

IGF-SN-420-001/22

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Data	23.11.2023r.
Nr Gz.	
Ref.	

Prof. dr hab. Tymon Zieliński
Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk
w Sopocie

Sopot, 20.11.2023 r.

Recenzja

**Rozprawy doktorskiej magister Alnilam Remny Fernandes
p.t. „Aerosol Layers and UV Radiation in the lower troposphere”
wykonanej w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
pod kierunkiem
prof. dr hab. Aleksandra Pietruczuka oraz dra Artura Szkopa**

Rozprawa doktorska mgr Alnilam Remny Fernandes dotyczy zbadania wpływu warstw aerozolu atmosferycznego na transmisję promieniowania UV w niskiej troposferze. Rozprawa składa się z czterech głównych części, z których każda to osobny, opublikowany artykuł naukowy:

1. Part 1: Pawlak, I.; Fernandes, A.; Jarosławski, J.; Klejnowski, K.; Pietruczuk, A. Comparison of 24 h Surface Ozone Forecast for Poland: CAMS Models vs. Simple Statistical Models with Limited Number of Input Parameters. *Atmosphere* 2023, 14, 670. <https://doi.org/10.3390/atmos14040670>.
2. Part 2: Fernandes, A.; Szkop, A.; Pietruczuk, A. Comparison of the Performance of the GRASP and MERRA2 Models in Reproducing Tropospheric Aerosol Layers. *Atmosphere* 2023, 14, 1409. <https://doi.org/10.3390/atmos14091409>.
3. Part 3: Fernandes, A.; Pietruczuk, A.; Szkop, A.; Krzyścin, J. Aerosol Layering in the Free Troposphere over the Industrial City of Raciborz in Southwest Poland and Its Influence on Surface UV Radiation. *Atmosphere* 2021, 12, 812. <https://doi.org/10.3390/atmos12070812>.
4. Part 4: Pietruczuk, A.; Fernandes, A.; Szkop, A.; Krzyścin, J. Impact of Vertical Profiles of Aerosols on the Photolysis Rates in the Lower Troposphere from the Synergy of Photometer and Ceilometer Measurements in Raciborz, Poland, for the Period 2015–2020. *Remote Sens.* 2022, 14, 1057. <https://doi.org/10.3390/rs14051057>.

Wszystkie artykuły zostały opublikowane w uznanych czasopismach naukowych z dziedziny badań atmosferycznych (3 w *Atmosphere*, obecny IF=2.9 i jeden w *Remote*

Sensing, obecny IF=5.0) w okresie od 2021 do 2023 roku. W dwóch z nich mgr Alnilam Remny Fernandes jest pierwszą autorką.

Udział i wkład merytoryczny w kolejnych artykułach wynosi odpowiednio: 30%, 60%, 60% oraz 30%. W każdym z nich, magister Alnilam Remny Fernandes, pełniła ważne role: conceptualization, methodology, data preparation, original draft preparation (Part 1), praktycznie każdy krok pracy w Part 2, manual analyses of aerosol layers over Racibórz based on ceilometer observations (Part 3) oraz validation, formal analysis, writing of original manuscript oraz review responses (Part 4).

Problematyka, z którą zmierzyła się doktorantka jest ważna i bardzo aktualna. Słoneczne promieniowanie UV jest istotnym czynnikiem środowiskowym, który ma znaczący wpływ na człowieka. Rola promieniowania UV w interakcji z organizmem człowieka jest pozytywna, poprzez stymulowanie wytwarzania witaminy D w organizmie, wspomaganie funkcjonowania układu odpornościowego, ma zastosowanie w leczeniu wielu schorzeń. Ze względu na zdolność zabijania drobnoustrojów, jest powszechnie wykorzystywane w procesach sterylizacji. Promieniowanie UV ma także swoje „ciemne strony”. Nadmiar ekspozycji na działanie tego promieniowania prowadzi do starzenia się skóry, co może w konsekwencji, prowadzić do schorzeń onkologicznych.

