Warszawa, 2018.06.06

Prof. zw. dr hab. inż. Mirosław DYTCZAK, emeryt
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce
Pracownia Zastosowań Metod Wielokryterialnych
Gramatyka 10, 30-067 Kraków, mdytczak@zarz.agh.edu.pl
Adres prywatny: 02-553 warszawa, Balladyny 1b m.13
☎ +48 502 062 562 mdytczak@gmail.com

RECENZJA
rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza KOLENDO

pt. *„Metoda oceny zasobów helioenergetycznych i planowania inwestycji solarnych"*

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja przygotowana została na zlecenie Dziekana Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej, na podstawie uchwały Rady Wydziału (zlecenie/umowa nr 42/WBiIŚ-200/2018 z dnia 5 kwietnia 2018).

2. Uwagi ogólne

Rozprawa wykonana została pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Andrzeja KOBRYNIA, prof. PB oraz Pani dr inż. Doroty KRAWCZYK, pełniącej funkcję promotora pomocniczego.

Licząca 159 stron oraz ponad 160 stron różnych wykazów i załączników rozprawa jest atrakcyjna edytorsko. Charakteryzują ją ponadto przejrzystość, logika i zwięzłość. Po streszczeniu i wprowadzeniu następuje określenie celu rozprawy, jej tezy badawczej oraz zakresu. Formalnie praca złożona jest z ośmiu rozdziałów, wykazu piśmiennictwa i znacznej liczby wspomnianych wykazów i załączników. Właśnie taka „załącznikowa" struktura rozprawy powoduje jej przejrzystość i podwyższa czytelność.

3. Zawartość rozprawy

Treść monografii zawarto w 8 rozdziałach oraz szeregu załącznikach tematycznych. W rozdziale pierwszym Autor dokonuje jednostronicowego wprowadzenia (ale wiadomo o co chodzi, co zasługuje na uznanie) w interesującą Go problematykę. W rozdziale drugim określił cele rozprawy i jej zakres. Podano również tezę pracy cyt. *„Zintegrowanie danych o potencjale helioenergetycznym i wyników analiz wielokryterialnych pozwala na skuteczne planowanie najkorzystniejszych rozwiązań w zakresie inwestycji solarnych"*.

Wydział Budownictwa
i Inżynierii Środowiska
Wpłynęło dn. 2018-06-11

Rozdział 3 dostarcza ogólnej wiedzy o energetyce odnawialnej, w tym stanu jej aktualnego wykorzystania w Polsce, a zwłaszcza możliwościach wykorzystania energii słonecznej. Zaprezentowane także wybrane metody ocen wielokryterialnych oraz kryteria, przydatne przy lokalizacji inwestycji helioenergetycznych.

Rozdział 4 poświęcono szacowaniu zasobów helioenergetycznych z wykorzystaniem technologii GIS i czasowo-przestrzennej dynamiki potencjału energii słonecznej docierającej do powierzchni terenu.

W rozdziale 5 opracowano metodę oceny tych zasobów z wykorzystaniem GIS i danych przestrzennych w odniesieniu do promieniowania padającego na powierzchnie Polski (pod różnymi kątami).

Rozdział 6 poświęcony jest charakterystyce autorskiej metody oceny przydatności terenu gminy w planowaniu lokalizacji wolnostojącej elektrowni fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej 1 MW. Wskazano zestaw kryteriów wykluczających lokalizacje oraz kryteriów przydatnych przy jej wyborze. Implementacja metody dotyczyła wybranych gmin województwa podlaskiego. Rozdział 7 natomiast poświecono metodzie planowania obiektów solarnych na dachach budynków mieszkalnych. W tym przypadku implementacji metody dokonano dla fragmentu osiedla mieszkaniowego w Białymstoku.

Rozdział 8 zawiera podsumowanie i wnioski rozprawy. Opracowaniu towarzyszy wykaz literatury oraz Załączniki.

