

Prof. dr hab. inż. Jerzy Szkutnik
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu
Instytut Przyrodniczo – Techniczny
ul. Zamkowa 2
58-300 Wałbrzych

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agnieszki Weychan „Wyznaczanie elastyczności popytu na energię elektryczną odbiorców korzystających z taryf strefowych poprzez analizę porównawczą ich profili obciążeń”

Wstęp

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej – WISIE.63.33.2021r z dnia 24.05.2021 r.

Recenzja zawiera następujące części:

1. Ogólną charakterystykę rozprawy,
2. Charakterystykę tematu oraz tez rozprawy,
3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego,
4. Uwagi i kwestie dyskusyjne,
5. Ocenę pracy jako rozprawy doktorskiej,
6. Wniosek końcowy.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa zawiera 147 stron tekstu , podzielonego na 8 rozdziałów, w tym Wprowadzenie (Rozdział 1) spisu treści, Podsumowanie i wnioski (Rozdział 8), wykazu

najczęściej wykorzystywanych oznaczeń, literatury zawierającej 129 pozycji, w tym 83 anglojęzycznych, załącznika nr.1 oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Pracę stanowi zauważalny wkład do badań nad zagadnieniem funkcjonowania systemów taryfowych w energetyce ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień elastyczności cenowej jako czynnika wykorzystywanego w programach sterowania popytem. Prezentując ona definicje, analizy efektywności oddziaływania taryf strefowych, wskaźniki efektywności stosowania wybranych taryf oraz ich oddziaływania na system elektroenergetyczny. Wszystkie te elementy składają się na rozprawę, tworząc spójną całość zawierającą następujące części: Wprowadzenie (Rozdział 1) - stanowiący wstęp do zasadniczych badań – opracowanie nowej autorskich metody wyznaczania elastyczności cenowej pomocnych przy realizacji systemów DSR . Autorka obszernie prezentuje tę metodologię, która staje się coraz bardziej istotnym zasobem do regulacji pracy systemu elektroenergetycznego na całym świecie, w kontekście rosnącego udziału odnawialnych źródeł energii w wolumenie wytwarzania energii elektrycznej wielu państw, w tym Polski. Potrzebne są narzędzia, które zwiększą elastyczność w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym i jednocześnie umożliwią niezawodne i bezpieczne dostawy energii elektrycznej do odbiorców. Poza tradycyjnymi sposobami regulacji pracy systemu elektroenergetycznego komplementarnym rozwiązaniem kreującym wyższy poziom sprawności organizacji pracy systemu jest sterowanie popytem na energię elektryczną, które definiowane jest jako wpływanie przez dostawcę przy współpracy z odbiorcą, na poziom zużycia i sposób korzystania z energii elektrycznej. Programy sterowania popytem odpowiadają również na potrzeby odbiorców, którzy pragną zoptymalizować ponoszone koszty związane ze zużyciem energii elektrycznej. Ze względu na liczne wyzwania dotyczące energii elektrycznej, zaprojektowanie skutecznych programów sterowania popytem jest aktualnie jednym z najbardziej istotnych zadań sektora energetycznego, co podkreślają liczne prace badawcze prowadzone na ten temat na całym świecie. Zarządzanie popytem na energię elektryczną może być realizowane poprzez różne programy, obejmujące m.in. zwiększenie efektywności energetycznej i jednocześnie zmniejszenie zużycia energii elektrycznej oraz kształtowanie profili obciążenia odbiorców poprzez zmniejszanie obciążenia lub przesuwanie obciążenia z okresu szczytowego do okresu poza szczytem. Głównym celem sterowania popytem jest dopasowanie obciążenia

odbiorców do aktualnych warunków pracy systemu elektroenergetycznego. Szczegółowe rozwiązania DSR, zaimplementowane także w Polsce, obejmują programy cenowe, takie jak taryfy strefowe oraz programy bodźcowe wykorzystujące elementy rynku mocy oraz interwencyjną ofertową redukcję poboru mocy na polecenie operatora sieci przesyłowej. Rozdział ten zawiera także prezentację struktury pracy i krótkie omówienie głównych jej części tj. część teoretyczną oraz część badawczą.

