

Prof. dr hab. Zdzisław Błaszczak,

Poznań, 31 sierpnia 2020r.

Wydział Fizyki

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

e-mail: zetbe@amu.edu.pl

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr. Dongxiang Wanga, zatytułowanej

"Studies of aerosol and cloud properties using synergy of lidar and radar measurements"

Zjawiska fizyczne, zachodzące w atmosferze Ziemi, a zwłaszcza w jej warstwie przy powierzchniowej - dolna warstwa troposfery, zwana atmosferyczną warstwą graniczną ABL (akronim nazwy w języku angielskim) - wywierają istotny wpływ na stan pogody na danym obszarze, zarówno w krótkim jak i dłuższym przedziale czasu. Mają też udział w zachodzących, często niespodziewanych, gwałtownych zmianach pogody, krótkookresowych zmianach klimatycznych, czy też obserwowanej obecnie w skali całej planety zmianie klimatu. To wszystko powodowane jest w dużej mierze zmianą mniejszościowych składników atmosfery: gazów, pierwiastków śladowych, aerozolu różnego pochodzenia, wody w różnych stanach skupienia, co istotnie modyfikuje procesy zachodzące w atmosferze, prowadząc do wymienionych procesów i zdarzeń. Wiele z tych składników (zanieczyszczeń), spowodowane jest przez wysoką industrializacją i nie można ich w prosty sposób uniknąć. Wynika stąd ogromna waga badań stanu i jakości atmosfery prowadzonych obecnie przez bardzo wiele ośrodków metodami teoretycznymi (symulacje, metody numeryczne) i doświadczalnymi. Są to ośrodki naukowe i stacje pomiarowe, zlokalizowane w różnych miejscach globu, powiązane w sieci, prowadzące (zazwyczaj w sposób ciągły), pomiary i obserwacje ze stanowisk naziemnych, a zwłaszcza stanowisk znajdujących się w powietrzu na różnych wysokościach, czy też na stacjach orbitalnych. Stosuje się różnorodne metody i techniki pomiarowe z wykorzystaniem wielu - tradycyjnych i najnowocześniejszych - przyrządów i instrumentów pomiarowych. Dostarczają one ogromną ilość informacji gromadzonych w bazach danych, do których jest dostęp, a po zastosowaniu odpowiednich metod numerycznych, można otrzymać potrzebne informacje o atmosferze i jej składnikach. Wiele informacji o stanie, składnikach i zjawiskach zachodzących w troposferze, a zwłaszcza w jej warstwie

ABL dostarczają badania właściwości optycznych atmosfery, do czego szczególnie przydatne są metody lidarowe, ciągle rozwijane i udoskonalane. Badania fizyki atmosfery, a szczególnie właściwości chmur i aerozoli atmosferycznych prowadzone są od wielu lat, z dużym sukcesem, w Instytucie Geofizyki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Instytut Geofizyki cieszy się ustaloną już, wysoką pozycją naukową w prowadzonych dyscyplinach, współpracuje z wieloma ośrodkami, uczestniczy w międzynarodowych kampaniach pomiarowych i projektach badawczych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. Dongxiang Wanga, została wykonana pod kierunkiem Pani dr hab. Iwony S. Stachlewskiej, kierującej Laboratorium Badań Zdalnych (LBZ) w Zakładzie Fizyki Atmosfery (ZFA), Instytutu Geofizyki na Wydziale Fizyki UW. W ZFA prowadzone są badania teoretyczne i doświadczalne zjawisk fizycznych zachodzących w atmosferze, koncentrujące się na aerozolach i chmurach, a zwłaszcza na mikrofizyce chmur i zachodzących w nich przemianach.

