Ekspertyza

Analiza potencjału DSM/DSR odbiorców końcowych energii elektrycznej

AUTOR:
dr inż. Robert Jędrychowski
Katedra Elektroenergetyki
Politechnika Lubelska

Wrzesień, 2020 r.

Spis treści

1 Wstęp 3

2 Ogólne informacje dotyczące sterowania popytem na energię elektryczną 4

2.1 Charakterystyka i założenia mechanizmów DSM (Demand Side Management) i DSR (Demand Side Response) 5

2.2 Stosowane zachęty oraz mechanizmy sterowania popytem na energię elektryczną dla odbiorców końcowych 9

2.2.1 Usługi DSR 9

2.2.2 Taryfy elektryczne 10

2.2.3 Działania edukacyjne 12

2.2.4 Działania techniczne, sterowanie obciążeniem 13

3 Analiza na przykładzie dzielnicy Wieniawa w Lublinie 16

3.1 Wpływ zwyczajów odbiorców końcowych oraz użytkowanych rodzajów urządzeń elektrycznych na kształtowanie dobowego profilu zużycia energii elektrycznej oraz szczytu popołudniowego 16

3.2 Metody zarządzania energią stosowane przez odbiorców końcowych wraz z oceną ich efektywności 18

3.3 Możliwości zmian w stosowanych mechanizmach DSM mogących wpłynąć na poprawę efektywności zużycia energii elektrycznej 20

3.4 Możliwości zastosowania mechanizmów DSR w celu zmiany zwyczajów odbiorców końcowych oraz redukcję szczytu popołudniowego 22

4 Rekomendacje w zakresie działań oraz zmiany mogących wpłynąć pozytywnie na redukcję zużycia energii elektrycznej oraz przeniesienie obciążenia ze szczytu popołudniowego na dolinę nocną 24

5 Literatura 26

1 Wstęp

Rozwój świadomości ekologicznej społeczeństwa sprawia, że poszukiwane są nowe rozwiązania techniczne, ekonomiczne i społeczne przyczyniające się do zmniejszenia wpływu działalności człowieka na środowisko naturalne, w którym żyje. Znaczący udział w tych działaniach ma ograniczenie zużycia energii przez człowieka, co bezpośrednio przyczynia się do zmniejszenia zużycia paliw kopalnych oraz zmniejszenia emisji CO_2.

Ograniczenie zużycia energii wytwarzanej z paliw kopalnych dotyczy również ograniczenia zużycia energii elektrycznej. Można tego dokonać poprzez podniesienie efektywności jej wytwarzania, ograniczenia strat w jej przesyle oraz ograniczenie jej zużycia przez odbiorców końcowych. Istotne znaczenie w tym procesie ma również pojawienie się generacji rozproszonej, wśród której dominują źródła odnawialne. Przyczynia się to do zmiany zachowań wszystkich podmiotów tworzących system elektroenergetyczny oraz korzystających z niego konsumentów.

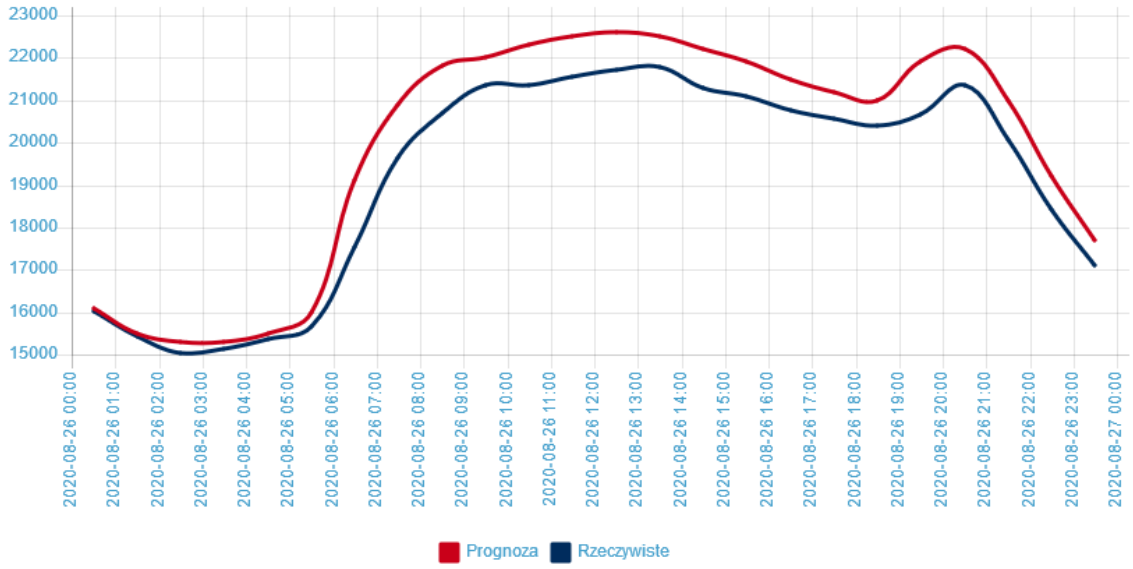
Wśród czynników wpływających na efektywne wykorzystanie energii elektrycznej przez odbiorców końcowych możemy wyróżnić czynniki techniczne, ekonomiczne i społeczne. Wszystkie one są ze sobą wzajemnie powiązane. W celu aktywnego wpływania na zachowanie odbiorców końcowych zostały zdefiniowane dwa mechanizmy o charakterze ekonomiczno-społecznym określane jako DSM (Demand Side Management) oraz DSR (Damand Side Response). Ich możliwe zastosowanie w praktyce oraz efekty, jakie mogłyby przynieść oba mechanizmy zostały opisane i przeanalizowane na przykładzie jednej z dzielnic miasta Lublin.

Jako przykładowa dzielnica została wybrana Wieniawa, dzielnica Lublina o bogatych tradycjach historycznych, ale co ważniejsze dzielnica bardzo zróżnicowana urbanistycznie i społecznie. Jest to zarówno dzielnica mieszkalna jak i usługowa. Znajdują się na jej obszarze osiedla mieszkaniowe wybudowane w różnych okresach, o różnej zabudowie. Są tu również dwa uniwersytety z miasteczkiem akademickim oraz wiele szkół. W dzielnicy tej znajdują się budynki biurowe Urzędu Miasta Lublin oraz Urzędu Wojewódzkiego. To sprawia, że mamy do czynienia z odbiorcami końcowymi energii elektrycznej o różnych modelach zachowania. Dlatego też, należy rozpatrywać podatność oddziaływania na mechanizmy DSM i DSR w zależności od przypisania odbiorców końcowych do grupy zależnej od sposobu wykorzystywania energii elektrycznej.

Ekspertyza została opracowana na potrzeby Gminy Lublin w ramach projektu AREA21 – Inteligentne Miasta Regionu Morza Bałtyckiego w XXI w.

2 Ogólne informacje dotyczące sterowania popytem na energię elektryczną

System elektroenergetyczny (SEE) jest strukturą dynamiczną wymagającą ciągłego monitorowania w celu zagwarantowania jego stabilnej pracy. Jednym z najważniejszych zagadnień związanych z pracą SEE jest zapewnienie równowagi w bilansie energetycznym. Równowaga ta polega na zrównoważeniu ilości energii generowanej oraz odbieranej z systemu. W uproszczeniu możemy napisać, że ilość energii wyprodukowanej w danej chwili musi być równa energii odebranej oraz stratom występującym podczas jej przesyłania. Nie zachowanie tego bilansu prowadzi do utraty stabilności i jest przyczyną poważnych awarii systemowych.

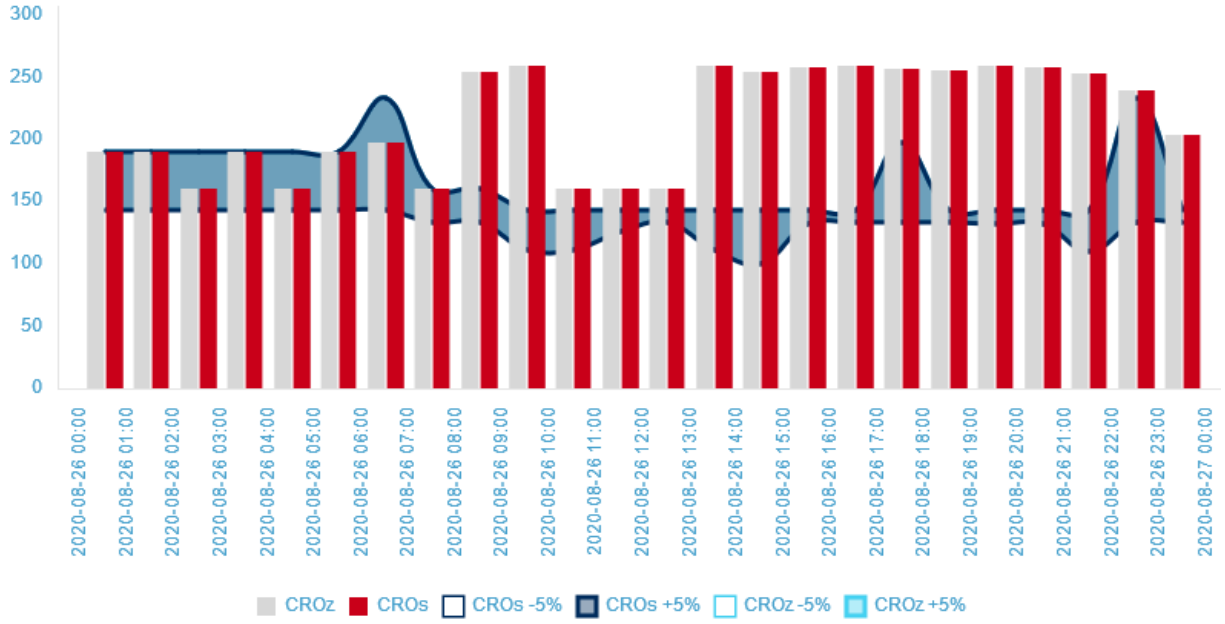


Rysunek 1. Prognozowane i rzeczywiste zapotrzebowanie na moc w dniu 26 sierpnia 2020 r [1]

Problem polega również na tym, że zapotrzebowanie na energię elektryczną zmienia się w trakcie doby jak również w trakcie roku. Dodatkowo w SEE istnieją ograniczone metody gromadzenia energii. Należą do nich elektrownie szczytowo-pompowe oraz w mniejszym stopniu zasobniki energii.

