STRESZCZENIE

WIELOKRYTERIALNA METODA WYBORU LOKALIZACJI PORTÓW SERWISOWYCH DLA MORSKICH FARM WIATROWYCH W POLSCE Z UWZGLĘDNIENIEM EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ

mgr inż. Aleksandra Seroka

Rozwój morskiej energetyki wiatrowej (MEW) w Polsce wiąże się z koniecznością zapewnienia odpowiedniego zaplecza portowego umożliwiającego sprawną obsługę morskich farm wiatrowych (MFW) w całym okresie ich eksploatacji. Szczególne znaczenie mają porty serwisowe, których lokalizacja wpływa na czas dojścia jednostek do farmy, organizację działań Operations and Maintenance (O&M), dostępność zasobów, funkcjonowanie łańcucha logistycznego oraz koszty operacyjne. Celem rozprawy była identyfikacja i ocena czynników determinujących wybór lokalizacji portów serwisowych dla morskich farm wiatrowych w Polsce, opracowanie autorskiej metody wielokryterialnej oceny potencjalnych lokalizacji oraz ilościowe określenie wybranych ekonomicznych konsekwencji alternatywnych decyzji lokalizacyjnych. Badanie przeprowadzono dla portów w Ustce, Łebie, Władysławowie i Darłowie oraz wybranych projektów morskich farm wiatrowych realizowanych w polskiej części Morza Bałtyckiego.

W pracy przeprowadzono przegląd literatury oraz zastosowano trzy komplementarne podejścia badawcze: modelowanie przestrzenne z wykorzystaniem GIS, analizę wielokryterialną oraz metody optymalizacyjne. Uzupełniająco opracowano ilościowy model oceny przyrostowych konsekwencji ekonomicznych lokalizacji portów serwisowych, uwzględniający koszty transportu jednostek CTV, scenariuszowe straty produkcyjne, nakłady adaptacyjne oraz zdyskontowane różnice kosztów pomiędzy alternatywnymi rozwiązaniami. Badania uzupełniono analizą SWOT oraz oceną

kryteriów z wykorzystaniem siedmiostopniowej skali porządkowania. Na podstawie uzyskanych wyników wyodrębniono kryteria o największym znaczeniu dla procesu decyzyjnego oraz opracowano autorską, uproszczoną metodę oceny lokalizacji portów serwisowych. Zakres empiryczny objął porty w Ustce, Łebie, Władysławowie i Darłowie oraz projekty Baltica 2, BC Wind, PGE 7 i PGE 9. Uzupełniającym elementem badania była walidacja ekspercka przeprowadzona na podstawie jedenastu wywiadów z przedstawicielami podmiotów funkcjonujących w różnych obszarach łańcucha wartości offshore wind. Wywiady służyły przede wszystkim ocenie zasadności przyjętych kryteriów, logiki uproszczenia metody oraz jej potencjalnej użyteczności praktycznej jako narzędzia wspomagającego preselekcję lokalizacji portów serwisowych.

Przeprowadzone analizy wykazały, że wybór portu serwisowego ma charakter wielokryterialny i nie powinien być dokonywany wyłącznie na podstawie odległości od farmy. Do czynników mających największe znaczenie należą relacja przestrzenna port–farma, odległość i czas rejsu, logistyka i dostępność transportowa, parametry infrastruktury portowej oraz warunki środowiskowe i geotechniczne. Wyniki potwierdziły również, że nie istnieje jeden port najkorzystniejszy spośród analizowanych dla wszystkich projektów, ponieważ końcowe rozstrzygnięcie zależy od lokalizacji farmy, specyfiki inwestycji oraz przyjętych uwarunkowań technicznych, operacyjnych i logistycznych.

Autorska metoda wykazała wysoką zgodność z wynikami metody pełnej. Dla trzech z czterech analizowanych projektów prowadziła do tego samego wskazania portu, natomiast w przypadku Baltica 2 zawężała wybór do tych samych dwóch dominujących lokalizacji. Stabilność metody zweryfikowano dodatkowo za pomocą trzech rodzajów analizy wrażliwości: One-at-a-Time (OAT), analizy grup kryteriów oraz scenariuszy preferencji decydenta. W żadnym z analizowanych wariantów nie wystąpiła jednoznaczna zmiana portu zajmującego pierwszą pozycję, a obserwowane różnice dotyczyły przede wszystkim kolejności portów znajdujących się na dalszych miejscach rankingu. Wyniki te wskazują na wysoką odporność metody w zakresie podstawowej decyzji przy jednoczesnym zachowaniu jej wrażliwości na zmianę założeń i preferencji.

Uzupełniającą walidację przeprowadzono w formule out-of-sample dla projektu F.E.W. Baltic II, który nie uczestniczył w procesie tworzenia metody autorskiej. W pierwszej kolejności zastosowano niezmienioną metodę autorską, a następnie

uzyskany rezultat skonfrontowano z wynikami metod pełnych oraz z publicznie dostępnymi informacjami dotyczącymi rzeczywistego wyboru portu serwisowego. Metoda wskazała na port w Ustce, a wynik ten był zgodny zarówno z rezultatami szerszych analiz, jak i z decyzją podjętą dla analizowanego projektu. Stanowi to dodatkową przesłankę potwierdzającą zdolność metody do zastosowania również w przypadku niewykorzystywanym podczas jej opracowywania.

Uzyskane wyniki wskazują, że ograniczenie liczby kryteriów umożliwia uproszczenie procesu oceny lokalizacji portów serwisowych bez utraty podstawowej trafności rozstrzygnięcia. Opracowana metoda może zatem stanowić narzędzie wspomagające wstępną ocenę i porównywanie potencjalnych portów serwisowych dla projektów MEW. Badania wykazały, że lokalizacja portu serwisowego wpływa na istotne determinanty efektywności inwestycyjnej i operacyjnej, w szczególności koszty O&M, czas reakcji, wykorzystanie zasobów i ryzyko przestojów. Uzupełniająca analiza ilościowa pozwoliła określić scenariuszowe konsekwencje ekonomiczne tych zależności oraz graniczne warunki opłacalności dodatkowych nakładów infrastrukturalnych. Badanie wykazuje ponadto, że wielokryterialna ocena atrakcyjności lokalizacji nie musi pokrywać się z najniższymi kosztami operacyjnymi wynikającymi z modelu. W przypadku analizy PGE 7 ocena wielokryterialna wskazała na Ustkę, podczas gdy model ekonomiczny oparty na scenariuszach wykazał przewagę kosztową Darłowa. Szacowana różnica wyniosła około 2,380 mln PLN w ujęciu wartości bieżącej, w okresie 25 lat i przy stopie dyskontowej wynoszącej 7%. Deterministyczna analiza wrażliwości wykazała, że przewaga ta była uzależniona od przyjętych odległości żeglugi oraz parametrów operacyjnych. Wyniki te przemawiają zatem za łączeniem wielokryterialnej oceny portów z analizą ekonomiczną, zamiast traktowania któregokolwiek z tych podejść jako wystarczającej podstawy do podjęcia ostatecznej decyzji inwestycyjnej.

Słowa kluczowe: morska energetyka wiatrowa, morska farma wiatrowa, porty serwisowe, determinanty efektywności inwestycyjnej, wielokryterialna analiza decyzyjna, optymalizacja lokalizacji.