

TRANSFORMACJA ENERGETYKI WARSZAWY W KATEGORIACH ENERGETYKI PROSUMENCKIEJ¹

Jan Popczyk

Globalna zmiana trajektorii rozwoju energetyki (paradygmatu rozwojowego) tworzy dla Warszawy historyczną szansę na trwały wzrost rangi wśród stolic europejskich poprzez objęcie roli jednego z europejskich liderów transformacji energetycznej.

Wprowadzenie 1. DEFINICJA NISKIEJ EMISJI I TEZY DOTYCZĄCE ENERGETYKI WARSZAWSKIEJ

Oprócz wszystkich uwarunkowań charakterystycznych ogólnie dla współczesnej przebudowy energetyki w wypadku **polskich miast** kluczowym jest dodatkowe uwarunkowanie, związane z niską emisją, czyli z jakością powietrza. Rozwój techniki i technologii oraz ostre uregulowania prawne spowodowały natomiast, że udział przemysłu i energetyki WEK w emisji zanieczyszczeń monitorowanych zgodnie z międzynarodowymi zobowiązaniami przez EMEP (*European Monitoring Environmental Program*) takich jak: CO, SO₂, TSP, PM_{2,5} i PM₁₀², metali ciężkich (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn), dioksyn (PCDD/PCDFs) i suma 4 WWA [benzo(a)piren, benzo(b) fluoranten, benzo(b) fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren] jest znacząco mniejszy w porównaniu do lat 90-tych ubiegłego stulecia. Polskie miasta – Wrocław, Kraków, Warszawa, konurbacja górnośląska (2,2 mln do 3,7 mln mieszkańców, w zależności od definicji konurbacji, ...) – mają najwyższe w Europie niskie emisje; w szczególności emisje PM_{2,5} przekraczają w tych miastach ponad 5, a nawet 10 razy emisje w miastach europejskich poza Polską.

Podkreśla się, że niskie emisje wymagają innego opisu niż opis emisji CO₂. Z punktu widzenia zmian klimatu ważny jest bilans globalny CO₂, i to w długich przedziałach czasu (w analizach powszechne zastosowanie mają bilanse roczne; takie bilanse są następnie agregowane w bilanse dotyczące dłuższych przedziałów czasowych: kilkunastoletnich i kilkudziesięcioletnich, a nawet dłuższych od 100-letnich). W wypadku jakości powietrza, która jest bezpośrednio związana z niską emisją, podstawowe znaczenie mają bilanse godzinowe, dobowe i sezonowe, oraz trendy kilkuletnie ... kilkunastoletnie. Ponadto, z uwagi na fakt, że jakość powietrza jest kategorią lokalną, bilanse muszą obejmować „wewnętrzne” źródła niskiej emisji oraz emisje zanieczyszczeń z sąsiedztwa (bliższego i dalszego). Oczywiście, w kontekście energetyki prosumenckiej bardzo ważna jest też segmentacja źródeł niskiej emisji.

Głównym źródłem niskich emisji w miastach są oczywiście potrzeby ciepłownicze segmentu budynkowego/mieszkalnego oraz transport. W kontekście potrzeb ciepłowniczych wywołujących niską emisję, uciążliwą w szczególności w sezonie grzewczym, ważne jest, że od wielu lat roczne zużycie węgla w indywidualnych gospodarstwach domowych wynosi około 8-9 mln ton, a drewna około 7,0-7,5 mln ton. Najbardziej groźne jest jednak to, że na

¹ Raport jest zweryfikowaną wersją referatu wprowadzającego, zatytułowanego *Nowe układanie energetyki w miastach w kontekście czystości powietrza*, przygotowanego i zaprezentowanego na XII Forum Operatorów Systemów i Odbiorców Energii i Paliw „Czyste powietrze w Warszawie – jako efekt polityki energetycznej miasta”. Biuro Infrastruktury Urzędu m. st. Warszawy we współpracy z Komisją Infrastruktury i Inwestycji Rady m.st. Warszawy. Warszawa, 23 października 2015.

² Pył zawieszony w µg/m³.

rynku węgla pojawiły się muły węglowe, w ilości około 0,8-1 mln ton rocznie, jako efekt braku standaryzacji jakości paliw węglowych ogólnie dla sektora komunalno-bytowego. Wymienione paliwa mają wysoki udział emisji zanieczyszczeń w całkowitym krajowym ładunku, skoncentrowanym w okresie grzewczym, a efektem tego są np. okresowe przekroczenia stężeń pyłów PM10 w powietrzu w 28 strefach kraju (na 48 wszystkich stref), w 16 strefach są to przekroczenia permanentnie (dane w akapicie przytoczono za dr inż. Krystyną Kubicą).

Definicja niskiej emisji i główne antropogeniczne źródła zanieczyszczeń powietrza (niskiej emisji): Umownie przez niską emisję zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza rozumie się emisję punktową z emitorów (kominów) źródeł wytwórczych (ciepła, energii elektrycznej) o wysokości do 40 metrów, emisję powierzchniową z budynkowych instalacji grzewczych (domy jednorodzinne, bloki mieszkalne), ale także ze składowisk śmieci, wypalania traw, spalania liści i innych odpadów, wreszcie emisję liniową w transporcie (poruszające się pojazdy transportowe napędzane silnikami spalinowymi).

Teza główna. Energetyka Warszawy, tak jak innych czołowych stolic Europy będzie podlegać szybkiej przebudowie w kierunku zeroemisyjnej, zarówno w kontekście emisji niskiej, czyli jakości powietrza, jak również bilansu emisji CO₂, czyli zmian klimatycznych. To będzie z kolei oznaczać szybką autonomizację energetyczną Miasta.

Teza pomocnicza 1. Autonomizacja energetyczna Warszawy będzie się odbywała poprzez żywiłowy proces rynkowy. Rolą Imperium (władzy Miasta³, władz Dzielnic) jest stworzenie środowiska rozwojowego w postaci celów i mechanizmów do ich realizacji przez prosumentów (ludność, deweloperzy, małe i średnie przedsiębiorstwa, przemysł), w tym przez prosumentów instytucjonalnych (wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe, a także samo Miasto, w tym Dzielnicę).

Teza pomocnicza 2. Potencjalne korzyści Warszawy z transformacji energetyki są związane z zasadniczą różnicą szeroko rozumianych zasobów wykorzystywanych w energetyce WEK (wielkoskalowa energetyka korporacyjna) i w energetyce EP (energetyka prosumencka). W przypadku energetyki WEK, ufundowanej na paliwach kopalnych (ropa naftowa, węgiel, gaz ziemny) i na kapitale, Warszawa jest praktycznie tylko rynkiem zbytu dla dostawców „zewnętrznych”. Podstawą energetyki EP jest natomiast wielki potencjał poprawy efektywności z jednej strony, a z drugiej praca i wiedza. Zasoby w postaci pracy i wiedzy stanowią z całą pewnością silną stronę Warszawy (w kategoriach analizy SWOT). Z punktu widzenia tych zasobów Warszawa ma zdecydowaną przewagę w Polsce, a wśród stolic europejskich ma z całą pewnością wyrównane szanse.

Teza pomocnicza 3. Warszawa jest już przygotowana/zdolna do zmiany jakościowej w działaniach na rzecz transformacji energetyki. W szczególności Warszawa, jako Imperium jest przygotowana do przejścia w działaniach od „planów” (analiz/studiów, konferencji/dyskusji) do stworzenia (energetycznej) Mapy Drogowej Warszawy 2050, z celami pośrednimi 2020/2030/2040 w obszarze bezpieczeństwa energetycznego, ekologicznego i transportowego, w tym w obszarze rewitalizacji energetycznej zasobów budynkowych, szeroko rozumianej utylizacji odpadów oraz modernizacji transportu (Mapę Drogową traktuje się w procesie przebudowy energetyki jako dokument zastępujący tradycyjną politykę energetyczną). Warszawa, jako prosument instytucjonalny (oświetlenie zewnętrzne, obiekty użyteczności publicznej, infrastruktura ochrony środowiska, infrastruktura transportowa) jest przygotowana do przejścia w działaniach od „wybiórczych”

³ Dalej określenie Imperium bez rozszerzenia jest zarezerwowane tylko dla władz Miasta (Warszawy). W innych przypadkach stosuje się stosowne rozszerzenie określenia.

projektów demonstracyjnych do kompleksowych strategii rozwojowo-inwestycyjnych. Przygotowani są również inni prosumenci instytucjonalni, w szczególności tacy jak wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe, które w ostatnich latach realizowały wielkie programy termomodernizacyjne (pierwszej i drugiej generacji). Z kolei pozostali prosumenci (ludność, deweloperzy, małe i średnie przedsiębiorstwa, przemysł) są, w bardzo dużej części, gotowi na szybką dyfuzję rozwiązań w obszarze energetyki EP (Polska należy do krajów o największej prędkości dyfuzji wynalazków, ogólnie, do gospodarstw domowych); są też przygotowani już do realizacji własnych działań/projektów prosumenckich (w ramach partycypacji prosumenckiej).

Wprowadzenie 2. CZYNNIKI NAPĘDZAJĄCE PRZEBUDOWĘ ENERGETYKI WSPÓŁCZESNYCH MIAST

Do historii odchodzi bezpieczeństwo energetyczne jako fundamentalny czynnik rozwoju energetyki miast. Mianowicie, dla korporacyjnych przedsiębiorstw energetycznych, najczęściej już sprywatyzowanych, ten czynnik staje się coraz bardziej fasadowy, a rzeczywistym czynnikiem rozwojowym staje się biznes. W coraz większym stopniu za bezpieczeństwo energetyczne odpowiedzialne staje się natomiast stosowne do sytuacji Imperium; ustawy takie jak ustawa Prawo energetyczne, ale w szczególności ustawa o zarządzaniu kryzysowym zapoczątkowały proces przekierowania odpowiedzialności na samorządy i nic tego procesu nie zatrzyma (zwłaszcza druga z ustaw będzie się w kolejnych latach przyczyniać w coraz większym stopniu do transformacji miast/gmin, będących obecnie „odbiorcami”, w prosumentów instytucjonalnych). Oczywiście, dla każdego Imperium bezpieczeństwo energetyczne jest ważne, ale waga tego bezpieczeństwa jest (musi być) w równowadze z wrażliwymi wymaganiami społecznymi, w tym głównie w obszarze bezpieczeństwa ekologicznego (i stylu życia). Z tego punktu widzenia ważne znaczenie ma analiza sił (szeroko rozumianych interesariuszy) i rynków. Poniżej przedstawia się kilka aspektów z tym związanych.