4. Charakterystyka rozprawy i jej wartość naukowa

Energetyka rozproszona (generacja rozproszona energii) to klucz zarówno do zwiększania bezpieczeństwa energetycznego ale także ograniczenia przesyłana energii, co zwłaszcza jest istotne dla rejonów słabo zurbanizowanych i/oraz oddalonych od zasobów paliw konwencjonalnych. Znakomitym przykładem jest tu Kanada, której produkcja energii elektrycznej w ponad 70% pochodzi z generacji rozproszonej, ze względu na niewielka gęstość zaludnienia. Początki wykorzystanie energii słonecznej poprzez płaskie kolektory wodne (*solar flat plate collector*) datuje się na lata 30. XX wieku (Japonia, USA, ..). W okresie II kryzysu energetycznego (lata 70. XX wieku), wobec drastycznego wzrostu cen - zwłaszcza ropy naftowej - podjęto radykalne działania uniezależniające światową energetykę do monopolistów i zmowy cenowej państw tzw. OPEC. Do prac badawczych i eksperymentów włączyły się kraje skandynawskie i Europy Zachodniej, USA a także z pozostałych kontynentów (np. Meksyk, Brazylia, Nigeria, Chiny. Następuje także dynamiczny rozwój „fotowoltaiki" i rozwiązań hybrydowych. Zazwyczaj mikroelektrownie (1-5 MW) współpracują z systemami elektroenergetycznymi państw (układów ponad państwowych). Generacja rozproszona energii w Polsce odciąży przeciążone już dzisiaj odcinki PSE, polepszy jakość dostarczanej energii w rejony odległe od magistral głównych, może ograniczyć w znacznym stopniu inwestycje odtworzeniowe energetyki zawodowej oraz pozwoli uniknąć nowych inwestycji (źródła polskiej energetyki zawodowej są przestarzałe – średnio pracują ponad 30 lat).

Wprawdzie na obecnym etapie rozwoju OZE w Polsce zagadnienie wydaje się mało istotne, to wkrótce sytuacja musi się zmienić, zarówno z powodów zobowiązań Polski wobec UE, jak i w warunkach deficytu przestrzeni spełniających wymagania (ograniczenia) dla budowy elektrowni EV.

Praca pokazuje (poprzez wykaz tzw. kryteriów „twardych" stanowiących klasyczne ograniczenia problemu decyzyjnego), jak niewiele lokalizacji w gminie może być wykorzystana pod budowę takich obiektów. Jeśli dodać do tego kwestie związane z własnością terenu oraz niezbędność dostępu do sieci elektroenergetycznej bez znaczących nakładów na budowę sieci przyłączeniowej, może okazać się, że zbiór dostępnych lokalizacji jest nieliczny (o ile nie pusty). Poszukiwanie rozwiązań sprawnych w

sensie *Pareto* lokalizacji dla budowy elektrowni FV stanowi początek i istotę procesu decyzyjnego takiej budowy. Rozprawa wpisuje się więc w ważny dla polskiej energetyki nurt poszukiwań rozwiązań zwiększających bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Rozprawa stanowi pracę dojrzałą, w której odnajduję dużo pasji jej Autora. W sposób konsekwentny tworzy on algorytm znajdując niezbędne dane i zachowując logikę konstrukcji modelu matematycznego, czyli wskazanie funkcji celu, ograniczeń i kryteriów. Niewielka liczba potencjalnych lokalizacji zwłaszcza w przypadku gminy/powiatu uzasadnia zastosowania metody AHP/ANP, w której obwiązuje reguła Millera dla liczby porównywanych obiektów, kryteriów itd. 7+/-2. Stanowi także przykład sprawnego wykorzystania wiedzy jawnej (wg teorii zarzadzania wiedzą) i jej konwersji na wyższy poziom (wiedza poufna).

5. Uwagi krytyczne

Teza rozprawy stanowi raczej pretekst do jej prezentacji, gdyż jest oczywista. Ale sytuacja taka występuje zawsze, gdy tworzone są nowe algorytmy korzystające z już dostępnej i znacznej ilościowo informacji, ale problemem jest jej efektywne przetworzenie przez decydenta. Wówczas koniecznością staje się opracowanie systemu wspomagania procesu podejmowania decyzji i jego numeryczna implementacja.