Mgr Dongxiang Wang ukończył studia uniwersyteckie II stopnia (Ocean University of China), w czerwcu 2016 roku, uzyskując stopień mgr. w zakresie geografii fizycznej. We wrześniu 2017r. podjął studia doktoranckie na Wydziale Fizyki UW w zespole Pani dr hab. Iwony Stachlewskiej. Szybko włączył się w prace prowadzone w LBZ, aktywnie uczestnicząc, (co wynika z Jego osiągnięć naukowych uzyskanych w krótkim czasie), w badaniach ABL, a zwłaszcza aerozolu atmosferycznego, chmur i procesów w nich zachodzących przy użyciu wielu naziemnych instrumentów, stosowanych do badania atmosfery (lidar, celiometr, radar chmurowy, czy też radiometr mikrofalowy i inne). Brał też udział w kilku ważnych krajowych i międzynarodowych programach badawczych, w których uczestniczy LBZ. Należy podkreślić pracowitość, entuzjazm badawczy i wyjątkowe zaangażowanie Doktoranta w działalność naukową, co zaowocowało przedstawieniem w bardzo krótkim czasie wartościowej rozprawy doktorskiej, napisanej w języku angielskim. Pracę tworzą trzy publikacje, które ukazały się niedawno (odpowiednio w 2020 r., 2019 r. i 2020 r.), w bardzo dobrych czasopismach o wysokim impakt factorze. W bardzo przemyślany sposób, przedstawiono w nich wyniki kompleksowych, profesjonalnie przeprowadzonych badań. Są to artykuły powstałe przy współpracy kilku badaczy, a więc wieloautorskie, w których mgr Dongxiang Wang jest zawsze pierwszym autorem.

Taki rodzaj pracy doktorskiej spełnia oczywiście wymagania ustawowe i formalne (licencja Creative Commons, zgody Wydawców i współautorów), ale powoduje u mnie pewien dyskomfort. Z jednej strony jest to duże ułatwienie dla recenzenta, gdyż otrzymuje materiał dokładnie sprawdzony przed ukazaniem się drukiem przez kompetentnych recenzentów pod różnymi aspektami, a istniejące,

być może, błędy czy też niejasności zostały już poprawione w procesie redakcyjnym. Stąd też publikacje te są bardzo dopracowane i czyta się je z przyjemnością, co nie znaczy, że łatwo. Co więcej, ilekroć czytelnikowi nasuwają się jakieś pytania, wątpliwości, czy też sugestie, to okazuje się, że kilka zdań dalej, a już na pewno na kolejnej stronie, znajduje się odpowiedź, wyjaśnienie wątpliwości, czy też podjęcie sugestii. Zdarza się to zwłaszcza w pierwszej, moim zdaniem, najbardziej wartościowej publikacji. Świadczy to o bardzo przemyślanej kompozycji i starannym przygotowaniu prac do druku. Wszystko to sprawia satysfakcję, ale też pozbawia recenzenta uwag. Natomiast z drugiej strony trudno jest właściwie ustalić udział samego Doktoranta w powstaniu opublikowanych prac, co powoduje wspomniany dyskomfort. W każdej publikacji określono co wniósł do niej każdy z autorów, ale jak tu określić je procentowo, aby składały się na 100%? Jest to oczywiście trudne; dochodzi tu jeszcze pewien wkład recenzentów i dyskutujących z nimi autorów, powstały w procesie przyjęcia pracy do druku, co jak wynika z załączonych chronografii publikacyjnych, trwało niekiedy kilka miesięcy. Wszystko to ma przecież swój udział w ostatecznym kształcie publikacji.

Nie będę już rozwijał tego tematu, gdyż badania atmosfery należą do tych dyscyplin naukowych (jak na przykład: kosmologia, fizyka jądrowa, biologia molekularna i wiele innych), w których na publikację składają się prace nie tylko wielu autorów, ale i zespołów badawczych i bez wkładu każdego uczestnika projektu publikacja nie mogłaby powstać.

W pozbyciu się omówionych odczuć pomogła mi ostateczna kompozycja rozprawy, istotnie rozszerzonej przez Doktoranta poprzez dodanie na początku rozdziałów informacji przedstawiających cel, zakres, ośrodek/materiał badań, stosowaną metodologię i podstawy teoretyczne oraz opis aparatury badawczej. Natomiast rozdziały zawierające trzy zamieszczone oryginalne publikacje, wzbogacono poprzez komentarz poprzedzający tekst publikacji, precyzujący cel badań, omawiający stosowane metody, algorytmy teledetekcyjne i inne procedury badawcze, uściślający opis aparatury oraz rozwijający przedstawione w publikacjach rezultaty badań. Tworzy to w sumie zwartą i kompletną całość rozprawy doktorskie mgr. Dongxiang Wanga.

Przechodząc zwyczajowo do danych bibliograficznych, podaję, że rozprawa liczy 131 stron (w języku polskim byłoby ich więcej), co składa się na obszerną całość. Na stronach tych zawarto sześć rozdziałów, poprzedzonych dobrym wstępem i zakończonych przedstawieniem propozycji dalszych badań, z zespołami krajowymi i zagranicznymi w celu rozwiązania problemów naukowych, które pojawiły się w trakcie realizacji rozprawy. Jest to dobra prognoza dla dalszego rozwoju naukowego

mgr. Dongxiang Wanga. Rozprawę zamykają cztery Dodatki, z których pierwszy - podwójny, zawiera listę symboli, oznaczeń wielkości fizycznych i akronimów występujących w pracy, co znacznie ułatwia czytanie tekstu, a zwłaszcza analizę tabel i rysunków, a kolejne dodatki podają listę wszystkich publikacji powstałych w czasie studiów doktoranckich i Jego udział w wielu projektach, kampaniach pomiarowych, wyjazdach krajowych i zagranicznych, co jest dodatkowym potwierdzeniem mojej opinii o ogromnej aktywności i pracowitości Doktoranta. Ostatni Dodatek zawiera zgody współautorów i wydawców na korzystanie w różny sposób z materiałów zawartych w publikacjach i z innych rezultatów wspólnych badań, co spełnia wspomniane wcześniej warunki formalne. Uwagę zwracają też rysunki i tabele zamieszczone w tekście. Są one starannie opracowane i dobrze opisane, a więc czytelne i w przejrzysty sposób grupujące i podające wyniki badań. Chciałbym też zwrócić uwagę, w oderwaniu od ich ładunku informacyjnego, na piękno wielu rysunków, które stanowią nieraz bardzo współczesne, ciekawe i barwne kompozycje.

Na podkreślenie zasługuje też bardzo obszerny, starannie i właściwie dobrany zestaw pozycji cytowanej literatury, i to nie tylko w trzech publikacjach, tworzących doktorat (rozdziały 4, 5 i 6), ale szczególnie w rozszerzeniach/uzupełnieniach napisanych przez Doktoranta, co świadczy zarówno o Jego dobrym przygotowaniu do pracy naukowej, jak i o dobrej znajomości przedmiotu i metodologii badań.

We Wstępie Autor określił w jasny i wyczerpujący sposób przedmiot i zakres badań, które obejmowały dolną stratosferę i troposferę, gdzie zachodzi większość procesów decydujących o warunkach pogodowych, obiegu wody i zmianach klimatu. Szczególną uwagę zwrócono na graniczącą z powierzchnią warstwę troposfery ABL, występujące aerozole atmosferyczne oraz chmury i ich właściwości, badane metodami aktywnej i pasywnej teledetekcji. Autor podkreślił wagę i znaczenie prowadzonych badań dla poszerzenia wiedzy o zjawiskach i procesach zachodzących w atmosferze, co w konsekwencji prowadzi do wielu praktycznych zastosowań, od lepszego prognozowania pogody, zachodzących zmian klimatycznych, poprzez tworzenie doskonalszych modeli standardowej atmosfery, aż do prognozowania zbiorów. Określił też sformułowane przez siebie trzy cele badawcze, których realizacja zaowocowała powstaniem trzech publikacji składających się na rozprawę. Dla każdego z nich opisał kolejno metody ich realizacji, stosowane instrumenty pomiarowe, opracowane algorytmy pozyskiwania danych i analizy statystyczne, oraz najważniejsze uzyskane wyniki. Wstęp kończy się wymienieniem siedmiu hipotez badawczych, które powstały w czasie realizacji rozprawy. Dla niektórych

