

IGF-SN-420-08/22

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Data.....	23.06.2022v.
Nr dz.	zał.
Ref.	

Łódź, 19. czerwca 2022 r.

Prof. dr hab. Joanna Wibig
Zakład Meteorologii i Klimatologii
Uniwersytet Łódzki

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anahity Sattari pt. *Sensitivity of the GEM model to different descriptions of city Surface parameters over Warsaw*

Przedłożona rozprawa doktorska mgr inż. Anahity Sattari została przygotowana w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk pod kierunkiem Prof. dr. hab. inż. Jacka W. Kamińskiego. Rozprawa jest zwartym opracowaniem o objętości 113 stron. Podzielono ją na 5 rozdziałów i wykazy literatury, tabel i rysunków. Bibliografia zawiera 94 pozycje, w większości są to artykuły opublikowane w anglojęzycznych czasopismach. Praca zawiera 10 tabel i jest zilustrowana 53 rysunkami.

Podstawowym celem badawczym przedstawionej rozprawy była ocena wpływu pokrycia terenu w mieście na rozwój warstwy granicznej atmosfery nad Warszawą. Do badań wykorzystano Global Environmental Multiscale model (GEM) sprzężony z modulem Town Energy Budget (TEB). Wpływ własności radiacyjnych powierzchni miejskiej na rozwój warstwy granicznej badano porównując wyniki modelowania z i bez parametryzacji TEB. Zdolność modelu GEM do reprodukcji dobowego cyklu zmian parametrów meteorologicznych badano poprzez porównanie wyników symulacji przy założeniu trzech różnych typów powierzchni w mieście.

Rozprawę podzielono na pięć rozdziałów. Pierwszy zawiera wprowadzenie. W drugim dokonano przeglądu literatury. Rozdział trzeci prezentuje dane i metody wykorzystane w opracowaniu. Wyniki i ich dyskusja są tematem czwartego rozdziału, piąty zawiera wnioski i sugestie dla przyszłych badań.

Przegląd literatury obejmuje 15 stron i prezentuje badania klimatu miasta i rozwoju granicznej warstwy atmosfery nad jego obszarem. W podrozdziale o

powierzchniach miejskich ograniczono się praktycznie do zdefiniowania kanionów ulicznych i współczynnika przesłonięcia nieba i jedynie wspomniano, że w mieście udział powierzchni nieprzepuszczalnych jest duży. Podrozdział o lokalnych strefach miejskich zawiera rysunek prezentujący 17 stref z pracy Stewarta i Oke'a z krótkim opisem. Nieco więcej uwagi poświęcono prezentacji warstwy granicznej atmosfery. Przedstawiono cykl dobowy jej rozwoju, strukturę oraz porównano miejską i pozamiejską warstwę graniczną. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono bilans cieplny powierzchni czynnej z uwzględnieniem ciepła antropogenicznego oraz miejską wyspę ciepła. Przy opisie miejskiej wyspy ciepła znajduje się zaskakujące stwierdzenie: „*The average land surface temperature difference between urban and rural areas reaches up to 12°C during the early night but is lower than during the daytime*”. Podrozdział o modelach warstwy nad miastem zawiera dodatkowo opis modelu TEB wykorzystanego w dalszej części pracy.

Trzeci rozdział pracy prezentuje dane i metody opracowania. Doktorantka opisuje model GEM i typy pokrycia terenu, jakie wykorzystwała w swoim opracowaniu. Standardowo moduł TEB uwzględnia 12 kategorii powierzchni miejskich, z czego aż 8 dotyczy typu zabudowy miejskiej i podmiejskiej. Wykorzystanie danych z Corine Land Cover wymusiło zmniejszenie tej liczby do dwóch kategorii. W ten sposób zniknęły obszary zabudowy podmiejskiej, obejmujące rozległe części Warszawy i jej bezpośredniego sąsiedztwa. W pracy brakuje dyskusji, jakie mogą być skutki takiego wyboru na wyniki symulacji. Model GEM-LAM, którego wyniki analizowane są w pracy ma rozdzielczość 1 km i jest zagnieżdżony w modelu regionalnym GEM o rozdzielczości 5 km. Tyle wiadomo, brak jednak informacji o tym, czy model GEM-LAM pobiera dane z modelu regionalnego tylko przy uruchomieniu, czy też jest zasilany danymi brzegowymi z jakąś określoną częstością (np. co godzinę). Nie wiadomo też, czy uwzględniono strefę buforową. W wielu miejscach rozdziału trzeciego Doktorantka stwierdza, że 24-godzinne symulacje zaczynają się o godzinie 06:00 UTC. Czy zastosowano jakiś czas rozbiegowy, po którym model wewnętrzny osiąga równowagę, a te 24 godziny, o których wspomina Doktorantka, to jedynie okres, z którego pobrano wyniki symulacji? Jeśli prawdą jest, że symulacje trwały tylko 24 godziny, to dlaczego na rys. 4.32, prezentującym przebieg turbulencyjnej energii kinetycznej skala czasowa obejmuje godziny od 01:00 rano do 12:00 następnego dnia?