Dzięki istniejącym metodom prognozowania jesteśmy w stanie przewidzieć zapotrzebowanie w kolejnych dniach. Mimo coraz doskonalszych metod prognozowania trudno uwzględnić wszystkie czynniki mogące przyczynić się do różnic między prognozą, a przebiegiem rzeczywistym. Na rysunku 1 przedstawiono prognozę oraz rzeczywiste zapotrzebowanie na energię w dniu 26 sierpnia 2020 r. Dodatkowo prognozy te muszą uwzględniać pracę źródeł OZE oraz innych małych jednostek generacji rozproszonej (DER).

Różnica w zapotrzebowaniu na energię przyczynia się również do zmiany ceny energii w trakcie doby. Wynika to z różnych kosztów wytwarzania energii w poszczególnych jednostkach wytwórczych, których pracę wykorzystuje się do pokrycia zapotrzebowania.



Rysunek 2 Zróżnicowanie cen zakupu i sprzedaży energii oraz jej niezbilansowanie w dniu 26 sierpnia 2020 r [1]

Jak widać na rysunku 2 cena zakupu energii na rynku bilansującym w trakcie dnia podlega wahaniom. Wahania te bywają jeszcze większe w sytuacjach awaryjnych, gdy na skutek awarii wypadnie z pracy w systemie jedna lub kilka jednostek wytwórczych i występuje konieczność ich zastąpienia innymi jednostkami, często o wyższych kosztach wytwarzania lub importem energii. W takich sytuacjach cena energii elektrycznej potrafi wzrosnąć ze 160 do nawet 1700 zł/MWh.

Dlatego też w systemie elektroenergetycznym oprócz klasycznych rezerw w postaci źródeł rezerwowych np. elektrowni szczytowo-pompowych wprowadza się nowe rozwiązania, jakimi są Rynek Mocy oraz mechanizmy oddziaływania na popyt na energię po stronie odbiorców.

2.1 Charakterystyka i założenia mechanizmów DSM (Demand Side Management) i DSR (Demand Side Response)

Jednym z mechanizmów możliwych do zastosowania na szeroko rozumianym rynku energii jest **DSM (Demand Side Management)** - sterowanie stroną popytową. Jest on częścią zintegrowanego planowania zasobów energetycznych IRP (Integrated Resources Planning) [3].

Sterowanie popytem dotyczy finalnych odbiorców energii elektrycznej, a więc mechanizmów konkurencji na poziomie dostawców energii [2]. DSM polega na stosowaniu różnych mechanizmów po stronie popytu, mających obniżyć koszty zakupu energii elektrycznej, takich jak oszczędzanie energii elektrycznej, energooszczędne budownictwo, stosowanie wysokosprawnych urządzeń i maszyn elektrycznych, bezpośrednią regulację obciążenia. Działania te definiuje się, jako wpływanie przez dostawcę, przy współpracy

z odbiorcą, na poziom zużycia i sposób korzystania z energii elektrycznej. Działania popytowe zakwalifikować można do dwóch kategorii:

- efektywnego wykorzystania energii oraz jej oszczędzania.
- wpływanie na redukcje zapotrzebowania na moc w szczytach obciążenia poprzez przeniesienia zapotrzebowania w doliny obciążenia.

DSM obejmuje wiele instrumentów, w tym rozwiązania systemowe, regulacyjne oraz poszczególne narzędzia, takie jak: produkty cenowe (taryfy), systemy bodźcowe, informacyjne oraz sterowanie pracą odbiorników i urządzeń u odbiorców poprzez nowoczesne rozwiązania z zakresu informatyki i automatyki [3].

Obniżenie kosztów dostawy energii oraz ceny zakupu jest możliwe, ponieważ stosowanie rozwiązań DSM może być tańsze niż działania po stronie podażowej. Oszczędności mają dwa źródła. Po pierwsze, w wyniku kształtowania krzywej obciążenia pojawia się możliwość lepszego wykorzystania infrastruktury po stronie producentów i dostawców energii [4]. Świadczy o tym analiza danych dostępnych na stronach PSE o wykorzystaniu jednostek wytwórczych [1] oraz dostępne informacje na temat obciążenia infrastruktury stacji u Operatorów Sieci Dystrybucyjnej (OSD) [6], [7]. Zmniejszenie dysproporcji pomiędzy szczytami i dolinami obciążenia przyczynia się do efektywniejszego wykorzystania jednostek wytwórczych, można lepiej zaplanować ich pracę w pełni wykorzystując moc jednostek o największej sprawności (a co za tym idzie mniejszym koszcie wytwarzania). Można również lepiej wykorzystać istniejącą sieć dystrybucyjną unikając lub odraczając inwestycje w zwiększenie mocy poszczególnych elementów sieci OSD.

Drugim źródłem korzyści jest to, że inwestycje w opcje po stronie popytowej nie wymagają wielkich jednostkowych i skoncentrowanych nakładów, a także charakteryzują się krótkim okresem zwrotu. Przedsięwzięcia te można finansować uwzględniając spodziewane oszczędności.

Z punktu widzenia elektroenergetyki istotną zaletą programów DSM jest wprowadzanie odbiorców końcowych do aktywnego udziału w usługach regulacji popytu w celu efektywnego wykorzystania bieżących mocy generacyjnych. Ma to coraz większe znaczenie w systemie, w którym wzrasta udział źródeł rozproszonych (DER), w tym także OZE, których regulacja jest ograniczona.

Przy wykorzystaniu aktualnych rozwiązań technicznych możliwe jest aktywne sterowanie odbiorami. Sterowanie odbiorami nie tylko umożliwia wyłączenie odbiorów w szczycie obciążenia, umożliwia także wzrost obciążenia w chwili małego obciążenia bloków generacyjnych (np. przesunięcia w czasie zadań w procesach technologicznych).

Mechanizmy DSM dedykowane są dla wszystkich użytkowników końcowych energii elektrycznej, jednak zakres osiąganych korzyści oraz rodzaj mechanizmów zależny jest od mocy i energii pobieranej przez poszczególnych odbiorców. Duży odbiorca będzie miał do dyspozycji większą liczbę dostępnych mechanizmów.

W ostatnich latach w Polsce opisany został i wdrożony mechanizm oddziaływania, jakim jest **DSR (Demand Side Response)** określany jako reakcję strony popytowej. Stroną popytową są odbiorcy energii, a ich reakcją jest zmniejszenie własnego zapotrzebowania na energię elektryczną na wezwanie operatora systemu przesyłowego (OSP).

Mechanizm odpłatnego działania strony popytowej uwzględnia możliwości odbiorcy do aktywnego ograniczenia obciążenia SEE. Mechanizm ten może być stosowany, gdy po stronie odbiorcy jest możliwe:

- odłączenie mocy, które nie mają wpływu na aktywny proces produkcji,
- przesunięce poboru energii w inne pory dnia,
- zmiana momentu pracy pomocniczych elementów procesu, które nie mają bezpośredniego wpływu na produkcję,
- zbuforowane procesu produkcji - akumulacja energii w obiektach chłodniczych lub wykorzystanie zapasów magazynowych,
- wykorzystanie na własne potrzeby generacji energii elektrycznej z posiadanych źródeł wytwórczych.

DSR jest kierowany do wszystkich odbiorców przemysłowych oraz odbiorców zagregowanych w klaster wirtualny, którzy mogą przesunąć część poboru energii elektrycznej w inne pory dnia w stosunku do swojego standardowego profilu, uczestnicząc i zarabiając na bilansowaniu Krajowego Systemu Elektroenergetycznego.

PSE S.A. jako OSP realizuje obowiązki wynikające z ustawy - Prawo energetyczne m.in. w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) i bilansowania systemu elektroenergetycznego oraz zakupu usług systemowych [11]. W pracy KSE zdążają się jednak sytuacje awaryjne oraz okresowe zagrożenia mogące powodować niezbilansowanie systemu.

Ryzyko wystąpienia trudnej sytuacji bilansowej w KSE, szczególnie w godzinach szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną, jest neutralizowane przez OSP poprzez wykorzystywanie dostępnych narzędzi, jak praca interwencyjna elektrowni szczytowo-pompowych, rezerwa zimna (uruchomienia dodatkowych bloków w elektrowniach), wymiana międzynarodowa oraz DSR [9].

