, pójsie w kierunku wykorzystaniu lokalnych zasobów energetycznych oraz inteligentnych systemów zarządzania tymi zasobami, w tym w szczególności systemów smart grid HAN (Home Area Networks), smart EV (Electric Vehicle), smart city, itp.*

*Dalsze wyjąłowanie kraju ze strategicznych kompetencji energetycznych, którego ofiarą stała się w ostatnich latach polska elektroenergetyka, trzeba zastąpić nowymi kompetencjami w energetyce prosumenckiej, która ma charakter innowacji przełomowej. Skalę zagrożenia, ale też szans, pokazuje monitoring rozwoju technologicznego i strategii energetycznych powstających w narodowych laboratoriach, w niezależnych instytutach badawczych na świecie, takich jak NREL (Narodowe Laboratorium Energii Odnawialnej) i MIT (Massachusetts Institute of Technology) w USA, Fraunhofer IWES (technologie OZE) w Niemczech, i innych.*

**Opis zagadnienia, analiza.** Poniżej inwestycję w dwa bloki węglowe 900 MW każdy, np. takie jak te, które mają być zbudowane w Elektrowni Opole (Inwestycja 1) konfrontuje się z inwestycją w postaci krajowego programu rozwojowego obejmującego rewitalizację zasobów mieszkaniowych (w miastach i na terenach wiejskich) oraz modernizację rolnictwa. Podkreśla się strategiczne znaczenie tej konfrontacji: pierwsza petryfikuje elektroenergetykę, druga ma cywilizacyjne znaczenie dla Polski. Ze względu na to znaczenie inwestycjom nadaje się nazwy własne: Inwestycja 1 oraz Inwestycja 2, odpowiednio.

Za 12 mld PLN (koszt bloków) można zrewitalizować już na początku 200 tys. domów jednorodzinnych, czyli 3% takich domów, a ponadto zmodernizować około 10 tys. gospodarstw rolnych mało- i średnio-towarowych, o powierzchni 10÷50 ha (3% gospodarstw), oraz 500 gospodarstw rolnych wielkotowarowych, o powierzchni 50÷100 ha (znowu, 3% takich gospodarstw). Rewitalizacja domu obejmuje jego głęboką termomodernizację oraz instalację układu hybrydowego o mocy jednostkowej ogniwa PV i mikrowiatraka (3+3) kW. Modernizacja gospodarstwa mało- i średnio-towarowego polega na zainstalowaniu w nim mikrobiogazowni o mocy elektrycznej 10 kW, a gospodarstwa wielkotowarowego – biogazowni o mocy elektrycznej 100 kW.

Do oszacowań związanych z przedmiotową konfrontacją, przyjęto wiele upraszczających założeń. Najważniejsze z nich są następujące: 1° - założono, że koszt niezbędnej rozbudowy sieci<sup>1</sup> w przypadku budowy dwóch bloków 900 MW każdy równoważy około 50% kosztu infrastruktury przekształtnikowo-zasobnikowej w przypadku układów hybrydowych MOA, 2° - założono, że koszty regulacji systemowej (sekundowej, minutowej i godzinowej)

---

<sup>1</sup> W przypadku KSE nakłady inwestycyjne na sieci wynoszą około 70% nakładów inwestycyjnych na bloki, zwłaszcza jeśli są to bloki o dużych mocach (rzędu 1000 MW).

w przypadku obydwu inwestycji są zbliżone, 3° - założono, że głęboka termomodernizacja (realizowana za pomocą technologii domu pasywnego) umożliwi redukcję zużycia ciepła w domach, z których każdy ma powierzchnię 150 m<sup>2</sup> o 80%, 4° - założono, że w przypadku mikro-biogazowni obniżka kosztów utylizacji odpadów w gospodarstwie rolnym w pełni równoważy koszt substratów w postaci kiszonki roślin energetycznych, a w przypadku biogazowni tylko w 25%, 5° - założono sprawność pieców/kotłów węglowych do ogrzewania domów równą 0,7.

Tab. 1. Roczne wskaźniki inwestycji (bazowe nakłady inwestycyjne 12 mld PLN)

Inwestycja	Produkcja energii elektrycznej	Redukcja zużycia ciepła <sup>1</sup>	Zużycie (+) lub wyparcie (-) węgla <sup>2</sup>	Emisja CO <sub>2</sub> (ETS)
	TWh	TWh	mln t	mln t
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>
<b>Inwestycja 1</b>	8	0	+ 2,5	5,5
<b>Inwestycja 2</b>	2,4	6,4	- 1,5	0
w tym:				
- segment 1°	1,2	4,8	- 1,1	0
- segment 2°	1,2	1,6	- 0,4	0

<sup>1</sup> W przypadku Inwestycji 2 – segment 2° do redukcji związanej z głęboką termomodernizacją w domach dolicza się produkcję ciepła w mikro-biogazowniach.

<sup>2</sup> Wyparcie węgla jest powiązane tylko z redukcją ciepła (kolumna c), nie uwzględnia natomiast redukcji węgla na rynku energii elektrycznej. Jest to niekorzystne założenie dla Inwestycji 2, bo wyparcie węgla na tym rynku wynosi: Inwestycja 1 – 0,8 mln t (poprawa sprawności), Inwestycja 2 – 1 mln t (OZE).

Prezentowana konfrontacja Inwestycji 1 i 2 uwzględnia osiągalny ресурс techniczny bloków węglowych 250 tys. godzin, co oznacza, że czas życia bloków wyniesie około 50 lat (ze względu na ograniczony czas wykorzystania mocy znamionowej bloków, do około 5000 h rocznie, wynikający z konieczności zaniżania mocy bloków w dolinie obciążenia KSE). Węzłowe znaczenie z punktu widzenia konfrontacji ma fakt, że przez 50 lat Inwestycja 1 jest „statyczna” (nie ma praktycznie żadnego potencjału innowacyjności). Inaczej jest z „dynamiczną” Inwestycją 2, która ma wielki potencjał innowacyjności związany w szczególności z działaniem trzech czynników. Są to: 1° - mała skala inwestycji jednostkowych (rewitalizacja pojedynczego domu jednorodzinnego, pojedynczego gospodarstwa rolnego), 2° - dwukrotnie krótszy czas życia instalacji MOA (25 lat), co tworzy możliwość wykorzystania postępu technologicznego, który będzie się dokonywał w obrębie instalacji MOA, 3° - „odradzający” się fundusz inwestycyjny równy kosztom unikniętym z tytułu wypierania węgla, jako skutku głębokiej termomodernizacji (trwałość efektu głębokiej termomodernizacji wynosi 50 lat, czyli jest taka jak czas życia bloków węglowych).

Podkreśla się, że dynamika Inwestycji 2 ma podwójny wymiar (oprócz dynamiki opisywanej za pomocą stopy dyskontowej). Po pierwsze, jest to „proste” wykorzystanie odradzającego się funduszu inwestycyjnego do powiększania segmentu 1° oraz segmentu 2° z wykorzystaniem obecnie dostępnych technologii (głęboka termomodernizacja, układy hybrydowe MOA, mikro-biogazownie), czyli jest to dynamika cechująca się w istocie wolnością od ryzyka technologicznego (związanego z niedojrzałością technologii na etapie poprzedzającym ich komercjalizację). Po drugie, jest to dynamika związana z wykorzystaniem innowacyjnych rozwiązań (technologii); warunki do takiego wykorzystania stwarza proces „ciągłego” reinwestowania. Ten wymiar dynamiki Inwestycji 2 jest w okresie strukturalnej przebudowy energetyki ważniejszy od pierwszego. Jednak ze względu na trudność jego zamodelowania (głównie w kontekście ryzyka) nie jest on dalej rozpatrywany. W tabeli 2 przedstawiono w uproszczony sposób (przy wykorzystaniu cen stałych, z pominięciem rachunku dyskonta) dynamikę Inwestycji 2 polegającą na wykorzystaniu odradzającego się funduszu inwestycyjnego obejmującego amortyzację oraz korzyści

wycenione metodą kosztów unikniętych, obejmujące dwa składniki: koszt opłat za uprawnienia do emisji CO<sub>2</sub> w segmencie ETS (Inwestycja 1), przede wszystkim jednak korzyści na rynku ciepła w „obszarze” Inwestycji 2 (z pominięciem, na razie, korzyści pochodzących z redukcji CO<sub>2</sub> ze względu na to, że jest to redukcja w segmencie non-ETS). Do tabeli 2 potrzebny jest dalszy komentarz. Przedstawia się go poniżej (akcentuje się w nim tylko niektóre wyjaśnienia, niezbędne do prawidłowego zinterpretowania uzyskanych wyników, a inaczej korzyści, które – okazuje się – są bardzo duże).