Korzystając z metod i narzędzi do oceny wielokryterialnej warto było zauważyć rozmytość (*fuzzy*) informacji i jej trudnomierzalność (*intangibility*) w odniesieniu do wielu wykorzystywanych kryteriów. To istotny czynnik dla podejmowania zwłaszcza długofalowych i inwestochłonnych decyzji. Warto tu także myśleć o modelach symulacyjnych w przypadkach gdy wartości kryteriów dla obiektów są nieznane lub mieszczą się w znanym przydziale wartości. Model rozmyty i symulacyjny to być może inspiracja do dalszych badań Kandydata.

Osobiście ograniczył bym zakres tej rozprawy tylko do części EF, rezygnując z rozdz.7, podejmując natomiast dyskusję o mierzalności poszczególnych kryteriów, sensownych zakresach przyjmowanych przez nie wartości w utworzonych miarach i skalach. Pewnie warto by zbadać zbieżność pewnych kryteriów celem zarówno ograniczenia ich liczby oraz wskazania łatwiejszych do wykorzystania (np. o wartościach deterministycznych zamiast rozmytych). Duża liczba kryteriów jest wadą, a nie zaletą modelu do analiz wielokryterialnych. Im więcej kryteriów tym ostatecznie mniejsze wartości przyjmują ich wagi – przeciwdziała temu właśnie reguła Millera.

Warto wspomnieć, że dla podanych w Tab.3.1. na str.37 informacji, cytowanych za monografią Kobrynia, oryginalnym źródłem funkcji RI(n) są prace Saaty'ego z lat 70. XX wieku.

Innym mankamentem pracy są pojawiające się w rozdziale 5 jednostki rocznego promieniowania słonecznego podawane jako kWh/m^2 podczas gdy formalnie powinno być kWh/m^2rok. Dotyczy to właściwie wszystkich rysunków i tablic odnoszących się do wartości rocznych. Wprawdzie opisy rysunków i tablic wyraźnie informują, że chodzi o roczne wielkości ale w rozprawach technicznych trzeba zadbać o takie szczegóły.

Można by wymieniać inne (drobne) mankamenty i uchybienia, lecz nie decydują one o jakości rozprawy i wniosku końcowym.

6. Wnioski

Praktycznie brak istotnych uwag krytycznych dowodzi, że rozprawa jest staranna i wnikliwa a Kandydat dysponuje dużą wiedzą na temat energetyki rozproszonej (rozwiązania fotowoltaiczne) i jej efektywnego wykorzystania w różnej skali i lokalizacji. Można oczywiście dyskutować zarówno przyjęte kryteria do wskazania rozwiązania sprawnego jak i wartości ich wag. Uważam jednak, że wskazane kryteria uwzględniają kompleksową naturę problemu. Zresztą to kwestie do późniejszego rozstrzygnięcia, gdy przyjdzie do zastosowań utylitarnych. Niezależnie od problemu wyboru lokalizacji dla elektrowni FV, w którym uwzględniono istotne czynniki decydujące o rozwiązaniu, Kandydat proponuje rozwiązanie zadania lokalizacji kolektorów słonecznych na połaciach budynków mieszkalnych dla maksymalizacji pokrycia całorocznych potrzeb cieplnych w zakresie ogrzewania i przygotowania cwu.

Realizując badania wykazał się ponadto dużą swobodą korzystania z wielu narzędzi informatycznych ogólnego przeznaczenia oraz dedykowanego zarzadzaniu przestrzenią. Zapoznał się także z problematyką analiz i decyzji wielokryterialnych MCDA, MCDM). Oceniana rozprawa stanowi jak już wspomniałem pracę dojrzałą. Jej Autor wykonał także znaczącą pracę badawczą posługując się zarówno osiągalnymi danymi z różnych źródeł jak i wiedzą pozyskaną z analiz literaturowych. Udowodnił, że potrafi skutecznie realizować interesujące Go problemy naukowe jak i osiągać wyznaczone cele badawcze.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa pt. „Metoda oceny zasobów helioenergetycznych i planowania inwestycji solarnych" **spełnia wymagania** stawiane rozprawom doktorskim, zgodnie z art.13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym, oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – Dz.U. Nr 65, poz. 595, wraz z późniejszymi zmianami.

Byłym skłonny wnioskować o jej wyróżnienie.

Zatem, opierając się na podanych wyżej wywodach, wnoszę o dopuszczenie Pana mgr inż. Łukasza KOLENDO do publicznej obrony Jego rozprawy przed Radą Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej.