

Paulina Szterlik

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. „*Stan i perspektywy rozwoju produkcji biogazu w Polsce – przestrzenne analizy wielokryteriowe*”

Cele naukowe pracy doktorskiej

Głównym celem naukowym dysertacji była analiza potencjału rozwoju produkcji biogazu w Polsce. Przeprowadzone w ramach pracy badania empiryczne odegrały kluczową rolę w weryfikacji możliwości zmiany struktury polskiego miksu energetycznego poprzez wykorzystanie odnawialnego źródła energii – biogazu. Dodatkowo, zastosowanie metod i technik charakterystycznych dla analiz przestrzennych umożliwiło wskazanie obszarów (miejsc), na których powstanie infrastruktury biogazowej jest możliwe lub wręcz przeciwnie – wykluczone.

Główne hipotezy badawcze

W pracy podstawiono i zweryfikowano następujące hipotezy badawcze:

H_1 : Uwarunkowania prawne uniemożliwiają wykorzystanie pełnego potencjału rozwoju produkcji biogazu w Polsce;

H_2 : Istnieją dysproporcje pomiędzy potencjałem rozwoju branży biogazu w polskich województwach;

H_3 : Województwo łódzkie nie wykorzystuje pełnego potencjału produkcyjnego biogazu;

H_4 : Integracja metod analiz przestrzennych z wielokryteriowymi stanowi przydatne narzędzie wspomagania decyzji o lokalizacji biogazowni.

Zawartość pracy oraz wnioski

Praca składa się z pięciu rozdziałów, z których pierwsze trzy mają charakter teoretyczny i metodologiczny. Dwa pozostałe rozdziały poświęcone są przeprowadzonym badaniom empirycznym.

Rozdział pierwszy (*Charakterystyka źródeł energii odnawialnej*) koncentruje się na przedstawieniu rodzajów odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz ich porównaniu ze

źródłami o charakterze nieodnawialnym. Omówione tu zostały regulacje Unii Europejskiej, w tym regulacje polskie oraz ich wpływ na rozwój OZE. W rozdziale tym przedstawione zostały również teoretyczne scenariusze dla przypadków: 1) kiedy podejmowane na szczeblu rządowym decyzje zakładają intensywny rozwój energetyki odnawialnej oraz 2) kiedy działania na rzecz energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych będą przez rząd zaniechane.

Rozważania teoretyczne, zawarte w rozdziale pierwszym, stanowią podstawy dla późniejszych badań. W konsekwencji, włączenie OZE do struktury produkcji energii musi być rozpatrywane indywidualnie dla każdego kraju. Właściwe wykorzystanie tego typu źródeł energii implikuje konieczność uwzględnienia unikalnych cech danego obiektu, do których można zaliczyć, np. występowanie źródeł geotermalnych, czy bliskość obszarów nadmorskich. Rozdział ten wskazał, że w przypadku Polski, istnieje szereg możliwości rozwoju odnawialnych źródeł energii, np. poprzez wykorzystanie biomasy lub inwestycje w farmy wiatrowe. Rozwojowi tego typu inicjatyw powinna towarzyszyć polityczna oraz społeczna aprobata, co w chwili obecnej wydaje się być trudne do osiągnięcia z powodu opierania polityki energetycznej Polski na nieodnawialnych źródłach energii.

Głównym zagadnieniem poruszonym w **rozdziale drugim** (*Produkcja biogazu na tle innych źródeł energii odnawialnej*) jest analiza specyfiki biogazu jako odnawialnego źródła energii. W rozdziale tym przedstawiono proces transformacji energetycznej w wybranych krajach Unii Europejskiej, co stanowi podstawę dla późniejszych rozważań przeprowadzonych w pracy. Dodatkowo, omówiono przyczyny postępującej transformacji energetycznej oraz jej potencjalne skutki. W dalszej części rozdziału drugiego, podkreślono znaczenie bioenergetyki w rozwoju OZE oraz szczególne miejsce biogazu we współczesnych teoriach ekonomicznych, takich jak biogospodarka oraz gospodarka o obiegu zamkniętym (ang. *circular economy*). Źródła energii o charakterze odnawialnym są istotnym ogniwem oraz stanowią swoiste wsparcie dla procesu transformacji energetycznej, która rozpoczęła się na terenie Niemiec. Należy jednak zauważyć, że proces ten można uznać za naturalny i wynikający z przemian współczesnych gospodarek. Rozwój technologiczny oraz negatywny wpływ działalności ludzkiej na środowisko naturalne wymusza działania mające na celu złagodzenie ich skutków dla środowiska. Ranking dla wskaźnika transformacji energetycznej (*ETI*), sformułowany przez Światowe Forum Ekonomiczne, może zostać potraktowany jako schemat przejścia w stronę gospodarki niskoemisyjnej. Niepokoić może niska pozycja Polski (notowana na 75 miejscu wśród 115 państw biorących udział w badaniu). Może być to traktowane konieczności mocniejszej aktywizacji działań skierowanych w kierunku dekarbonizacji gospodarki.