1. Holistyczny rynek energetyczny (energia elektryczna, ciepło sieciowe, paliwa transportowe), który staje się właściwością współczesnego miasta, wchodzi w bardzo silne interakcje z tradycyjnymi rynkami mediów i usług infrastrukturalnych, takimi jak: dostawy wody, odbiór ścieków, odbiór odpadów komunalnych. Na wszystkich tych rynkach dokonują się, i będą się dokonywać zmiany, zarówno po stronie przedmiotowej jak i podmiotowej. Oczywiście po tradycyjnej stronie operatorskiej (podmiotowej, w Warszawie: RWE Stoen Operator, Veolia Energia Warszawa, Polska Spółka Gazownictwa Oddział Warszawa, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie) zmiany będą mniejsze. Po stronie handlowej/obrotu (w Warszawie domena takich podmiotów, w tym sprzedawców zobowiązanych, jak: RWE Polska, Veolia Energia Warszawa, PGNiG Odbiór Detaliczny, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie, Urząd Miasta Stołecznego Warszawy Biuro Gospodarowania Odpadami) zmiany będą gwałtowne.

2. Szczególnie dynamiczne zmiany wywoła na rynku energetycznym wejście na ten rynek firm telekomunikacyjnych, informatycznych i medialnych z ofertami pakietowymi. Przykładem w tym zakresie są w Polsce takie firmy jak: Cyfrowy Polsat, Plus, PlusBank, MultiMedia Polska. Nie ma wątpliwości, że pakiety tych firm będą konfigurowane pod potrzeby odbiorców-prosumentów (będą to pakiety na „miarę”). Wejście na rynek firm informatycznych (na świecie firmy: Microsoft, Google, Cisco) przyspieszy ogólnie rozwój infrastruktury inteligentnej do zarządzania usługami energetycznymi, i przeniesie akcent z rynków produktowych (energia elektryczna, ciepło, paliwa) na rynki prosumenckich łańcuchów wartości.

3. Pełna segmentacja prosumencka została przedstawiona w Raporcie [1]. Poniżej, w części 1, segmentację przedstawia się jako uzupełnienie do bilansów miasta; jest zrozumiałe, że te dwie kategorie – bilanse i segmentacja – są zawsze wzajemnie ściśle powiązane. Przedstawiona w części 1 segmentacja, bardzo szczegółowa, odnosi się, tak jak i bilanse, do Bielska-Białej (174 tys. mieszkańców). Można uznać, że bilanse i segmentacja dla Bielska-Białej są stosunkowo łatwo skalowalne dla miast klasy 100-500 tys. mieszkańców (w Polsce 34 miasta; współczynnik skalujący ma na pewno postać wielowymiarową, ale w pierwszym przybliżeniu można przyjąć współczynnik skalujący jednowymiarowy w postaci liczby mieszkańców). Dla innych miast (zwłaszcza mniejszych) ewentualne skalowanie trzeba realizować bardzo ostrożnie (może ono jedynie z wielkim przybliżeniem zastąpić indywidualne badania).

4. O konfiguracji sił (o sile interesariuszy) i grze interesów świadczą dane w tab. 5. Budżet Warszawy wynosi 14 mld PLN, dochody rozporządcalne ludności wynoszą 36 mld PLN, a wydatki ludności na użytkowanie mieszkania i nośniki energii – 7 mld PLN (19% dochodów rozporządcalnych) oraz na transport 3,6 mld PLN (10% dochodów rozporządcalnych). Wartość łączna rocznego rynku energetycznego (energia elektryczna, ciepło, transport) Warszawy wynosi prawie 10 mld PLN. Jest to rynek, o który obecnie konkurują przedsiębiorstwa wymienione w p. 1 (i nie tylko te; w szczególności także przedsiębiorstwa dostarczające paliwa transportowe). W kolejnych latach o rynek ten będą konkurować całkowicie nowe i potężne firmy wymienione w p. 2. Podkreśla się, że firmy te, to pretendenci, którzy nie będą chcieli przejąć rynków takich jakimi one są obecnie, bo wtedy musieliby wygrać bezpośrednią konkurencję z liderami (przedsiębiorstwami zasiedzającymi na rynku, p. 1), a o to byłoby trudno. Wygraną zapewnią pretendenci, jeśli zapewnią, innowacje przełomowe, za pomocą których pretendenci zmodyfikują rynki energetyczne. Innowacje przełomowe (twarde/technologiczne i miękkie/organizacyjne) będą związane z wykorzystaniem infrastruktury inteligentnej. Jedną z kluczowych innowacji przełomowych będzie np. Internet Rzeczy (IoT).

5. Najsilniejszym interesariuszem w grze o nowy kształt rynku energetycznego potencjalnie są jednak prosumenci (w kraju szeroko rozumiani, od „Kowalskiego” aż po KGHM). Siła prosumentów będzie polegała na partycypacji prosumenckiej w postaci bardzo różnorodnych działań, ukierunkowanych zarówno na obniżanie własnych kosztów dostaw energii/paliw, jak i na zwiększanie wartości majątku własnego, a także na zmiany społeczne (szeroko rozumiany zrównoważony rozwój, w tym zmiana stylu życia). W obszarze ekonomiki prosumenci będą podejmować w szczególności decyzje charakterystyczne dla ekonomiki behawioralnej. Na przykład, decyzje o rewitalizacji energetycznej domu będą podejmować nie w kategoriach kosztów, a w kategoriach wzrostu wartości zrewitalizowanego domu.

Część 1. BILANSE: ŚWIAT → POLSKA → WARSZAWA → DZIELNICA WARSZAWY → GOSPODARSTWO DOMOWE (W WARSZAWIE)

Jeśli działanie prosumenta, dotyczące własnego środowiska/mikrośrodowiska, ma być w zakresie energetyki trafne, to musi ono być osadzone w szerokich realiach, w tym musi uwzględniać globalny kontekst przebudowy energetyki. Dlatego poniżej przedstawia się bilanse energetyczne świata, Polski, miasta (Bielsko-Biała, Warszawa), i na koniec domu jednorodzinnego. Z analizy tych bilansów wynika na przykład, że polskie górnictwo, z wydobyciem poniżej 1% wydobycia światowego (tab. 1), nie może w żaden sposób wpłynąć na ceny węgla na globalnym rynku. Dlatego prosument musi w swoich decyzjach uwzględnić niewiarygodność projektu Polityki Energetycznej Polski do 2050 roku w aspekcie zakładanego rozwoju elektroenergetyki węglowej. Prosument musi także uwzględnić niewiarygodność tego projektu w aspekcie energetyki jądrowej, która na światowym rynku

energii elektrycznej stanowi zaledwie 1,4%, tab. 1. (Istnieje bardzo wiele spraw, które można odczytać z przedstawionych poniżej bilansów. Należy ogólnie przyjąć, że umiejętność ich odczytywania, wymagająca wiedzy, stanowi podstawę partycypacji prosumenckiej).

1. Bilans dla świata. Najbardziej syntetyczny obraz obecnej energetyki globalnej przedstawiono w tab. 1. Jest to obraz pokazujący skalę problemu, którym jest przebudowa energetyki w kierunku energetyki prosumenckiej. Z całą pewnością, problemu tego nie da się rozwiązać łatwo i szybko. Horyzont 2050 jest jednak tym, który z punktu widzenia badania dynamiki interakcji między trajektoriami WEK i EP można uznać za racjonalny.

Dodatkowy komentarz problemowy do tab. 1 jest następujący. Demontaż cenotwórstwa gazu ziemnego kończy długi okres, trwający od końca II wojny światowej (a na pewno od powołania Wspólnoty Węgla i Stali w 1952 r.), w którym paliwa kopalne (i energetyka związana z tymi paliwami) były głównym narzędziem gry interesów wykorzystywanym przez układy (sojusze) polityczno-korporacyjne na poziomie globalnym i w polityce o wymiarze państwowym. Do prowadzenia tej gry służyły bariery celne, monopole narodowe, podatki (akcyza), paropodatki (opłaty środowiskowe, np. w postaci opłat za emisje). Dwa mechanizmy – indeksowanie cen gazu cenami ropy naftowej i monopole narodowe na rynkach energii elektrycznej produkowanej w źródłach węglowych (dominujących w strukturze paliwowej w elektroenergetyce) – miały szczególnie destrukcyjny charakter i powodowały w dużym stopniu samonapędzanie się wzrostów, o powiązanym charakterze, cen wszystkich trzech paliw kopalnych.

Tab. 1. Bilans energetyczny 2013 – świat (liczba ludności: 7 mld; liczba samochodów: 1,1 mld), opracowanie własne, Raport [2] (dane wyjściowe ustalono w drodze krytycznego przeglądu i „krzyżowej” weryfikacji piśmiennictwa internetowego)

Roczne zużycie paliw kopalnych, na cele energetyczne ⁽¹⁾				
	węgiel kamienny	węgiel brunatny	ropa	gaz
Jednostki naturalne	6 mld ton	1 mld ton	4 mld ton	2 bln m ³
Wartość (giełdowa), mld \$	400 ⁽²⁾	35 ⁽³⁾	2200 ⁽²⁾	350–1000 ⁽⁴⁾
Energia chemiczna, tys. TWh	35	3	45	20
Emisja CO ₂ ⁽⁵⁾ , mld ton	15	1	9	4
Energia użyteczna, tys. TWh	12 _e + 5 _c (energia el. + ciepło)	1 _e (energia el.)	7 _t (energia na „kołach”)	10 _e + 5 _c (energia el. + ciepło)
Roczna produkcja energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych , tys. TWh				
1,4				
Roczna produkcja energii w źródłach OZE, tys. TWh				
wodne	wiatrowe	PV	biomasowe	
2,1 _e	0,5 _e	0,2 _e	(0,03 _e + 0,03 _e) _{Niemcy} + (0,6 _t) _{USA+Brazylia} ⁽⁶⁾	