Dodatkowo, słoneczne promieniowanie UV modyfikuje wiele procesów chemicznych, jakie zachodzą w dolnej troposferze, m.in. przyczyniając się do tworzenia tzw. smogu fotochemicznego. Przyczyną formowania się tego fotochemicznego zanieczyszczenia są emisje prekursorów przede wszystkim, związanych z działalnością człowieka, jak np. emisje z spalania paliw kopalnych.

Górna warstwa troposfery, w której występują warstwy ozonu, stanowi naturalną ochronę planety przed niepożądanymi skutkami działania słonecznego promieniowania UV. Zatem konieczny jest monitoring składu atmosfery i procesów fizycznych i chemicznych w niej zachodzących, w kontekście przewidywania i reakcji na niekorzystne warunki radiacyjne.

Złożone, wzajemne oddziaływanie czynników środowiskowych, takich jak np. obecność aerozoli atmosferycznych, znacząco wpływa na transmisję promieniowania UV w ziemskiej atmosferze. Aerozole atmosferyczne odgrywają niezwykle ważną rolę w atmosferze, poprzez rozpraszanie promieniowania UV mogą znacząco wpływać na reakcje fotochemiczne, produkcję ozonu oraz innych składników tworzących smog. Natomiast, cząstki aerozoli absorbujących promieniowanie UV, takie jak pył mineralny i sadza, mogą z kolei przeciwdziałać powstawaniu smogu.

Zatem, podjęcie się próby analizy i zrozumienia w jaki sposób cząstki aerozoli atmosferycznych modyfikują transmisję promieniowania UV w atmosferze jest jak najbardziej ważne. Cel rozprawy, zdefiniowany jako: „...poszerzenie wiedzy na temat skomplikowanych mechanizmów regulujących promieniowanie UV oraz jego ogólnych konsekwencji dla naszego środowiska i dobrej kondycji zdrowotnej ludności” jest naukowo ciekawy, ważny i jak najbardziej uzasadniony.

Układ pracy jest logiczny, a zaprezentowany zestaw artykułów dobrze pokrywa tematykę rozprawy. Według opisu zawartego w rozprawie, kolejne artykuły analizują następujące problemy badawcze.

1. Part 1: Identyfikacja błędów systematycznych pomiędzy danymi zmierzonymi, a danymi modelowanymi przy użyciu modeli CAMS oraz prostego modelu statystycznego do przewidywania stężeń ozonu na powierzchni.

Głównym celem było zbadanie dokładności zebranych danych i oszacowanie poziomów błędów systematycznych w prognozach stężenia ozonu z modelu CAMS. Oceniono wiarygodność prognoz uzyskanych z modelu CAMS oraz zidentyfikowano obszary, wymagające poprawy, poprzez porównanie zarejestrowanych wartości z modelowymi predykcjami. W następnym kroku opracowano model predykcyjny stężenia ozonu, a do predykcji poziomów ozonu wykorzystano sztuczne sieci neuronowe oraz metodę wielokrotnej regresji liniowej.

W pracy udowodniono skuteczność prostych modeli statystycznych, opartych na niewielu łatwo dostępnych parametrach wejściowych, w predykcjach krótkoterminowych stężeń ozonu przy powierzchni w obszarach wiejskich i podmiejskich Polski. Wyniki pokazują rozbieżności w powierzchniowych danych dotyczących stężenia ozonu, uzyskanych z modelu CAMS. Oznacza to, że modele chemiczne wymagają dalszej poprawy, szczególnie w odniesieniu do roli aerozoli atmosferycznych w modyfikacji promieniowania UV na powierzchni i wpływu cząstek aerozoli na procesy fotochemiczne, w tym szybkość fotolizy prekursorów ozonu na powierzchni. W artykule zawarto informacje dotyczące złożoności interakcji atmosferycznych oraz konieczności doskonalenia modeli prognostycznych.

2. Part 2: Badanie źródeł aerozoli w troposferze, ocena zmienności pionowych profili aerozoli oraz ocena odtwarzalności tych profili przy użyciu modeli GRASP i MERRA2 (zapis oryginalny).

