

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

Poznań, dnia 5 czerwca 2022 r.

WYDZIAŁ FIZYKI

ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

Prof. dr hab. Zdzisław Błaszczak

zetbe@amu.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Marii Szczepanik

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pani mgr Dominiki Marii Szczepanik, pt.: „Badania lidarowe własności napływowego pyłu mineralnego i jego mieszanin nad Warszawą”, której promotorem jest pani prof. dr hab. Iwona Stachlewska, została wykonana w grupie badawczej Laboratorium Pomiarów Zdalnych Instytutu Geofizyki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Pani prof. dr hab. Iwona Stachlewska, kierownik Zakładu Fizyki Atmosfery, kieruje od lat, z wielkim powodzeniem, Laboratorium Pomiarów Zdalnych, które w tym okresie osiągnęło wysoki poziom naukowy, a dobre wyposażenie aparaturowe, rozwinięty warsztat badawczy i dobra współpraca z licznymi instytucjami naukowymi umożliwia uzyskiwanie wartościowych wyników, cenionych w międzynarodowym środowisku badaczy atmosfery Ziemi i zmian jej klimatu. Należy podkreślić, że atmosfera Ziemi to bardzo złożony globalny system, badany zarówno na poziomie ogólnym, regionalnym jak i lokalnym przy korzystaniu z wielu różnych globalnych sieci gromadzących obserwacje, co sprzyja współpracy międzynarodowej.

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr Dominiki Szczepanik to badania aerozoli atmosferycznych. Jest to współczesny i bardzo aktualny temat badawczy, nie tylko o dużych walorach poznawczych, (ponieważ obecne w atmosferze aerozole, naturalnego i antropogenicznego pochodzenia, mają duży wpływ na klimat), ale i o potencjalnych możliwościach praktycznych zastosowań, na przykład przy przygotowywaniu krótko i średnioterminowych prognoz pogody.

Przechodząc do oceny rozprawy podam zwyczajowo dane bibliograficzne. Praca liczy 119 stron maszynopisu, które po dość rozbudowanych Podziękowaniach, mieszczą: Spis treści i tekst kolejnych części pracy, poprzedzony Listami Akronimów i Symboli stosowanych w pracy, pomocnymi przy jej czytaniu, a następnie przejrzyste Streszczenie i kolejne rozdziały, z których rozdział końcowy, to Podsumowania i wnioski. Całość zakończona jest obszernym spisem cytowanej Literatury, liczącym 110 pozycji, czterema Aneksami z różnymi informacjami, w tym aneksy zawierające osiągnięcia naukowe Doktorantki i jej udział w projektach badawczych. Warto podkreślić staranny dobór pozycji literaturowych, obejmujących, moim zdaniem, większość dostępnych prac z zakresu tematyki rozprawy i trafne ich cytowanie, co świadczy o dobrej orientacji pani Magister w tematyce badań i dobrym przygotowaniu do ich realizacji. Na omawianą całość tekstu składa się też 16 przejrzystych rysunków i 3 dobrze zestawione tabele z wynikami badań.

Krótki Wstęp to dobre wprowadzenie do tematyki pracy, czyli pyłu mineralnego jego głównych źródeł, właściwości, sposobu transportu i roli aerozoli w atmosferze. Cel rozprawy jest sformułowany poprawnie, w jasny sposób. Dotyczy to również właściwie postawionych hipotez badawczych, które