⁽¹⁾ w szczególności bez zużycia węgla kamiennego i gazu ziemnego na cele procesowe (koksownictwo, przemysł chemiczny, ...); ⁽²⁾ przyjęto jednostkowe ceny giełdowe: węgiel kamienny – 60 \$/t, ropa – 550 \$/t (90 \$/baryłka); gaz 140 \$/(tys. m³); ⁽³⁾ do oszacowania wartości węgla brunatnego, który nie jest notowany na giełdach, przyjęto praktyczną regułę, zgodnie z którą cena jednostki energii chemicznej w węglu brunatnym jest równa 0,7 ceny jednostki energii chemicznej w węglu kamiennym; ⁽⁴⁾ wartość rynku gazu, który praktycznie jeszcze nie podlega wycenieniu giełdowej (choć specyficzne formy wyceny giełdowej, globalnej w przypadku gazu płynnego oraz lokalnej w postaci habów gazu sieciowego, będą niewątpliwie rozwijane w kolejnych latach) oszacowano w postaci przedziału: dolna wartość przedziału jest związana z krótkotrwałym mechanizmem rynkowym, który ukształtował się w USA pod wpływem boomu gazu łupkowego (boom ten spowodował zrównanie się cen energii chemicznej w gazie i w węglu kamiennym), górna wartość jest z kolei charakterystyczna dla reguły, która obowiązywała przez dziesięciolecia

w dostawach sieciowych rosyjskiego gazu ziemnego do Europy i polegała na indeksowaniu (z 9-cio miesięcznym opóźnieniem) cen gazu w kontraktach długoterminowych *take or pay* cenami giełdowymi ropy naftowej; ⁽⁵⁾ oszacowania wykonane przy założeniu spalania stechiometrycznego; ⁽⁶⁾ w oszacowaniu uwzględniono dane dla trzech światowych liderów w zaawansowanych technologiach energetycznego wykorzystania biomasy (poza spalaniem nieprzetworzonej biomasy drzewnej oraz innej stałej), mianowicie dla Niemiec (produkcja energii elektrycznej i ciepła w biogazowniach połączonych ze źródłami kogeneracyjnymi) oraz dla USA i Brazylii (produkcja paliw transportowych w biorafineriach).

Współcześnie następuje, pod wpływem postępu technologicznego i związanych z nim zmian społecznych, przebudowa starych sojuszy powiązanych z paliwami kopalnymi i budowa nowych mechanizmów energetyki prosumenckiej w lokalnych środowiskach demokratyczno-rynkowych. Siła nowych mechanizmów (prosumenckich łańcuchów energetycznych) polega na ich roli integrującej efektywność energetyczną, OZE, infrastrukturę smart grid i gaz ziemny (łącznie z łupkowym) jako paliwo ubezpieczające, stosowane w technologiach kogeneracyjnych (budynkowych, lokalnych/sieciowych, i przemysłowych). Osobną sprawą są dwa wielkie transfery paliwowe – gazu z rynku ciepła i paliw transportowych – do segmentu kogeneracyjnego w energetyce prosumenckiej. (W przypadku Polski zagadnienie zostało zasygnalizowane w Raporcie [3]).

Te dwa transfery paliwowe powodują, że segment energetyki pomostowej trzeba już rozszerzyć poza energetykę węglową, mianowicie na tradycyjne technologie gazowe (głównie kotłowe na rynku ciepła, które będą wypierane przez technologie OZE) i na tradycyjne samochody z silnikami spalinowymi (które będą wypierane przez samochody elektryczne). Podkreśla się jednak, że same paliwa – gaz ziemny i paliwa transportowe – będą tracić znaczenie wolniej niż węgiel. Mianowicie, paliwa te będą wprawdzie tracić swój dominujący „status” charakterystyczny dla pierwszej trajektorii rozwoju, ale będą miały przynależny im na drugiej trajektorii status paliw ubezpieczających. (Trzy trajektorie rozwoju opisane są w Raporcie [3]).

2. Bilans dla Polski. Bilans dla Polski przedstawiony w tab. 2 ma inną strukturę niż bilans dla świata, tab. 2. W polskim bilansie widoczna jest koncentracja na bilansie płatniczym całej energetyki (rynki energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych), bardzo niekorzystnym dla polskiej gospodarki. Bilans ten jest związany ze strukturą biznesową energetyki, zwłaszcza z dominującym udziałem przedsiębiorstw energetycznych w gospodarce.

Warto zauważyć, że w rankingach największych polskich przedsiębiorstw (Forbes, Polityka) w pierwszej „5-tce” są 3 przedsiębiorstwa energetyczne (PKN Orlen, Grupa Lotos, PGE, a w pierwszej „20-tce” – 10 takich przedsiębiorstw (oprócz wymienionej trójki są to dodatkowo: Tauron, Energa, PGNiG, Kompania Węglowa, Enea, Orlen Paliwa, Jastrzębska Spółka Węglowa). W pierwszej „20-tce” nie ma natomiast ani jednej firmy technologicznej.

Podobną strukturę ma tylko Rosja: w rankingach największych przedsiębiorstw dominują przedsiębiorstwa energetyczne, przede wszystkim paliwowe, z tą jednak różnicą, że rosyjskie przedsiębiorstwa paliwowe są przedsiębiorstwami eksportowymi, a polskie importowymi. Należy podkreślić, że dominacja przedsiębiorstw energetycznych oznacza ogólnie nieadekwatność biznesową/organizacyjną i strukturalną takich przedsiębiorstw we współczesnym świecie, w dwóch zwłaszcza aspektach. Po pierwsze, jest to nieadekwatność priorytetów oznaczająca XX-wieczne podporządkowanie gospodarki bezpieczeństwu energetycznemu, podczas gdy XXI wiek umożliwia już odwrócenie tej kolejności. Po drugie, jest to nieadekwatność charakterystyczna dla krajów posiadających ciągle niewykorzystany wielki potencjał poprawy efektywności energetycznej gospodarki, obniżenia jej energochłonności/elektrochłonności).

Tab. 2. „Kolonizacyjno-fiskalny” model polskiej energetyki.
Szacunkowe dane dla 2014 r. w mld PLN (opracowanie własne, Raport [4])

ENERGETYKA WEK					
Rynki końcowe (z podatkami i paropodatkami)	~180	paliwa transportowe	energia elektryczna	ciepło	
		100	48	30	
Import	>75	paliwa			
		ropa	gaz	węgiel	Biomasa ⁽¹⁾
		45	15	3	0,6
		dobra inwestycyjne			
		elektroenergetyka (głównie bloki węglowe)	gazownictwo	sektor paliw transportowych	
		6	3	3	
		<i>know how</i> (usługi konsultingowe) – b.d.			
Podatki, parapodatki,	~80	akcyza – 36 (dominujący udział paliw transportowych)			
		VAT – 38 (dominujący udział ludności)			
		CO ₂ – 6 (dominujący udział energetyki węglowej)			
Ukryte dopłaty	5	górnictwo węgla kamiennego – 5 (dominujący udział)			
MAKROEKONOMIA KRAJU PKB – 1600, zadłużenie – 800, budżet – 280, deficyt budżetowy – 47, rozporządalne dochody ludności – 600					

⁽¹⁾ do współspalania, przede wszystkim do spalania w największym na świecie – o mocy 200 MW – biomasowym bloku kondensacyjnym (aberracja w skali świata).

3. Bilans dla miasta klasy 100-500 tys. mieszkańców. Poniżej przedstawia się szczegółowe bilanse/rynki energii końcowej i energii pierwotnej dla Bielska-Białej (174 tys. mieszkańców) według raportu [5]; pod względem liczby ludności jest to przypadek porównywalny z takimi dzielnicami w Warszawie jak: Bielany (135 tys.), Mokotów (227 tys.), Praga Północ (185 tys.), Śródmieście (134 tys.), Targówek (123 tys.), Ursynów (144 tys.), Wola (142 tys.).

Tab. 3. Bilans energii końcowej (niepewność analiz została określona na poziomie $\pm 15\%$), według Raportu [5]

Segment rynkowy	Energia elektryczna, MWh	Ciepło sieciowe, MWh	Paliwa transportowe (oraz pozostałe), MWh
Urząd Miasta – budynki	5 390	30 650	10 270 (gaz ziemny)
Usługi – budynki	110 350	44 770	89 100 (gaz ziemny)
Budynki mieszkalne	129 720	333 750	334 000 (gaz ziemny) 268 000 (węgiel)
Oświetlenie miejskie	10 310	-	-
Przemysł	448 090	173 330	289 850 (gaz ziemny) 78 750 (węgiel)
Transport	-	-	276 740 (ON) 733 600 (benzyna) 100 110 (LPG)
Razem	703 860	582 500	2 180 420

Z przedstawionej w tab. 3 charakterystyki rynków końcowych wynika dominujący udział: przemysłu w zużyciu energii elektrycznej, mieszkalnictwa w zużyciu ciepła sieciowego i transportu w zużyciu paliw. Mianowicie, udział przemysłu w zużyciu energii elektrycznej wynosi ponad 60%, udział mieszkalnictwa w zużyciu ciepła sieciowego około 70%, a udział transportu w zużyciu (wszystkich) paliw około 50%.

Bilansowi energii końcowej według tab. 3 odpowiada bilans energii pierwotnej (chemicznej) przedstawiony w tab. 4. W obliczeniach przyjęto następujące założenia (za Raportem [5]): energia elektryczna, pochodząca z KSE, produkowana jest z węgla ze sprawnością przetwarzania 34% (średnia sprawność krajowa). Ciepło sieciowe produkowane jest w Zespole Elektrociepłowni Bielsko (ZEC Bielsko) ze sprawnością: EC1: około 60% (priorytet ciepła), EC2: około 40% (priorytet energii elektrycznej). Podział produkcji ciepła pomiędzy EC1 i EC2 nie jest szczegółowo znany. Do obliczeń przyjęto podział 50%/50%, zatem finalna sprawność produkcji ciepła wynosi 50%. W wypadku paliw transportowych rynek energii pierwotnej jest identyczny jak rynek energii końcowej; wynika to z definicji według dyrektywy 2009/28 (gdyby za energię końcową w wypadku transportu uznać energię użyteczną na „kołach”, to w oszacowaniach należałoby przyjąć sprawność eksploatacyjną tradycyjnego samochodu na poziomie około 15%; jest to diametralnie niższa sprawność niż sprawność eksploatacyjna samochodu elektrycznego, która wynosi ponad 50%).