W artykule, dokonano porównania modeli GRASP i MERRA-2 (prawidłowy skrót), przede wszystkim pod względem rozpoznawania warstw aerozoli atmosferycznych. Wyniki badań umożliwiają identyfikację sezonowych trendów transportu zanieczyszczeń atmosferycznych, potwierdzają prawidłowość wyboru identyfikacji epizodów adwekcji pyłu mineralnego i odpowiadających im źródeł emisji. Dodatkowo opisana i przetestowana metodologia pozwala na stwierdzenie epizodów adwekcji spalania biomasy w wolnej troposferze, w której odbywa się transport na średnie i dalekie dystanse.

Wyniki zaprezentowane w artykule, pokazują konieczność uwzględnienia złożonego wzajemnego oddziaływania różnych czynników wpływających na skład atmosfery i transport w rejonie Polski. Zwiększa to zakres wiedzy na temat jakości powietrza i jej wpływu na zdrowie ludzkie i klimat. Wysoka zgodność zaobserwowana pomiędzy modelami GRASP i MERRA-2 sugeruje, że MERRA-2 może służyć jako realna alternatywa dla identyfikacji warstw aerozoli, szczególnie w miejscach, gdzie dane z badań zdalnych nie mogą dostarczyć wszystkich właściwości optycznych do obliczeń równań transferu promieniowania.

3. Part 3: Analiza wpływu warstw aerozoli na promieniowanie UV na powierzchni za pomocą hybrydowego modelu UVI. Celem jest wyjaśnienie rozbieżności między obserwowanymi, a symulowanymi wskaźnikami UV poprzez uwzględnienie właściwości geometrycznych warstw w modelu statystycznym.

W tej pracy autorzy zbadali wpływ warstw aerozoli atmosferycznych na pomiary indeksu UV mierzonego za pomocą instrumentu Kipp & Zonen w Raciborzu. Wykonano 33 pomiary pionowych rozkładów właściwości aerozoli, przeprowadzono modelowanie indeksu UV przy pomocy modelu transferu promieniowania i zastosowano model statystyczny do porównania zmierzonych danych z prognozami modelu transferu promieniowania. Zidentyfikowane w ramach pomiarów właściwości poszczególnych warstw aerozoli włączono do modelu statystycznego Random Forest jako zmienne objaśniające. Pozwoliło to na zbadanie rozbieżności między modelowaniem transferu promieniowania, a pomiarami UVI.

W badaniach atmosferycznych, bardzo ważne jest aby brać pod uwagę obecność cząstek aerozoli atmosferycznych, ich właściwości optyczne, w tym grubość optyczną aerozolu, wykładnik Angstroma opisujący jego zależność widmową oraz współczynnik asymetrii, ponieważ mają one znaczący wpływ na ilość promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi.

4. Part 4: Ocena wpływu warstw aerozoli na szybkość fotolizy związanej z produkcją i rozkładem ozonu na trzech różnych wysokościach: przy powierzchni, na 500 metrach i na 2000 metrach. Ta ocena zostanie dokonana poprzez porównanie z profilami standardowymi oraz profilami uzyskanymi z modeli GRASP i MERRA-2.

W tym artykule, autorzy zajęli się problemem szybkości powiązanych ze sobą fotolizy ozonu i dwutlenku azotu. W artykule, opisano wpływ pionowych zmian charakterystyki optycznej aerozoli na częstotliwości fotolizy ozonu i dwutlenku azotu. Dokonano analizy profili ekstynkcji na cząstkach aerozoli uzyskanych za pomocą pakietu oprogramowania GRASP, a także profili albedo pojedynczego rozpraszania i wykładnika Angstroma uzyskanych z reanalizy z wykorzystaniem modelu MERRA-2. Uzyskane wyniki pokazują, że pionowa charakterystyka cząstek aerozoli ma istotny wpływ na rozkład częstotliwości fotolizy, który w skali jest porównywalny do wpływu zmian w pionowych własnościach optycznych w porównaniu z uproszczonym modelem wykorzystującym stałe klimatyczne.

