

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Moniki Lisowskiej**

**WPŁYW WARUNKÓW CYRKULACYJNYCH NA ZMIANY PRĘDKOŚCI I KIERUNKU  
WIATRU W PIONIE W WYBRANYCH REGIONACH POLSKI**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr Moniki Lisowskiej poświęcona została wielowątkowej analizie zmian prędkości i kierunku wiatru z wysokością na Pogórzu Ciężkowickim i Pojezierzu Choszczeńskim. W opracowaniu uwzględniono nie tylko czasowe i przestrzenne zmiany badanych charakterystyk wiatru, ale także określono ich związki z warunkami cyrkulacyjnymi panującymi nad rozpatrywanymi obszarami badawczymi oraz wyznaczono zasoby energetyczne wiatru w badanych regionach. Podejmowane w pracy zagadnienia badawcze mają zarówno aspekt poznawczy, jak i aplikacyjny. Przeprowadzone badania zaliczają się również do nielicznych prac podejmujących problematykę zmian prędkości i kierunku wiatru w pionowym profilu atmosfery i wykorzystujących jednocześnie dane empiryczne. Wyniki tego rodzaju badań pozwalają na bardziej dogłębne poznanie procesów zachodzących w granicznej warstwie atmosfery, jak również na zweryfikowanie rezultatów prac dotyczących pola wiatru w dolnej troposferze uzyskanych w wyniku opracowań teoretycznych. Lepsze poznanie praw rządzących zmianą kierunku i prędkości wiatru wraz z wysokością jest podstawą do bardziej szczegółowych badań poświęconych m.in. rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń w atmosferze czy też warunkom topoklimatycznym, w tym klimatu miasta. Równocześnie precyzyjne rozpoznanie warunków anemologicznych poszczególnych obszarów jest zasadniczym elementem opracowania polityki energetycznej uwzględniającej wykorzystanie zasobów wiatru w pozyskiwaniu energii elektrycznej.

Recenzowana praca składa się z pięciu zasadniczych rozdziałów, dwóch załączników, bibliografii obejmującej 168 pozycji (z czego około połowa to prace obcojęzyczne) oraz spisu tabel i rycin. W sumie oceniana rozprawa liczy 209 stron, w tym 104 tabele i 84 ryciny. Zaprezentowane w pracy zagadnienia tworzą logiczną całość i są udokumentowane bogatym

i właściwie dobranym materiałem ilustracyjnym. Język, jakim napisana została praca jest poprawny, a nieliczne i głównie redakcyjne błędy nie wpływają na jej ocenę. Opisany w rozprawie sposób przeprowadzenia badań oraz prezentacja uzyskanych wyników potwierdzają opanowanie warsztatu badawczego przez Doktorantkę.

We wstępnej części pracy (rozdział 1) Autorka właściwie określiła zagadnienia badawcze, które stały się celami jej pracy. Pierwszym z nich było „*określenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na wielkość zmian prędkości i kierunku wiatru z wysokością w typie krajobrazu pojeziernego oraz pogórskiego*”. Drugim natomiast „*wyznaczenie zasobów energetycznych wiatru w badanych lokalizacjach*” oraz „*próba zbadania związków mocy wiatru z cyrkulacją atmosferyczną i wyznaczenie warunków cyrkulacyjnych sprzyjających dużej mocy wiatru*”. I chociaż w tym początkowym fragmencie pracy uzasadnienie podjęcia wspomnianych badań pozostawia w czytelniku duży niedosyt, zostaje on w pełni zaspokojony poprzez bardzo dobrze przygotowany przegląd zagadnień związanych z tematyką pracy. Został on zaprezentowany w postaci dwóch części, z których jedna dotyczy dotychczasowych badań zmian parametrów wiatru z wysokością, druga natomiast badań poświęconych zasobom energetycznym wiatru. W opisywanej części rozprawy Doktorantka zamieściła także krótką charakterystykę obszarów badawczych, w której szczególną uwagę poświęciła elementom środowiska w największym stopniu modyfikującym kierunek i prędkość wiatru.