Tab. 4. Bilans energii pierwotnej, według Raportu [5]

Segment rynkowy	Energia elektryczna – energia węgla, MWh	Ciepło sieciowe – energia węgla, MWh	Paliwa transportowe (i pozostałe), MWh
Urząd Miasta – budynki	15 850	61 300	10 270 (gaz ziemny)
Usługi – budynki	324 540	89 550	89 100 (gaz ziemny)
Budynki mieszkalne	381 540	667 500	334 000 (gaz ziemny) 268 000 (węgiel)
Oświetlenie miejskie	30 330	-	-
Przemysł	1 317 910	346 670	289 850 (gaz ziemny) 78 750 (węgiel)
Transport	-	-	276 740 (ON) 733 600 (benzyna) 100 110 (LPG)
Razem	2 070 170	1 165 020	2 180 420

Bilanse energii w tabelach 3 i 4 odpowiadają przedstawionej poniżej, charakterystycznej dla Bielska Białej, potencjalnej segmentacji prosumenckiej. Segmentacja ta uwzględnia nowy sposób opisu energetyki, zorientowany na podmiot-prosumenta. Dlatego, że to każdy podmiot-prosument będzie chciał/musiał przejąć stopniowo odpowiedzialność za swoją sytuację energetyczną, w tym także zaopatrzenie w energię elektryczną, ciepło i paliwa/energię na potrzeby transportowe. W aspekcie przedmiotowym Segment 1 jest segmentem budynkowym (budynek/nieruchomość). Segment 2 jest segmentem sieciowym (lokalne sieci). Segment 3, to autogeneracja (przede wszystkim kogeneracja). Przy sporządzaniu segmentacji, posłużono się wzorcem, zawartym w Raporcie [1].

Segment 1. Prosumencka Mikroinfrastruktura Energetyczna (PME)

PME 1: Domy jednorodzinne: 55 tys.

PME 2: Wspólnoty mieszkaniowe (kamienice mieszkalne): 483.

PME 3: Przedszkola: 43.

Szkoły podstawowe: 38.

Gimnazja: 32.

Szkoły ponadgimnazjalne: 98.

Uczelnie wyższe: 8.

Szpitale: 5 (+14 niepublicznych obiektów opieki zdrowotnej).

Pływalnie: 6 krytych, 2 odkryte.

Obiekty sportowe: 10 hal sportowych, 3 stadiony, lotnisko sportowe, kolej dolowa i krzeselkowa, skocznia narciarska, pozostałe.

Obiekty kulturalne i miejskie: 2 teatry, 4 kina, 15 bibliotek, ok. 10 urzędów, 16 domów i ośrodków kultury, 3 muzea.

Segment 2. Prosumencka Inteligentna Sieć Energetyczna (PISE)

PISE 1: Spółdzielnie mieszkaniowe, osiedla deweloperskie: 6 dużych spółdzielni, ok. 60 mniejszych

PISE 4: Miasto jako smart-city.

Segment 3. Przedsiębiorcy/przemysł (autogeneracja – AG)

AG 1: Hipermarkety: 8 dużych, 35 mniejszych.

Hotele: 9 (+obiekty zbiorowego zakwaterowania: 11).

AG 2: MIŚP (małe i średnie przedsiębiorstwa): 24 tys. mikro-, ponad 1000 małych i ok. 250 średnich przedsiębiorstw.

AG 4: Duży przemysł (np. zakłady FIAT) – głównie produkcja elementów dla branży motoryzacyjnej (automotive): ok. 20 zakładów.

4. Bilans dla Warszawy. Jako punkt wyjścia do analizy ilościowego i wartościowego bilansu energetycznego Warszawy przyjmuje się tu charakterystyczne dane dostępne w Internecie. Ponadto, do oszacowania wielu danych zastosowano skalowanie, wykorzystując współczynnik skalujący związany z liczbą ludności. Główną, ale nie jedyną, bazą do skalowania był szczegółowy, i dobrze udokumentowany bilans dla Bielska-Białej, Raport [5]. Wyniki uzyskane za pomocą skalowania, tab. 5, poddano w niektórych wypadkach dodatkowej procedurze weryfikacji. W szczególności weryfikacji poddano całociowe zużycie energii elektrycznej (7 TWh). Do weryfikacji wykorzystano dane z referatu [6]. Okazało się, że zużycie uzyskane za pomocą skalowania dokładnie równa się wartości przedstawionej w referacie [6]. Oczywiście zgodność nie gwarantuje pełnej poprawności oszacowania obecnego zużycia, zwłaszcza że wartość z referatu [6] dotyczy 2009 roku, ale na pewno gwarantuje wystarczającą praktyczną wiarygodność oszacowania.

Wiarygodność tę potwierdzają „grube” oszacowania możliwe do wykonania na podstawie rzeczywistego profilu zapotrzebowania Warszawy na energię elektryczną przedstawionego na rys. 2(b). Mianowicie, istnieją bardzo silne przesłanki, że profil na rys. 2(b) jest profilem przeciętnym (wprawdzie jest to profil letni, ale odpowiadający ekstremalnie wysokim temperaturom, czyli też ekstremalnie wysokiemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną dla celów klimatyzacyjnych). Na podstawie kształtu profilu można oszacować, że roczny czas użytkowania mocy szczytowej dla Warszawy wynosi około 7000 godzin. Zatem przy obciążeniu szczytowym wynoszącym około 1100 MW, co wynika z profilu, roczne zużycie energii elektrycznej wynosi około 7,1 TWh.

Tab. 5. Orientacyjny bilans ilościowy i wartościowy dla Warszawy
(opracowanie własne, dane wywoławcze)

CHARAKTERYSTYCZNE DANE		
Liczba mieszkańców – 1,74 mln, liczba gospodarstw domowych – 775 tys.		
Budżet miasta – 14 mld PLN		
Dochód rozporządzalny ludności – 1700 PLN/(mieszkańca-miesiąc)		
Struktura wydatków: żywność – 21%, użytkowanie mieszkania i nośniki energii – 19%, transport – 10%)		
Transport: liczba samochodów – 1,2 mln, liczba autobusów – 2450, liczba tramwajów – 760, roczna liczba pasażerów – 910 mln		
Odpady komunalne – 720 tys. ton/rok		
Ścieki – 330 tys. m ³ /doba		
Warszawa, bilans całościowy		
	Rynek końcowy, TWh	Wartość rynku, mld PLN
Energia elektryczna	7,0	3,5
Ciepło	12,0	2,4
Transport	11,0	5,0
Razem	(-)	10,9
Warszawa jako odbiorca instytucjonalny, realizujący zadania publiczne		
	Rynek końcowy, GWh	Wartość rynku, mln PLN
Energia elektryczna, budynki + oświetlenie	54+100	75
Ciepło	310	60
Transport	310	100
Razem	(-)	235

5. Bilans dla domu jednorodzinnego / gospodarstwa domowego (w Warszawie). Przedstawiony w tab. 6 bilans (ilościowy, wartościowy) jest bilansem referencyjnym dla domu zamieszkałego przez 4 osoby. Podkreśla się, że zużycie ciepła w bilansie obejmuje ciepło grzewcze i ciepło do produkcji ciepłej wody użytkowej (wspólny kocioł na gaz ziemny), a także ciepło do przygotowania posiłków (kuchnia gazowa).

Tab. 6. Orientacyjny bilans ilościowy i wartościowy dla domu w Warszawie
(opracowanie własne, dane wywoławcze)

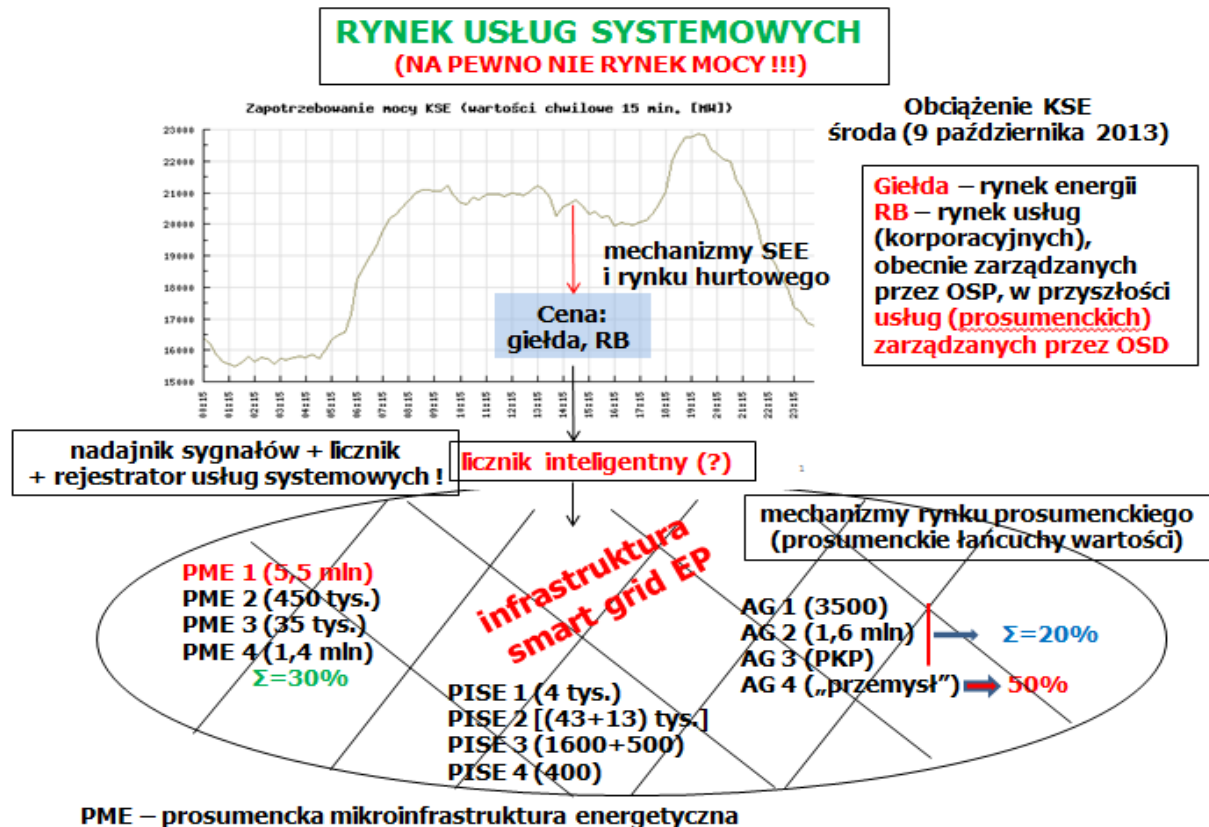
	Zużycie, MWh	Koszt (z VAT), tys. PLN
Energia elektryczna	4,5	3,0
Ciepło	30,0	6,0
Transport (benzyna)	15,0	8,0
Razem	(-)	17,0

Integracja całego bilansu energetycznego (energia elektryczna, ciepło, transport) dla domu jednorodzinnego jest w podejściu prosumenckim bezwzględnie koniecznością. Tylko zintegrowany bilans daje możliwość realizacji prawidłowej sekwencji (etapowania) i zakresu inwestycji prosumenckich: modernizacja oświetlenia; termomodernizacja (drugiej lub trzeciej generacji), z uwzględnieniem docelowej koncepcji inteligentnej infrastruktury; dobór źródeł OZE (ciepła i energii elektrycznej), z opcją wymiany (lub nie) tradycyjnego samochodu na elektryczny.