Aby zwiększyć efektywność wykorzystania potencjału DSR, PSE S.A. opracowały i wdrożyły nowy model interwencyjnych usług DSR, aktywizując stronę popytową i rozszerzając wachlarz uczestników. PSE S.A. oferują trzy programy w ramach usługi DSR:

1. Program Gwarantowany. Skierowany jest do odbiorców, którzy mogą zagwarantować wykonanie procesu w okresie kontraktowym poprzez zaoferowanie redukcji od 10 MW do 200 MW. Wykonawcy za zakontraktowane produkty (redukcje) otrzymują wynagrodzenie za pozostawanie w gotowości do redukcji, a także dodatkowe wynagrodzenie za obniżenie zużycia energii elektrycznej na wezwanie OSP. Jednym z warunków przystąpienia do

Programu Gwarantowanego jest oferowanie produktów dostarczanych za pomocą certyfikowanych Obiektów Redukcji (ORed).

2. Program Bieżący. Dedykowany jest dla odbiorców, którzy mogą redukować swoje zapotrzebowanie jedynie w pewnych podokresach okresu kontraktacji, zależnych od bieżących warunków ich funkcjonowania. Odbiorcom tym przysługuje wynagrodzenie za zrealizowanie redukcji i nie przysługuje wynagrodzenie za pozostawanie w gotowości do wykonania redukcji. W tym przypadku posiadanie certyfikowanych ORed wymagane jest w momencie, kiedy usługodawca będzie oferował wykonanie usługi oraz rozliczenia redukcji.
3. Program Bieżący Uproszczony (PBU). Adresowany do średnich, małych i mikroprzedsiębiorstw (granica mocy redukcji - 1 MW), zainteresowanych uzyskaniem dodatkowych przychodów z redukcji zapotrzebowania na moc, które podlegają ograniczeniom w dostarczaniu i poborze energii elektrycznej. W tym wariancie odbiorcy nie ponoszą kar w przypadku nieudanej redukcji swojego zapotrzebowania na energię w wyznaczonym przez OSP terminie. Poza uproszczeniem sposobu wyznaczania profilu bazowego w stosunku do innych programów DSR wydłużono okres od aktywacji do realizacji redukcji.

Usługi DSR świadczone są przez wykonawców w okresach kwartalnych. Wykonawcy wybierani są w postępowaniach przetargowych. Wszelkie szczegóły o prowadzonych postępowaniach dostępne są na platformie zakupowej PSE S.A. [9], [10].

Tabela 1 Cechy programów DSR w PSE S.A. [9]

Cechy Programów DSR	Program Gwarantowany	Program Bieżący	Program Bieżący Uproszczony
Opłata za gotowość	TAK	NIE	NIE
Odpowiedź na wezwanie do złożenia propozycji sprzedaży	Obowiązkowo	Dobrowolnie	Dobrowolnie
Reakcja na polecenie redukcji, o ile zaakceptowano propozycję sprzedaży	Obowiązkowo	Obowiązkowo	Dobrowolnie
Obowiązek testowania	TAK	NIE	NIE
Kary za niewykonanie redukcji	TAK	TAK	NIE

Dodatkowo określony został podmiot Agregatora, rolę agregatora mogą również pełnić OSD. Agregator jest firmą skupiającą przedsiębiorców, którzy zawarli z nim odpowiednią umowę (określanych jako obiekty redukcji - ORedy), mogących przesunąć lub zredukować część swojego zapotrzebowanie na moc, w ramach usługi DSR PBU. Agregatorzy podpisując umowę z przedsiębiorcami:

- reprezentują ich w kontaktach z PSE S.A.,
- są odpowiedzialni za złożenie oferty w postepowaniu przetargowym,
- udzielają pomocy w uzyskaniu niezbędnych certyfikatów,
- informują ich o wezwaniach do redukcji [10].

2.2 Stosowane zachęty oraz mechanizmy sterowania popytem na energię elektryczną dla odbiorców końcowych

Lista zachęt stosowanych do wpływania na użytkowników końcowych zawiera kilka charakterystycznych elementów. Warto jednak zaznaczyć, że stopień oddziaływania poszczególnych elementów na użytkownika końcowego zależy wprost proporcjonalnie od mocy i energii wykorzystywanej przez odbiorcę. Elementy oddziaływania na użytkowników końcowych energii elektrycznej można podzielić na cztery grupy [3]:

1. Psychologiczne – do tej kategorii zalicza się działania związane z szeroko rozumianą edukacją i stylem życia, tworzenia rynku potrzeb konsumenckich i marketingiem, szkolenia i doradztwo oraz audyty energetyczne.
2. Ekonomiczne – wśród bodźców ekonomicznych dominują taryfy oferowane przez sprzedawców energii, pośrednictwo finansowe, a także różne formy dofinansowania działań związanych z DSM.
3. Administracyjno-prawne – są to środki, którym mogą towarzyszyć bodźce ekonomiczne, obejmują m.in. regulację opłat za przekroczenie mocy czy moc bierną, administracyjne ograniczenie możliwości stosowania urządzeń energochłonnych oraz regulowanie warunków dostaw. Do tej grupy należą także zmiany czasu lokalnego [3], [11].
4. Techniczne – działania te polegają przede wszystkim na załączaniu i wyłączaniu części sieci elektroenergetycznej oraz na załączaniu i wyłączaniu odbiorników elektrycznych u odbiorców. Są to np. automatyki systemowe z zakresu automatyk prewencyjnych.

Inny podział wyróżnia narzędzia wykorzystywane w celu osiągniecia pewnych zachowań konsumentów. Do narzędzi pozwalających na realizację skutecznych usług DSM należą:

- DSR,
- taryfy elektryczne,
- działania edukacyjne, ekologiczno-społeczne,
- działania techniczne, doradczo-usługowe, kształtowanie struktury odbiorników energii, programy bodźcowe i marketingowe.

2.2.1 Usługi DSR

W praktyce największe znaczenie dla pracy systemu elektroenergetycznego mają rozwiązania DSR pozwalające na natychmiastową redukcję zapotrzebowanej mocy, w okresach szczytowego obciążenia systemu i najwyższych cen energii.

Jednak usługi DSR dedykowane są dla odbiorców końcowych dysponujących dużą mocą, możliwą do wyłączenia na określony czas. W przypadku nieprzemysłowych odbiorców

końcowych, w tym również odbiorców indywidualnych trudno o bezpośrednie zastosowanie tego mechanizmu. Rozwiązaniem jest jednak pewna wirtualizacja tej usługi mieszcząca się w programie bieżącym uproszczonym (PBU) oferowanym przez PSE. Instytucja agregatora pozwala na tworzenie wirtualnych mocy, które mogą być wykorzystane w DSR. Należy założyć, że rozwój tej usługi będącej tańszą alternatywą dla budowy nowych źródeł wytwórczych, przyczyni się do przyłączania przez agregatora coraz mniejszych podmiotów.

W takim przypadku w kręgu zainteresowania agregatora znajdą się tacy odbiorcy jak: urzędy administracji publicznej, średniej i małej wielkości zakłady produkcyjne i usługowe, centra obliczeniowe, uczelnie oraz podobne instytucje. Założenie to opiera się na następujących przesłankach:

- Nawet w najmniejszym przedsiębiorstwie czy urzędzie możliwe jest wydzielenie grupy odbiorników, których czasowe wyłączenie nie spowoduje zakłóceń w procesie produkcji oraz znaczącego obniżenia jakości czy komfortu pracy.
- Często w przedsiębiorstwach i urzędach znajdują się jednostki wytwórcze, których podstawowym zadaniem jest zapewnienie zasilania rezerwowego w stanach awaryjnych. Źródła te nie są wykorzystywane na co dzień, gdyż koszt wytwarzanej w nich energii jest zbyt wysoki (dla generatorów z silnikiem diesla może przekraczać 1000 zł/MWh). Jednak ich załączenie w przypadku wystąpienia zakłóceń w pracy systemu elektroenergetycznego można traktować jako równoważnik odłączenia odbiorów o tej samej mocy. W takim przypadku ważna jest bieżąca cena energii, aby proces ten był opłacalny.
- Rosnąca popularność instalacji OZE w przestrzeni miejskiej sprawia, że pojawiają się nowe źródła energii. Są to najczęściej instalacje PV. Energia w nich wytwarzana wykorzystywana jest na potrzeby własne, a jej nadmiar oddawany jest do systemu elektroenergetycznego. Wraz z rozwojem technologii zasobników energii i spadkiem ich ceny kolejnym krokiem powinno być uzupełnienie instalacji PV o takie zasobniki. Pozwoli to efektywniej sterować zużyciem tej energii w przedsiębiorstwie i wpływać na parametry elektryczne w sieci [15], [16]. Może jednak stanowić też moc oferowaną w ramach usług DSR.

2.2.2 Taryfy elektryczne

Jedną z podstawowych metod oddziaływania na odbiorców końcowych są taryfy (nazywane również produktami cenowymi) określające ceny energii elektrycznej. Konstrukcja taryf w sposób bezpośredni wpływa na proces oddziaływania na odbiorcę. Odbiorca, w rożny sposób reaguje na bodźce ekonomiczne zawarte w konstrukcji taryfy. Zła konstrukcja taryfy może powodować brak reakcji odbiorcy [17].

W procesie sterowania popytem na energię elektryczną zastosowanie znajdują także niektóre rodzaje taryf opisywane w literaturze, a w Polsce niewystępujące w praktyce [3]. Należą do nich:

- taryfy dynamiczne, określane często jako taryfy wielostrefowe (dla przykładu koncern EDF we Francji stosuje siedem stref),
- taryfy czasu rzeczywistego, wykorzystujące bieżącą cenę energii np. na giełdzie energii,
- taryfy z wyłączeniem, pozwalające na odłączenie odbiorców w sytuacjach krytycznych dla SEE.