Rozdział 2 – *Elastyczność popytu*, pojęcie elastyczność popytu, Autorka przytacza jej definicję „*elastyczność na energię elektryczną w analizowanym okresie rozpatrywanej grupy odbiorców opisuje możliwą zmianę popytu na energię elektryczną w wyniku zmiany ceny energii elektrycznej lub innych zdarzeń, takich jak zmiana ceny energii elektrycznej w innych okresach, zmiana ceny innych nośników energii, mogących zastępować energię elektryczną, czy zmiana dochodów konsumenta itp*”. Podano tu także matematyczne zależności oraz przebiegi funkcyjne. Wyznaczona w ten sposób średnia cenowa elastyczność popytu jest wartościowa dla odbiorców końcowych energii elektrycznej, dla których ważne jest pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną przy niskich kosztach. Jednocześnie średnia wartość elastyczności jest interesująca dla sprzedawców energii elektrycznej, którzy będąc jednym z organizatorów programów sterowania popytem chcą uniknąć nadmiernych zakupów energii w okresach szczytowych. Autorka podaje dwa typy reakcji odbiorców na zmianę ceny rozliczeniowej energii elektrycznej, tj. zmianę zużycia energii – opisując go jako elastyczność popytu własnej, drugim mechanizmem reakcji klienta na zmiany cen jest możliwość przesunięcia zużycia energii na inny okres rozliczeniowy. Ponadto uwzględniono także w badaniach wskaźnikiem dochodowej elastyczności popytu, uwzględniającego zmiany dochodów odbiorców energii elektrycznej. Dokonano tu także prezentacji metod wyznaczania elastyczności popytu, dzieląc je na dwie grupy: programy bodźcowe oraz programy cenowe, stwierdzając bardzo trafnie, że „*zarówno programy bodźcowe, jak i cenowe umożliwiają wynagradzanie odbiorców za redukcję obciążenia w okresie szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną w systemie elektroenergetycznym, przy czym dodatkowo w programach bodźcowych wysyłany jest przez organizatora programu sygnał sterujący dotyczący czasu oczekiwanej redukcji obciążenia*”. Uzupełnieniem rozdziału

są zawarte modele obliczeniowe elastyczności oraz wykaz metod estymacji ekonometrycznej w celu określenia cenowej elastyczności popytu.

Rozdział 3 –*Sterowanie popytem przy wykorzystaniu taryf strefowych*, jest prezentacją taryf na energię elektryczną, które są najczęściej wykorzystywane przy sterowaniu popytem na energię elektryczną. Poprzez zastosowanie zróżnicowanych dobowo lub sezonowo cen energii elektrycznej i stawek opłat dystrybucyjnych oraz długości okresów ich obowiązywania, taryfy strefowe powinny zachęcać odbiorców do zmiany profilu użytkowania energii na bardziej dostosowany do obowiązujących opłat w stosunku do profilu przy opłatach niezmiennych w czasie. Korzyści dla sprzedawców energii elektrycznej wynikają z możliwości dopasowania transakcji kupna i sprzedaży na hurtowym rynku energii elektrycznej do transakcji na rynku detalicznym, dzięki czemu sprzedawca będzie mógł ograniczyć ryzyko wynikające z zakupu energii na rynku hurtowym po zmiennych cenach i sprzedaży tej energii na rynku detalicznym po stałych cenach. W przypadku operatorów sieciowych główną zaletą jest obniżenie szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną w systemie elektroenergetycznym, jednocześnie unikanie przeciążeń oraz brak konieczności uruchamiania szczytowych jednostek wytwórczych. Rozdział ten zawiera przegląd taryf dla energii elektrycznej wykorzystywanych w Polsce z podziałem na poszczególne OSD, oraz poziom wykorzystania taryf strefowych, a także opłacalność zmian taryfy jednostrefowej na dwustrefową, badania w tym zakresie przeprowadzono w oparciu o zależność (12), zawarto tu także obszerne zestawienie standardowych profili obciążeń odbiorców w gospodarstwach domowych oraz wykres obciążenia KSE dla 2009, 2013 i 2018 roku.

Rozdział 4- *Cel, teza i zakres rozprawy*, nakreśla główny cel dysertacji jakim jest opracowanie metody wyznaczania cenowej elastyczności popytu, która będzie oparta na aktualnych profilach zużycia energii elektrycznej wynikających z bieżących warunków rynkowych, a nie jak to robi się aktualnie, wykorzystując dane historyczne, co umożliwi szybkie i skuteczne wyznaczenie zarówno średnich, jak i chwilowych wartości cenowej elastyczności popytu odbiorców w taryfach strefowych. Autorka formułuje także tezę: *cenowa elastyczność popytu odbiorców korzystających z taryf strefowych będąca podstawą efektywnego projektowania takich taryf, może być określona poprzez analizę zmian popytu*

na energię w strefach taryfowych występujących w wyniku reakcji odbiorców na bieżące oferty cenowe energii w tych strefach z uwzględnieniem użyteczności czasowej (okresowej) wykorzystywanych odbiorników. Uzupełnieniem tak sformułowanej tezy są kolejne stwierdzenia, które są następujące:

- *na podstawie wartości cenowych elastyczności popytu możliwe jest zaprojektowanie nowej taryfy strefowej lub modyfikowanie bieżącej w celu osiągnięcia pożądaných efektów dotyczących profilu obciążenia grupy odbiorców,*
- *wartości cenowej elastyczności popytu umożliwiają określenie efektywności oddziaływania wybranych taryf strefowych na obciążenie w strefach, co przekłada się na profil obciążenia krajowego systemu elektroenergetycznego,*

Autorka postawiła przed sobą pięć głównych zadań, które pozwoliły na zrealizowanie zakładanego celu rozprawy oraz zweryfikowania prawdziwości postawionych hipotez, są to:

- 1) opracowanie metody wyznaczania średniej rocznej wartości cenowej elastyczności popytu odbiorców rozliczanych w taryfach strefowych opartej na bieżących ofertach taryfowych,
- 2) opracowanie metody wyznaczania zmienności sezonowych wartości elastyczności cenowej własnej i wzajemnej odbiorców rozliczanych w taryfach strefowych,
- 3) zastosowanie opracowanej metody wyznaczenia wartości elastyczności popytu dla oceny efektywności zmiany taryfy płaskiej G11 na taryfę dwustrefową G12 odbiorców typu gospodarstwo domowe dla wybranych operatorów sieci dystrybucyjnej w Polsce wykorzystując standardowe profile obciążeń tych OSD,
- 4) zastosowanie cenowej elastyczności popytu do modelowania profilu obciążenia nowo projektowanej lub zmodyfikowanej taryfy strefowej,
- 5) analiza efektywności oddziaływania wybranych taryf strefowych na obciążenie krajowego systemu elektroenergetycznego na podstawie wyznaczonych wartości cenowej elastyczności popytu.

Rozdział 5- *Porównawcza metoda wyznaczania elastyczności popytu*, zawiera autorską metodę wyznaczania elastyczności cenowej popytu, konkurencyjną do metody analizy

szeregów czasowych. Jest ona oparta na analizie porównawczej profili obciążeń odbiorcy taryfy płaskiej zmieniającego rozliczenie na taryfę wielostrefową oraz bieżących ofertach cenowych w oferowanych taryfach, obejmuje ona następujące główne zadania badawcze:

- ustalenie zależności wiążącej roczne poziomy zużycia energii przez reprezentatywnego odbiorcę taryfy wielostrefowej i taryfy płaskiej na podstawie analizy standardowych profili obciążeń tych grup taryfowych,
- wyznaczenie rocznych zmian zapotrzebowania oraz średniej rocznej wartości cenowej elastyczności popytu,
- sformułowanie zależności pomiędzy zmianami zużycia energii elektrycznej w ramach rozpatrywanych taryf płaskich i strefowych, zmianami cen oferowanych w tych taryfach oraz cenową elastycznością własną i wzajemną na podstawie liniowego modelu konsumpcji energii przez odbiorcę zgodnie z zależnością (10),
- ustalenie dobowych zmian zużycia energii elektrycznej w strefie szczytowej i pozaszczytowej taryfy strefowej w porównaniu do zużycia zarejestrowanego dla taryfy płaskiej na podstawie cen taryfowych bieżących oraz standardowych profili obciążeń odzwierciedlających roczne zużycie reprezentatywnych odbiorców,
- obliczenie dobowych wartości elastyczności własnych i wzajemnych dla analizowanych odbiorców.

W oparciu o powyżej nakreśloną sekwencję badawczą sformułowano metodę wyznaczania średniej rocznej wartości elastyczności popytu oraz średnią roczną elastyczność popytu oraz metodę wyznaczania zmiennych w czasie wartości elastyczności własnej i wzajemnej, w oparciu o które przeprowadzono obszerne badania.

Rozdział 6 – *Obliczenia elastyczności popytu metodą porównawczą i analiza uzyskanych wyników*, w oparciu o opracowaną przez Autorkę metodologię wyznaczania cenowej elastyczności popytu przeanalizowano zużycie energii odbiorców taryf G11 i G12 dla największych OSD w Polsce w latach 2016 i 2017. Wyznaczono zarówno średnie roczne wartości elastyczności, jak i zmienne w czasie wartości elastyczności własne i wzajemne. Bazą danych były opracowania Agencji Rynku Energii pt. *Analiza rentowności grup taryfowych na wysokim, średnim i niskim napięciu w przedsiębiorstwach obrotu oraz przedsiębiorstwach zajmujących się dystrybucją energii elektrycznej w 2017 roku* oraz

badania własne Instytutu Elektroenergetyki Politechniki Poznańskiej. Przeprowadzono analizę dokładności wyników zastosowanej metody – ustalając, że średni błąd metody wynosi ok. 7%, przeprowadzono tu także obszernie omówienie wyników oraz ich interpretację, stwierdzając, że proponowana metoda umożliwia dokładne wyznaczenie cenowej elastyczności popytu średniej, jak i zmiennych dobowo, wartości elastyczności własnej i wzajemnej.

Rozdział 7- *Zastosowanie cenowej elastyczności popytu*, przedstawiono w nim określone w trakcie badań, wartości cenowej elastyczności popytu, które stanowią cenną informację na temat charakterystyki obciążenia konkretnej grupy odbiorców. Wartości te mogą zostać wykorzystane do celów projektowania nowych programów sterowania popytem lub oceny efektywności istniejących programów taryfowych. Na podstawie analizy profili obciążeń poszczególnych taryf, danych na temat zużycia energii w poszczególnych taryfach i obowiązujących cenach rozliczeniowych za energię elektryczną zaproponowano różne wskaźniki umożliwiające ocenę efektywności oddziaływania wybranych taryf strefowych. Skuteczność cenowych programów sterowania popytem była oceniana przez Autorkę w następujących głównych aspektach:

- zmiany zużycia w poszczególnych strefach czasowych, co jest celem organizatorów programów sterowania popytem, tj. sprzedawców energii i operatorów systemów dystrybucyjnych,
- wskaźników ekonomicznych oraz energetycznych określających efektywność taryfy, wyznaczonych jako względne zmiany zużycia energii lub przepływy finansowe spowodowane zmianą rozliczenia za energię,
- wpływu programów taryfowych na obciążenie sieci regionalnej i obciążenie szczytowe systemu elektroenergetycznego, co przyczynia się do poprawy lub pogorszenia bezpieczeństwa pracy tego systemu, co może stanowić istotną informację dla operatorów systemów przesyłowych.

Badania objęły analizę wpływu taryfy G12 na obciążenia szczytowe systemu elektroenergetycznego, przeanalizowano zmiany konsumpcji energii dla całego roku oraz w okresie letnim i zimowym, oceniono zmiany konsumpcji w okresach obciążenia

szczytowego, , zdefiniowano i określono wskaźniki efektywności taryfy G12, oraz dokonano analizy oddziaływania taryf strefowych na system elektroenergetyczny stwierdzając, że taryfy strefowe mają bardzo znikomy wpływ na ograniczanie konsumpcji w szczytach obciążenia, zwłaszcza w okresie letniego szczytu obciążenia systemu. Wpływ na to ma liczba odbiorców rozliczanych według poszczególnych taryf strefowych, stawki opłat dystrybucyjnych oraz ceny energii obowiązujące w tych taryfach. Jednym z możliwych rozwiązań jest zawężenie czasu obowiązywania stref szczytowych w poszczególnych taryfach, dzięki czemu operatorzy mogliby bardziej precyzyjnie sterować obciążeniem w godzinach szczytowego obciążenia systemu elektroenergetycznego lub wprowadzenie taryf strefowych przez operatora systemu przesyłowego.

Rozdział 8- *Podsumowanie i wnioski* – zawiera stwierdzenia, że sterowanie popytem przy zastosowaniu taryf strefowych jest istotnym narzędziem dla kształtowania krzywej obciążenia systemu elektroenergetycznego, a wyznaczone wartości elastyczności średniej na poziomie -1,953 świadczą o dużej podatności odbiorców na reagowanie na zmiany ceny i pozwalają na prognozowanie zachowania odbiorców przy modyfikacji istniejących taryf strefowych lub przy projektowaniu nowych. Uzyskane wartości elastyczności własnej i wzajemnej mogą być wykorzystane do praktycznych modelowań zmian profili obciążeń odbiorców w przypadku niewielkich zmian taryf strefowych w zakresie cen strefowych i okresów ich stosowania. Proponowane rozwiązania mogą być efektywnie rozwijane w oparciu o prezentowaną metodę w miarę rozszerzania systemów inteligentnego opomiarowania. Powstaną wówczas uwarunkowania implementacji przedstawianej metody dla kształtowania i modyfikacji taryf strefowych, a także wprowadzania taryf z krytyczną stawką cenową oraz taryf z okresowym limitem mocy w celu osiągnięcia wyższej efektywności programów taryfowych DSR.