Część 2. PODSTAWOWY MODEL POWIĄZANIA ENERGETYKI WEK Z ENERGETYKĄ EP

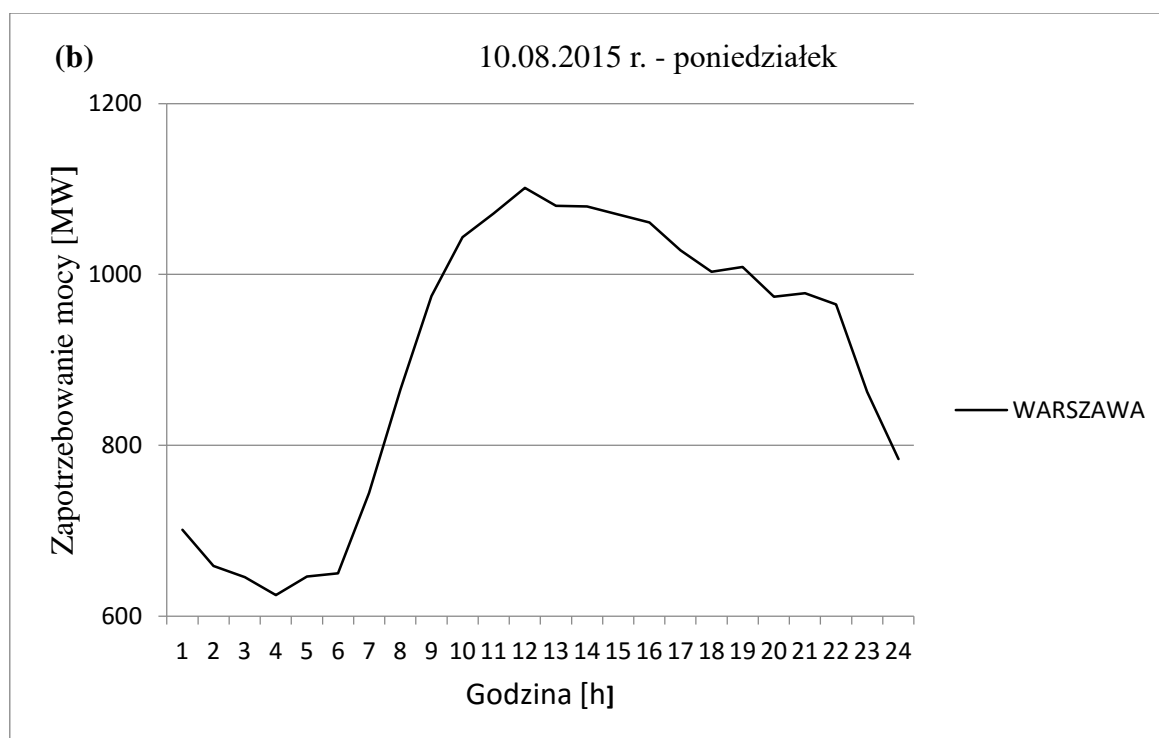
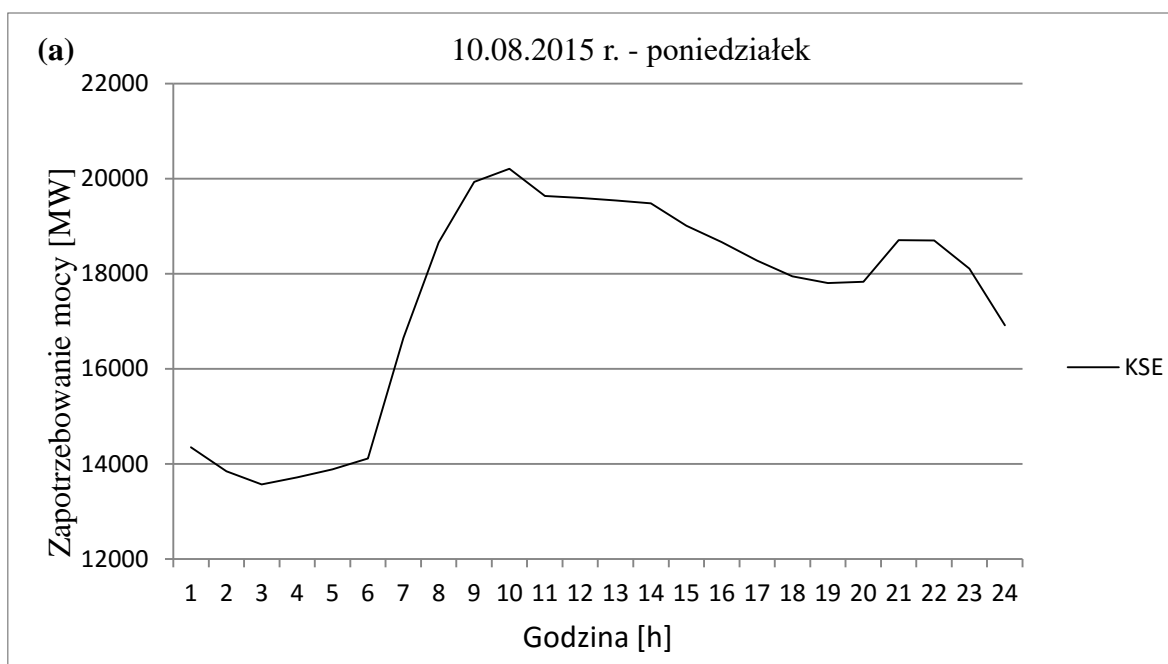
Zderzenie niewydolności inwestycyjnej elektroenergetyki funkcjonującej zgodnie ze starą trajektorią rozwoju z możliwościami wynikającymi z nowej trajektorii wymaga modelu

ich (trajektorii) powiązania. Jest nim model przedstawiony, w wielkim uproszczeniu, na rys. 1. Starą trajektorię rozwoju odwzorowuje się w modelu za pomocą dobowego profilu KSE, a nową w postaci energetyki prosumenckiej, z wykorzystaniem jej segmentacji (segmenty: PME, PISE oraz AG). Do opisu powiązań trajektorii (starej i nowej) w modelu proponuje się wykorzystanie języka sterowania (technicznego) oraz zarządzania (biznesowego), Raport [4]. Oczywiście, indywidualne instalacje (PME), lokalne sieci (PISE), przemysłowe systemy energetyczne (AG) traktuje się w modelu jako obiekty sterowania i zarządzania. Są to zatem, w przyjętej konwencji (teorii sterowania), obiekty reprezentujące gospodarkę energetyczną każdego indywidualnego prosumenta, na którą składają się procesy techniczne i biznesowe.



Rys. 1. Profil KSE i sygnał sterowniczy „sprzężony” z profilem, wysyłany w sposób ciągły w obszar energetyki prosumenckiej (PE). PME – prosumenckie (budynkowe) mikroinstalacje energetyczne, PISE – prosumenckie (lokalne: samorządowe, spółdzielcze, wspólnotowe) inteligentne sieci energetyczne, AG – autogeneracja (u przedsiębiorców, w przemyśle), opracowanie własne, Raport [4]

Należy przyjąć, że ceny – cena z rynku bilansującego (wytwarzana przez operatora OSP), sprzężona z profilem KSE, rys. 2(a), a także ceny giełdowe (RDN – rynek dnia następnego, RDB – rynek dnia bieżącego) – będą się przekładać na taryfy dynamiczne, zwłaszcza u operatorów OHT (reprezentujących niezależnych inwestorów (NI)). Taryfy dynamiczne będą z kolei służyć w segmencie odbiorców TPA, a przede wszystkim w segmencie prosumenckim, do szybkiej zmiany zachowania, jednych (odbiorcy TPA) i drugich (prosumenci), w zakresie użytkowania energii elektrycznej.



Rys. 2. Porównanie profili obciążenia KSE (strona internetowa OSP – PSE) i Warszawy (strona internetowa OSD – RWE Stoen Operator) w czasie 20. stopnia zasilania, ogłoszonego przez PSE 10 sierpnia 2015 r.

W (długotrwałym) procesie rozwoju rynku IREE oraz energetycznej autonomizacji Warszawy (i ogólnie prosumentów) będzie rosła rola profili na coraz „niższych” poziomach. Na rysunku 2(b) przedstawiono dostępny już publicznie profil korporacyjnego operatora OSD (RWE Stoen Operator), będący zarazem profilem zapotrzebowania Warszawy. Jest widoczna wyraźna różnica tych profili. Na przykład stosunek minimalnego obciążenia dobowego (nocnego) do dobowego obciążenia szczytowego (w lecie jest to szczyt przedpołudniowy) w wypadku

Warszawy jest zdecydowanie niższy niż w wypadku KSE (0,56 vs 0,68). Taka różnica profili pociąga oczywiście za sobą różnicę taryf dynamicznych, i różnicę zachowania prosumentów.

Potencjał poszczególnych segmentów EP do reagowania na przyszłe taryfy dynamiczne, a obecnie do świadczenia usług systemowych, jest bardzo zróżnicowany. Na razie największy jest niewątpliwie w wypadku segmentu prosumenckiego AG. Trzeba przy tym uwzględnić, że sytuacja będzie się szybko zmieniać. Mianowicie, w miarę zagęszczania impulsowania (próbkiowania) sygnału, którym jest np. cena giełdowa energii elektrycznej (czyli w miarę skracania czasów transakcyjnych), rynek usług systemowych przekształca się w rynek energii elektrycznej.