Dane i metody badawcze wykorzystane w recenzowanej pracy zostały bardzo szczegółowo przedstawione w rozdziale 1.2. Podstawą przeprowadzonych badań były dane uśrednione z krokiem 10-minutowym dotyczące parametrów wiatru z lat 2008-2010. Pochodziły one z dwóch masztów zlokalizowanych w Żeńsku reprezentującym krajobraz pojezierny oraz w Ciężkowicach położnych w typie krajobrazu pogórskiego. Pomiary były wykonywane odpowiednio na 25 i 50 m n.p.g. oraz na 10 i 40 m n.p.g. Ponadto, Autorka wykorzystwała wybrane dane pomiarowe z kilku stacji meteorologicznych znajdujących się w sąsiedztwie wspomnianych masztów, a także dane dotyczące wysokości geopotencjału powierzchni 700 i 1000 hPa pochodzące z reanaliz NCEP/NCAR. W pracy wykorzystano również typy cyrkulacji wg J. Lityńskiego i T. Niedźwiedzia oraz mapy synoptyczne opracowane przez IMGW. Na tej podstawie zostały określone związki zmian kierunku i prędkości wiatru wraz z wysokością z elementami charakteryzującymi cyrkulację atmosfery w rozpatrywanych regionach. Pewne zastrzeżenia może budzić wykorzystanie dwóch typologii cyrkulacji atmosfery, dla każdego regionu innej, charakteryzujących warunki cyrkulacyjne w różnych skalach przestrzennych.

Wydaje się, że bardziej poprawne byłoby zastosowanie jednej klasyfikacji w obu rozpatrywanych przypadkach. Ze względu na wyraźne różnice cyrkulacyjne występujące na obszarze Polski, lepszym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie *Kalendarza typów cyrkulacji dla dziewięciu regionów Polski (2001-2016)* opracowanego przez Prof. T. Niedźwiedzia. Pozostałe wykorzystane w pracy metody opisujące cyrkulację oraz pozwalające na oszacowanie mocy i energii wiatru są powszechnie wykorzystywane w opracowaniach klimatologicznych oraz inżynierskich i nie budzą zastrzeżeń. Niewątpliwie może wzbudzać jedynie brak uzasadnienia przyjęcia tak wielu sposobów poszukiwania związków zmian prędkości i kierunku wiatru z cyrkulacją atmosfery.

Rozdział 2 rozpoczyna zasadniczą część rozprawy i stanowi podstawę, a jednocześnie tło do dalszych badań. Poświęcony on został czasowej charakterystyce występowania kierunków i prędkości wiatru na dwóch poziomach w wybranych obszarach. Zarówno w przypadku wiatru występującego w Żeńsku, jak i Ciężkowicach, właściwa analiza została poprzedzona określeniem warunków anemologicznych panujących na sąsiadujących z masztami stacjach meteorologicznych w okresie 2007-2013. Pozwoliło to na ocenę, czy warunki anemologiczne w krótkim okresie pomiarów w Żeńsku i Ciężkowicach nie odbiegały znacząco od średnich warunków wieloletnich. Charakteryzując zmiany kierunku i prędkości wiatru w obu regionach Doktorantka uwzględniła ich zmiany z wysokością w poszczególnych sezonach, a także w przebiegu rocznym i dobowym. Dodatkowo wyznaczyła pionowe gradienty prędkości wiatru ze szczególnym uwzględnieniem zmian skrajnie małych i skrajnie dużych, a także spadku prędkości wiatru z wysokością.

Bardzo ważnym aspektem tej części badań jest porównanie rzeczywistej i teoretycznie oszacowanej prędkości wiatru na wysokości odpowiednio 50 i 40 m n.p.g. W tym celu Autorka zastosowała dwie metody wyznaczania prędkości wiatru wraz ze zmianą wysokości oraz 9 klasyfikacji szorstkości terenu. Poza aspektem poznawczym, uzyskane wyniki mają zastosowanie aplikacyjne i mogą być wykorzystane podczas podejmowania decyzji o lokalizacji turbin wiatrowych.

Kluczowy etap badań, będący jednocześnie realizacją pierwszego celu badawczego, został opisany w trzeciej części rozprawy. Autorka zaprezentowała w nim związek zmiany kierunku i prędkości wiatru w pionie z cyrkulacją atmosfery. Tłem dla przeprowadzonych badań była charakterystyka warunków cyrkulacyjnych występujących w rozpatrywanych regionach w latach 2007-2013. Obejmowała ona analizę rocznego przebiegu wartości składowych poziomego gradientu ciśnienia, prędkości wiatru geostroficznego oraz wskaźnika wirowości. Na tej

podstawie Doktorantka wykazała różnice warunków cyrkulacyjnych panujących w obu, tak oddalonych od siebie obszarach.

