

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki
Politechnika Śląska



Rozprawa doktorska

Analiza parametryczna i weryfikacja eksperymentalna numerycznego modelu przepływu wiatru WAsP

Parametric analysis and experimental verification of the numerical wind flow model WAsP

mgr inż. Piotr Gnyp

Promotor: dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. PŁ

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Katedra Inżynierii Środowiska

Politechnika Łódzka

Gliwice, 2018

Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska poświęcona analizie parametrycznej i weryfikacji eksperymentalnej numerycznego modelu przepływu wiatru WASP (ang. Wind Atlas Analysis and Application Program) dotyczy modelowania i predykcji przepływu wiatru w terenie nieurbanizowanym. Celem rozprawy doktorskiej jest ocena działania numerycznego modelu przepływu wiatru WASP na podstawie danych o wietrzności, zmierzonych przy użyciu czterech masztów pomiarowych. Wykorzystanie kilku masztów pomiarowych pozwoliło sprawdzić czy model obliczeniowy WASP jest odpowiedni dla danej lokalizacji lub wykazać ograniczenia w jego stosowaniu dla różnych warunków terenowych. Do realizacji niniejszego celu wykorzystano dane o wietrzności, tj. prędkości i kierunku wiatru pochodzące z masztów pomiarowych. W modelu WASP oraz podczas jego oceny uwzględniono dane dotyczące ukształtowania i pokrycia terenu – orografia i szorstkość terenu. Badania wietrzności, dla każdego z masztów pomiarowych trwały ponad 3 lata. Weryfikacja działania numerycznego modelu przepływu wiatru WASP polegała na ekstrapolacji wyników pomiarów wietrzności z trzech masztów pomiarowych do lokalizacji jednego masztu pomiarowego. Podczas ekstrapolacji wyznaczono parametry rozkładu Weibulla (parametr kształtu k , parametr skali A) oraz średnią prędkość wiatru v . Wyznaczone parametry rozkładu na podstawie modelu WASP dla danych pochodzących z trzech masztów pomiarowych porównano z wartościami rzeczywistymi, zmierzonymi w danej lokalizacji. Obliczenia wykonano w czterech wariantach, odpowiadającym lokalizacjom każdego z masztów pomiarowych.

W rozprawie doktorskiej dokładnej analizie zostały poddane zagadnienia związane ze zdefiniowaniem warunków terenowych, w tym zgodności teoretycznego opisu terenu z warunkami rzeczywistymi. Został opracowany cyfrowy wysokościowy model terenu oraz cyfrowy model szorstkości terenu. Cyfrowy model wysokościowy terenu zaprezentowany w rozprawie został opracowany na podstawie danych SRTM-3 (Shuttle Radar Topography Mission), natomiast opracowanie cyfrowego modelu szorstkości terenu bazowało na danych Europejskiej Agencji Ochrony Środowiska (EEA), danych Corine Land Cover 2012 (CLC2012). Wykorzystanie danych CLC2012 do definiowania cyfrowego modelu szorstkości terenu jest nowym podejściem zaprezentowanym w rozprawie. Modele terenu zostały opracowane przy pomocy programu komputerowego GIS (ang. Geographic Information System) – Global Mapper.

Obliczenia wietrzności wykonane z wykorzystaniem numerycznego modelu przepływu wiatru WASP wykonano w profesjonalnym programie komputerowym dla energetyki wiatrowej WindPRO. W celu wykonania dodatkowej weryfikacji eksperymentalnej numerycznego modelu przepływu wiatru WASP zaproponowano i wyznaczono współczynniki topograficzne terenu. Współczynnik topograficzny terenu pozwala w szybki sposób sprawdzić poprawność działania modelu WASP dla danych warunków terenowych.

Analiza obliczonych parametrów rozkładu Weibulla oraz średnich prędkości wiatru dla obszarów o wysokich wartościach szorstkości terenu w połączeniu ze znacznym zróżnicowaniem rzeźby terenu wykazała największe ograniczenia w stosowaniu modelu WASP. W celu oceny poprawności działania modelu WASP porównano przebiegi rozkładu Weibulla i wyznaczono współczynniki determinacji R^2 . Dodatkowo porównano ze sobą średnie obliczone prędkości wiatru ze średnimi zmierzonymi prędkościami wiatru dla danej lokalizacji masztu pomiarowego. W tym celu obliczono błąd procentowy PE dla wszystkich wysokości pomiarowych w odniesieniu do wartości zmierzonych. Dla wartości szorstkości terenu powyżej 1 m i zmian w profilu wysokości terenu powyżej 50 m w bliskim otoczeniu masztu pomiarowego wartość współczynnika determinacji R^2 wyniosła w najgorszym przypadku 0,783. Wartość współczynnika topograficznego terenu osiągała największą wartość wynoszącą 16,69. Najwyższa wartość błędu procentowego PE dla obszarów o dużym zróżnicowaniu terenu dla wyniosła 13,74%.

Dla obszarów o mniejszym zróżnicowaniu terenu, działanie modelu WASP cechowało się wysoką dokładnością. Obliczone współczynniki determinacji R^2 osiągały wartość mieszczącą się w przedziale 0,966 ÷ 9,998. Błąd procentowy PE oscylował pomiędzy wartościami 0,71% ÷ 14,46%. Najniższa wartość obliczonego współczynnika topograficznego terenu wyniosła 3,98 (teren równinny), a najwyższa 12,59 (teren lekko zróżnicowany).

Na podstawie uzyskanych wyników zauważono, że wysokie wartości szorstkości terenu wraz z dużymi zmianami wysokości terenu, w bliskim otoczeniu masztu pomiarowego mają największy wpływ na ekstrapolację parametrów wietrzności z wykorzystaniem numerycznego modelu przepływu wiatru WASP. W takim przypadku końcowy wynik obliczeń jest obciążony błędem. W związku z tym stwierdzono, że model przepływu wiatru WASP posiada istotne ograniczenia polegające na uzyskaniu wyników obliczeń zbieżnych z warunkami rzeczywistymi i nie powinien być stosowany w takich przypadkach.