W **rozdziale trzecim** (*Stan produkcji biogazu w Polsce*) dokonano oceny stanu produkcji biogazu w Polsce. Przeprowadzone studia literaturowe pozwoliły na przedstawienie produkcji biogazu w Polsce na tle innych krajów UE. Opisano proces pozyskiwania biogazu odnoszący się do trzech typów biogazu: składowiskowego, pozyskiwanego z oczyszczalni ścieków oraz rolniczego – rozważania zostały wzbogacone o przykład rzeczywistego procesu pozyskiwania biogazu. W rozdziale tym określono determinanty oraz bariery rozwoju biogazu w Polsce, a także poddano analizie opłacalność inwestycji w infrastrukturę niezbędną do produkcji biogazu. Kończącą część rozdziału stanowi opis idei klastrów bioenergetycznych i ich rozwoju, z uwzględnieniem: nowych regulacji prawnych, znaczenia idei klastrów dla rozwoju produkcji biogazu oraz współpracy producentów z instytucjami naukowymi w Polsce. Przybliżone zostały również inicjatywy klastrowe odnajdywane na obszarach innych państw. Przegląd i analiza krajowych przepisów prawnych oraz porównanie ich z regulacjami innych krajów UE, pozwoliło na pozytywną weryfikację hipotezy H_1 , która stanowiła, że *uwarunkowania prawne uniemożliwiają wykorzystanie pełnego potencjału rozwoju produkcji biogazu w Polsce* – tematyka ta była poruszana nie tylko w drugim, ale i w kolejnych rozdziałach pracy. W ostatniej dekadzie można było zauważyć znaczący wzrost wielkości produkcji biogazu na terenie Polski. Nie jest to jednak poziom dynamiki/iłości porównywalny do zaobserwowanych na terenie Niemiec.

Przedstawiona w pracy analiza SWOT miała na celu wskazanie mocnych stron produkcji biogazu oraz odniesienie ich do barier rozwoju produkcji tego OZE na terenie Polski. Prace badawcze wykazały, że szanse rozwoju są równoważone przez zagrożenia wiążące się z codziennym funkcjonowaniem instalacji biogazowych. Ponadto, analiza różnego rodzaju traktatów oraz międzynarodowych ustaleń pozwala dostrzec istotne znaczenie OZE dla koncepcji zrównoważonego rozwoju. Sama koncepcja z kolei, może być traktowana jako swoisty wyznacznik dla realizacji nałożonych celów energetycznych lub wypracowanych indywidualnych strategii krajowych.

Rozdział czwarty (*GIS jako narzędzie wsparcia w problemach przydatności lokalizacyjnej – integracja systemów informacji geograficznej i metod wielokryteriowych*) ma na celu omówienie schematu postępowania, który może być pomocny w procesie badania przydatności obszarów dla lokowania biogazowni rolniczych. Przedstawiono tu etapy postępowania oraz metody wykorzystywane w trakcie przeprowadzania niezbędnych analiz. Przeprowadzone i omówione w pracy badanie empiryczne odnosiło się do problematyki lokalizacji biogazowni rolniczych na terenie Polski. Zostało ono sprowadzone do problemu podziału obszaru kraju na klasy przydatności lokalizacyjnej, z uwzględnieniem szeregu

kryteriów o różnym charakterze. Podstawą do rozważań było wypracowanie jednolitego schematu, który mógłby zostać wykorzystany w przypadku różnych typów OZE. Szerokie możliwości aplikacyjne metod GIS-MCDM sprawiają, że mogą być one postrzegane jako narzędzia uniwersalne, wykorzystywane w problemach wpisujących się w obszar zainteresowań gospodarki przestrzennej. Otrzymane wyniki pozwoliły na wykazanie heterogeniczności badanych obszarów pod względem potencjału rozwoju produkcji biogazu.