To właśnie w takim procesie będzie powstawać taryfa dynamiczna (na rynku energii). Z tym jest związane ogólne zmniejszanie się potencjału (ułamnego) rynku tradycyjnych usług systemowych. Z drugiej strony, nie wiadomo jeszcze jakie inne usługi użyteczne dla KSE, poza wytworzonymi dotychczas, w jego historycznym procesie rozwoju, wytworzą się w procesie rozwoju energetyki prosumenckiej i taryfy dynamicznej. Wiadomo jednak, że szczególnie wpływ na przyszłe zmiany jakościowe będzie miał Internet rzeczy (IoT).

Część 3. CENY W ENERGETYCE PROSUMENCKIEJ vs CENY W ENERGETYCE WEK

Na rynku energii elektrycznej, na razie najbardziej ułomnym wśród rynków energetycznych (obok rynku gazu ziemnego), dokonują się historyczne zmiany. Ceny na rynku hurtowym gwałtownie spadają. Z tego punktu widzenia ciekawe jest porównanie „bieżących” (2015) cen w Polsce z cenami w regionie. Przedstawia się ono następująco: Polska – 160 PLN/MWh, Czechy – 131 PLN/MWh, Niemcy – 130 PLN/MWh, Dania – 96 PLN/MWh, Szwecja – 85 PLN/MWh, Finlandia – 150 PLN/MWh. Widać, że polityka energetyczna, polegająca w ostatnich 15 latach na recentralizacji elektroenergetyki, czyli na przywracaniu po reformie liberalizacyjno-decentralizacyjnej 1990-1995 przestarzałego (nieefektywnego) modelu biznesowego, nie uchroniła kraju od wysokich cen, ale przeciwnie – spowodowała trwałą utratę konkurencyjności polskiej elektroenergetyki.

Mianowicie, z wymienionymi cenami trzeba, w wypadku Polski, porównać ceny z analiz inwestycyjnych dotyczących wielkich (bardzo wielkich) bloków węglowych i jądrowych. Otóż ceny te wynoszą nie mniej niż 300 PLN/MWh w wypadku bloków węglowych oraz 500 PLN w wypadku bloków jądrowych (bloki stanowiące w projekcie Polityki Energetycznej Polski do 2050 r. fundament inwestycyjny). Z punktu widzenia prosumentów (*on grid* oraz *semi off grid*), którzy będą podejmować decyzje na podstawie analizy konkurencyjności własnych źródeł OZE względem cen dostawy energii elektrycznej z rynku WEK (z uwzględnieniem części opłaty przesyłowej) podane ceny trzeba zwiększyć jeszcze o opłatę przesyłową wynoszącą co najmniej 150 PLN/MWh (prosumenci przemysłowi) do 200 PLN/MWh (ludność). Czyli prosumenci w najbardziej optymistycznym wariantcie muszą się liczyć w długim horyzoncie czasowym z cenami na rynku energetyki WEK (stałymi, bez VAT, poziom 2015) w przedziale 500-650 PLN/MWh.

Dobłą podstawą do porównania tych cen z cenami ze źródeł OZE są w przypadku Polski ceny referencyjne według projektu (z 29 lipca 2015 r.) Rozporządzenia Ministra Gospodarki w sprawie ceny referencyjnej w 2016 roku. Otóż ceny te dla źródeł o mocy jednostkowej poniżej 1 MW wynoszą: dla biogazu od **210 PLN/MWh** (dla biogazu ze składowisk odpadów) do 450 PLN/MWh (dla biogazowni rolniczych); dla elektrowni wiatrowych 415 PLN/MWh; dla elektrowni wodnych 445 PLN/MWh; dla źródeł PV (fotowoltaicznych) **465 PLN/MWh**. (Przedstawione porównanie cen jest ważne w kontekście perspektyw energetyki prosumenckiej, bo rozważane źródła OZE, o mocy jednostkowej do 1 MW, będą przyłączone do sieci rozdzielczych średniego napięcia, a przede wszystkim do sieci rozdzielczych niskiego

napięcia. Podkreśla się, że do takich sieci przyłączona jest dominująca część potencjalnych prosumentów).

Oczywiście, ceny z OZE będą w długim horyzoncie dalej maleć. Poniżej przedstawia się niezwykle dużą dynamikę spadku tych cen w ostatnim okresie. Jest to dynamika związana ze wzrostem poszczególnych rynków OZE, i ogólnie technologii prosumenckich. Zasadnicza trudność w analizach cenowych dotyczących energetyki prosumenckiej wiąże się przy tym ciągle z faktem, że nie są jeszcze ukształtowane łańcuchy wartości oraz instalacje realizujące te łańcuchy (łańcuchy wartości i instalacje są ze sobą powiązane w „uwikłany” sposób). Poniżej przedstawia się ceny w charakterystycznych segmentach energetyki prosumenckiej (dodatkowo dla dużych turbin wiatrowych, które są charakterystyczne dla segmentu niezależnych inwestorów w energetyce). Ze względu na zróżnicowanie technologiczne energetyki prosumenckiej sposób prezentacji cen jest bardzo eklektyczny. Podkreśla się przy tym, że o przyszłości energetyki prosumenckiej zadecydują jednak koszty całych instalacji (zintegrowanych technologii), mniejsze znaczenie mają natomiast ceny odrębnych urządzeń.

Niezależnie od trudności, jest sprawą bezdyskusyjną, że potencjał obniżki cen urządzeń (dóbr inwestycyjnych) dla energetyki prosumenckiej wynika z efektu produkcji fabrycznej i efektu wzrostu rynków. Za punkt wyjścia przedstawionej analizy przyjmuje się podobieństwo do sytuacji w elektronice. Warto w tym miejscu nawiązać do historii w przemyśle mikroprocesorowym (decyduje o tym zwłaszcza znaczenie, z punktu widzenia rozwoju energetyki prosumenckiej, takich technologii jak źródła PV i infrastruktura *smart grid* EP). W 1965 r. Gordon Moor, założyciel firmy Intel, prognozował, że złożoność obwodów scalonych w stosunku do ich ceny będzie się podwajała w kolejnych latach (w latach 1965–1975 prognoza ta praktycznie spełniła się prawie dokładnie, a istota procesu opisanego za jej pomocą w gruncie rzeczy obowiązuje nadal). Doświadczenia z przemysłu mikroprocesorowego (wzrost jego skali) można oczywiście w różny sposób, ale zawsze bardzo ostrożnie, wykorzystywać do antycypowania rozwoju poszczególnych technologii w energetyce prosumenckiej.

1. Duże turbiny wiatrowe. Zanim analizie zostanie poddany potencjał obniżki cen technologii prosumenckich w obszarach, w których główne znaczenie ma elektronika, trzeba uwzględnić, że historycznie efekt produkcji fabrycznej i wzrostu rynku wystąpił najpierw w energetyce wiatrowej – w segmencie dużych turbin wiatrowych o mocy jednostkowej 1–3 MW (stanowiących podstawę rozwoju farm wiatrowych budowanych w formule IPP, czyli przez pretendenta do rynku – inwestorów, ale nie prosumentów).

W ostatnich 40 latach duże turbiny wiatrowe taniały o 7% w wyniku każdego kolejnego podwojenia rynku; w tym okresie łączna moc zainstalowana farm wiatrowych zwiększyła się z 0,3 GW (1984) do 240 GW (2011). Tej ostatniej wartości odpowiada roczna produkcja energii elektrycznej wynosząca ponad 500 TWh, co oznacza, że jest ona około 4,5 razy większa od rocznego zużycia energii elektrycznej w Polsce. Takiej produkcji energii elektrycznej na farmach wiatrowych odpowiada, przy strukturze paliw charakterystycznej dla polskiej elektroenergetyki, redukcja emisji dwutlenku węgla o około 450 mln ton, przy emisji CO₂ związanej z produkcją energii elektrycznej w Polsce wynoszącej około 120 mln ton.

2. Technologie domu pasywnego. Najsilniejszą (bilansowo) technologią przełomową w kontekście energetyki w miastach jest dom pasywny, o zużyciu ciepła na cele grzewcze wynoszącym 15 kWh/m²/rok. Wartość ta jest 20 razy mniejsza niż zapotrzebowanie budynków w Polsce oddawanych do użytkowania w okresie do końca lat siedemdziesiątych XX wieku oraz ośmiokrotnie mniejsza niż zużycie ciepła wymagane obecnie przez przepisy budowlane. Należy podkreślić, że wykorzystanie technologii domu pasywnego do głębokiej termomodernizacji istniejących zasobów budynkowych pozwala zmniejszyć zużycie ciepła na

cele grzewcze do poziomu 30–50 kWh/m²/rok. Koszt takiej termomodernizacji wynosi około 15–20% wartości budynku. Tradycyjna termomodernizacja (w zakresie obejmującym docieplenie ścian i stropów oraz wymianę okien, bez wymiany urządzeń grzewczych) w wypadku domu jednorodzinnego (kamienicy wspólnoty mieszkaniowej, bloku mieszkalnego spółdzielni mieszkaniowej) zmniejsza zużycie ciepła grzewczego o 30–50%. Koszt takiej termomodernizacji wynosi około 10% wartości rynkowej domu.

3. Ogniwa PV. W wypadku ogniw PV warto bezpośrednio nawiązać do historii w przemyśle mikroprocesorowym. Doświadczenia te (wzrost skali tego przemysłu) dadzą się łatwo przenieść na przemysł technologii elektronowych, w którym tkwi potencjał wzrostu efektywności energetycznej ogniw PV i obniżki ich cen. Doświadczenia te pozwalają w szczególności lepiej zrozumieć, dlaczego ogniwa PV taniały w ostatnich 30 latach o 22% w wyniku każdego kolejnego podwojenia rynku (wzrost łącznej mocy zainstalowanej). W rezultacie cena ogniw PV w 2010 roku wynosiła około 2,5–2,8 €/W. W horyzoncie roku 2030 antycypuje się cenę 0,7–0,9 €/W, a w horyzoncie roku 2050 – cenę 0,6 €/W.

W końcu 2011 r. na polskim rynku były już osiągalne ceny 1,5 €/W, podczas gdy ceny promocyjne na świecie – w Chinach czy USA – spadły do 1 €/W. Obniżenie cen w 2011 r. wynikało z ponad dwukrotnego wzrostu mocy zainstalowanej ogniw PV na świecie w latach 2010–2011. Wiązało się ponadto z radykalnym obniżeniem wsparcia dla tej technologii w Niemczech (obniżenie cen *feed-in tariff* energii elektrycznej z ogniw PV o około 30%).