Przede wszystkim potrzebny jest komentarz dotyczący wybranych lat (przedziałów czasowych). Charakterystycznymi latami w tabeli 2 są: 1 – rozpoczęcie budowy bloków, a jednocześnie zainstalowanie pierwszych 40 tys. układów MOA, 2 tys. mikro-biogazowni oraz 100 biogazowni; 6 – przekazanie bloków na początku roku do eksploatacji (pomija się tu rozruch i ruch gwarancyjny bloków), rozpoczęcie produkcji energii elektrycznej w blokach; 21 – zrównanie produkcji energii elektrycznej w obydwóch inwestycjach; 26...30 – wymiana pierwszych (bazowych) 240 tys. układów MOA; po 2043 roku (kalendarzowym) następuje sukcesywna, coroczna, wymiana instalacji wprowadzonych na rynek 25 lat wcześniej; 56 – pierwszy rok po wycofaniu bloków węglowych z eksploatacji; Inwestycja II napędza się swoją wewnętrzną dynamiką – kontynuacja możliwa aż do wysycenia rynku (rynek rewitalizacji domów jednorodzinnych, modernizacji gospodarstw rolnych).

Trzy charakterystyczne przedziały czasowe w tab. 2 to przedziały obejmujące lata kalendarzowe: 1° - 2014 do 2019, 2° - 2038 do 2042 oraz 3° - 2070 do 2074. Podkreśla się, że są to przedziały silnych „nieciągłości” procesu. Pierwszy z nich to przedział zamrożenia kapitału w przypadku Inwestycji 1 oraz budowy poważnego segmentu energetyki prosumenckiej i zrealizowanych korzyści w przypadku Inwestycji 2 (wybudowanie 240 tys. mikro-instalacji MOA, 12 tys. mikro-biogazowni oraz 600 biogazowni; wyprodukowanie 8,2 TWh energii elektrycznej, zredukowanie zużycia węgla na rynku ciepła o około 5 mln ton).

Drugi przedział, to przedział stabilizacji Inwestycji 2, związanej z koniecznością reinwestycji obejmujących 240 tys. mikro-instalacji MOA, 12 tys. mikro-biogazowni oraz 600 biogazowni (inwestycje zrealizowane w przedziale pierwszym). Podkreśla się, że jest to przejściowa stabilizacja Inwestycji 2, po bardzo szybkim wcześniejszym rozwoju, który spowodował, że w drugim przedziale – stabilizacji – funkcjonuje już ponad 800 tys. prosumentów w obszarze domów jednorodzinnych, 40 tys. w obszarze mało- i średnio-towarowych gospodarstw rolnych oraz 2 tys. w obszarze gospodarstw wielkotowarowych.

Trzeci przedział, to przedział osłabienia dynamiki wzrostu energetyki prosumenckiej, związanego z koniecznością reinwestycji obejmujących 250 tys. mikro-instalacji MOA, 12,5 tys. mikro-biogazowni oraz 620 biogazowni (inwestycje zrealizowane w przedziale drugim). Z drugiej strony odradzające się fundusze inwestycyjne są już w tym przedziale bardzo duże, inaczej niż w przedziale pierwszym, i umożliwiają sfinansowanie dodatkowo, poza reinwestycjami, rewitalizację prawie 300 tys. domów jednorodzinnych oraz modernizację 15 tys. mało- i średnio-towarowych gospodarstw rolnych i 900 gospodarstw wielkotowarowych. Część słabo zacieniona tabeli 2 dotyczy sytuacji, w której odradzający się fundusz inwestycyjny jest wykorzystany w części na reinwestycje tych mikro-instalacji MOA (także mikro-biogazowni i biogazowni), które zostały sfinansowane z korzyści (czyli poza bazowymi nakładami inwestycyjnymi i amortyzacją), a w części na nowe inwestycje. Część niezacieniona dotyczy sytuacji, w której odradzający się fundusz inwestycyjny jest w całości wykorzystany na nowe inwestycje (nie ma jeszcze w ogóle potrzeby reinwestycji).

Odrębną sprawą jest amortyzacja bloków węglowych. Zakłada się, że czas ich amortyzacji wynosi 25 lat (okres zgodny z istniejącymi regulacjami prawnymi). Zatem od 2019 roku pojawiają się corocznie w „obszarze” Inwestycji 1 wolne środki wynoszące 0,5 mld PLN. Po 25 latach jest to 12 mld PLN, czyli kwota umożliwiająca sfinansowanie dwóch nowych bloków. W przeszłości reinwestycja taka była bardzo pożądana, bo rynek energii

elektrycznej rósł w ciągu 25 lat prawie 6-krotnie (przy rocznym wzroście 8%). Czyli reinwestowanie za pomocą amortyzacji nie umożliwiło „nadążania” za potrzebami, trzeba było mobilizować wielkie dodatkowe środki inwestycyjne. Obecnie sytuacja jest odmienna – nie ma wzrostu rynku. Przedsiębiorstwa kontynuując dotychczasową strategię inwestycyjną w źródła wielkoskalowe są w pułapce: reinwestując amortyzację tworzą niepotrzebne moce wytwórcze, nie inwestując zwiększają swoją nieefektywność i przegrywają przyszłą konkurencyjność. (Istota pułapki jest związana z brakiem wzrostu rynku i rozwieraniem się nożyc: z jednej strony jest pożądane ze względu na postęp technologiczny skracanie okresu amortyzacji, a z drugiej rezerwy techniczne urządzeń w energetyce WEK są wydłużane).

Tab. 2. Dynamika Inwestycji 2 związana z prostym wykorzystaniem odradzającego się funduszu inwestycyjnego (szacunki wykonane w cenach stałych)

Lata	Lata kalendarzowe	Bazowe skorygowane (b) i odradzające się nakłady inwestycyjne	Wzrost segmentu 2°	Produkcja energii elektrycznej
		mld PLN	tys. domów	TWh
<b>a</b>		<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>
1	2014	2,5 (b)	41	0,5
2	2015	2,8 (b)	84	1,0
3	2016	3,2 (b)	130	1,6
4	2017	3,5 (b)	183	2,2
5	2018	3,9 (b)	240	2,9
6	2018	1,1	258	3,1
7	2019	1,2	278	3,3
8	2020	1,2	299	3,5
...		...	...	...
20	2032	2,3	634	7,6
<b>21</b>	<b>2033</b>	<b>2,4</b>	<b>672</b>	<b>8,1</b>
22	2034	2,5	712	8,6
23	2035	2,6	755	9,0
25	2036	2,7	800	9,6
26	2037	0,3	805	9,7
27	2038	0,3	810	9,7
28	2039	0,2	812	9,7
29	2040	0,2	815	9,8
30	2041	0,2	818	9,8
<b>31</b>	<b>2042</b>	<b>2,8</b>	<b>856</b>	<b>10,2</b>
32	2043	2,9	902	10,8
33	2044	3,0	951	11,4
...	...	...	...	...
49	2060	6,1	2128	25,5
50	2061	6,4	2232	26,8
51	2062	6,7	2290	27,5
52	2063	7,0	2355	28,3
53	2064	7,3	2420	29,0
54	2065	7,6	2490	30,0
55	2066	8,0	2565	30,8
				$\Sigma = 650$
56	2067	8,4	2655	31,9
57	2068	8,8	2770	33,2
58	2069	9,2	2900	34,8
...	...	...	...	...