znalazły potwierdzenie w uzyskanych rezultatach. Doktorantka charakteryzuje istniejące metody lidarowe i ich przewagę w stosunku do innych metod badania atmosfery. Lidary stosowane są do badań atmosfery już od wielu lat (od drugiej połowy lat sześćdziesiątych, a lidar ramanowski od początku lat siedemdziesiątych XX w.). Urządzenia te są ciągle doskonalone w związku z rozwojem techniki laserowej i metod numerycznych, co prowadzi do zwiększenia ich czułości i zakresów pomiarowych również w badaniach parametrów i właściwości aerozoli. Zagadnienia te przedstawia Doktorantka w zwartej, ale wystarczająco szczegółowej formie, omawiają stosowane instrumenty pomiarowe i modele matematyczne. Do prowadzonych analiz pani mgr Dominika Szczepanik wykorzystywała dane pomiarowe z wielu urządzeń i systemów. Najważniejszym z nich był ramanowski lidar aerozolowo-depolaryzacyjny POLLY^{XT} (ADR Polly^{XT}). Lidar ten znajduje się w stacji Laboratorium Pomiarów Zdalnych, gdzie, wspólnie z innymi przyrządami, służy do monitorowania atmosfery. Stacja wchodzi w skład systemu krajowych i międzynarodowych sieci pomiarowych. Zamieszczony opis lidar, zawiera istotne szczegóły potrzebne do wyjaśnienia jego zasady działania i budowy, oraz podaje źródła informacji o warunkach meteorologicznych panujących w czasie wystąpienia napływów aerozolu. Z dużym znanstwem przedstawiła Doktorantka (w ujęciu historycznym), modele numeryczne, stosujące rzeczywiste dane pomiarowe do symulacji wielu parametrów mas powietrza, a zwłaszcza prognozowania wystąpienia pyłu pustynnego i symulacji tras transportu (wyznaczanie trajektorii wstecznych). Ponieważ podczas napływu aerozolu występują w atmosferze różne jego rodzaje (pył mineralny pustynny i rolny, sól morską, siarczany różnych typów, cząstki ze spalania biomasy, bioaerozole, aerozole antropogeniczne, itd.), w pracy stosowano kilka modeli prognozowania generacji i transportu aerozoli.

Metodologia stosowana przez Doktorantkę do analizy i interpretacji właściwości pyłu mineralnego obserwowanego nad Warszawą w latach 2013 do 2020, składała się z kilku etapów. Etapu szczegółowego przeglądu dostępnych danych lidarowych w celu identyfikacji dalekozasięgowych napływów, etapu separacji składników pochodzących od pyłu pustynnego (z podziałem na frakcje drobno- i gruboziarniste), korzystając ze znajomości całkowitej wartości współczynnika rozpraszania wstecznego z użyciem algorytmu separującego POLIPHON. Etap końcowy to całościowa interpretacja uzyskanych wyników z wykorzystaniem rezultatów symulacji modelowych i porównań z dostępnymi danymi literaturowymi. Takie postępowanie umożliwiło identyfikację napływów aerozoli i określenie ich źródeł, odseparowanie epizodów napływu czystego pyłu pustynnego (szczególnie ciekawy napływ z okresu od 29 do 30 czerwca 2019r.), od przypadków pojawiania się różnych mieszanin aerozolu.

Opisany schemat metodyki badań w poglądowy sposób przedstawia Rys. 1, stanowiący rzeczywiście „logiczny” ciąg myślowy Doktorantki. Analiza rejestrowanych sygnałów lidarowych, z użyciem wielu różnych algorytmów i programów pozwoliła na wyznaczenie własności optycznych aerozolu atmosferycznego. Stosowana metoda Ramana umożliwia niezależne określenie wartości wielu parametrów: aerozolowego współczynnika rozpraszania wstecznego i współczynnika ekstynkcji, wyznaczenie aerozolowego współczynnika depolaryzacji światła, czy stosunku zmieszania pary wodnej, który może w istotny sposób wpływać na wyniki pomiarów, oraz ilorazy lidarowe. Wielkości te posłużyły do określenia wysokości na jakich zachodził napływ pyłu i grubości jego warstwy/warstw. Wymienione wielkości, związane ze zachodzącymi w atmosferze zjawiskami rozpraszania i absorpcji światła, wiąże równanie lidarowe, które umożliwia wyznaczenie własności optycznych aerozolu, jego specyfikację i przypisanie składników do zjawisk w niej występujących. Podoba mi się, pokazany na Rys.3, schemat działania algorytmu separującego POLIPHON, ilustrujący separację przyczynków,

pochodzących od różnych rodzajów aerozolu, do wartości aerozolowego współczynnika rozpraszania. Proces ten pozwolił na określenie typu aerozolu i dostarczył informacji o stosunkach jego składników.

Ze względu na wspomnianą na początku recenzji złożoność systemu atmosfery i zachodzących w niej zjawisk, na niedoskonałości i ograniczoności przybliżeń stosowanych modeli, jak i występujące czasem niejednoznaczności wyników pomiarów, na krótki okres gromadzenia danych do analiz, podczas interpretacji rezultatów badań, a zwłaszcza przy formowaniu wniosków i długofalowych prognoz, należy zachować dużą ostrożność. Z lektury pracy wynika, że pani Magister jest w tych zagadnieniach dobrze zorientowana. Świadczy o tym przedstawiony ze znanostwem opis źródeł niepewności pomiarowych, stosowanie metod poprawy stosunku sygnału szumu, jak i prezentowany w Podsumowaniu i wnioskach wyważony sposób ich formowania.

Z przedstawionego omówienia wyłania się postać młodej badaczki, dobrze przygotowanej do samodzielnego prowadzenia badań aerozoli atmosferycznych. Potrafi Ona zaproponować ciekawy problem badawczy, oraz podać sposób i plan jego realizacji z wykorzystaniem odpowiednich narzędzi teoretycznych i doświadczalnych, odpowiednich do wykonania zadań. Dlatego, między innymi, w rozprawie uzyskano wiele interesujących i nowych wyników.

Przechodząc do oceny ważniejszych osiągnięć uzyskanych w rozprawie, należy stwierdzić, że ciekawe są informacje otrzymane z wykonanej przez Doktorantkę statystyki 20 badanych napływów pyłu pustynnego nad Warszawę w latach 2013 do 2020, zestawione w histogramach na Rys. 4. Wynika z nich jednoznacznie wyraźny wzrost w kolejnych latach, zarówno intensywności, średniego czasu trwania, liczby obserwowanych napływów aerozoli i grubości ich warstw. Począwszy od roku 2017 przypadki napływu pyłu pustynnego z odległych źródeł zachodziły również w okresie jesieni.

Powstaje tutaj pytanie, czy próbowano wyjaśnić brak epizodów napływów w pozostałych okresach 2018r.?

Szczególnym okresem był upalny czerwiec 2019 roku, w którym wystąpiły liczne napływy gorących mas powietrza, niosących z Sahary pył pustynny. W ciągu 8 dni zaobserwowano 5 niezależnych (o czym nie jestem do końca przekonany), epizodów napływu pyłu pustynnego. Wyjątkowe były dni 29 do 30 czerwca tego roku, o sprzyjających warunkach meteorologicznych, wyróżniające się napływem wyjątkowo czystego i stosunkowo świeżego pyłu pustynnego, co zweryfikowano korzystając z dostępnych baz danych i wielu symulacji modelowych dla określenia potencjalnych źródeł i typu aerozolu, uzyskując koherentne wyniki. Dlatego przypadek ten poddano szczegółowej analizie uzyskując 31 zestawów pionowych profili własności optycznych atmosfery, które przyjęto za referencyjne w badaniach czystego pyłu pustynnego. Wyniki te zostały opublikowane w pracy, której pani Dominika Szczepanik jest pierwszym współautorem. W rozprawie zaprezentowano je na 5 rysunkach i w 2 tabelach, stosując typowe podejście grupowania i uśredniania profili, co ułatwia analizę i interpretację wyników oraz ocenę ich poprawności. Wszystko to stanowi obszerny zbiór informacji z wyczerpującym ich omówieniem. Dobrym uzupełnieniem było zbadanie przebiegu czasowego tego epizodu, śledząc zmianę grubości geometrycznej warstwy aerozolu i zmianą średniej wartości współczynnika depolaryzacji liniowej dla tej warstwy (Rys. 9). Wartości obu tych wielkości zmieniały się podobnie asymetrycznie, w przybliżeniu liniowo, rosnąc szybko do osiągnięcia maksimum wartości po upływie około 1/3 czasu trwania epizodu, a następnie wracały do wartości początkowych i następował zanik warstwy. Obserwowano też zmianę rozmiarów, gradacji i relacji składników aerozolu. Przebieg zmian wartości współczynnika depolaryzacji liniowej, chociaż podobny, nie był tak

równomierny, zwłaszcza dla czterech profili w ostatnich godzinach napływu, co może być warte głębszego wyjaśnienia.

Badania własności optycznych pyłu pustynnego nad Warszawą, obejmują obserwacje 17 niezależnych epizodów dalekozasięgowych napływów pyłu, które wystąpiły w latach 2013 do 2020. Jak stwierdziła Autorka, obejmowały one 10 przypadków napływu czystego pyłu pustynnego, 5 – pyłu z domieszką siarczanów, 2 – z domieszką cząstek ze spalania biomasy. Odzyskane profile wysokościowe własności optycznych (zbiór 5 wcześniej wymienianych wielkości), dla zdarzeń przypisanych do określonych wyżej rodzajów aerozoli, po uśrednieniu, zamieszczono na 4 rysunkach, z których każdy składał się z 5 paneli – każdy dla innej z 5 wielkości. Pierwszy z rysunków zawiera wyniki dla przypadku aerozolu referencyjnego. Opis rysunków i analiza zmian zachowań profili pomaga w przyswojeniu zawartych informacji. Warto podkreślić, że zawierają one nie tylko pełen zestaw informacji intensywnych i ekstensywnych o własnościach optycznych aerozolu, ale mogą też być wykorzystane do określenia jego niektórych własności fizycznych.