Do analizy wybrano cztery dni z różnych pór roku. Czym kierowano się w wyborze tych dni? Czy wybierano takie, w których miejska wyspa ciepła miała dobre warunki rozwoju? Silny, a nawet już umiarkowany wiatr powoduje, że wpływ podłoża jest mniej zauważalny, bo napływ powietrza z rejonów o innym pokryciu terenu wpływa istotnie na warunki termiczno-wilgotnościowe. Opis pogody w dniu symulacji powinien być bardziej szczegółowy. Na przykład w przypadku pierwszego z wybranych dni 29 stycznia napisano tylko, że między 27 a 31 stycznia Warszawa była pod wpływem układów niskiego ciśnienia z frontami atmosferycznymi. Przejście frontu w okresie symulacji oznacza, że różnice termiczne są silniej związane ze zmianą panującej masy powietrza niż typem podłoża. Wyborowi dni i szczegółowej prezentacji pogody podczas tych dni, a nie całego miesiąca, powinna Doktorantka poświęcić znacznie więcej uwagi.

Rozdział czwarty prezentuje opis wyników połączony z ich dyskusją. Wprawdzie, zwykle w pracach naukowych rozdziela się te dwa elementy. Najpierw omawiane są wyniki, a potem następuje dyskusja, jednak w tym przypadku połączenie wydaje się być korzystne. Jednak wyjaśnienia sugerowane przez Autorka nie zawsze do mnie przemawiają. Na przykład, zmiany w pionowym profilu temperatury w przypadku zimowym wyraźnie wskazują na ocieplenie w okresie nocy z 29 na 30 stycznia. 29 stycznia o 19 temperatura przy powierzchni wynosiła -10°C (NO-TEB), a najwyższa w profilu około -1°C , a trzy godziny później już -6°C przy powierzchni i $1,5^{\circ}\text{C}$ w najcieplejszym miejscu (rys. 4.1). Skąd taki wzrost? Przyrost temperatury potencjalnej przy powierzchni ziemi jest również dobrze widoczny na rys. 4.3. Nie do końca przekonuje mnie wyjaśnienie, dlaczego po zachodzie słońca turbulentna energia kinetyczna w przypadku NO-TEB jest większa niż w TEB. Słabo czytelne są przekroje na rys. 4.2, 4.7, 4.12 i 4.18. Pokazanie na początku mapy z narysowanym położeniem tego przekroju znacznie ułatwiłoby śledzenie wyводу Doktorantki. Sprawdzanie każdorazowo, jaki obiekt kryje się pod danymi wartościami długości i szerokości geograficznej, jest mało komfortowe. Podsumowując, mimo generalnie pozytywnej oceny dyskusji przebiegu różnic symulacji TEB i NO-TEB, uważam brak uwzględnienia przebiegu pogody (wiatr, zachmurzenie, przejście frontu) za poważny błąd.