Skuteczność tych produktów cenowych wynika z tego, że uzależniają one stawki za energię elektryczną od wysokości i dynamiki cen energii na rynku hurtowym, przez co zwiększają podatność odbiorców na sygnały cenowe. Stosowanie takich taryf zawiera w sobie bodźce, których klient końcowy stara się nie przeoczyć. Dodatkowo taryfa czasu rzeczywistego wymagałaby dostarczenia klientowi informacji o cenie bieżącej, co przy obecnych rozwiązaniach technicznych jest możliwe.

Taryfy dla odbiorców elektrycznych w Polsce kształtują się niestety mniej elastycznie. Jako przykład posłuży największy sprzedawca energii na terenie Lublina PGE Obrót S.A. oddział Rzeszów [18].

Dla klientów końcowych z grupy przedsiębiorstw i instytucji publicznych w zależności od poziomu napięcia, mocy oraz czasu trwania usługi stosowane są taryfy A, B, C i R. W taryfach tych pierwsza cyfra oznacza wielkość mocy (cyfra 1 – moc nie większa od 40 kW, 2 – większa).

Z punktu widzenia DSM istotniejszy jest podział na strefy czasowe stosowane dla poszczególnych taryf. Oznaczone są one drugą cyfrą, której wartość oznacza taryfę:

- 1: jednostrefowa,
- 2: dwustrefowa,
- 3: trójstrefowa,
- 4: czterostrefowa.

Dodatkowo dla grup taryfowych C wprowadzono po drugiej cyfrze (przyjmującej wartość 2) litery oznaczające rozliczenia w strefach:

- a: szczytowej i pozaszczytowej,
- b: dziennej i nocnej,
- w: dziennej i nocnej, wydłużonej o soboty i niedziele,
- o: całodobowej lub dziennej i nocnej,
- p: litera p występuje na końcu oznaczenia grupy taryfowej, dotyczy klientów, u których zainstalowano liczniki przedpłatowe,
- n: dziennej i nocnej z doliną nocną i niedzielą zaliczoną do strefy nocnej.

Widać wyraźnie, że klient końcowy w grupie C może wybrać taryfę dwustrefowa o różnym umiejscowieniu stref w trakcie doby jak również zależnie od dnia tygodnia.

Podobnie wygląda sytuacja dla klientów indywidualnych w taryfie G. Klient ma do wyboru następujące warianty taryfy:

- G11 – taryfa jednostrefowa z jedną stawką za energię elektryczną. Taryfa dedykowana jest dla klientów korzystających z energii elektrycznej głównie w dzień i niekorzystających z energii elektrycznej do celów grzewczych.
- G12 – podział na dwie strefy czasowe z różną ceną. Strefa nocna przypada pomiędzy godzinami 13 – 15 oraz 22 – 6. Taryfa ta dedykowana jest dla osób korzystających np. z ogrzewania elektrycznego.
- G12w – jest rozszerzeniem poprzedniej taryfy o sobotę i niedzielę w strefie nocnej (tańszej). Taryfa jest ciekawą opcją dla klientów wykorzystujących weekend na intensywne prace domowe wymagające zwiększonego zużycia energii.
- G12n – niższa cena energii występuje od 1 do 5 oraz w niedzielę.

Przedstawione taryfy dają klientowi teoretycznie możliwość wyboru opcji dla niego najkorzystniejszej, jednak nie zawsze decyzja taka jest prosta. W jej podjęciu powinna pomóc znajomość profilu obciążenia pojedynczego odbiorcy.

2.2.3 Działania edukacyjne

Świadome korzystanie użytkowników końcowych z energii elektrycznej pozwala na zwiększenie zdolności oddziaływania bodźców na podejmowane przez nich decyzje [17]. W tym celu należy stale prowadzić działania z zakresu edukacji technicznej, społecznej, ekonomicznej i ekologicznej gdyż nowe technologie wymagają ich stałego przybliżania konsumentowi w celu ich przyswojenia. Należy prezentować korzyści, jakie niosą w różnych dziedzinach życia oraz również zagrożenia, jeśli występują. Działania edukacyjne w poszczególnych obszarach można przedstawić następująco:

1. Technologia – Wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych wymaga zdobycia akceptacji dla nich przez potencjalnych klientów oraz pokazania korzyści jakie może przynieść ich stosowanie. Nowości techniczne łatwiej przyjmowane są przez ludzi młodych, a z większym dystansem podchodzą do nich ludzie starsi. Warto jednak tłumaczyć jak działa np. technologia LED w oświetleniu lub dlaczego lodówka w wyższej klasie energochłonności zużywa mniej energii. Tym więcej czasu trzeba poświęcić na wytłumaczenie, czym jest Smart Home, Internet Rzeczy itp. tak, aby klient zaakceptował i zrozumiał sposób działania danej technologii i korzyści jakie ona niesie w zakresie oszczędzania energii.
2. Społeczeństwo – Pojawienie się nowych rozwiązań technologicznych daje nam szereg nowych możliwości realizacji naszych potrzeb społecznych. Możliwość zaprogramowania pralki na określoną godzinę, nagrania ulubionego programu TV

na dekoderze. Sprawia, że kształtujemy nowe nawyki mogące przyczynić się do elastycznego dostosowania się przy np. zmianie taryfy za energię. Również w przestrzeni publicznej nie dziwią nas elementy automatycznego sterowania oświetleniem czy klimatyzacją. Edukacja powinna sprawić to, że jako społeczność w domu, na osiedlu czy we wspólnocie mieszkaniowej dostrzeżemy potrzebę wspólnych działań pozwalających zmniejszyć zużycie energii.

3. Ekonomia – Edukacja powinna uzmysławiać również, że ograniczenie zużycia energii daje wymierne korzyści finansowe odbiorcy. Dodatkowo odbiorca powinien mieć świadomość, że ograniczenie zużycia energii w określonym czasie przynosi również korzyści ekonomiczne i techniczne operatorowi sieci dystrybucyjnej (OSD) oraz innym podmiot odpowiadającym za wytworzenie i przesłanie energii. Świadomość ekonomiczna sprawia, że odbiorca łatwiej poddaje się bodźcom finansowym (taryfy).
4. Ekologia – Jak pokazał przykład wielu krajów europejskich świadomość ekologiczna i chęć życia w czystym środowisku może być czynnikiem dodatkowym sprzyjającym oszczędzaniu energii i poddawaniu się mechanizmom DSM. Jest to obecnie tak istotny czynnik szczególnie wśród ludzi młodych, że gotowi są oni ponieść dodatkowe koszty społeczne lub ekonomiczne. Stąd rosnąca popularność samochodów EV czy generacji ze źródeł fotowoltaicznych PV.

Wszystkie elementy edukacji są ze sobą wzajemnie powiązane, dlatego też edukację należy traktować kompleksowo.

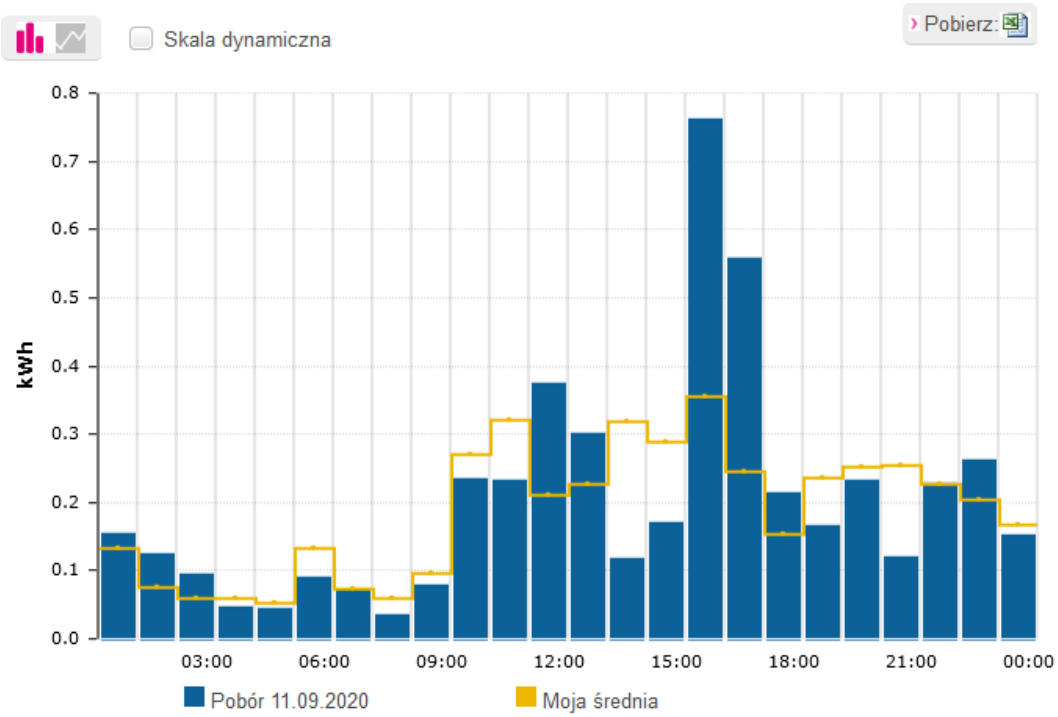
2.2.4 Działania techniczne, sterowanie obciążeniem

Rozwój automatyki sprawił, że układy sterowania występują niemal w każdej dziedzinie życia. Doprowadziło to również do rozwoju automatyki związanej z dostarczeniem energii do budynku oraz automatyki zarządzającej jej wykorzystaniem.