**Omówienie wyników przeprowadzonej analizy.** Poniżej przedstawia się najbardziej ogólną syntezę wyników przedstawionych w tab. 2. Na syntezę tę składają się cztery główne wnioski, związane: z potrzebą importu węgla kamiennego w przypadku Inwestycji I, czyli w przypadku bloków w Elektrowni Opole; z długoterminową przewagą Inwestycji 2 w zakresie wielkości produkcji energii elektrycznej; z wielką redukcją zużycia węgla kamiennego, gazu ziemnego i redukcją emisji CO<sub>2</sub> za pomocą Inwestycji 2; i wreszcie z wielkim korzystnym wpływem zamiany inwestycji I na inwestycję II na rozwój gospodarczy. Wnioski te są następujące:

**1.** Budowa bloków w Elektrowni Opole spowoduje w okresie do 2069 r. zapotrzebowanie na 125 mln ton węgla. To zwiększy import węgla, czyli spowoduje „wyprowadzenie” z Polski około 9 mld \$. Trzeba tu podkreślić, że saldo import-eksport wynosi już 12 mln ton. Dlatego cały wzrost zapotrzebowania, niezależnie od tego, że w konkretnym przypadku ma być pokryty przez kontrakt PGE – Kompania Węglowa, pociągnie za sobą wzrost importu (na polski rynek popytowy węgla kamiennego związany z nowymi blokami, np. z blokiem 450 MW w Łagiszy, i z blokami w budowie – np. z największym w Europie blokiem 1075 MW w Kozienicach). Stanie się tak z powodu fundamentalnego – braku konkurencyjności polskiego górnictwa węgla kamiennego; podtrzymywanie zdolności wydobywczych tego górnictwa musiałoby być związane z koniecznością wielkich inwestycji, a te przekładałyby się na wzrost kosztów. Sfinansowanie inwestycji przy obecnej kondycji ekonomicznej Kompanii Węglowej jest niemożliwe. W takiej sytuacji zrodzi się pokusa w rządzie, aby wykorzystać do tego celu Polskie Inwestycje Rozwojowe.

**2.** Alternatywna Inwestycja 2 zapewnia produkcję energii elektrycznej już w czasie budowy bloków węglowych – jest to 8,2 TWh. W 2035 r. roczna produkcja energii elektrycznej w Inwestycjach 1 i 2 zrównują się. W 2069 r. (ostatni rok eksploatacji bloków węglowych) roczna produkcja energii elektrycznej wynosząca w Inwestycji 2 około 30 TWh jest prawie 3,5-krotnie większa niż w Inwestycji 1. Produkcja liczona w okresie 55 lat narastająco wynosi około 650 TWh, czyli jest ponad 60% większa niż w przypadku Inwestycji 1.

**3.** Główny efekt Inwestycji 2 jest jednak związany ze zmniejszeniem zużycia węgla kamiennego i gazu ziemnego. W przeliczeniu na węgiel kamienny jest to w ciągu 55 lat wyparcie około 400 mln ton z rynku produkcji ciepła i 260 mln ton z rynku produkcji energii elektrycznej. W roku kalendarzowym 2069 Inwestycja 2 wypiera około: 20 mln ton węgla z rynku produkcji ciepła i 12 mln ton z rynku produkcji energii elektrycznej. W zakresie emisji CO<sub>2</sub> Inwestycja 1 jest źródłem rocznej emisji CO<sub>2</sub> wynoszącej 5,5 mln t i emisji łącznej (w okresie 50 lat) wynoszącej 275 mln ton. Inwestycja 2 zapewnia natomiast wielką redukcję emisji CO<sub>2</sub>, w okresie 55 lat jest to około 1,5 mld ton.

**4.** W wyniku działania przez 55 lat (od rozpoczęcia budowy bloków węglowych do ich wycofania z eksploatacji) mechanizmu odradzającego się w obszarze Inwestycji 2 (w całej gospodarce) funduszu inwestycyjnego osiągalny jest 13-krotny wzrost segmentów 1° i 2° w Inwestycji 2; przy tym w tab. 2 pokazano tylko wzrost liczby domów zrewitalizowanych, ale taka sama dynamika wzrostu dotyczy gospodarstw rolnych. To oznacza, że zamiana Inwestycji 1 na Inwestycję 2 umożliwi w okresie 55 lat zrewitalizowanie 40% domów jednorodzinnych (do standardu domu inteligentnego, plus-energetycznego) oraz zmodernizowanie w istotny (jakościowy) sposób 40% gospodarstw rolnych. Bez wątplenia jest to efekt cywilizacyjny, wykraczający daleko poza bezpośrednie korzyści związane z zachowaniem bezpieczeństwa energetycznego.

## Część 2

### **OBSZARY WIEJSKIE – KOLEBKĄ ENERGETYKI PROSUMENCKIEJ JAKO TECHNOLOGII PRZEŁOMOWEJ**

*W kolejnych latach będzie się dokonywać całkowita przebudowa energetyki, w ramach której elektroenergetyczne sieci rozdzielcze (nN, SN i 110 kV) będą się degradować, albo przeciwnie, staną się sieciami „systemowymi” dla rozproszonych źródeł wytwórczych energii elektrycznej, i jeszcze ważniejsze – staną się „szkieletem” dla energetyki prosumenckiej (rozproszonej, inteligentnej, głównie OZE), aż do poziomu energetyki wielkoprzemysłowej. Chociaż przebudowa energetyki i nowa rola elektroenergetycznych sieci rozdzielczych dotyczy całej gospodarki, to w kontekście tej sprawy obszary wiejskie mają wyjątkowe znaczenie.*

*Wraz z restrukturyzacją rolnictwa i modernizacją polskiej wsi nasila się w prostej linii potrzeba reelektryfikacji obszarów wiejskich. 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. Oczywiście, wykorzystanie energetyki prosumenckiej do reelektryfikacji wsi, do rewitalizacji zasobów mieszkaniowych i gospodarczych na wsi oraz do modernizacji rolnictwa jest sposobem na innowacyjność przełomową i rozległe pobudzenie całej gospodarki.*

*Ale niebezpieczeństwo niewykorzystania tej szansy też jest bardzo duże. Dlatego potrzebna jest wielka mobilizacja. W szczególności potrzebne jest obywatelskie rozbudzenie polskiego społeczeństwa. Okazja jest, bo w latach 2014 i 2015 społeczeństwo aż cztery razy będzie mogło w wyborach (samorządowych, do Parlamentu Europejskiego, do polskiego Parlamentu i prezydenckich) zażądać od polityków i samorządowców odpowiedzi w sprawie energetycznej przyszłości kraju i obszarów wiejskich w szczególności. Mianowicie, odpowiedzi, czy tą przyszłością będzie zrównoważony rozwój i prosumencka energetyka, czy kontynuacja elektryfikacji i energetyka WEK?*

**Teza główna.** Tak jak SAPARD w okresie przedakcesyjnym przyczynił się do „wprowadzenia” polskiego rolnictwa do UE tak odpowiednia część unijnych środków pomocowych w okresie 2014÷2020, przeznaczonych w dużym stopniu (nie mniej niż 20%) na przebudowę polskiej energetyki, powinna zostać wykorzystana do „wprowadzenia” polskiego rolnictwa, i ogólnie obszarów wiejskich, w energetykę prosumencką.