2. Charakterystyka tematu oraz celu rozprawy

Tematyka rozprawy doktorskiej pt. *„Wyznaczenie elastyczności popytu na energię elektryczną odbiorców korzystających z taryf strefowych poprzez analizę porównawczą ich profili obciążeń”*, jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Dotyczy ona bowiem rozwoju społeczno-gospodarczego, do którego należą także wszelkie

działania w obszarze sektora energetycznego. Wszystkie rozważania i badania zmierzające do podnoszenia efektywności w tym zakresie należy odnotować jako szczególnie wartościowe i przydatne w praktyce. Badania Autorki mieszczą się w obszarze zagadnień ekonomiczno – technicznych oraz zarządczych, a problem naukowy rozważany w pracy jest bardzo aktualny i ważny szczególnie w tym okresie, kiedy nasz kraj aspiruje do grona krajów wysoko rozwiniętych, gdzie zasady optymalnego rozwoju, także w omawianym obszarze powinny być szczególnie wykorzystywane. Badania nad problematyką rozważaną w rozprawie, zarówno w kraju jak i zagranicą są już prowadzone od dłuższego czasu, niemniej jednak praca ta stanowi zauważalny wkład w nowe spojrzenie nad skutecznym wdrażaniem analitycznych rozwiązań, przy uwzględnieniu wszystkich uwarunkowań, zarówno wewnętrznych jak i zewnętrznych obejmujących kreowanie strategii rozwojowych w sektorze elektroenergetycznym. Pozytywnie oceniam więc fakt, że Doktorantka podjęła tak złożony i bardzo aktualny problem, który został przedstawiony w rozprawie w sposób kompletny – uwzględniający zarówno podstawy teoretyczne, metody statystyczno-ekonometryczne pozwalające na określenie stanu faktycznego – wyjściowego jak też przede wszystkim stanów prognozowanych w oparciu o opracowaną przez siebie metodologię obliczeniową.

Biorąc pod uwagę powyższe aspekty, należy stwierdzić, że praca doktorska mgr inż. Agnieszki Weychan jest wyjątkowo aktualna i dotyczy ważnych problemów w jednostkach systemu elektroenergetycznego obejmujących praktycznie wszystkie poziomy infrastruktury sieciowej oraz odbiorców energii elektrycznej.

Doktorantka podjęła się trudnego zadania, polegającego na udowodnieniu, że cenowa elastyczność popytu odbiorców korzystających z taryf strefowych jest kluczową przy ustalaniu nowych taryf i może być określona poprzez analizę zmian popytu na energię w strefach taryfowych występujących w wyniku reakcji odbiorców na bieżące oferty cenowe energii w tych strefach. Postawione przez Doktorantkę cele pracy są oryginalne, przedstawiony problem naukowy jest aktualny i ważny, szczególnie w obecnym okresie. Zagadnienia naukowe odzwiedlone w pracy są w ogólności sprecyzowane w sposób wystarczająco jasny i jednoznaczny.

3. Rozwiązanie postawionego problemu naukowego

Problem naukowy przedstawiony przez Autora rozwiązany został w rozdziałach czwartym, piątym i szóstym i siódmym, gdzie kolejno sprecyzowano główne założenia metodyczne i twórczo rozwinięto metodykę analityczną, pozwalającą na wielowarstwowe spojrzenie badawcze, umożliwiające przeprowadzenie syntetycznego wnioskowania. Podejście takie uważam za właściwe przy tego typu badaniach.

Katalog innowacyjnych prac wykonanych przez Doktorantkę w rozprawie jest na akceptowalnym poziomie, a za najbardziej oryginalne osiągnięcia Autora pracy uznałbym następujące elementy:

- opracowanie metody wyznaczania cenowej elastyczności popytu opartej na profilach obciążeń odbiorców taryf strefowych,
- sposób wyznaczania zmienności wartości elastyczności własnych i wzajemnych odbiorców taryf strefowych,
- obliczenie wartości cenowej elastyczności popytu odbiorców typu gospodarstwo domowe,
- analiza efektywności oddziaływania taryf strefowych uwzględniająca okresy szczytowego obciążenia systemu elektroenergetycznego.