Do systemów automatyki bezpośrednio związanych z oddziaływaniem na popyt na energię możemy zaliczyć:

1. Automatykę systemową – przykładem może być automatyka SCO (Samoczynne Częstotliwościowe Odciążenie), która w przypadku obniżenia częstotliwości w SEE spowodowanej deficytem mocy czynnej w systemie wyłącza całe grupy odbiorców lub nawet zakłady przemysłowe. Ten rodzaj automatyki nie należy do mechanizmów DSM
2. AMI (Advanced Metering Infrastructure) – rozwój systemów pomiarowo-rozliczeniowych przyczynia się do dostarczenia coraz większej ilości informacji sprzedawcom oraz odbiorcom energii. Przykład wprowadzonych programów na terenie Polski pokazuje dalszy kierunek ich rozwoju. Dzięki wprowadzonemu systemowi AMI na terenie Wrocławia mieszkańcy tego miasta mają dostęp do

informacji o ilości zużytej przez siebie energii w danym dniu czy miesiącu. Dzięki temu mogą bardziej świadomie podejmować decyzje, co do pracy poszczególnych urządzeń oraz swych zachowań związanych z wykorzystaniem energii. Przykład dobowego wykresu obciążenia przedstawia Rysunek 3.



Rysunek 3. Obciążenie godzinowe dla mieszkania w budynku wielorodzinnym w dniu 11 września 2020 oraz porównanie do średniej z danego tygodnia. Dane z aplikacji eLicznik (Tauron S.A.)

3. Automatyka budynkowa – rozwój automatyki budynkowej i systemów zarządzania budynkiem (BMS) jest szczególnie widoczny w nowoczesnych budynkach użyteczności publicznej. Dają one możliwość sterowania oświetleniem, wentylacją i klimatyzacją oraz wybranymi odbiornikami energii elektrycznej. Dzięki zautomatyzowaniu procesu zarządzania osiągamy wymierne korzyści ekonomiczne, a system sterowania budynkiem zwraca się po kilku latach eksploatacji.
   Elementy automatyki budynkowej coraz częściej możemy spotkać również w budynkach wielorodzinnych i jednorodzinnych. Technologie obecnie stosowane tworzą tzw. Smart Home. Pozwalają one na sterowanie pracą urządzeń domowych oraz wprowadzenie pewnej automatyzacji w ich działaniu. Dostosowują się do tego również producenci RTV i AGD tworząc urządzenia wyposażone np. w łącza Ethernet czy Wi-Fi pozwalające na komunikację z nimi.
   Powiązanie automatyki budynkowej z systemem AMI powinno pozwolić w przyszłości na wprowadzenie do sterowania informacji związanych z taryfą czy bieżącą ceną energii.

4. Źródła prosumenckie – rozwój generacji rozproszonej, a szczególnie instalacji fotowoltaicznych (PV) widoczny jest również w obszarach miejskich. Instalacje takie pojawiają się nie tylko na budynkach jednorodzinnych, ale również instalowane są na budynkach wielorodzinnych zasilając obwody administracyjne. W przyszłości uzupełnione zasobnikami energii mogą stanowić istotny element wykorzystywany w sterowaniu zużyciem energii elektrycznej.

Dysponując istniejącymi technologiami, można je wykorzystać do zautomatyzowania mechanizmów DSM szczególnie w powiązaniu z informacjami AMI oraz dostępnymi odbiornikami energii podlegającym sterowaniu.

3 Analiza na przykładzie dzielnicy Wieniawa w Lublinie

Jako przykład została wybrana dzielnica Lublina o zróżnicowanej architekturze. Wieniawa to dzielnica Lublina o bogatych tradycjach historycznych, różnorodna społecznie. Jest to zarówno dzielnica mieszkalna jak i usługowa. Znajdują się na jej obszarze osiedla mieszkaniowe wybudowane w różnych okresach, o różnej zabudowie. Są tu również szpital, przychodnie, dom pomocy społecznej dwa uniwersytety z miasteczkiem akademickim oraz wiele szkół. W dzielnicy tej znajdują się budynki biurowe Urzędu Miasta Lublin oraz Urzędu Wojewódzkiego. To sprawia, że mamy do czynienia z odbiorcami końcowymi energii elektrycznej o różnych potrzebach i modelach zachowania. Dlatego też, można rozpatrywać podatność oddziaływania na mechanizmy DSM i DSR dla różnych grup końcowych użytkowników energii elektrycznej.

Podstawą analizy przeprowadzonej w tym rozdziale są informacje zawarte w Raporcie pt: "Zwyczaje korzystania z ogrzewania i prądu" [21].

Raport skupia się na odbiorcach końcowych jakimi są osoby prywatne, z niewielkim uwzględnieniem ich oczekiwań wobec wspólnot mieszkaniowych czy spółdzielni mieszkaniowych. Dlatego też dalsza część tego rozdziału poświęcona będzie takim odbiorcom energii elektrycznej.

3.1 Wpływ zwyczajów odbiorców końcowych oraz użytkowanych rodzajów urządzeń elektrycznych na kształtowanie dobowego profilu zużycia energii elektrycznej oraz szczytu popołudniowego

Wykorzystanie energii elektrycznej przez odbiorców indywidualnych będących właścicielami domów jednorodzinnych czy mieszkań zależy od kilku czynników, należą do nich: rodzaj odbiorników energii elektrycznej znajdujących się na wyposażeniu, sposób ogrzewania wody do celów użytkowych czy sposób wytwarzania ciepła.

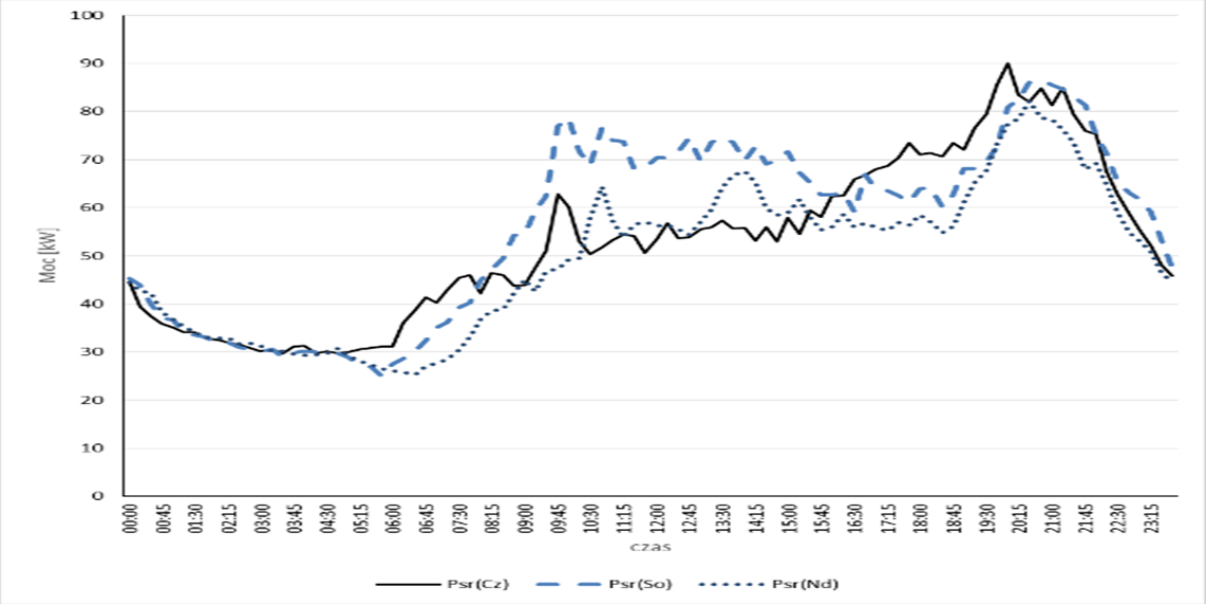
Energia elektryczna do wytwarzania ciepła wykorzystywana jest marginalnie, jak podaje Raport tylko 1% respondentów stosuje energię elektryczną do ogrzewania. Jest to najdroższa forma uzyskania ciepła, stąd zdarza się rzadko. Częściej wykorzystywana jest do okresowego dogrzewania mieszkań w okresach przejściowych, np. w dniach o niskiej temperaturze, w których nie załączono w danej spółdzielni ciepła systemowego.

Raport nie podaje informacji czy i w jakim stopniu mieszkańcy Wieniawy wykorzystują energię elektryczną do podgrzewania wody. Jeśli takie przypadki występują, to urządzenia grzewcze będą miały znaczący udział w konsumpcji energii elektrycznej. Dodać należy, że urządzenia grzewcze są najłatwiej sterowalnymi urządzeniami.

W większości przypadków wyposażenie mieszkań i domów w urządzenia AGD i RTV jest podobne, mogą się one oczywiście różnić mocą oraz wiekiem i stanem technicznym. Największą różnicę można zaobserwować w wyposażeniu kuchni. W nowych budynkach występują przeważnie kuchnie elektryczne z płytą indukcyjną, w starszych budynkach będą to kuchnie gazowe lub gazowo-elektryczne. Nie każe mieszkanie czy dom wyposażone jest

wzmywarkę do naczyń. Dodatkowym elementem wyposażenia coraz częściej pojawiającym się w domach i mieszkaniach jest klimatyzacja, raport nie podaje jednak na ten temat informacji.