z nich, moim zdaniem, rozstrzygnięcie może być już oczekiwane, ale doświadczalna weryfikacja jest zawsze potrzebna i dostarcza ostatecznej odpowiedzi.

Rozdział drugi, jeśli Wstęp uznać za rozdział pierwszy, zawiera opis stosowanych instrumentów i układów pomiarowych – jest to opis krótki, ale w zupełności wystarczający dla przedstawienia ich różnych możliwości pomiarowych. Najważniejsze instrumenty to: celiometr CHM15k i lidar PollyXT służące do teledetekcji atmosfery ze stanowisk naziemnych, mobilny lidar ramanowski ESA(EMORAL), bistyczny dopplerowski radar chmurowy LATMOS(BASTA) oraz skaningowy radiometr mikrofalowy INOE(HATPRO_G2) . W instrumentach optycznych stosowane były lasery Nd:YAG, generujące tylko wiązkę podstawową (celiometr), lub równocześnie wiązkę podstawową i jej II i III harmoniczną. Sygnały powrotne po detekcji (fotopowielacze, liczniki fotonów, detektory mikrofalowe), rejestrowano za pomocą analizatorów wielokanałowych). Podano opis każdego z instrumentów (lasery, teleskopy), a także ich parametry, jak: zakresy pomiarowe, czułości i zdolności rozdzielcze czasowe i przestrzenne. Były to przyrządy głównie komercyjne, lub zbudowane w LBZ przy współpracy z kilkoma instytucjami naukowymi. Należy podkreślić, że instalowana w przeciągu wielu lat aparatura była ciągle ulepszana i testowana, co zapewniało jej przydatność do różnorodnych zastosowań. Taki obraz wynika również z dołączonego do rozdziału spisu literatury (6 pozycji).

Rozdział trzeci podaje podstawy teoretyczne stosowanej przez Doktoranta metodologii aktywnych i pasywnych metod zdalnych badania atmosfery. Następnie przytacza równania wykorzystywane do opisu rejestrowanych sygnałów optycznych (rów. Kletta – rozwiązanie różniczkowego równania lidarowego) i mikrofalowych. Zdefiniowano też wielkości i parametry określające aerozole i stan atmosfery oraz metody rachunkowe służące do cyfrowego przetwarzania i analizy sygnałów. Do określania zmian wysokości ABL i czynników to powodujących, jak i właściwości optycznych aerozolu, Doktorant stosował analizę sygnałów lidarowego rozpraszania wstecznego z wykorzystaniem metody kowariancji falkowej, która daje lepsze wyniki niż wcześniej stosowane metody inwersji danych lidarowych. Algorytm ciągły lub dyskretny transformacji falkowej, przy właściwym doborze współczynnika skali jest z powodzeniem stosowany do analizy bardzo wielu procesów i zdarzeń z różnych dziedzin techniki, medycyny, nauk o Ziemi czy nawet ekonomii.

Właściwości aerozolu atmosferycznego badano analizując wyznaczone wartości współczynników ekstynkcji z rozpraszania ramanowskiego i rozpraszania Rayleigha na cząstkach i cząsteczkach, jak

również prawa Ångströma dla cząstek. Zamieszczono odpowiednie formuły i zdefiniowano używane wielkości. Rozdział kończy, dobrze dobrany zbiór literatury, liczący 9 pozycji.