W rozdziale piątym (*GIS jako narzędzie wsparcia lokalizacji biogazowni*) dokonano integracji rezultatów analiz wielokryteriowych z technikami GIS. W analizach uwzględniono trzy typy kryteriów: społeczne, ekonomiczne i środowiskowe. Przedstawione zostały one w postaci map rastrowych o pikselach odzwierciedlających odpowiednie klasy przydatności lokalizacyjnej. W ten sposób możliwe było wykorzystanie tzw. metody nakładki ważonej (zwanej również ważonym nakładaniem) do określenia poziomu potencjału produkcji biogazu w województwie łódzkim. Wyniki pozwoliły na ocenę zasadności tworzenia inicjatyw związanych z upowszechnieniem biogazu rolniczego, jako odnawialnego źródła energii (np. poprzez programy typu: Bezpieczna Energetycznie Gmina). W zakończeniu rozdziału, uzyskana ewaluacja poziomu potencjału produkcji biogazu w województwie łódzkim została odniesiona do produkcji biogazu w kraju. Przeprowadzona została pogłębiona analiza potencjału produkcji biogazu rolniczego na terenie województwa łódzkiego w podziale na NUTS-3.

Analiza mapy wynikowej, będącej rezultatem pierwszej części badania empirycznego przedstawionego w niniejszej dysertacji, pozwala na pozytywną weryfikację hipotezy H_2 stanowiącej, że *istnieją dysproporcje pomiędzy potencjałem produkcji biogazu w polskich województwach*. Różnice te są szczególnie widoczne w odniesieniu do udziału poszczególnych klas przydatności w łącznej powierzchni województw. Obszarami o wysokim udziale klas, odnoszących się do obszarów odpowiednich i wysoce odpowiednich dla lokowania biogazowni rolniczych, okazały się być województwa: łódzkie, lubelskie oraz mazowieckie. Z kolei regiony: małopolskie, świętokrzyskie, podkarpackie oraz śląskie charakteryzowały się wysokim udziałem klas wskazujących na lokalizacyjną nieprzydatność – na tych obszarach zwiększenie dynamiki rozwoju produkcji biogazu może być ograniczone, a nawet niemożliwe. Niebezpodstawne staje się również stwierdzenie, że dotychczas proponowane programy rządowe, mające na celu intensyfikację produkcji biogazu oraz zwiększenie zainteresowania tym typem OZE są niewystarczające i niewsparte odpowiednimi analizami przestrzennymi. Należy jednak pamiętać, że wysoki udział klas wiążących się z występowaniem obszarów nieprzydatnych lokalizacyjnie nie wyklucza możliwości intensyfikacji produkcji biogazu w

tych regionach. W takich przypadkach można dążyć do lokowania biogazowni innego typu, takich jak mikro biogazownie lub instalacje funkcjonujące przy oczyszczalniach ścieków lub składowiskach odpadów.

Szczegółowa analiza województwa łódzkiego, związana ze weryfikacją udziału poszczególnych klas przydatności lokalizacyjnej w jego łącznej powierzchni, pozwala stwierdzić, że region nie wykorzystuje w pełni swojego potencjału produkcji biogazu rolniczego. Jest to wyraźnie widoczne np. dla analiz odnoszących się do liczby funkcjonujących biogazowni rolniczych zlokalizowanych w powiatach województwa. Badania wskazują na problem niewykorzystania potencjału produkcji biogazu w podregionach, co pozwala na pozytywną weryfikację hipotezy trzeciej stanowiącej, że *województwo łódzkie nie wykorzystuje pełnego potencjału swoich możliwości produkcyjnych biogazu*. Na podstawie praktycznego wykorzystania zaproponowanych metod, związanych z wielokryteriovymi analizami przestrzennymi oraz dzięki analizie otrzymanych wyników można pozytywnie zweryfikować również ostatnią z hipotez, mówiącą o tym, że *integracja metod analiz przestrzennych z metodami wielokryteriovymi stanowi przydatne narzędzie wspomagania decyzji o lokalizacji biogazowni*. Warto nadmienić, że tego typu badania mogą znaleźć zastosowanie dla innych typów OZE, co może przyczynić się do wzrostu zainteresowania inwestycjami w odnawialne źródła energii.