Jeśli energia elektryczna nie jest wykorzystywana do ogrzewania i podgrzewania wody to jej wykorzystanie przez mieszkańców zależy od ich harmonogramu dnia. Z badań przeprowadzonych przez autora wynika, że aktywność użytkowników końcowych energii jest podobna dla różnych dzielnic miasta. Na Rysunek 4 zaprezentowane zostały przykładowe uśrednione dobowe przebiegi obciążenia dla wybranych dni tygodnia.



Rysunek 4. Obciążenie dobowe stacji SN/nN dla wybranych dni tygodnia zasilającej budynki wielorodzinne z lokalami użytkowymi

Wynika z nich, że dla większości dni tygodnia profil obciążenia jest bardzo zbliżony, aktywność mieszkańców rozpoczyna się od godziny 6, jednak wyraźny wzrost obciążenia następuje po godzinie 15, szczyt obciążenia przypada pomiędzy godziną 19 a 21. Jedynie sobota (linia niebieska przerywana) jest dniem wyróżniającym się, można w tym dniu zaobserwować większe zużycie energii już od godziny 9. Jest to prawdopodobnie związane z porządkami oraz innymi pracami odłożonymi w trakcie tygodnia na dzień wolny od pracy.

Szczyt obciążenia przypada w każdym dniu na tę samą porę, w miesiącach zimowych może rozpoczynać się nieco wcześniej, co obrazuje większy wpływ oświetlenia elektrycznego lub większą aktywność użytkowników w domu (wcześniejszy powrót do domu).

Z wykresu wynika, że odbiorcy końcowi swą największą aktywność domową wykazują w godzinach popołudniowych.

Na podstawie prezentowanego wykresu można określić uśrednione wykorzystanie energii elektrycznej na obszarze danego osiedla. Aby określić zwyczaje dla poszczególnych domów lub mieszkań należałoby posłużyć się wykresami zaprezentowanymi na Rysunek 3. Niestety na terenie Lublina nie dysponujemy jeszcze takim systemem AMI dla odbiorców z taryfą G.

3.2 Metody zarządzania energią stosowane przez odbiorców końcowych wraz z oceną ich efektywności

Z Raportu można określi, jakie metody stosują mieszkańcy w celu ograniczenia zużycia energii elektrycznej. Warto zaznaczyć, że zainteresowanie oszczędzaniem jest znacząco większe wśród osób będących właścicielami mieszkań lub domów, a małe wśród osób wynajmujących. Można przejąć, że to właściciele mieszkań powinni zadbać o stosowanie w nich urządzeń o niższym zużyciu energii. Uzasadnione jest twierdzenie, że za zużycie energii w największym stopniu odpowiadają urządzenia o największej mocy oraz urządzenia pracujące w długim okresie czasu w ciągu doby.

Z Raportu wynika, że to kobiety częściej wykonują czynności domowe wykorzystując urządzenia AGD i to one częściej mają większą świadomość, w jaki sposób oszczędzać energię.

Poniżej przedstawione zostaną sposoby oszczędzania energii ujęte w raporcie, które zostaną uzupełnione i rozszerzone o komentarz, co do ich skuteczności działania i wpływu na zużycie energii.

1. Lodówka – jest to urządzenie stale załączone, pracujące w trybie przerywanym. Ze względu na swą moc może być istotnym elementem zużycia energii elektrycznej. O mocy lodówki decyduje wielkość chłodziarki i zamrażalnika oraz klasa energetyczna. Przykład różnicy w rocznym zużyciu energii w zależności od klasy energetycznej dla lodówek tego samego producenta o zbliżonej wielkości podaje rysunek poniżej. Do metod wpływających na zmniejszenie zużycia energii przez lodówkę należą:
    a. Otwieranie lodówki i zamrażalnika tylko w razie potrzeby (98% osób widzi potrzebę takiego działania).
    b. Dbanie o regularne odmrażanie lodówki (78%).
    c. Właściwe ustawienie temperatury chłodzenia i zamrażania (np. 6 i -18 stopni) – brak w raporcie (-).
    d. Usytuowanie lodówki daleko od źródeł ciepła (-).
    e. Nie wkładanie gorących posiłków do lodówki (-).

Klasa energetyczna	A+	A++	A+++
Produkt	BOSCH KGN39VL45	BOSCH KGN39XL35	BOSCH KGN39VL45
Pojemność chłodziarki	257	279	279
Pojemność zamrażarki	94	87	87
Roczne zużycie energii [kWh]	292	273	182

Rysunek 5. Porównanie zużycia energii elektrycznej dla lodówek w różnych klasach energetycznych [22]

2. Pralka i zmywarka – są to urządzenia o znacznej mocy i podobnym trybie pracy. Najwięcej energii wykorzystują na podgrzanie wody. Ilość energii zużywanej przez te urządzenia w jednym cyklu zależy od wielkości i klasy energetycznej urządzenia

oraz wybranego programu. W związku z tym działania oszczędzające w nich energię są zbliżone do siebie. Należą do nich:

a. Pranie przy pełnej pralce (79%).
b. Zmywanie z pełnym wsadem (-).
c. Używanie programu ekonomicznego w zmywarce lub pralce (69%)
d. Obniżenie temperatury prania i zmywania (-).
e. Programowania urządzeń tak, aby działały w strefach taryfy o mniejszej cenie energii (-).

3. Oświetlenie – od ponad 20 lat następuje systematyczna zmiana stosowanych w domach i mieszkaniach źródeł światła. Tradycyjne żarówki początkowo zastępowane były przez żarówki halogenowe, świetlówki kompaktowe, a obecnie przez LEDy. Spowodowało to znaczące (ponad pięciokrotne) obniżenie mocy zainstalowanej dla pojedynczego punktu oświetleniowego. Warto zaznaczyć, że przeciętne mieszkanie zazwyczaj jest niedoświetlone, tzn. natężenie oświetlenia jest mniejsze niż np. dla pomieszczeń biurowych. Warto pamiętać, że poszukując oszczędności nie możemy pogorszyć warunków oświetleniowych, co mogłoby się odbić na jakości pracy wzrokowej i w dłuższym czasie prowadzić do pogorszenia stanu wzroku mieszkańców. Do działań zmniejszających zużycie energii należą:
   a. Wymiana żarówek na źródła energooszczędne (90%).
   b. Używanie jak najdłużej światła dziennego (91%).
   c. Używanie oświetlenia punktowego zamiast sufitowego (69%) – ten sposób budzi wątpliwości autora ekspertyzy, gdyż może prowadzić do pogorszenia jakości oświetlenia.
4. Kuchnia elektryczna i gotowanie – coraz częściej kuchnia elektryczna staje się wyposażeniem domu. Jej umiejętne wykorzystanie może przyczynić się do obniżenia zużycia energii, są to dobrze znane metody, do których należą:
   a. Gotowanie pod przykryciem (90%).
   b. Używanie szybkowaru (14%).
   c. Używanie czajnika tradycyjnego, a nie elektrycznego (72%).
5. Sprzęt RTV i komputery – sprzęt komputerowy oraz RTV stanowi istotne wyposażenie domu, które również pozwala na obniżenie zużycia energii. Nie wszystkie jednak działania przynoszą znaczące oszczędności. Zmiana telewizora z kineskopem na telewizor LED to znaczne zmniejszenie mocy, podobnie może być z wymianą starych monitorów kineskopowych. Ważne są również inne proste czynności, do których należą:
   a. Wprowadzanie komputera w stan uśpienia/hibernacji (55%), w tym wypadku warto rozważyć tryb automatycznego przejścia szczególnie dla komputerów, i konsol dla gier.

b. Wyłączanie z kontaktu sprzętów elektronicznych, jeśli się ich nie używa (78%), to działanie ma minimalne znaczenie dla bilansu zużycia energii.

Oprócz działań codziennych, które podejmują mieszkańcy bardzo ważne są działania o charakterze długofalowym, należą do nich:

1. Wymiana sprzętów domowych na energooszczędne (75%). Działanie to przewijało się niemal przy każdej grupie odbiorników. Warto pamiętać o dwóch zasadach:
   a. Im większa jest moc urządzenia tym ważniejsze jest by należało ono do wyższej klasy energochłonności.
   b. Im częściej korzystamy z urządzenia tym ważniejsze jest by należało ono do wyższej klasy energochłonności, np. pralka używana przez rodzinę czteroosobową częściej jest włączana i oszczędności będą większe niż w przypadku pralki wykorzystywanej przez jedną osobę.
2. Zmiana dostawcy energii na tańszego lub negocjowanie umowy (24%), ta opcja powinna być przeprowadzona po analizie wszystkich warunków nowej umowy.

3.3 Możliwości zmian w stosowanych mechanizmach DSM mogących wpłynąć na poprawę efektywności zużycia energii elektrycznej

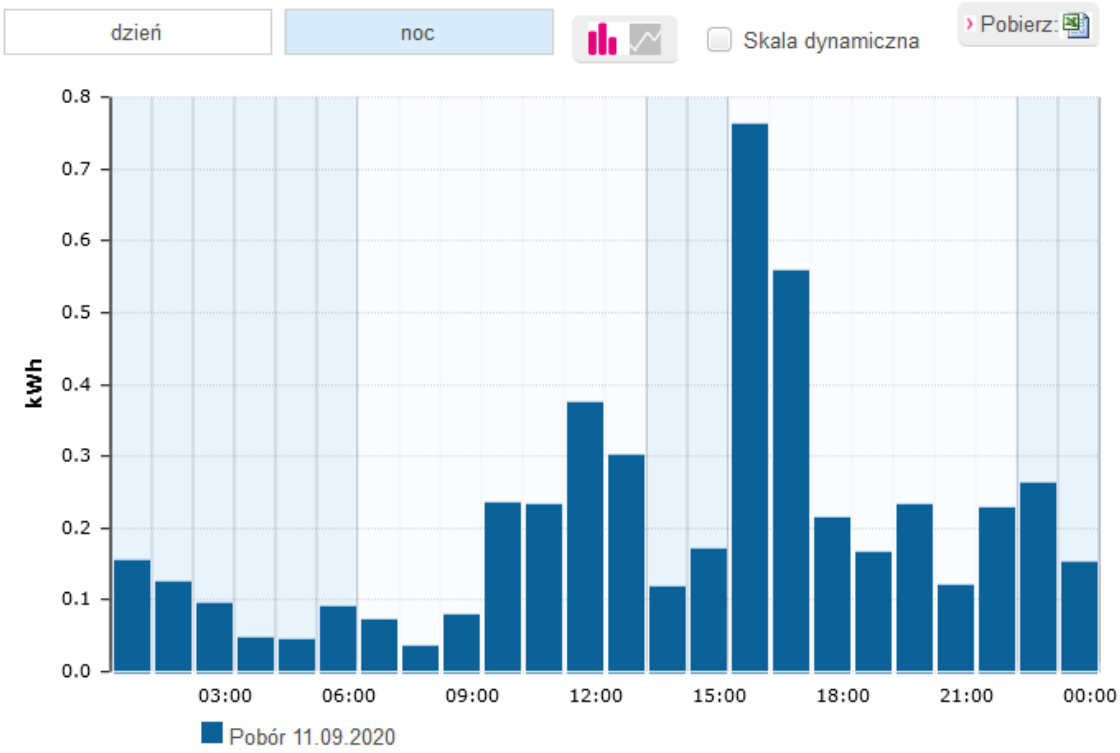
Zgromadzone dane statystyczne opisane w Raporcie są doskonałym materiałem statystycznym pokazującym zachowania i przyzwyczajenia mieszkańców dzielnicy Wieniawa [21]. Opisane w poprzednim podrozdziale metody zmniejszania zużycia energii elektrycznej są znane, ale często niestosowane w praktyce. Widać to na przykładzie ludzi młodych, którzy najczęściej nie są właścicielami lokali mieszkalnych. Jeśli nawet płacą za media to traktują to, jako ryczałt wliczony w cenę wynajmu lub eksploatacji mieszkania. Osoby bezpośrednio płacące rachunki, częściej je kontrolują i oczekują dokładniejszych informacji o składnikach poszczególnych rachunków.

Jednak czytanie faktur za energię elektryczną nie jest rzeczą łatwą, a dodatkowo daje tylko informacje zbiorczą z dużym opóźnieniem po zakończeniu okresu rozliczeniowego. Dlatego tylko 23% mieszkańców analizuje faktury za energię elektryczną. Aby zwiększyć skuteczność mechanizmów DSM wymagane jest zaprezentowanie użytkownikom końcowym informacji bieżących o zużyciu energii. Co prawda oczekuje tego tylko 31% mieszkańców, może to wynikać z braku informacji o istnieniu takich możliwości oraz świadomości tego, co mogłaby dać taka wiedza. Dodatkowo aż 73% użytkowników nie widzi potrzeby instalowania dodatkowych liczników.

Rozwiązaniem tego problemu może być przykład zaprezentowany dla aplikacji eLicznik (Rysunek 3). Mieszkańcy Wrocławia mają już możliwość śledzenia zużycia energii elektrycznej w wybranym dniu, tygodniu czy miesiącu. Poprzez portal internetowy posiadają dostęp do informacji retrospektywnych, co ułatwia podejmowanie decyzji. Dodatkowo w aplikacji możliwe jest zaprezentowanie stref występujących w innych taryfach (Rysunek 6).

Dodatkowo aplikacja oferuje kalkulator zliczający ilość zużytej energii elektrycznej w poszczególnych strefach dla danej taryfy (Rysunek 7).

Dzięki temu podjęcie decyzji o zmianie taryfy nawet u tego samego sprzedawcy jest łatwiejsze, bardziej przemyślane i może przynieść dodatkowe korzyści ekonomiczne. Użytkownik może spróbować zmienić swe zwyczaje i przyzwyczajenia i zobaczyć jakie to powoduje zmiany i czy będzie to opłacalne.



Rysunek 6. Obciążenie godzinowe 11 września, zaznaczonymi strefami dla taryfy G12

Porównanie zużycia dla wybranej taryfy

Data / Taryfa	G11	G12	
	całodobowa	dzień	noc
11.09.2020	4.85 kWh (100%)	3.599 kWh (74%)	1.251 kWh (26%)

Rysunek 7. Porównanie ilościowe dla wybranych taryf

Z powyższych dotychczas rozważań oraz danych zawartych w Raporcie wynika, że możliwe jest zmodyfikowanie istniejących mechanizmów DSM, proponowane zmiany można wyrazić następująco:

1. Podstawową zmianą techniczną w mechanizmach DSM jest konieczność szybkiego zakończenia wprowadzenia systemu AMI na terenie całego kraju w tym również w Lublinie, zmiana ta może wzmocnić działanie innych mechanizmów.
2. Możliwe jest modyfikowanie taryf dla użytkowników końcowych. Zmiany mogą dotyczyć zarówno godzin dla poszczególnych stref jak i ceny energii.
3. Wprowadzenie taryf z większą ilością stref.
4. Wprowadzenie pełnego systemu AMI z dostępem do bieżącej ceny energii, a następnie wprowadzenie taryf dynamicznych.
5. Promowanie technologii Smart Home pozwalających na sterowanie pracą instalacji elektrycznych i odbiorników do niej przyłączonych.
6. Stałe prowadzenie edukacji technicznej tak, aby użytkownicy lepiej znali możliwości swoich urządzeń i mogli je np. programować do pracy w odpowiednich godzinach.
7. Stałe prowadzenie edukacji społeczno-ekonomicznej, jak pokazuje Raport świadomość istnienia niektórych metod nie zawsze wpływa na ich stosowanie.
8. Stałe prowadzenie edukacji ekologicznej. Jak pokazują przykłady krajów Europy Zachodniej świadomość wpływu człowieka na środowisko pozwala zaakceptować działania zmniejszające emisję CO_2.

3.4 Możliwości zastosowania mechanizmów DSR w celu zmiany zwyczajów odbiorców końcowych oraz redukcję szczytu popołudniowego

Mechanizm DSR, którego działanie opisano w rozdziale 2 ma za zadanie zmniejszenie obciążenia SSE w sytuacjach zagrożenia wystąpienia deficytu mocy na żądanie operatora systemu przesyłowego (OSP). W praktyce dla użytkowników końcowych możliwe jest skorzystanie z tego rozwiązania tylko w postaci PBU za pośrednictwem agregatora.

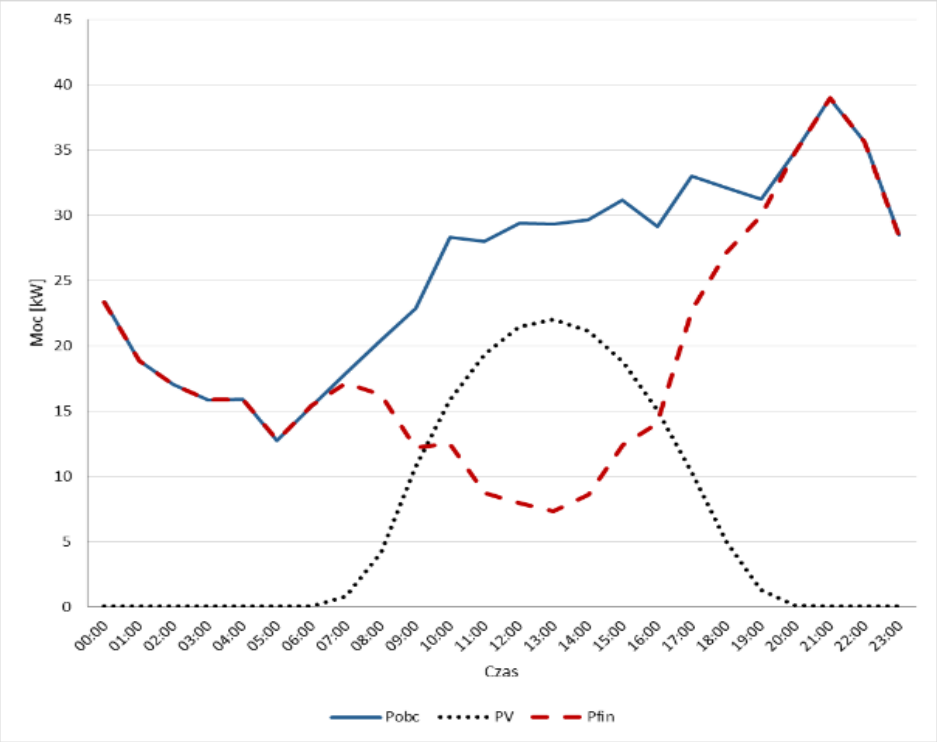
Aby jednak uściślić rozumienie pojęcia odbiorcy końcowego energii na przykładzie dzielnicy Wieniawa w Lublinie należy rozróżnić jego dwa rodzaje:

1. Odbiorca instytucjonalny – w tym pojęciu mieszczą się uczelnie, szkoły, urzędy czy szpitale oraz podmioty gospodarcze.
2. Odbiorca indywidualny – będący właścicielem mieszkania lub domu, rozliczający się w taryfie G.