Kolejne trzy rozdziały, a więc 4, 5 i 6, to trzy publikacje tworzące rozprawę doktorską mgr. Dongxiang Wanga. Zawarto w nich wyniki badań prowadzonych przez Doktoranta w ramach projektów krajowych i międzynarodowych, finansowanych z kilku programów i źródeł krajowych oraz zagranicznych. Jak już wspomniałem, publikacje te ukazały się w bardzo dobrych czasopismach, o wysokiej punktacji i wnoszą istotny wkład do wiedzy o troposferze, a zwłaszcza o jej składnikach mniejszościowych, procesach i zjawiskach w niej zachodzących w skali doby, miesiąca, sezonu, roku, czy też lat, oraz o czynnikach mających na to wpływ; lokalnych i zachodzących w różnych miejscach globu; dotyczy to szczególnie warstwy ABL. Jak zmieniała się wysokość tej warstwy (parametr ten ma istotny wpływ na zachodzące tam procesy), w Warszawie na przestrzeni 10 lat – w okresie od stycznia 2008 r do grudnia 2018 r – dowiadujemy się z publikacji „Variability of the Boundary Layer Over an Urban Continental Site Based on 10 Years of Active Remote Sensing Observations in Warsaw”, która ukazała się w *Remote Sens.* **2020**, 12, 340, w styczniu tego roku, autorstwa mgr. Dongxiang Wanga i czterech współautorów. Praca ta, wraz z poprzedzającym wstępem Doktoranta, przedstawiającym zakres i sposób pomiarów, metodę odzyskiwania i ujednolodzenia danych pochodzących z dwu instrumentów, oraz podsumowującym wyniki publikacji, składa się na rozdział 4. Ponieważ publikacjom trudno jest coś zarzucić od strony merytorycznej, a ich wysoka wartość naukowa jest bezsporna, co już omawiałem wcześniej, dlatego nie będę szczegółowo omawiał uzyskanych wyników, a podam jedynie pewne drobne uwagi i zastrzeżenia, które mi się nasunęły, co, oczywiście nie zmienia mojej wysokiej ich oceny. Przechodząc do rozdziału 4, to na początku nie sposób nie wspomnieć, iż pewną niedogodnością w czytaniu (dotyczy to również dwu kolejnych rozdziałów), jest użyty tu format zamieszczonej oryginalnej publikacji, czyli mała czcionka i bliskość linii, zwłaszcza w opisach tabel i rysunków (choć być może, wiek recenzenta ma tu istotny wpływ).

Celiometr i lidar pracowały właściwie w sposób ciągły (24/7), na tej samej długości fali, zlokalizowane w tym samym miejscu, w przedziałach czasowych odpowiednio 6 i 5 lat. Ponieważ oba przyrządy mają różne charakterystyki i wynikające stąd różne możliwości pomiarowe, otrzymane rezultaty przechowywane w bazach danych, nie są takie same. Dlatego należało je ujednolicić, co zostało przeprowadzone z dużą biegłością i dobrym wynikiem przy użyciu algorytmu stosującego do skalowania

wysokości ABL wartości progowe, co jest oryginalnym podejściem do ujednolicienia danych. Wykorzystano, też inne metody skalowania, jak ogólny algorytm inwersji.

Szkoda, że użyty dla porównania wyników czteromiesięczny okres równoczesnej pracy obu instrumentów, przypadający na późne lato i wczesną jesień nie był dłuższy, ponieważ nie jest on w pełni reprezentatywny dla okresu całego roku. Uważam jednak, że możliwy tego wpływ na ostateczne wyniki jest niewielki. Interesujące byłoby też uwzględnienie wpływu rozkładu zabudowy i obszarów zieleni na terenie miasta na zmiany ABLH, ale potrzebna do tego czułość pomiarów jest jeszcze niewystarczająca. Tak obszerna zawartość publikacji nasuwa oczywiście wiele pytań ale z oczywistych powodów (recenzja powinna być krótsza niż rozprawa), wymienię tylko kilka:

- czy z wyników otrzymanych w czasie mgły/smogu i deszczu (str. 40) nie można było jednak czegoś uzyskać?
- czy korzystano z wyników pomiarów zanieczyszczeń za pomocą dronów (MIOŚ) ?
- czy miano pełny dostęp do danych z satelitów meteorologicznych przelatujących nad Warszawą?
- czy dołączenie wyników z publikacji [29], (str.51), mogłyby przedłużyć 10-letni okres badań?
- czy brak wyraźnej zmiany w ABLH w pewnych okresach doby i roku dla obszarów miasto- wieś (str. 40, 44), nie wynika może z braku wyraźnej granicy w ukształtowaniu i pokryciu terenu między tymi obszarami, zwłaszcza dla pomiarów na małych wysokościach (przejrzeć zdjęcia lotnicze)?

Co do różni w odchyleniu standardowym, i współczynnika korelacji (str. 45), to mógłby mieć tu pewien wpływ sposób skalowania sygnałów z radiosond i stanowisk naziemnych.

Sądzę, że jednak nie można bezpośrednio porównywać kontynentalny klimat Warszawy i Moskwy.

Zarówno we wstępie jak i na końcu rozdziału 4 zauważyłem też kilka powtórzeń.

Rozdział 5, to poprzedzony omówieniem Autora, artykuł „**Interrelations between surface, boundary layer, and columnar aerosol properties derived i summer and early autumn over a continental urban site in Warsaw, Poland**”, Atmospheric Chemistry and Physics, 19 13097-13128, 2019, Dongxiang Wang, Dominika Szczepanik, and Iwona S. Stachlewska , zawierający wyniki realizacji drugiego zdania badawczego, a mianowicie badania typowych właściwości optycznych aerozolu atmosferycznego w ABL wykonane metodami analizy statystycznej. Wykorzystano tu długoczasowe pomiary powietrza nad Warszawą, prowadzone w latach 2013, 2015 i 2016 za pomocą lidarów ramanowskiego Polly XT; uzyskane profile były przechowywane w bazie danych EARLINET/ACTRIS. Doktorant wybrał do analizy 246 zestawów profili typowych właściwości optycznych aerozolu, uzyskane

z badań w okresach obejmujących: lipiec, sierpień i wrzesień, w wymienionych wyżej latach, przeprowadzając analizę dla różnych odcinków doby, z uwzględnieniem wszelkich dostępnych informacji, zwłaszcza meteorologicznych. Jak stwierdzono, w zależności od obecności/nieobecności i wysokości słońca, jakości powietrza, występowania i ewolucji chmur, zmian wilgotności, temperatury, występowania opadów, zmieniały się: rozmiary, kształt, gęstość optyczna, gęstość liczbowa, i właściwości aerozolu, a także jego skład, pochodzenie i lokalizacja w ABL. Tak jak poprzednio, wstęp do tego rozdziału, przedstawia w jasny i kompetentny sposób cel i zakres badań i komentuje otrzymane wyniki. Należy podkreślić bardzo szerokie, kompleksowe podejście, uwzględniające obecność pyłu zawieszonego i wody w różnych fazach skupienia i ich oddziaływanie z aerozolem różnego pochodzenia - lokalnego i migrującego z licznych, nieraz bardzo odległych lokalizacji, czy też opadającego z troposfery, oraz globalnych zjawisk klimatycznych. Takie podejście nie jest często spotykane w literaturze, dlatego praca jest tak ważna dla badaczy meteorologii warstwy granicznej, badaczy klimatu i jego zmian. Bardzo podoba mi się konstrukcja publikacji, jasne przedstawienie celów badawczych, ich pełna realizacja, a zwłaszcza sposób prezentacji wyników w postaci licznych tabel i rysunków wykorzystywanych również przy wnikliwej i starannej dyskusji wyników.