**Uwarunkowania rozwoju energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich w kontekście zasobów budynkowych i rolnych<sup>2</sup>.** Zasoby budynkowe (domy mieszkalne i budynki gospodarcze w gospodarstwach rolnych na obszarach wiejskich z „natury” nadają się do głębokiej termomodernizacji (z wykorzystaniem technologii domu pasywnego) oraz do integracji z technologiami OZE (biomasowymi – źródła ciepła na biomasę stałą, mikro- i minibiogazownie zintegrowane z agregatami kogeneracyjnymi, minirafinerie; słonecznymi – kolektory słoneczne i ogniwa PV; wiatrowymi – miniwiatraki; geotermalnymi – pompy ciepła). Rewitalizacja zasobów budynkowych za pomocą energetyki prosumenckiej jest obecnie najbardziej efektywnym narzędziem modernizacji obszarów wiejskich, w tym

---

<sup>2</sup> Stosuje się następujące akronimy: PME – prosumencka mikroinstalacja energetyczna; PμB – prosumencka instalacja mikrobiogazowa; PmB – prosumencka instalacja minibiogazownia; PIB – prosumencka instalacja biogazowa; PISE – prosumencka inteligentna sieć energetyczna (akronimy PμB, PmB, PIB są zastosowane lokalnie; w innych opracowaniach autor ich nie stosuje).



rozwiązania wielu nabrzmiałych przez lata problemów (do których należą np. dachy eternitowe). Ogólna charakterystyka „rynku” takiej modernizacji jest następująca.

**1.** Liczby ludności mieszkającej na obszarach wiejskich – wzrost w ostatniej dekadzie z 38% do 40% (obecnie około 15 mln osób żyje na obszarach wiejskich).

**2.** Liczba gospodarstw rolnych – 1,4 mln, w tym:

2.1. Liczba „socjalnych” gospodarstw rolnych, tworzących potencjalny rynek energetyki budynkowej słonecznej i wiatrowej, PME 1 (powierzchnia gospodarstwa 1 do 10 ha) – 1,05 mln.

2.2. Liczba małotowarowych gospodarstw rolnych, tworzących potencjalny rynek mikrobiogazowni kontenerowych (prefabrykowanych) o mocy elektrycznej 10÷20 kW, PmB (powierzchnia gospodarstwa 10 do 20 ha) – 225 tys.

2.3. Liczba towarowych gospodarstw rolnych 1, tworzących potencjalny rynek minibiogazowni o mocy elektrycznej 20÷50 kW, PmB 1 (powierzchnia gospodarstwa 20 do 50 ha) – 95 tys.

2.4. Liczba towarowych gospodarstw rolnych 2, tworzących potencjalny rynek minibiogazowni o mocy elektrycznej 50÷100 kW, PmB 2 (powierzchnia gospodarstwa 50 do 100 ha) – 15 tys.

2.5. Liczba wielkotowarowych gospodarstw rolnych 1, tworzących potencjalny rynek biogazowni o mocy elektrycznej 100÷200 kW, PIB 1 (powierzchnia gospodarstwa 100 do 200 ha) – 5 tys.

2.6. Liczba wielkotowarowych gospodarstw rolnych 2, tworzących potencjalny rynek biogazowni o mocy elektrycznej powyżej 200 kW, PIB 2 (powierzchnia gospodarstwa powyżej 200 ha) – 4 tys.

**3.** Liczba domów mieszkalnych, poza gospodarstwami rolnymi, na terenach wiejskich tworzących potencjalny rynek energetyki budynkowej słonecznej i wiatrowej, PME 2 – 2,5 mln.

**4.** Liczba PISE 1 (ARE – autonomiczny region energetyczny): 43 tys. wsi, a dodatkowo 13,5 tys. przyległych kolonii, przysiółków i osad – potencjalny rynek na małe biogazownie rolniczo-utylicacyjne, o jednostkowej mocy elektrycznej 100÷200 kW.

**5.** Liczba PISE 2 (liczby dokładne): 1576 gmin wiejskich i 601 gmin wiejsko-miejskich – w odniesieniu do budynków użyteczności publicznej istnieje potencjalny rynek popytowy na usługi termomodernizacyjne z wykorzystaniem technologii domu pasywnego, pompy ciepła, ogniwa PV; wielki potencjalny rynek popytowy na duże biogazownie rolniczo-utylicacyjne,

o jednostkowej mocy elektrycznej 0,5÷1 MW; potencjalny rynek podażowo-popytowy na mini-rafinerie rolnicze o rocznej wydajności rzędu 1 tys. ton biopaliw (drugiej generacji); potencjalny rynek podażowo-popytowy na usługi *car sharing* dla gminy.

**Uwarunkowania rozwoju energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich w kontekście zużycia energii elektrycznej i produkcji w źródłach OZE.** 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.

**1.** Zużycie (roczne, łączne) energii elektrycznej na obszarach wiejskich – 12 TWh (poniżej 10% całego krajowego zużycia przez odbiorców końcowych).

- 1.1. Zużycie rolnictwa na cele produkcyjne – 1, 6 TWh.
- 1.2. Zużycie bytowe gospodarstw (wszystkich: rolnych i innych) – 10,4 TWh.
- 2. Zużycie roczne, jednostkowe gospodarstw na cele bytowe**
  - 2.1. Zużycie gospodarstwa „socjalnego”, domu mieszkalnego (segmenty PME 1, PME 2) – 1,5÷2,5 MWh.
  - 2.2. Zużycie gospodarstwa niskotowarowego (segment P<sub>μ</sub>B,) oraz towarowego (segmenty P<sub>m</sub>B 1, P<sub>m</sub>B 2) – 2,5÷3,5 MWh.
  - 2.3. Zużycie gospodarstwa wielkotowarowego (segmenty PB 1, PB 2) – wartość do indywidualnego oszacowania.

**Uwarunkowania rozwoju energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich w kontekście elektroenergetycznych sieci rozdzielczych.** Niska gęstość powierzchniowa obciążenia, wyrażana w MWh/(km<sup>2</sup>·rok), powoduje strukturalną nieefektywność elektryfikacji „sieciowej” terenów wiejskich – ogólnie na świecie (najbardziej charakterystycznym przykładem jest historyczny model autonomicznych źródeł wytwórczych w rolnictwie amerykańskim, w przeszłości głównie w postaci agregatów prądotwórczych zasilanych olejem napędowym i minielektrowni wiatrowych). Krótka charakterystyka sieci rozdzielczych na terenach wiejskich w Polsce jest następująca<sup>3</sup>.

- 1.** Długość linii nN – 260 tys. km (65 % łącznej długości wszystkich krajowych linii nN; przy tym udział wiejskich linii napowietrznych nN w krajowych sieciach napowietrznych wynosi aż 82%, a kablowych tylko 20%).
- 2.** Długość linii SN – 210 tys. km (75% łącznej długości wszystkich krajowych linii SN; przy tym udział wiejskich linii napowietrznych SN w krajowych sieciach napowietrznych wynosi aż 90%, a kablowych zaledwie 13%).
- 3.** Liczba stacji transformatorowo-rozdzielczych SN/nN – 150 tys. (70 % ogólnej liczby stacji SN/nN w kraju; przy tym przeciętna wartość mocy znamionowej wiejskiej stacji/transformatora wynosi 100 kVA i jest ponad 3-krotnie mniejsza od przeciętnej mocy znamionowej stacji miejskiej – 330 kVA).
- 4.** Liczba odbiorców (domów/gospodarstw) zasilanych z jednej stacji wiejskiej wynosi około 25 (około 100 mieszkańców) i jest 4-krotnie mniejsza niż liczba odbiorców (w tym wypadku głównie mieszkań) zasilanych z jednej stacji miejskiej.
- 5.** Wskaźniki charakteryzujące (poza rozległymi awariami sieciowymi) zawodność zasilania odbiorców z sieci wiejskich: roczna liczba przerw wynosi 5÷10, czas trwania pojedynczej przerwy wynosi 2÷3 godziny; syntetyczny wskaźnik nieciągłości zasilania rozumiany jako prawdopodobieństwo braku zasilania w czasie wynosi  $(1÷2) \cdot 10^{-4}$  – jest to wskaźnik około 5-krotnie gorszy (większy) niż w przypadku sieci miejskich.
- 6.** Rozległe awarie sieciowe stają się coraz większym problemem na obszarach wiejskich. Przykłady: kilkunastogodzinne przerwy zasilania, które dotknęły 700 tys. mieszkańców Mazowsza i północno-wschodniej części kraju – październik 2009; kilkudziesięciogodzinne przerwy zasilania, odczuło je 120 tys. mieszkańców Małopolski i Śląska oraz dwutygodniowe, które objęły 20 tys. mieszkańców Śląska – styczeń 2010; kilkunastogodzinne i dłuższe przerwy dotyczące ponad 20 tys. mieszkańców północno-zachodniej części kraju – grudzień 2010; kilkunastogodzinne i dłuższe przerwy zasilania, odczuło je 500 tys. mieszkańców w kraju, głównie na Pomorzu, Pomorzu Zachodnim oraz w Wielkopolsce – grudzień 2013; kilkunastogodzinne i dłuższe przerwy dotyczące ponad 20 tys. mieszkańców Podhala, głównie Zakopanego i okolic – grudzień 2013 i wiele innych.