Następnie, podobna analiza została przeprowadzona dla okresu 2008-2010. W tym przypadku uwzględniono zarówno roczny, jak i dobowy przebieg zmian wartości badanych charakterystyk cyrkulacji, który został uzupełniony analizą występowania mas powietrza. Kolejnym krokiem było określenie związków pionowych gradientów prędkości wiatru, a na Pogórzu Ciężkowickim i zmian kierunku wiatru z wysokością, z wymienionymi elementami opisującymi cyrkulację atmosfery. Dodatkowym elementem tego etapu badawczego było uwzględnienie kierunku adwekcji i rodzaju układu barycznego określonego przez typy cyrkulacji wg J. Lityńskiego i T. Niedźwiedzia. Ponadto, Autorka wykazała wpływ cyrkulacji na występowanie skrajnie małych i dużych pionowych gradientów prędkości wiatru.

Przeprowadzoną analizę charakteryzuje bardzo duży stopień szczegółowości i pewna niekonsekwencja w przedstawieniu warunków cyrkulacyjnych z dłuższego okresu obserwacyjnego w porównaniu do lat 2008-2010. W drugim przypadku, dodatkowo uwzględnione zostały masy powietrza oraz typy cyrkulacji. Wydaje się także, że bardziej syntetyzujące ujęcie uzyskanych wyników ułatwiłoby odbiór pracy. W przypadku przygotowania rozprawy lub jej fragmentów do druku można również rozważyć zaprezentowanie uzyskanych wyników w formie porównania wykazanych związków pomiędzy regionami.

Kolejnym etapem badawczym (opisanym w rozdziale 4) było określenie zasobów energetycznych wiatru w obu rozpatrywanych obszarach oraz ocena ich związków z cyrkulacją atmosfery. W celu oszacowania wspomnianych zasobów energetycznych Autorka wykorzystwała dwie metody oceny częstości prędkości wiatru: meteorologiczną i statystyczną. Następnie, dla roku, sezonów i miesięcy obliczyła moc i energię wiatru w badanych regionach. Określiła także ich związki z elementami opisującymi cyrkulację atmosfery wykorzystanymi we wcześniejszej części pracy. Otrzymane rezultaty wskazują na skomplikowany charakter relacji pomiędzy warunkami anemologicznymi występującymi w rozpatrywanych regionach a cyrkulacją atmosfery, które dodatkowo zmieniają się w ciągu roku. Wydaje się, że wartość tego fragmentu pracy podniosłoby podkreślenie regionalnych różnic uzyskanych wyników. Cenne byłoby także przedstawienie ich na tle dotychczasowych opracowań dotyczących zasobów energetycznych wiatru oraz zaprezentowanie potencjalnych możliwości wykorzystania warunków anemologicznych analizowanych obszarów w energetyce wiatrowej.

Pracę kończy *Podsumowanie* (rozdział 5), w którym Doktorantka przedstawiła najważniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych badań. Niektóre z nich są chyba zbyt dużym uogólnieniem skomplikowanej natury związków pomiędzy parametrami charakteryzującymi wiatr a warunkami cyrkulacyjnymi, ale dobrze oddają bardziej ogólne prawidłowości rządzące wspomnianymi relacjami. Wydaje się także, że warto byłoby w tym miejscu podkreślić istotność uzyskanych wyników oraz możliwość ich wykorzystania w praktyce.

Reasumując, przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr Moniki Lisowskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego oraz cenny wkład w badania dotyczące wpływu cyrkulacji atmosfery na zmiany parametrów wiatru w skali lokalnej. Ponadto, oceniana dysertacja posiada również charakter aplikacyjny. Wnikliwa i wielowątkowa analiza świadczy o wiedzy teoretycznej Doktorantki z zakresu nauk o Ziemi, w dyscyplinie geografia i o jej dojrzałości naukowej. Zamieszczone w recenzji uwagi krytyczne, często o dyskusyjnym charakterze, nie wpływają na pozytywną ocenę recenzowanej rozprawy.

W związku z powyższym stwierdzam, że **rozprawa doktorska mgr Moniki Lisowskiej spełnia kryteria formalne i merytoryczne stawiane rozprawom doktorskim** (zgodnie z ustawą o stopniach i tytułach naukowych z 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami) i wnoszę do Wysokiej Rady Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego o dopuszczenie mgr Moniki Lisowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Zuzanna Bielec-Bąkowska