Stwierdzono, że włączenie profili własności optycznych ma kluczowe znaczenie dla dokładności obliczeń częstotliwości fotolizy w niższych warstwach atmosfery, co umożliwi lepsze prognozowanie powierzchniowych stężeń ozonu.

Podsumowując, wyniki badań zaprezentowane w rozprawie, wykazały, że cząstki aerozoli, a przede wszystkim ich warstwowość w atmosferze, mają znaczący wpływ na transmisję promieniowania UV i potencjalnie wpływają na wytwarzanie ozonu przy powierzchni oraz wolnej troposferze. Istniejące modele często nie uwzględniają prawidłowo wielu złożonych procesów związanych z cząstkami aerozoli, co prowadzi do rozbieżności między prognozami z modeli, a wynikami z rzeczywistych pomiarów. W celu eliminacji błędów modelowych, w ramach rozprawy opracowano model kalibracji danych oparty na uczeniu maszynowym. Pokazano, że zastosowanie tego rozwiązania daje obiecujące wyniki w kierunku zwiększania dokładności prognostycznych. Włączenie charakterystyki warstw aerozoli atmosferycznych do modelu atmosfery prowadzi do poprawy dokładności prognoz.

Reasumując, stwierdzam, że magister Alnilam Remny Fernandes podjęła się ważnego zadania naukowego i w efekcie przeprowadzonych prac, założone cele badawcze zostały osiągnięte. Dysertacje, na które składa się zestaw artykułów, są na swój sposób trudne do oceny, ponieważ, jest to w pewnym sensie recenzowanie prac, które już przeszły rzetelny proces wydawniczy i zostały opublikowane w naukowych czasopiśmiech o zazwyczaj, dobrym współczynniku IF. Oczywiście, nic to nie umniejsza pracy, uważam, że takie podejście do dysertacji ma jak największy sens. Niemniej, dyskusji, de facto można poddać to

czy ten zaproponowany zestaw jest jednolity, ma myśl przewodnią i układa się w całość prowadząc do rozwiązania jakiegoś problemu naukowego, a także, czy polski opis pracy jest prawidłowy i zrozumiały.

W tym elemencie mam pewien dyskomfort, ponieważ polski opis jest w moim odczuciu niestaranny, jakby użyto do niego translatora online bez weryfikacji ostatecznej tekstu. Pojawiają się niezgrabne zdania i dość powszechne jest używanie kilku różnych skrótów dotyczących tego samego, jak np. oznaczenie modelu MERRA: MERRA, MERRA-2 (prawidłowy skrót), MERRA2, itp. Co ciekawe, taka niekonsekwencja w zapisie „przeszła” w procesie wydawniczym w przypadku artykułu Part 2. Takich przykładów jest więcej. Może to, po części, wynikać z faktu, że jak rozumiem język polski nie jest językiem ojczystym doktorantki, ale mimo wszystko...

Wydaje mi się także, że w polskim podsumowaniu, przegląd literaturowy jest dość skromny, chociaż zdaję sobie sprawę, że w każdym z artykułów, jest to poprawnie wykonane.

Tym niemniej, w przypadku rozprawy magister Alnilam Remny Fernandes, uważam, że zaproponowany zestaw artykułów jest logiczny, odnosi się do ważnych problemów, stawia ważne pytania badawcze i podaje ich rozwiązania i/lub propozycje dalszych kroków badawczych, w związku z czym spełnia wymagania rozprawy doktorskiej. Fakt, że magister Alnilam Remny Fernandes jest współautorką w sumie 6 artykułów naukowych świadczy o tym, że jest osobą aktywną naukowo, potrafi współpracować w ramach zespołów badawczych i pełni w nich rolę ważnego ogniwa.

Uważam zatem, że oceniana przeze mnie dysertacja spełnia wymogi określone w ustawie z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668, z późn. zm.). [Art. 187], stawianym rozprawom doktorskim.

Uwzględniając powyższe wnioskuję o dopuszczenie mgr Alnilam Remny Fernandes do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Sopot, 20 listopada 2023 roku.