Chciałbym się dowiedzieć, czy próbowano określić bliżej źródła pochodzenia siarczanów?

Podobnie dla aerozolu z domieszką cząstek węgla; może zachowane obserwacje satelitarne pomogłyby ustalić ich źródło?

Dobrym zakończeniem wykonanych badań, jest przeprowadzona analiza porównawcza własności optycznych mieszanin pyłów dla wszystkich uzyskanych 120 profili własności optycznych, której wyniki zebrano w tabeli i przedstawiono na histogramach odpowiednich własności (Rys. 14 i 15), biorąc pod uwagę wysokość obserwacji, rodzaj pyłu i wielkość frakcji; uwzględniono też długość fali pomiarowej lidar (podstawowa i jej II harmoniczna). Jest to bogaty zbiór danych oraz obszerny materiał do dalszych analiz, porównań i przemyśleń. Pokazano, jak zmieniają się właściwości optyczne aerozolu (ale zapewne i inne własności oraz relacje między składnikami), w zależności od źródeł powstanie, trajektorii, prędkości transportu, rodzaju i ewolucji napływu, warunków pogodowych na trasie (od źródeł do miejsca obserwacji), pory doby. Sądzę, że można jeszcze mnożyć to wyliczanie, włączając narzędzia pomiarowe, stosowane algorytmy i programy, niejednoznaczne lub nawet czasami sprzeczne wyniki symulacji i modelowań, itd.

Rozprawę kończy obszerny (8 stron) rozdział 6 - „Podsumowania i wnioski” - podający co było przedmiotem rozprawy, jakie stosowano narzędzia badawcze, jakie uzyskano rezultaty i jakie wnioski zostały sformułowane. Ponieważ trudnym zadaniem byłoby streszczenie tak skondensowanego tekstu, ograniczę się do stwierdzenia, że zawarto w nim przedstawienie obszernego materiału badań, prezentację uzyskanych wyników i staranną ich analizę, oraz wyciągnięte wnioski ze spójnym uzasadnieniem i ciekawe przemyślenia Doktorantki.

W pisanych lub drukowanych tekstach zdarzają się różne niedoskonałości, dlatego rozprawa pani Magister nie jest też od nich wolna. Należą do nich pewne niedociągnięcia redakcyjne, jak literówki, interpunkcja, brak wyrazu w zdaniu (nawet podmiotu), czy też niezręczne sformułowania, co może budzić pewien niedosyt u czytelnika. Nie zmienia to jednak mojej wysokiej oceny pracy.

Reasumując, oceniam, że pani mgr Dominika Szczepanik wykonała bardzo dobrą pracę doktorską. Stosując nowoczesne techniki lidarowe i metody numeryczne, oraz korzystając z wielu dostępnych baz danych, w profesjonalny sposób zrealizowała zaproponowany przez siebie ciekawy projekt badawczy, uzyskując wartościowe i ważne wyniki. Oryginalne podejście do przeprowadzania niektórych modelowań czy symulacji, umożliwiło otrzymywanie nowych, oryginalnych rozwiązań. Rezultaty

badzeń, oprócz dużej wartości poznawczej, wzbogaciły istniejące bazy danych i posłużyły do stworzenia w Warszawie nowej bazy profili własności optycznych, co warto podkreślić.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Dominiki Marii Szczepanik, pt.: „Badania lidarowe własności napływowego pyłu mineralnego i jego mieszanin nad Warszawą”, spełnia wymagania formalne i merytoryczne Ustawy z 14 marca 2003 r. „o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”, z późniejszymi zmianami (ostatnia Dz.U. 15. 09. 2017 r.), i wnoszę o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

Stawiam wniosek o wyróżnienie rozprawy mgr Dominiki Marii Szczepanik.

Dobrym uzasadnieniem jest aktualny i ważny temat przeprowadzonych badań oraz wysoki poziom naukowy pracy doktorskiej. Umożliwiło to otrzymanie wielu wartościowych i nowych wyników. Godny podkreślenia jest wkład Doktorantki w powstanie nowej bazy profili własności optycznych.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters. The signature appears to be 'D. P.' followed by a large, sweeping flourish that extends to the right.