W drugiej części rozdziału czwartego doktorantka analizuje różnice między symulacjami dla trzech różnych parametryzacji podłoża, dwie z nich różnią się

podziałem typu zabudowy, trzecia zakłada, że całe miasto pokryte jest roślinnością. Tu największe trudności sprawiają Doktorantce przebiegi wilgotności właściwej, które w mieście rzeczywiście są skomplikowane. Zimą spadek wilgotności właściwej od godzin południowych do wieczornych, a potem wzrost w godzinach nocnych jest zaskakujący i nie do końca jasny. O wiosennej sytuacji Autorka w ogóle nie wspomina. Nie wyjaśnia również przebiegu w lipcu. Dlaczego jest on tak odmienny od czerwcowego? Przestrzenne rozkłady różnic nad miastem byłyby bardziej czytelne, gdyby zaznaczono na nich chociaż granice Warszawy i przebieg Wisły.

W ostatniej części rozdziału czwartego porównano wyniki otrzymane z symulacji w przypadku TEB i NO-TEB z wartościami mierzonymi w sześciu punktach w Warszawie. Mapy pokazujące położenie punktów są mało czytelne. Porównania dokonano na podstawie trzech wskaźników: błędu średniego (MBE), współczynnika korelacji Pearsona i czegoś co nazwano MAGE (the absolute gross error) ale nie zdefiniowano w żadnym miejscu pracy. Współczynnik korelacji zawsze jest wysoki, oprócz dnia zimowego, w którym modele wskazały znaczący spadek temperatury w godzinach popołudniowych i wzrost w nocnych. Tak wysoki współczynnik korelacji, nie świadczy jednak o dobrym dopasowaniu, a jedynie o tym, że modele dobrze oddają cykl dobowy zjawiska. Parametryzacja TEB średnio w połowie przypadków jest obciążona mniejszym błędem niż NO-TEB. W drugiej połowie większym. W przypadku TEB symulowana temperatura jest zawsze wyższa, więc w tych porach dnia, w których model przeszacowuje temperaturę lepsza jest parametryzacja NO-TEB, a gdy niedoszacowuje, to lepsza jest parametryzacja TEB. Trudno wyciągnąć silniejsze wnioski.

Wnioski z badań Doktorantka zebrała w ostatnim, piątym rozdziale pracy. Są one dość wyważone i oddają wyniki przeprowadzonych analiz. Zastrzeżenia budzi tylko podsumowanie jakości prognoz TEB i NO-TEB. O ile w styczniu, rzeczywiście na wszystkich stacjach wskaźniki błędu wskazują, że parametryzacja TEB jest lepsza, to w kwietniu jest to prawda już tylko dla dwóch stacji, a na pozostałych dwóch wskaźniki nie dają jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie. W przypadku miesięcy letnich, czerwca i lipca w większości przypadków to symulacja NO-TEB jest bliższa rzeczywistości.

Podsumowując, koncepcja pracy, zbadanie jak typ zabudowy miejskiej wpływa na rozwój granicznej warstwy atmosfery jest interesująca. Decyzja o wyborze kilku

dni z różnych pór roku, przeprowadzeniu symulacji z modulem TEB i bez niego oraz dla różnych typów podłoża i porównania wyników jest prawidłowa. Dobór analizowanych parametrów, temperatury powietrza wirtualnej temperatury potencjalnej, wilgotności właściwej oraz turbulencyjnej energii kinetycznej w profilu od podłoża do 3 km i temperatury powierzchni pozwala na określenie rozwoju granicznej warstwy atmosfery. Dyskusja wyników również zawiera wiele interesujących elementów. To zaliczam do zalet pracy. Niestety ma ona też wady. Brak uzasadnienia doboru dni i dokładnego opisu obserwowanej (rzeczywistej) pogody, ze szczególnym uwzględnieniem sytuacji barycznej, przejścia lub nie frontów, zachmurzenia i prędkości wiatru – czynników o decydującym wpływie na kształtowanie silnej miejskiej wyspy ciepła. Brak ważnych informacji dotyczących symulacji, np. częstości zasilania modelu zagnieżdżonego wartościami brzegowymi. Jakość map – brak konturów miasta, czy nieczytelna legenda (np. na rys. 3.3) - też nie ułatwiają analizy.

Wniosek końcowy

Na podstawie szczegółowej analizy i oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Anahity Sattari pt. *Sensitivity of the GEM model to different descriptions of city Surface parameters over Warsaw* stwierdzam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie aktualnego problemu naukowego i spełnia wymogi ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biorąc powyższe pod uwagę, stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Anahitę Sattari do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony.