Rozwój technologii PV, która w XXI wieku (ostatnie 15 lat) stała się głównym kierunkiem rozwojowym w światowej energetyce, pokazuje, czym jest współczesny wyścig technologiczny. W 2000 r. moc zainstalowana w energetyce PV wynosiła na świecie 1,4 GW, a inwestorzy/prosumenci płacili za ogniwa PV po 70 tys. \$/kW. Obecnie moc zainstalowana wynosi 140 GW, a inwestorzy/prosumenci płacą za ogniwa PV (łącznie z przekształtnikami energoelektronicznymi i montażem) niewiele ponad 1 tys. €/kW. Prognozy na rok 2014 mówią o dalszym wzroście mocy zainstalowanej o 50 GW. Na koniec 2014 roku moc zainstalowana osiągnęła 180 GW. Takiej wartości odpowiada roczna produkcja energii elektrycznej znacznie ponad 220 TWh, co stanowi prawie dwukrotność rocznego zużycia energii elektrycznej w Polsce. Podobnie jak to wskazano w odniesieniu do dużych turbin wiatrowych, rozwój produkcji energii elektrycznej w ogniwach PV odpowiada określonej redukcji emisji dwutlenku węgla (o ponad 200 mln ton – przy podanej już wcześniej emisji związanej z produkcją energii elektrycznej, wynoszącej w Polsce około 120 mln ton).

Wreszcie – co najważniejsze, inwestycje w energetykę PV w 2014 r. wyniosły w wymiarze wartościowym ponad 50 mld € (bardzo grube oszacowanie). Ponieważ technologie PV mają charakter rozwojowy, to związany z nimi rynek inwestycyjny, wart 50 mld €, jest bez wątpienia istotnym poligonem innowacyjności i ważnym miejscem walki o przewagę konkurencyjną (firm, państw, regionów).

4. Mikrobiogazownie. W wypadku mikrobiogazowni, z agregatem kogeneracyjnym o jednostce napędowej praktycznie takiej jak silnik samochodowy, warto z kolei odnieść się do ceny samochodu Ford T. W 1908 r. wynosiła ona 825 dolarów (taką ceną Henry Ford rzucił na kolana europejskich producentów aut), a w roku 1916 – już tylko 290 \$ (było to minimum ceny Forda T w całej jego świetnej historii). Podkreśla się, że samochód Ford T był innowacją przełomową. Prosumencki łańcuch wartości z mikrobiogazownią zdolną do pracy w trybie *semi-off grid* też jest bez wątpienia (na obszarach wiejskich w Polsce) innowacją przełomową.

5. Źródła światła LED. W wypadku oświetlenia rewolucja cenowa zapoczątkowana w Japonii trwa od 2009 r. W latach 2009–2010 ceny żarówek LED spadły w Japonii o 60%.

Konkurencja czołowych firm w technice oświetleniowej (Philips, Osram, Toshiba, Sharp i innych) spowodowała, że roczny spadek cen oświetlenia LED od 2011 r. wynosi na świecie 15–20%. Przewiduje się, że taki spadek utrzyma się do końca roku 2015 (w latach 2011–2015 ceny spadną o około 70%).

Z tak wielkimi spadkami cen wiąże się oczywiście wielkie ryzyko błędu szacowania (niedowartościowania, przewartościowania) wpływu źródeł LED na redukcję zużycia energii elektrycznej. Przykładem są tu prognozy globalnej firmy doradczej Frost & Sullivan. W sierpniu 2011 roku antycypowała ona wzrost wartościowy światowego rynku źródeł LED z 0,5 mld \$ w 2010 r. do 2 mld \$ w roku 2017. Już w grudniu 2013 r. ta sama firma przewidywała jednak, że rynek wzrośnie z 3,6 mld \$ w 2011 roku do 23 mld \$ w roku 2017.

Gdyby tę ostatnią antycypację uznać za realną, to zakładając roczny spadek cen źródeł LED wynoszący 20%, łatwo oszacować, że globalny przemysł oświetleniowy w latach 2011–2018 powiększy aż 30-krotnie swój wkład w redukcję zużycia energii elektrycznej. Byłby to wzrost ogromny, bo wkład początkowy (2011) jest w przybliżeniu następujący: redukcja mocy – 160 GW, redukcja energii elektrycznej – 250 TWh, redukcja emisji CO₂ (dla struktury mocy wytwórczych takiej jak w Polsce) – 200 mln ton (do oszacowania wkładu początkowego założono, że cena źródła LED o mocy 10 W, zastępującego tradycyjną żarówkę 100 W, wynosiła w 2011 roku około 20 dolarów).

6. Samochody elektryczne (EV). Antycypowana na lata 2013–2015 obniżka cen wyposażenia samochodu elektrycznego EV (silnik elektryczny, przekształtnik energoelektroniczny, bateria akumulatorów, klimatyzacja, przeniesienie napędu) wynosiła około 40% (już wkrótce obniżka ta będzie mogła być szczegółowo zweryfikowana). Z tym wiąże się wzrost rynku sprzedaży samochodów elektrycznych (por. tabela 7). Antycypowany łączny udział samochodów EV i hybrydowych w rynku sprzedaży w Japonii w latach 2011–2016 zwiększy się z 10% do 20%, a w 2020 roku ma wynosić już 50%. W USA i Europie udział ten w latach 2011–2016 wzrośnie praktycznie od zera do odpowiednio 10% i 5%; na świecie będzie to wzrost od 1% do 5%.

Przyszłość samochodu elektrycznego zapowiadają następujące charakterystyczne informacje. Kapitalizacja amerykańskiej firmy Tesla tylko w 2013 roku wzrosła o 350%, do poziomu około 20 mld dolarów na koniec roku. (Podkreśla się, że debiut giełdowy Tesli, który miał miejsce w połowie 2010 roku, był pierwszym na rynku motoryzacyjnym w USA od 1956 roku, a oczekiwana kapitalizacja przed debiutem wyniosła około 1 mld dolarów).

Sprzedaż samochodu Tesla w Europie rozpoczęła się w sierpniu 2013 r., a już we wrześniu udział luksusowego modelu Tesla Model S w rynku sprzedaży nowych samochodów w Norwegii wynosił 5,1%.

Podkreśla się, że Norwegia stała się w ostatnim kwartale 2013 r. najdynamiczniej rosnącym rynkiem sprzedaży samochodów EV na świecie. Oprócz luksusowej Tesli Model S, o zasięgu wynoszącym nawet ponad 300 km, bardzo szybko rośnie sprzedaż małego miejskiego samochodu Nissan Leaf. W ostatnich trzech miesiącach 2013 roku marki elektryczne – Tesla Model S oraz Nissan Leaf – miały już udział w rynku sprzedaży nowych samochodów wynoszący ponad 10%. Na koniec 2013 r. łączna liczba zarejestrowanych samochodów EV wynosiła w Norwegii 21 tys. (przyczyny należy się doszukiwać między innymi w bardzo wysokim podatku, jaki Norwegia nakłada na samochody z silnikami na paliwa ropopochodne, a także w innych udogodnieniach dla kierowców, takich jak darmowe parkingi i możliwość jazdy pasami przeznaczonymi dla autobusów).

Tab. 7. Udział samochodów EV w sprzedaży nowych samochodów, przy całkowitym rynku sprzedaży w 2013 r. wynoszącym 83 mln samochodów
(opracowanie własne, z wykorzystaniem prognoz: D. Appleyard, *Supercharging Renewables, Electric Vehicles Move into the Fast Lane*, „Renewable Energy World Magazine” 2010, Vol. 13, No. 2, s. 26–34)

Rok	USA	Japonia ¹	Niemcy	Francja	Norwegia	Europa	Świat
2000							10 tys.
2011	1%	10%				1%	1%
2013					10% ²		
2016	10%	20%	0,25 mln			5%	5%
2020		50%	1 mln	2 mln			
2030			5 mln				
2050			100% ³				

⁽¹⁾ Samochody hybrydowe i EV łącznie; ⁽²⁾ IV kwartał; ⁽³⁾ W ruchu miejskim.

W tej sytuacji nie jest zaskoczeniem, że niemiecki przemysł motoryzacyjny (fabryki: Audi, BMW, Daimler, Ford, Opel, Porsche, Volkswagen) zapowiedział w 2013 r. wypuszczenie na rynek od 14 do 16 nowych modeli samochodów elektrycznych do końca 2014 r. Należy podkreślić, że zapowiedź ta nastąpiła po sukcesie BMW i3, miejskiego samochodu EV. (O sukcesie BMW i3 świadczy to, że w roku 2014, czyli praktycznie w ciągu 12 miesięcy od prezentacji rynkowej, zostało sprzedanych 10 tys. tych samochodów; zamówienia były większe, ze względu jednak na niewystarczające moce produkcyjne część chętnych nie mogła kupić samochodu w 2014 r.).

7. Przykład instalacji prosumenckiej. Poniżej konfrontuje się cenę energii elektrycznej pozyskiwanej z reprezentatywnej budynkowej instalacji PME (dom jednorodzinny) z ceną z rynku energetyki WEK. Do porównania wybrano, w wypadku energetyki prosumenckiej, budynkowy układ hybrydowy PV-M-A obejmujący: źródło PV 3 kW (1100 €/kW) i mikrowiatrak 2,5 kW (900 €/kW), wraz z baterią akumulatorów (200 €/kWh pojemności) i przekształtnikami energoelektronicznymi (250 €/kW). Czas pracy układu hybrydowego wynosi około 25 lat, produkcja energii elektrycznej w okresie całego życia układu – 140 MWh. Nakład inwestycyjny prosumenta (w całym okresie życia układu), obejmujący mikrowiatrak i źródło PV (22,5 tys. PLN), akumulator i przekształtniki (22,5 tys. PLN) daje sumę 45 tys. złotych. Zestawić ze sobą należy zatem wartość 0,3 PLN/kWh w wypadku mikroinstalacji prosumenckiej z wartością 0,7 PLN/kWh, gdy energia jest nabywana od sprzedawcy z urzędu. (Przedstawione oszacowanie jest skrajnie uproszczone i wymaga pogłębionej weryfikacji. Z drugiej strony pokazuje ono, że bezwzględnie konieczna jest już zmiana modeli ekonomicznych do oceny porównawczej efektywności inwestycji w energetyce WEK i w energetyce EP).