4. Uwagi i kwestie dyskusyjne

Jako recenzent rozprawy zgłaszam następujące uwagi i kwestie dyskusyjne:

A. Uwagi ogólne:

1. Poważnym mankamentem pracy jest przedstawienie cel i hipotez pracy nie na początku pracy – czyli we wprowadzeniu a nie jak to zrobiono w rozdziale 4, taka kompozycja w sposób negatywny wpływa na jej percepcję.
2. W pracy nie wspomniano nic o siostrzanym rozwiązaniu DSM, które jest komplementarnym systemem w stosunku do DSR.
3. W pracy przedstawiono profile obciążeń taryfy G12 dla poszczególnych OSD, natomiast analiza w stosunku do KSE sprowadza się tylko do średniorocznego zużycia, nie zaprezentowano przebiegów-profilu co pozwoliłoby na bardziej precyzyjną analizę w systemie elektroenergetycznym.

4. Co prawda Doktorantka konkretyzuje kierunki dalszych badań, ale recenzent w tym kontekście prosi o dodatkowe wyjaśnienia, mianowicie:
- a) Dlaczego w pracy, chodźmy w małym zakresie nie skorzystano z pakietu danych z inteligentnych liczników, które są dostępne już od kilku lat ?
 - b) Wydaje się, że w przyszłości potrzebne będą nowe rozwiązania, które nie będą polegały na ograniczaniu dostępu do energii, ale w sposób automatyczny będą realizować założone cele w zakresie redukcji obciążeń, czy widzi Autorka takie możliwości np.. przez wykorzystanie magazynów energii.
 - c) Na świecie są znane (zwłaszcza w USA) systemy wykorzystujące grywalizację do zmian postaw odbiorców energii, czy Autorka nie widzi uzasadnienia do wprowadzenia do polskiej elektroenergetyki programów lojalnościowych stosowanych powszechnie przy sprzedaży praktycznie wszystkich rodzajów dóbr konsumpcyjnych ?

B . Uwagi szczegółowe

1. Rysunki (oprócz jednego) nie podają źródeł pochodzenia
2. Załącznik nr 1 zawiera Tabelę 1 oraz Tabelę 2, w zasadniczym tekście dysertacji brak informacji o nich

Praca napisana na dobrym poziomie - stylistyka i składnia zdań dobra, szata graficzna bardzo staranna, praca napisana przejrzyście i zrozumiale.

5. Ocena pracy jako rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę zawartość pracy stwierdzam, że: Doktorantka w sposób wystarczająco jednoznaczny sformułowała problem naukowy , który następnie rozwiązała właściwie przy użyciu metod naukowych. Zakres i stopień wiedzy Doktorantki w zakresie dyscypliny naukowej, której dotyczy praca, jest wystarczający zarówno w zakresie teoretycznym jak również aplikacyjnym. Na szczególną uwagę zasługuje duża wiedza i znajomość zagadnień zebrana na podstawie licznej pozycji literaturowych, w zdecydowanym stopniu anglojęzycznych, związanych z pracą systemów elektroenergetycznych ze szczególnym uwzględnieniem sterowania popytem . Doktorantka

posiada również dobre opanowanie techniki pisania prac naukowych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzent jest przekonany, że praca ta będzie podstawą do dalszych badań Doktorantki, które jeszcze w większym stopniu uwypuklą rolę omawianych zagadnień dla prawidłowego rozwoju energetyki przyszłości.

6. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Agnieszki Weychan „*Wyznaczenie elastyczności popytu na energię elektryczną odbiorców korzystających z taryf strefowych poprzez analizę porównawczą ich profili obciążeń*” **spełnia ustawowe wymagania dotyczące rozpraw doktorskich** zawarte w art. 13 Ustawy O stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z 14.03.2003 r.(Dz.U.nr 65,poz.595) w zgodzie z Ustawą Prawo o szkolnictwie wyższym z 27.07.2005r.(Dz. U. nr 164, poz.1365 z późniejszymi zmianami), oraz zgodnie z § 6 ust.3 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19.stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. z dnia 30 stycznia 2018 r poz.261). Jest ona oryginalnym rozwiązaniem postawionego przez Autora zagadnienia naukowego. Potwierdza opanowanie przez Nią wiedzy w dyscyplinie naukowej: **inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**. Potwierdza również umiejętność rozwiązywania problemów naukowych , w związku z powyższym wnioskuję o **dopuszczenie mgra inż. Agnieszki Weychan do publicznej obrony rozprawy doktorskiej**.