---

<sup>3</sup> Podane oszacowania mają charakter autorski. Do ich wykonania zostały wykorzystane zróżnicowane materiały źródłowe (zweryfikowane przez autora oszacowań), w tym w szczególności dane zamieszczone w książce [10].

**7.** Stopień umorzenia sieci (linie, transformatory): linie SN – około 55%, linie nN – około 50%, transformatory SN/nN – około 55% (w przypadku miejskich sieci stopień umorzenia wynosi: 40%, 45%, 55%, odpowiednio).

**Zasadniczy wniosek wynikający z przedstawionych uwarunkowań.** Efektywność ekonomiczna fundamentalna, nawet ta rozpatrywana w tradycyjnych kategoriach, przebudowy elektroenergetyki wielkoskalowej w energetykę prosumencką (rozproszoną) jest na obszarach wiejskich zdecydowanie większa niż na obszarach miejskich. Dlatego na obszarach wiejskich należy ją pobudzić w pierwszej kolejności. Ten kluczowy wniosek znajduje uzasadnienie w faktach, którymi są.

**1.** Nieadekwatność zasilania obszarów wiejskich w energię elektryczną w stosunku do potrzeb potencjalnych inwestorów zainteresowanych inwestowaniem na tych obszarach (niska jakość zasilania, brak możliwości przyłączania nowych odbiorców) oraz wynikająca stąd niekwestionowana potrzeba reelektryfikacji wsi i przede wszystkim rolnictwa, jako warunku jego restrukturyzacji i modernizacji.

**2.** Większa efektywność i skuteczność reelektryfikacji obszarów wiejskich za pomocą energetyki prosumenckiej, w porównaniu z reelektryfikacją „sieciową”, co wynika bezpośrednio ze strukturalnej nieefektywności elektryfikacji obszarów wiejskich za pomocą dotychczasowych technologii sieciowych oraz z osiągniętego już poziomu rozwoju prosumenckich technologii energetycznych.

**3.** Rozwój energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich jest dla Polski najefektywniejszym sposobem realizacji celów Pakietu 3x20. Wykorzystanie tego sposobu jest bardzo ważne z punktu widzenia potrzeby odwrócenia destrukcyjnych skutków dotychczasowego sposobu realizacji celów Pakietu (w szczególności za pomocą współspalania, przy całkowitym pominięciu możliwości realizacji celów za pomocą prosumenckich źródeł ciepła).

**4.** Rozwój energetyki prosumenckiej na obszarach wiejskich jest dla Polski najefektywniejszym sposobem (pod względem wykonalności w ogóle i pod względem ekonomicznym w szczególności) realizacji celu cywilizacyjnego w odniesieniu do 15 mln ludzi w Polsce (rewitalizacja zasobów budynkowych i trwałe wejście w model społeczny zrównoważonego rozwoju energetyczno-środowiskowego, trwałe wejście w model ekonomiczny zdywersyfikowanego rozwoju rolniczo-energetycznego, trwałe wejście w obszar technologii smartgridowych (teleinformatycznych, internetowych), trwałe wejście obszar prosumenckich łańcuchów wartości i na związane z nimi rynek innowacyjnych usług.

**5.** Przy tym trzeba uwzględnić, że w przypadku energii elektrycznej samowystarczalność prosumencka oznacza zarazem ogólną zasadę ograniczenia podaży do poziomu popytu, albo niewielkie tylko przekroczenie popytu przez podaż (praktyczne procedury stosowania tej ogólnej zasady muszą mieć podstawy w analizach rozptylowych energii elektrycznej wykonanych dla indywidualnych/modelowych linii nN).

### Część 3

## MIKROBIOGAZOWNIA JAKO PRZYKŁAD TECHNOLOGII PRZEŁOMOWEJ

**Prosumencki łańcuch wartości związany z mikrobiogazownią.** 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 [1]).

Innowacją przełomową jest natomiast nowy prosumencki łańcuch wartości możliwy do zrealizowania (w gospodarstwie rolnym) za pomocą mikrobiogazowni.

Łańcuch ten obejmuje liczne korzyści prosumenckie (tu gospodarstwa rolnego/hodowlanego). Są to w szczególności korzyści, które można wymienić w trzech blokach:

- 1.** Korzyści w pierwszym bloku, podstawowe, to przede wszystkim dywersyfikacja produkcji gospodarstwa między produkcję żywnościową i energetyczną, umożliwiającą zarządzanie ryzykiem cenowym produktów rolnych (związanym z klęskami urodzaju i nieurodzaju w rolnictwie) i ryzykiem cenowym na rynkach paliw i energii.
- 2.** Drugi blok bardzo istotnych korzyści, to utylizacja odpadów w produkcji rolnej i części bytowej gospodarstwa.
- 3.** Trzeci blok, uzupełniający, to zmniejszenie ryzyka braku zasilania gospodarstwa w energię elektryczną związanego z rozległymi awariami sieciowymi.

Istotą przełomu, który wprowadza mikrobiogazownia, i który umożliwia różnorakie korzyści, jest zapoczątkowanie całkowicie nowego wykorzystania źródeł OZE, mianowicie w trybie *semi off grid*. Ten tryb pociąga za sobą konieczność nowego podejścia do połączenia źródeł OZE z siecią elektroenergetyczną, mianowicie na warunkach dyktowanych przez prosumenta, a nie przez operatora (OSD) i sprzedawcę z urzędu (chodzi tu o warunki wynikające 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 w wielu innych stanach). Dalej, pociąga 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 (po raz pierwszy) 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.

Oczywiście, podkreśla się, że elektroenergetyka WEK jest reprezentatywnym przykładem wielkiego obszaru, o krytycznym znaczeniu gospodarczym, w którym były realizowane przez ponad 100 lat przyrostowe innowacje zachowawcze, o charakterze ewolucyjnym; wśród innowacji zachowawczych były też silne skoki technologiczne, które są nazywane radykalnymi innowacjami zachowawczymi [1]. Innowacje zachowawcze kształtowały w elektroenergetyce WEK warunki do zmian strukturalnych zachodzących w długim czasie. Mechanizm trzech kolejnych zmian strukturalnych (odwrócenie dynamiki

wzrostu rynku energii elektrycznej i PKB, historyczny kres efektu skali technicznej i wykorzystanie zasady TPA do pobudzenia konkurencji) w minionym wieku – w okresie od połowy lat 60' do połowy lat 90' – został przedstawiony w wykładzie [9].

**Kontenerowa mikrobiogazownia utylizacyjno-rolnicza jako przedmiot programu badawczego.** Mikrobiogazownia taka, chodzi tu o rzeczywistą („demonstracyjną”) mikrobiogazownię o roboczej nazwie ENERGA 20/PS („KMU-R”) [5], stanowi odpowiedź na dwa specyficzne uwarunkowania. Pierwszym jest rozdrobniona struktura polskiego rolnictwa, por. cz. 2. Gospodarstwa rolne o powierzchni 10 do 50 ha (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 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 ha.