W przypadku odbiorcy instytucjonalnego możliwe jest już teraz wdrożenie mechanizmów DSR. Warunkiem jest przeprowadzenie wewnętrznego audytu, który pozwoliłby na wytypowanie mocy (odbiorników, obwodów) mogących być wykorzystanych dla DSR, a następnie podpisanie umowy z agregatorem.

W przypadku odbiorcy indywidualnego byłoby to w tym momencie niemożliwe. Decydują o tym zarówno przyczyny techniczne jak i ekonomiczne. Podstawową przyczyną techniczną jest brak odpowiedniego licznika energii elektrycznej, który wymagany jest dla

usług PBU, pozwalającego na zdalną kontrolę. Do przyczyn ekonomicznych należy fakt, że przy tak małej mocy środki poświęcone na organizację i przeprowadzenie takiej procedury mogłyby okazać się wyższe niż korzyści z niej wynikające.



Rysunek 8. Wpływ instalacji PV na moc pobieraną w ZK budynku (uśrednianie 1 godzinne)

Jednak nie wyklucza to takiego rozwiązania w przyszłości. Rozwój instalacji PV nabrał takiej dynamiki, że w przestrzeni miejskiej pojawia się coraz więcej tego typu instalacji. Jak pokazuje Rysunek 8 moc generowana w instalacjach PV przypada na okres średniego zużycia energii przez użytkowników końcowych. Kolejnym krokiem w rozwoju instalacji PV i rozwoju Smart Home będzie współpraca PV z zasobnikiem energii. Efektem może być magazynowanie energii w celu złagodzenia szczytu wieczornego lub wykorzystanie jej dla usług DSR.

Jak pokazuje przykład spółdzielni mieszkaniowej Wrocław Południe, która zainstalowała instalacje PV na swych wielopiętrowych budynkach. Energia taka może być wykorzystywana do zasilania odbiorów wspólnych (administracyjnych), ale w przyszłości zmagazynowana mogłaby brać udział w usługach DSR. Spółdzielni mieszkaniowej będzie łatwiej przystąpić do takich usług.

4 Rekomendacje w zakresie działań oraz zmiany mogących wpłynąć pozytywnie na redukcję zużycia energii elektrycznej oraz przeniesienie obciążenia ze szczytu popołudniowego na dolinę nocną

Przedstawione w ekspertyzie mechanizmy dają duże możliwości redukcji zużycia energii elektrycznej przesz odbiorców końcowych. Jak pokazuje Raport prezentujący zwyczaje korzystania z energii przez mieszkańców dzielnicy Wieniawa większość z nich dobrze zna metody oszczędzania energii we własnym domu lub mieszkaniu. Są jednak grupy, które nie są tym zainteresowane z przyczyn społecznych i ekonomicznych (osoby wynajmujące) czy edukacyjnych (osoby starsze niewidzące potrzeby inwestycji w systemy sterowania oraz ograniczenie emisji CO_2).

Aby osiągnąć korzyści z mechanizmów DSM wymagany jest wysiłek ze strony odbiorcy końcowego, sprzedawców urządzeń, sprzedawcy energii, operatora sieci dystrybucyjnej oraz samorządu i organizacji społecznych. Mechanizmy DSM najczęściej działają skutecznie, jeżeli na odbiorcę końcowego oddziałuje wiele bodźców. Dlatego też rekomendacje pogrupowane zostaną w kategorie. Warto jednak pamiętać, że kategorie te są od siebie współzależne.

Rekomendacje podzielone zostały na następujące grupy:

1. Techniczne:
    a. Wprowadzenie pełnego systemu AMI dającego dostęp do informacji o dziennym profilu wykorzystania energii elektrycznej przez odbiorcę końcowego oraz dającą możliwość przekazywania informacji pomiędzy licznikiem, a systemem Smar Home.
    b. Standaryzacja w zakresie współpracy urządzeń domowych z systemami sterowania budynkiem lub systemami Smart Home. Duża ilość oferowanych rozwiązań technicznych niekiedy może utrudniać ich wybór.
2. Ekonomiczne
    a. Pilotażowe modyfikowanie taryf dla użytkowników końcowych. Zmiany mogą dotyczyć zarówno godzin dla poszczególnych stref jak i ceny energii.
    b. Pilotażowe wprowadzenie taryf z większą ilością stref.
    c. W przypadku wprowadzenia pełnego AMI wdrożenie taryf dynamicznych.
    d. Stosowanie zachęt finansowych w postaci programów ogólnopolskich lub miejskich, promujących wybrane technologie oraz działania.
    e. Pokazywanie korzyści ekonomicznych dla odbiorców końcowych z działań w obszarze DSM.
3. Edukacyjne

a. Prowadzenie działań marketingowych i edukacyjnych tłumaczących funkcjonalności poszczególnych technologii i urządzeń.
b. Prowadzenie edukacji technicznej tak, aby użytkownicy lepiej znali możliwości swoich urządzeń, znali ich sposób pracy, właściwości użytkowe np. mogli je programować do pracy w odpowiednich godzinach.
c. Informowanie użytkowników końcowych o korzyściach wynikających ze stosowania automatyki budynkowej.
d. Prowadzenie edukacji ekonomicznej dotyczącej możliwości wyboru dopasowanej do potrzeb odbiorcy końcowego taryfy.
e. Informowanie użytkowników o skutkach ekonomicznych i społecznych wynikających z oszczędzania energii elektrycznej.

4. Społeczne
   a. Prowadzenie edukacji ekologicznej.
   b. Pokazanie wzajemnych relacji pomiędzy poszczególnymi obszarami DSM.
   c. Uświadamianie odbiorców końcowych, że ich działanie ma konsekwencje natury ekonomicznej, społecznej i technicznej w ujęciu globalnym.

Podjęcie działań związanych z wdrożeniem usług DSM jest trudne ale konieczne, przekonanie odbiorców końcowych do skuteczności takich działań i pokazanie potencjalnych korzyści powinno zwiększyć stopień oddziaływania tych mechanizmów.

5 Literatura

[1] Dane o obciążeniu SEE. www.pse.pl

[2] DMS. Instytut Energetyki. Gdańsk

[3] Ryś M.: Wybrane narzędzia sterowania popytem na energię elektryczną. Rynek Energii nr 4/2005

[4] Hille E.: Zintegrowane planowanie w energetyce (IRP) z uwzględnieniem sterowania popytem (DSM), jako metoda rozwiązywania aktualnych problemów ekonomicznych i finansowych systemu elektroenergetycznego, Zintegrowane Planowanie w Gospodarce Energetycznej nr 4, marzec 1994, 1-6.

[5] Olkuski T., Ciesielka E., Szurlej A.: Programy zarządzania popytem odbiorcy energii elektrycznej. Rynek Energii. 2015

[6] Jędrychowski R.: Ekspertyza: Bezpieczeństwo energetyczne miasta przy rozwoju elektromobilności w Lublinie. UM Lublin. 2020.

[7] Dane o obciążeniu GPZ uzyskane od PGE Dystrybucja Lublin.

[8] Dane o sieci elektroenergetycznej uzyskane od PGE Dystrybucja Lublin.

[9] www.pse.pl/uslugi-dsr-informacje-ogolne

[10] dsr.pse.pl

[11] Ustawa „Prawo energetyczne" z dnia 29 marca 2019 r.

[12] Andruszkiewicz J., Lorenc J., Michalski A.: Efficiency Improving of Time of Use Tariffs for Residential Customer to Create More Valuable Demand Response Resource. EMM 2014.

[13] Andruszkiewicz J., Lorenc J.: Application perspectives of demand side response basing on critical peak pricing to support power system balancing during critical hours. Safety of the Polish power system. Scientific Publishers OWN. Poznań 2012.

[14] Chylmański P., Kroczek A. Legislative Barriers to the Development of DSR Services in Poland Acta Energetica 2/31 (2017) | 17–23

[15] Jędrychowski R., Pijarski P., Adamek S.: Wykorzystanie zasobnika energii do regulacji parametrów elektrycznych sieci niskiego napięcia. Rynek energii - 2017, nr 2, s. 56-59

[16] Jędrychowski R., Pijarski P., Adamek S., Sereja K.: Korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania zasobnika energii w sieci niskiego napięcia. Rynek energii - 2017, nr 1, s. 31-34

[17] Billewicz K.: Skuteczność DSR – między bodźcem a reakcją. Przegląd Elektrotechniczny ISSN 0033-2097, R. 88 NR 9a/2012

[18] Taryfa dla energii elektrycznej dla Klientów z grup taryfowych A, B, C i R. Polska Grupa Energetyczna S.A. 2018 r.

[19] Jędrychowski R., Sereja K.: Ocena kosztów dostosowania sieci nN do wymogów Smart Grid, Rynek Energii Elektrycznej: rozwój, polityka, ekonomia; [Red:] Połecki

Zbigniew, Pijarski Paweł - Lublin: Politechnika Lubelska, 2018, s. 22-34.- (Monografie - Politechnika Lubelska)

[20] Ożadowicz A., Grela J.: Wyznaczanie poziomu popytu w systemach aktywnego zarządzania energią elektryczną w budynkach.

[21] Raport z badania dla Urzędu Miasta Lublin: „Zwyczaje korzystania z ogrzewania i prądu".

[22] Portal finansowy: https://www.finansowysilacz.pl/