Jak wiadomo, różne informacje o właściwościach aerozolu innych składnikach atmosfery można uzyskać z badań polaryzacji promieniowania słonecznego rozproszonego w atmosferze i położeniu lub braku, punktów neutralnych. Nie wiem, czy Doktorant korzystał z takich informacji.

Podobną konstrukcję jak poprzednie ma rozdział 6, przedstawiający wyniki realizacji trzeciego celu badawczego. Są one zawarte w publikacji „**Spatio-temporal discrimination of molecular, aerosol and cloud scattering and polarization using a combination of a Raman lidar, Doppler cloud radar and microwave radiometer**”, którego pierwszym autorem jest Doktorant, oraz 5 współautorów, a który ukazał się w *Optics Express* w lipcu tego roku. Tytuł pracy określa bardzo dobrze trzeci cel badań postawionych sobie przez Doktoranta, jak i metody jego realizacji przy użyciu trzech instrumentów do zdalnej aktywnej i pasywnej teledetekcji aerozolu i chmur w troposferze. Są to przyrządy o różnych możliwościach i charakterystykach pomiarowych, których wyniki równoczesnej pracy wzajemnie się uzupełniały, i co jest istotne, wnosząc pożądany mechanizm synergii. Były to badania terenowe, prowadzone w trzech miesiącach letnich ubiegłego roku nad mokradłami i torfowiskami, które są źródłem bardzo różnego aerozolu, w różnych warunkach pogodowych.

Chciałbym podkreślić, że przy realizacji tego celu mgr Dongxiang Wang bardzo dobrze wykorzystał posiadane, a rozwijane i doskonalone w ciągu trzech lat studiów doktoranckich, kompetencje i umiejętności posługiwania się złożoną aparaturą i metodami obliczeniowymi, a umiejętne połączenie równoczesnych danych z trzech instrumentów, pozwoliło na szeroką i wnikliwą analizę sygnałów rozpraszania, od różnych obiektów, którymi były (jak podaje Doktorant): „cząstki aerozolu w warstwie granicznej, aerozol sferyczny i niesferyczny aerozol drobno i gruboziarnisty, deszcz, mżawka, warstwa przechłodzona, chmura lodowa, ciekła i fazy mieszanej”. Wszystko to wydatnie rozszerzyło objętość i kompletność rezultatów. Na tej podstawie mgr Dongxiang Wang zaproponował nową oryginalną metodę klasyfikacji składników atmosfery, opartą na wykorzystaniu ich fizycznych właściwości, uzyskanych za pomocą algorytmu stosującego wartości progowe pobrane z baz danych dla 4 lokalizacji, co jest oryginalnym osiągnięciem. Przydatność tego nowego schematu klasyfikacji aerozolu, cząstek i stanu chmur, została sprawdzona z dobrym rezultatem dla pomiarów wykonanych w czasie jednego dnia o bardzo złożonej sytuacji meteorologicznej.

Jedynę pytanie i uwagę, które nasunęły się podczas czytania tego rozdziału, to – czy dysponowano danymi z pomiarów aktywnego biomonitoringu o występowaniu metali ciężkich i ich składzie? A uwaga jest taka : w całej pracy nie znalazłem nazwiska pana **Mie!**

Recenzowaną rozprawę doktorską oceniam bardzo wysoko. Doktorant przedstawił oryginalne rozwiązania postawionych celów badawczych uzyskując nowe, wartościowe wyniki, istotnie wzbogacające wiedzę o troposferze, a zwłaszcza atmosferycznej warstwie granicznej i zachodzących tam zjawiskach i procesach. Uważam, że rozprawa zasługuje na wyróżnienie, ale trudni mi przedstawić uzasadnienie takiego wniosku. Sądzę, że wnioskowanie o nagrodę zbiorową byłoby dobrym rozwiązaniem.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Dongxiang Wanga, pt. "*Studies of aerosol and cloud properties using synergy of lidar and radar measurements*", 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 obrony.