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 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) [7], opracowanie dokumentacji technicznej (produkcyjnej, warsztatowej) [8] oraz dokumentacji eksploatacyjnej (w szczególności instrukcji obsługi) [7] umożliwił rozpoczęcie działań w trzech kierunkach. Po pierwsze, działań mających na celu uruchomienie produkcji mikrobiogazowni KMU-R i wprowadzenie tej mikrobiogazowni (na etapie rozwojowym osiągniętym do końca 2013 r.) 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 tym etapie 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.

Kluczowe badania rozwojowe dotyczące KMU-R zostały zrealizowane w PLMR (Poligonowe Laboratorium Mikrobiogazowni Rolniczych) w Studzionce k. Pszczyny (podstawą badań były odpowiednie umowy między: Politechniką Śląską, firmą eGIE – właścicielem doświadczalnej komory fermentacyjnej oraz prywatnym gospodarstwem rolnym. Istotą tego rozwiązania było stworzenie warunków do prac nad produktem rynkowym w zróżnicowanym środowisku, obejmującym trzy strony (uczelninę, firmę inżynierską specjalizującą się w projektowaniu instalacji biogazowych oraz gospodarstwo

rolne) posiadające unikatowe doświadczenia, ale też specyficzne uwarunkowania i specyficzne zasoby.

Na przykład, w gospodarstwie rolnym pracuje pierwsza w Polsce mikrobiogazownia wykonana przez właściciela gospodarstwa jako instalacja prototypowa (komora fermentacyjna tej mikrobiogazowni jest wykonana z cysterny kolejowej; przy budowie komory fermentacyjnej, projektowaniu procesu technologicznego i budowie układu kogeneracyjnego oraz układu przyłączeniowego do sieci elektroenergetycznej współpracowali z właścicielem gospodarstwa rolnego członkowie przyszłego zespołu badawczego realizującego mikrobiogazownię KMU-R, w szczególności zadania [6], [7]). Firma eGIE z kolei utworzyła PLMR inwestując w komorę fermentacyjną umożliwiającą przeprowadzenie zgazowania referencyjnych substratów (makuch, kukurydza, ...). Unikatowe kompetencje/możliwości Politechniki Śląskiej polegały natomiast na włączeniu badań nad mikrobiogazownią KMU-R w środowisko badań systemowych dotyczących całej energetyki prosumenckiej (Centrum Energetyki Prosumenckiej, iLab EPRO – Internetowe Laboratorium Energetyki Prosumenckiej).

Takie rozwiązanie (współdziałanie trzech stron) okazało się szczególnie efektywne ze względu na dwa fakty. Po pierwsze, doświadczalna komora fermentacyjna PLMR (a zarazem komora mikrobiogazowni KMU-R) mogła współpracować z mikrobiogazownią pracującą trwale w gospodarstwie rolnym. Po drugie, Politechnika Śląska, jako uczelnia techniczna nie posiadająca gospodarstwa rolnego, mogła realizować stabilnie proces technologiczny, a po zakończeniu badań nie została obciążona wysokimi kosztami likwidacji PLMR. (W połowie 2013 r. komora mikrobiogazowni KMU-R została przetransportowana do kolejnego gospodarstwa w Urbanowicach, gdzie eGIE kontynuuje prace rozwojowe. W szczególności koncentruje się nad własnym, niezawodnym i tanim agregatem kogeneracyjnym: budowanym na bazie dostępnych silników samochodowych/ciągnikowych, wymienników ciepła własnej konstrukcji i maszyny elektrycznej asynchronicznej przeznaczoną do pracy *on grid*, niezdolnej natomiast do pracy *off grid*. Ponadto, realizuje prace mające na celu stworzenie prototypu systemu SCADA dla mikrobiogazowni).

W kontekście pierwszego kierunku dalszych działań, wymienionych powyżej, 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 działań, dotyczących budowy sieci franczyzowej mikrobiogazowni, może być interesujący przede wszystkim dla silnych inwestorów, zdecydowanych budować od podstaw taką sieć (z wykorzystaniem mikrobiogazowni KMU-R i innych). Jest to kierunek właściwy dla pretendentów do rynku (mikrobiogazowni). W tym kontekście w wypadku mikrobiogazowni KMU-R występuje konflikt charakterystyczny dla każdej innowacji przełomowej. W wyniku, nie należy oczekiwać, że lider rynku (tu jedna z czterech korporacyjnych wielkich grup elektroenergetycznych), współfinansujący razem z NCBiR program badawczy mikrobiogazowni KMU-R, może być zainteresowany sprzedażą (pretendentowi) produktu na etapie rozwojowym osiągniętym w do końca 2013 r. (kiedy nastąpiło zakończenie programu badawczego poświęconego mikrobiogazowni KMU-R).

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).

Zakres homologacji powinien obejmować: 1° - świadectwo zgodności instalacji elektrycznej z IRiESD (Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej), 2° - certyfikat bezpieczeństwa gazowego, 3° - izolinie 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.

Przedstawiony opis programu badawczego dotyczącego mikrobiogazowni KMU-R ma jedynie znaczenie „wywoławcze”. Potrzebne są dalsze rozległe badania mające na celu implementację koncepcji polegającej na wykorzystaniu mikrobiogazowni w charakterze „pilota” innowacji przełomowych w obszarze energetyki prosumenckiej. Badania te powinny być zrealizowane przez „pretendentów” rynkowych [1] w obszarze energetyki prosumenckiej, i to we współpracy z firmami typu *start up* (właściwymi dla środowiska uczelnianego). Wiadomo natomiast, że elektroenergetyczne firmy korporacyjne z istoty rzeczy nie mają (i nie będą mieć) 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).

**Mikrobiogazownia w gospodarstwie rolnym 1** (przypadek ogólniejszy). W tabeli 3 scharakteryzowane zostało gospodarstwo rolno-hodowlane, które można uznać za reprezentatywne z punktu widzenia 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 należąca do operatora korporacyjnego, jeśli ten ma zapotrzebowanie na usługi „systemowe”).

Z kolei w tab. 4 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.

Tab. 3. Charakterystyka (wybrane dane) małotowarowego gospodarstwa rolnego/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. 4. 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

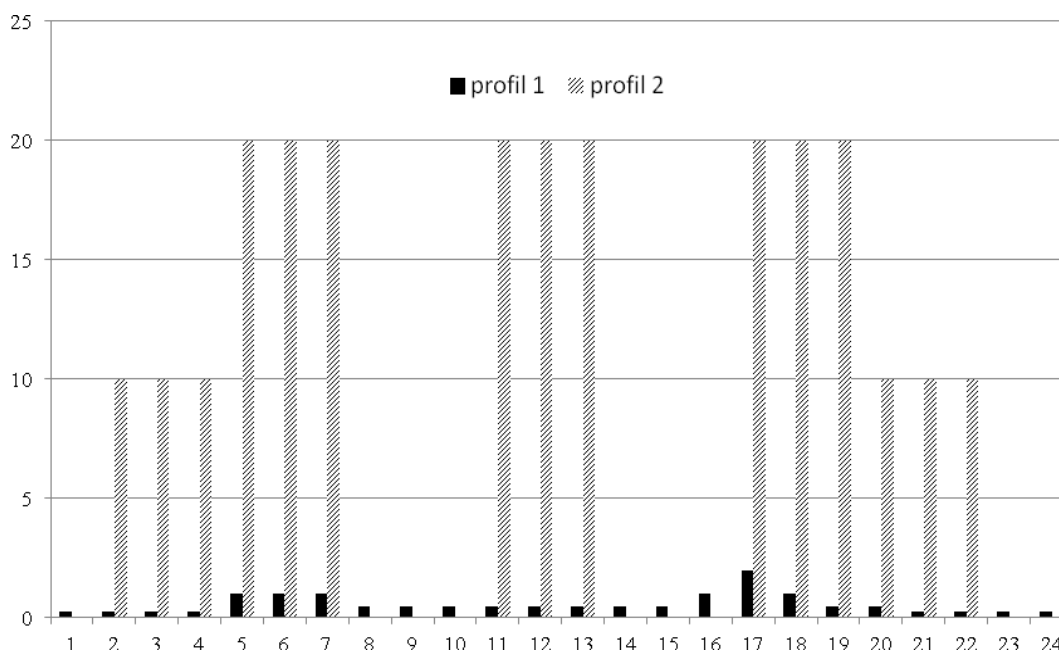
Poniżej przedstawia się trzy warianty potencjalnego wykorzystania mikrobiogazowni KMU-R w trybie *semi off grid*. We wszystkich tych wariantach gospodarstwo scharakteryzowane w tab. 3, z mikrobiogazownią scharakteryzowaną w tab. 4, nazywa się gospodarstwem bazowym. Podkreśla się, że dwa pierwsze warianty 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 wariacie 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).