8. Problem usług regulacyjnych i bilansujących w ujęciu jakościowym. Na zakończenie Ponadto, w porównaniu należy uwzględnić (oprócz cen wytwarzania i opłaty przesyłowej) koszt usług systemowych (regulacyjnych, bilansowania, a przede wszystkim rezerw mocy wymaganych na wypadek awaryjnego wyłączenia wielkiego bloku węglowego, lub jeszcze znacznie większego bloku jądrowego, albo nawet całych elektrowni). Koszt ten (rezerw mocy) jest oczywiście nieporównanie wyższy w przypadku elektrowni węglowych i jądrowych, w porównaniu ze źródłami OZE, chociaż na razie trudny do oszacowania (zarówno w przypadku elektrowni węglowych i jądrowych, jak również w wypadku źródeł

OZE). Przy tym w wypadku źródeł OZE będzie on bardzo szybko malał. Na przykład źródła biogazowe, a częściowo również wodne, już obecnie mogą być źródłami regulacyjnymi i bilansowymi, czyli nie tylko nie będą wymagać dodatkowych zasobów regulacyjnych, ale same mogą być źródłem takich usług!!!

Zakończenie. PROPOZYCJA PROGRAMU ROZWOJOWEGO DOTYCZĄCEGO PRZEBUDOWY ENERGETYKI W MIASTACH I INNE

W ramach pracy nad referatem/Raportem autor rozeznął warszawskie działania na rzecz przebudowy energetyczno-środowiskowej miasta, w tym zmiany stylu życia mieszkańców. Spektakularnym przykładem jest program pn. Warszawski Rower Publiczny „Veturilo” zapoczątkowany w sierpniu 2012 r. (w połowie 2015 r. program osiągnął następujący stan: 430 km tras rowerowych, 197 stacji/parkingów, 3 tys. rowerów, 5,2 mln wypożyczeń, 340 tys. użytkowników). W ślad za programem rowerowym postępują prace nad wprowadzeniem do Warszawy systemów *car sharing* (uwzględniających zarówno samochody tradycyjne, z silnikami spalinowymi, jak i samochody elektryczne). Innym zrealizowanym już przykładem, poza programem rowerowym, są inwestycje proekologiczne w okresie 2010-2015 (wartość inwestycji około 90 mln PLN), skoncentrowane na przebudowie taboru autobusowego w kierunku elektrycznego i na paliwo gazowe LNG (8 hybrydowych i 10 elektrycznych autobusów Solaris, 35 autobusów Solbus zasilanych gazem LNG; łączne nakłady inwestycyjne, z infrastrukturą towarzyszącą, około 76 mln. PLN). Jeszcze inny przykład, to prace nad założeniami polityki energetycznej, zgodnie z którymi zużycie energii zmniejszy się w Warszawie do 2020 r. o około 20% w stosunku do 2007 r.

W wyniku pracy nad referatem/Raportem autor czuje się uprawniony do wielu wniosków. Wybrane z nich, charakterystyczne, są następujące:

1. Potencjał obniżki emisji niskich w miastach (a także wpływu miast na bilans emisji CO₂) jest nierozzerwalnie związany z istniejącą już możliwością radykalnej przebudowy gospodarki energetycznej miast. W Raporcie [6] przedstawiona została propozycja krajowego programu rozwojowy, jednego z sześciu, dotyczącego energetyki (prosumenckiej) w miastach (z wyłączeniem „wielkiego przemysłu”) – obecnie około 35% krajowego zużycia energii elektrycznej, około 70% zużycia ciepła, około 70% zużycia paliw transportowych (w przywołanym Raporcie program ten jest zaprezentowany pod nazwą **Program IV(M), rozwojowy**). Program obejmuje trzy kierunki działań: rewitalizację zasobów budynkowych za pomocą technologii domu pasywnego (trzeciej generacji), rozwój OZE oraz rozwój systemów *car sharing* i infrastruktury transportu elektrycznego. Główny potencjał ekonomiczny jest związany przy tym z dwoma działaniami: pierwszym i trzecim. Wykorzystanie potencjału techniczno-ekonomicznego w horyzoncie 2050 w *Programie IV* oznacza w miastach w tendencji nawet 5-krotną redukcję ciepła grzewczego w zasobach budynkowych oraz 3-krotną redukcję paliw transportowych. Jednocześnie oznacza zrównoważenie produkcji w źródłach OZE – głównie słonecznych, PV i hybrydowych – z następującymi potrzebami: 1° - ze wzrostem zużycia energii elektrycznej jako energii napędowej dla pomp ciepła produkujących ciepło grzewcze i ciepłą wodę użytkową, 2° - ze wzrostem zużycia energii elektrycznej wynikającym z rozwoju transportu elektrycznego oraz 3° - z produkcją ciepła grzewczego, realizowaną poza segmentem pomp ciepła, w źródłach słonecznych hybrydowych i kolektorach słonecznych.

2. Możliwość osiągnięcia efektów zasygnalizowanych w p. 1 potwierdzają rozważania (bardziej na razie jakościowe niż ilościowe) w referacie. Potwierdza to także rosnąca liczba miast na świecie ogłaszających swoje Mapy Drogowe w tym zakresie (w europejskich stolicach najbardziej radykalną Mapę dotychczas ogłosiła Kopenhaga, Raport [5]). Wreszcie potwierdzeniem są wyniki uzyskane w Raporcie [5] dla Bielska-Białej.

- 3.** Radykalna przebudowa energetyki w miastach wymaga oczywiście nowych rozwiązań na rynku energetycznym, szczególnie na rynku energii elektrycznej, znacznie bardziej prokonkurencyjnych od obecnych rynków produktowych. Pewną propozycją w tym zakresie jest MIREE (model interaktywnego rynku energii elektrycznej), Raport [7]. W modelu tym wskazuje się na trzy segmenty podmiotowe rynku. Są to segmenty w postaci energetyki WEK (wielkoskalowa energetyka korporacyjna), energetyki NI (niezależni inwestorzy) oraz energetyki EP (energetyka prosumencka). W zakresie przedmiotowym model MIREE jest ukierunkowany na autonomizację, czyli na infrastrukturę/mikroinfrastrukturę prosumencką typu *off grid* oraz na wirtualne wyspy zarządzane przez operatorów OHT (operator handlowo-techniczny) reprezentujących na rynku inwestorów NI.
- 4.** Kluczowym rozwiązaniem na rynku IREE (p.3) jest taryfa dynamiczna. To rozwiązanie podnosi znaczenie publicznej dostępności operatorskich profili zapotrzebowania, nie tylko energii elektrycznej (rysunki 1 i 2), ale także ciepła oraz gazu ziemnego. Zapewnienie takiej dostępności (na różnych poziomach operatorskich) przez operatorów jest niezwykle pilne (z punktu widzenia Imperium, inwestorów NI, prosumentów, w tym instytucjonalnych).
- 5.** Dynamiczna przebudowa energetyki będzie tworzyła nowe wymagania dla systemów regulacji rynkowej (model rynkowy MIREE jest szczególnie wymagający pod tym względem). Obiecującym rozwiązaniem w tym zakresie może być system regulacji negocjacyjnych. W odniesieniu do miast system taki uznaje się za szczególnie właściwy w relacjach operatorzy – Imperium.
- 6.** W energetyce EP wielki potencjał/wagę będą miały modele referencyjne/typoszeregi (bilansów, rozwiązań, ...) dedykowane poszczególnym segmentom prosumenckim (w tym: miastom, dzielnicom miast, osiedlom, kampusom uczelnianym, ..., obiektom użyteczności publicznej, obiektom biznesowym, ..., pojedynczym budynkom, w tym domom jednorodzinny). Modele referencyjne przyczynią się do szybkiego i powszechnego (masowego) wzrostu jakości rozwiązań energetycznych.
- 7.** Przebudowa energetyki miast (i nie tylko miast) na antycypowaną tu skalę stawia wielkie wymagania w zakresie budowy nowych kompetencji. Nowe kompetencje będą musiały być powszechne (taki charakter ma energetyka EP), czyli egalitarne, w odróżnieniu od kompetencji elitarnych wymaganych dotychczas w wypadku energetyk WEK. Doświadczenia dydaktyczne autora niniejszego referatu wskazują, że młode pokolenie łatwo dostosuje się do nowych wymagań. Przykładowe studenckie Raporty [3], [8], [9], [10] są dowodem na to, że pokonanie luki kompetencyjnej, która wytworzyła się w Polsce na skutek petryfikacji energetyki WEK w ostatnich 15 latach, od zapoczątkowania recentralizacji elektroenergetyki w 2000 roku poprzez utworzenie PKE (Południowy Koncern Energetyczny), jest możliwe.

Wykaz źródeł

- [1] Popczyk J. [Energetyka prosumencka. Od sojuszu polityczno-korporacyjnego do energetyki prosumenckiej w prosumenckim społeczeństwie](http://www.klaster3x20.pl). www.klaster3x20.pl, podstrona CEP (Centrum Energetyki Prosumenckiej Politechniki Śląskiej), BŻEP (Biblioteka Źródłowa Energetyki Prosumenckiej).
- [2] Popczyk J. [E10 - energetyka w kluczowych/charakterystycznych krajach \(regionach świata\)](http://www.klaster3x20.pl). www.klaster3x20.pl CEP, BŻEP.
- [3] Popczyk J. [Doktryna energetyczna](http://www.klaster3x20.pl). www.klaster3x20.pl. CEP, BŻEP.

- [4] Popczyk J. [Referencyjny bilans zasobów na polskim rynku energii elektrycznej. Model interakcji EP i WEK \(w kontekście zarządzania i sterowania\) w ramach II trajektorii rozwoju.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.
- [5] Kordas Ł. [Referencyjny bilans energetyczny 2050 miasta 100-500 tys. mieszkańców. Case-study Bielsko-Biala.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.
- [6] Popczyk J. [Trendy rozwoju gospodarki energetycznej w Warszawie.](#) VI Forum operatorów systemów i odbiorców energii i paliw. Warszawa 2009.
- [7] Popczyk J. [Model interaktywnego rynku energii elektrycznej. Od modelu WEK-NI-EP do modelu EP-NI-WEK.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP. www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.
- [8] Fidewicz Sz. [Wykorzystanie ciepła odpadowego w domu jednorodzinnym.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.
- [9] Lasek P. [Aspekt ekonomiczny wykorzystania samochodów elektrycznych i hybrydowych jako magazynów energii w systemie elektroenergetycznym.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.
- [10] Wicher R. [Biogazownie rolnicze jako źródła pracujące w trybie semi off grid.](#) www.klaster3x20.pl, CEP, BŻEP.

Datowanie RAPORTU (wersja oryginalna) - 09.11.2015 r.