Przeływ 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.



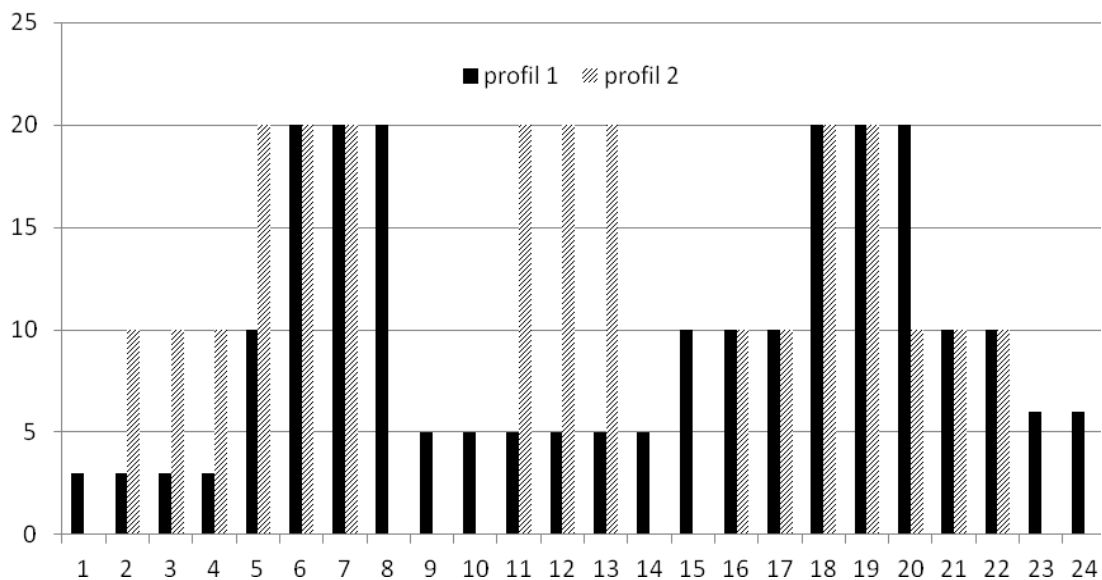
Rys. 1. Godzinowy grafik energii elektrycznej (w kWh) gospodarstwa bazowego: zapotrzebowanie (profil 1), produkcja (profil 2)

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 doprowadza do zmiany układu sił. Oczywiście, odrębną sprawą jest ukształtowanie i sposób dochodzenia do sieci PISE. 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 [10].



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

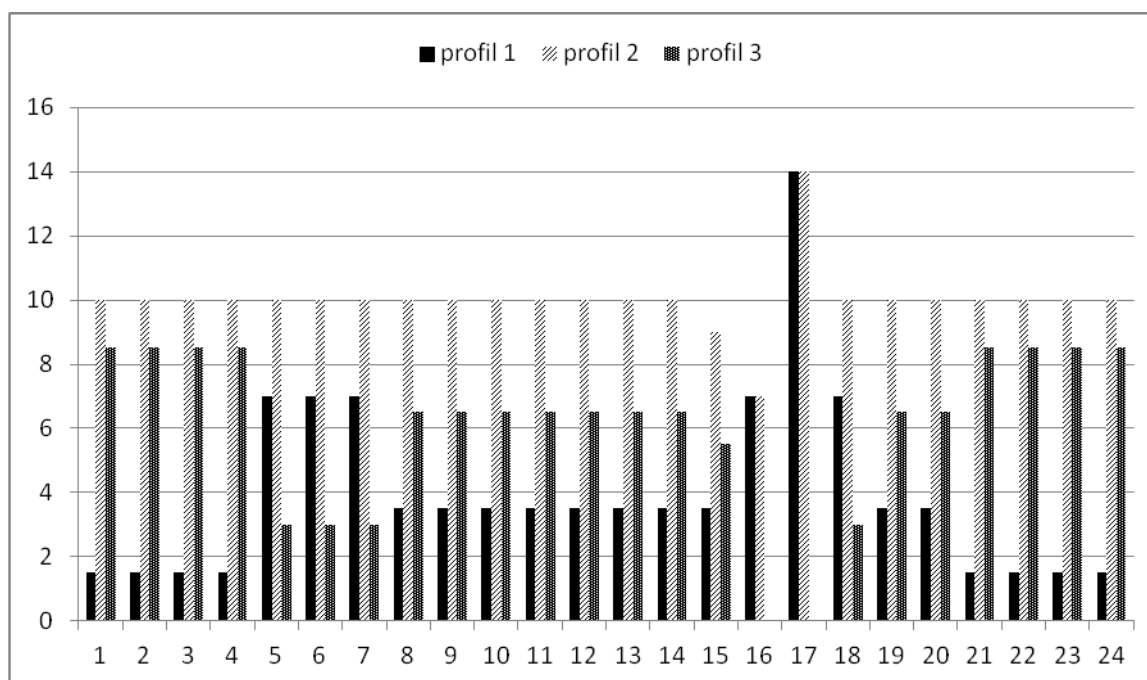
regulacje) zaoferuje prosumentom rynek usług systemowych, który jest coraz bardziej potrzebny w związku z niewydolnością inwestycyjną w obszarze energetyki korporacyjnej, zarówno w obszarze wytwórczym jak i sieciowym; wcześniejsze zapewnienie rzeczywistego działania zasady TPA jest oczywiście absolutnie 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. 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 prosumentem i energetyką korporacyjną. 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 prosument 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* (prosument nie potrzebuje współpracy z energetyką korporacyjną). Wynika to z bilansu uwzględniającego zapotrzebowanie na energię elektryczną potrzebną dla transportu elektrycznego.

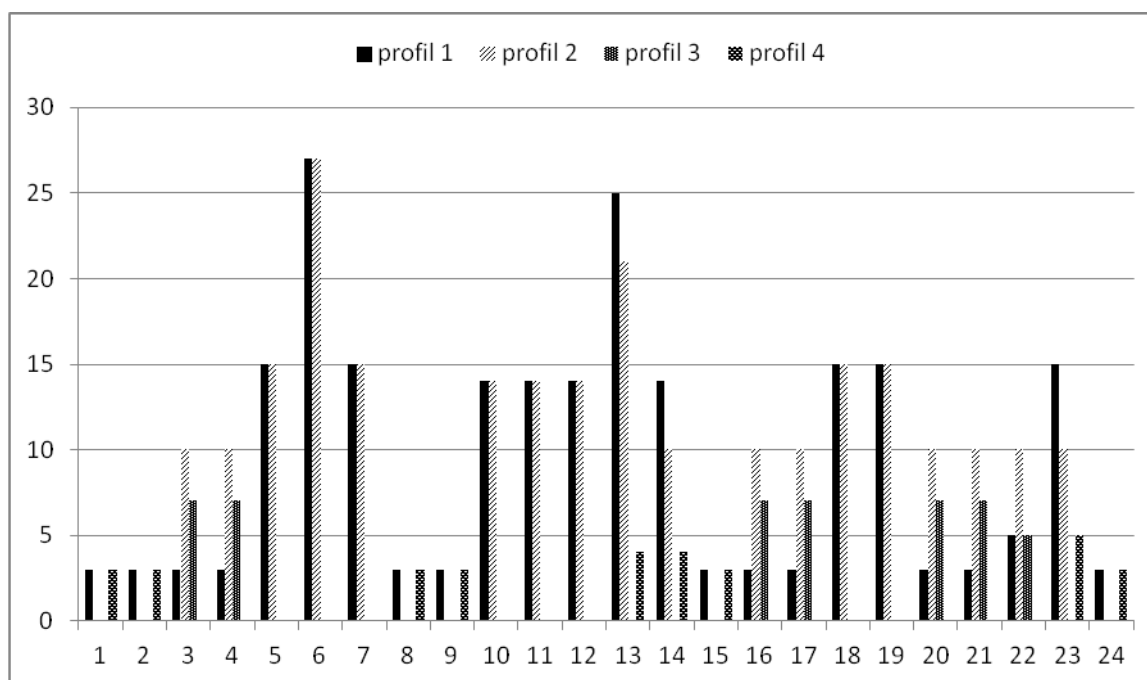
Mianowicie, roczny bilans (w trzecim wariantcie analiza bilansu rocznego jest wystarczająca, a przy tym jest dużo prostsza) jest następujący. Zapotrzebowanie zbiorowego prosumenta na energię elektryczną dla potrzeb bytowych i produkcyjnych wynosi około 35 MWh (przyjmuje się, że zużycie gospodarstwa partnerskiego jest takie jak gospodarstwa bazowego i wynosi 5 MWh, tabl. 3). 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. 3). 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.

**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)

## ZAKOŃCZENIE

Raport w obecnej postaci nie rozwiązuje w satysfakcjonujący sposób żadnego praktycznego problemu, bo też nie taki jest jego cel. Celem Raportu jest pokazanie, że znaczenie energetyki prosumenckiej polega na zupełnie czymś innym niż energetyki WEK. Mianowicie, celem energetyki WEK jest zapewnienie, w oparciu o istniejące technologie i istniejące *know how* (przy ewentualnym zastosowaniu innowacji zachowawczych), dostaw energii elektrycznej (ogólnie paliw i energii); trzeba jednak podkreślić, że realizacja tego celu zwiększa nieadekwatność rozwiązań charakterystycznych dla energetyki WEK (wielkoskalowe bloki węglowe, cz. 1) w stosunku do potrzeb cywilizacyjnych, rodzi nowe wielkie problemy do rozwiązania. Energetyka prosumencka pojawia się natomiast tam, gdzie na spotkanie z wyzwaniami cywilizacyjnymi (efektywność energetyczna; środowisko; inteligentna infrastruktura, ogólnie infrastruktura nowej generacji; zmiana stylu życia pojedynczego człowieka i całych społeczeństw) wychodzą innowacje przełomowe, a stosowane w ramach tych innowacji rozwiązania zapewniają automatycznie bezpieczeństwo energetyczne (za pomocą tych samych mechanizmów, za pomocą których demokracja i rynek zapewniają dobrostan ludzi i społeczeństw).

Znaczenie energetyki prosumenckiej rozwijanej w zakresie przedstawionym w Raporcie (i jeszcze szerzej, obejmującym bezpieczeństwo energetyczne, budownictwo, rolnictwo, transport [9]) 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).

Prosumenci, którzy bezpośrednio będą się przyczyniać do konsolidacji energetyki prosumenckiej i zarazem doświadczać jej skutków przejdą najlepszą drogę rozwojową w bardzo ogólnym wymiarze. Zwłaszcza, że na tej drodze nabędą umiejętności w zakresie wszechstronnego wykorzystania infrastruktury inteligentnej: do potrzeb zarządczych (w przestrzeni administracyjnej, w biznesie), do potrzeb technologicznych/technicznych (prosumenckie instalacje energetyczne), edukacyjnych (e-learning), bezpieczeństwa domu (alarmy, działania interwencyjne) i bezpieczeństwa mieszkańców (telemedycyna). Tym samym będą bardzo dobrze przygotowani w wymiarze indywidualnym do wyzwań, które niesie z sobą współczesny świat.

Opisane w Raporcie zagadnienia (we wszystkich trzech częściach) w sposób syntetyczny przedstawiają konflikt, którego nie można już uniknąć. Konflikt ten ma przyczynę w zmianie trajektorii dalszego rozwoju. Przy tym wcale nie chodzi tu tylko o energetykę. Z drugiej jednak strony trzeba pamiętać, że energetyka korporacyjna jest obszarem największych interesów, i w konsekwencji największego oporu. Dysponuje też, z racji paramilitarnego charakteru, siłą nieporównywalną z siłą żadnej innej korporacji.

Przedstawiona w referacie perspektywa dotycząca mikrobiogazowni ukształtowanej w postaci technologii *semi off grid* ma wielkie znaczenie dla rozwoju całej energetyki prosumenckiej. Z punktu widzenia regulacji prawnych najważniejsza jest w tym kontekście regulacja, która zmieni płatnika opłaty przesyłowej – z odbiorcy na wytwórcę (jest to, potencjalnie, główny mechanizm napędowy rozwoju całej energetyki prosumenckiej).

Z kolei regulacją prawną o wielkim znaczeniu dla przebudowy obszarów wiejskich byłoby zastąpienie decyzji środowiskowej wymaganej w przypadku mikrobiogazowni certyfikatem środowiskowym mikrobiogazowni (ogólnie instalacji PME, w tym instalacji przemysłowej); jest tu analogia do obligatoryjności wyposażenia elektrowni węglowych w elektrofiltry, instalacje odsiarczania, instalacje odazotowania, a w przyszłości także w instalacje CCS. Po wprowadzeniu takiej regulacji prawnej mikrobiogazownia stałaby się np. integralną instalacją utylizacyjno-energetyczną: obory; chlewni; pieczarkarni; gospodarstwa rolno-hodowlanego; mleczarni; rzeźni; wsi (tu w analogii do oczyszczalni ścieków w mieście).

## Źródła

- [1] Chlebowski K. *Innowacje w energetyce. Dlaczego włączanie OZE do systemu energetycznego niszczy ich innowacyjny potencjał*. Portal CIRE.pl.
- [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] Popczyk J. *Rola sieci rozdzielczych w energetyce prosumenckiej*. Konferencja SEP, Oddział Kielecki. Ameliówka (Kielce), wrzesień 2013.
- [5] Popczyk J. *Kontenerowa mikrobiogazownia utylizacyjno-rolnicza Energa 20/PS*. Czysta Energia, maj 2013.
- [6] Latocha L. *Koncepcja mikrobiogazowni kontenerowej i pilotażowa praktyczna realizacja w PLMR*. Gliwice-Studzionka, 2010...2012.
- [7] Cebula J. i inni: *Badania technologiczne: laboratoryjne i w PLMR*. Gliwice-Studzionka, 2011...2012.

- [8] Wereszczyński D.: *Dokumentacja techniczna mikrobiogazowni ENERGA 20/PS*. Gliwice-Studzionka, 2012.
- [9] Popczyk J. Energetyka postprzemysłowa. Piąta fala innowacyjności. Wykład inauguracyjny w Politechnice Śląskiej. Wydawnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [10] Marzecki J. Optymalizacja i modernizacja elektroenergetycznych sieci terenowych. Politechnika Warszawska. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB. Warszawa 2007.
- [11] Coveney P., Hichfield R. Granice złożoności poszukiwania porządku w chaotycznym świecie. Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.

*Datowanie (wersja oryginalna) – 31.12.2013 r. Wersja zmodyfikowana (1) – 16.10.2014 r.*