Warszawa, 21.09.2026 r.

dr hab. inż. Joanna Strużewska-Krajewska

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

RECENZJA

osiągnięcia naukowego, dorobku oraz innych dokonań dr. Gustavo Coelho Abade w postępowaniu habilitacyjnym w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne

1. Podstawa formalna i zakres recenzji

Recenzja została przygotowana w związku z postępowaniem w sprawie o nadanie dr. Gustavo Coelho Abade stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.

W szczególności ocenie podlegają: osiągnięcie naukowe wskazane przez Habilitanta jako stanowiące znaczący wkład w rozwój dyscypliny, pozostały dorobek naukowy, aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej, a także działalność dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska.

Podstawę niniejszej recenzji stanowi przedstawiona dokumentacja postępowania, w szczególności Autoreferat, Wykaz osiągnięć naukowych, publikacje tworzące cykl zatytułowany „Turbulentna kondensacja w chmurach", oświadczenia dotyczące udziału współautorów ww. publikacji oraz pozostałe dokumenty dotyczące przebiegu kariery naukowej Habilitanta.

2. Przebieg kariery naukowej

Dr Gustavo Coelho Abade rozpoczął kształcenie akademickie na Uniwersytecie w Brasílii, gdzie ukończył studia inżynierskie oraz studia magisterskie. Jego wczesne zainteresowania naukowe obejmowały zagadnienia mechaniki płynów, fizyki statystycznej oraz modelowania układów

cząstek, w szczególności zawiesin niebrownowskich, sedymentacji, transportu w układach wielofazowych oraz dynamiki agregatów.

W latach 2005–2010 odbył studia doktoranckie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Rozprawa doktorska dotyczyła modelowania gęstych zawiesin koloidalnych oraz metod numerycznych służących do opisu oddziaływań hydrodynamicznych. Stopień doktora uzyskał w 2010 r.

Po uzyskaniu doktoratu Habilitant kontynuował działalność naukową w Brazylii, na Uniwersytecie w Brasílii, rozwijając badania dotyczące m.in. zawiesin magnetycznych oraz zagadnień związanych z mechaniką płynów i inżynierią naftową. W latach 2014–2016 odbył staż podoktorski na Uniwersytecie w Konstancji w Niemczech, gdzie zajmował się m.in. mikroreologią gęstych układów koloidalnych oraz dynamiką rotacyjną cząstek naładowanych.

Od lipca 2016 r. dr. Abade jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. W tym okresie zasadniczym kierunkiem jego działalności stały się zagadnienia fizyki atmosfery, w szczególności mikrofizyka chmur, turbulencja oraz stochastyczny opis procesów kondensacji.

Przebieg kariery Habilitanta pokazuje stopniową ewolucję zainteresowań: od mechaniki i hydrodynamiki układów wielocząstkowych, poprzez zaawansowane metody modelowania procesów stochastycznych, do zastosowania tych metod w fizyce chmur. Zwraca uwagę umiejętność przenoszenia metod rozwijanych wcześniej w mechanice płynów i fizyce statystycznej na problemy geofizyczne.

3. Ocena osiągnięcia naukowego „Turbulentna kondensacja w chmurach"

Jako osiągnięcie naukowe Habilitant przedstawił cykl czterech powiązanych tematycznie publikacji:

H1. G. C. Abade, „On idealized models of turbulent condensation in clouds", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 82, 1563 (2025);

H2. G. C. Abade, D. G. Albuquerque, „Persistent mixed-phase states in adiabatic cloud parcels under idealised conditions", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 150, 3450 (2024);

H3. G. C. Abade, W. W. Grabowski, H. Pawlowska, „Broadening of Cloud Droplet Spectra through Eddy Hopping: Turbulent Entraining Parcel Simulations", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 75, 3365 (2018);

H4. W. W. Grabowski, G. C. Abade, „Broadening of Cloud Droplet Spectra through Eddy Hopping: Turbulent Adiabatic Parcel Simulations", *Journal of the Atmospheric Sciences*, 74, 1485 (2017).

Przedstawiony cykl dotyczy stochastycznego opisu procesów mikrofizycznych zachodzących w chmurach w warunkach turbulentnych. Jest to problem istotny zarówno z punktu widzenia podstawowej fizyki chmur, jak i modelowania atmosfery. Rozwój rozkładu wielkości kropel chmurowych, ich wzrost kondensacyjny, aktywacja, mieszanie turbulentne oraz przejście do procesów zderzeń i koalescencji należą do zagadnień, których opis wymaga powiązania procesów zachodzących w bardzo różnych skalach przestrzennych i czasowych.

Za szczególnie wartościową cechę przedstawionego osiągnięcia uważam jego ewolucyjny charakter. Kolejne publikacje nie stanowią jedynie zastosowania tego samego modelu do podobnych przypadków, lecz dokumentują rozwój, rozszerzanie, a następnie krytyczną rewizję przyjętych wcześniej koncepcji.

W najwcześniejszej pracy H4 opracowano stochastyczny model procesów turbulentnej kondensacji w skalach podsiatkowych, wykorzystujący mechanizm określany jako „eddy hopping". Model uwzględnia wpływ turbulentnych fluktuacji prędkości pionowej na lokalne fluktuacje przesycenia doświadczane przez poszczególne krople. Wykazano, że mechanizm ten może prowadzić do istotnego poszerzenia rozkładu wielkości kropel.

W H3 model został ten rozszerzony o proces wciągania powietrza z otoczenia chmury (entrainment), reprezentowany stochastycznie. Analizowano dynamikę aktywacji i dezaktywacji kropel pod wpływem turbulentnych fluktuacji przesycenia oraz wynikającą z niej ewolucję rozkładu wielkości kropel. Praca ta stanowi istotny etap przejścia od wyidealizowanej parceli powietrza i uproszczonego schematu aktywacji do bardziej złożonego opisu oddziaływania procesów mikrofizycznych z turbulentnym mieszaniem.

Praca H2 rozszerza problematykę na chmury mieszane. Autorzy analizują trwałość współistnienia kropelek ciekłej wody i kryształków lodu w wyidealizowanych parcelach chmurowych, porównując podejście MFA z opracowanym przez Habilitanta lagranżowskim modelem stochastycznym. Wykazano, że uwzględnienie zmienności warunków doświadczanych przez poszczególne cząstki może istotnie wpływać na przewidywaną ewolucję układu i trwałość fazy mieszanej.

Najważniejszą z punktu widzenia syntetycznej oceny osiągnięcia jest, w mojej opinii, jednoautorska praca H1. Stanowi ona nie tylko podsumowanie wcześniejszej linii badawczej, lecz również krytyczną analizę podstaw wyidealizowanych modeli kondensacji w warunkach turbulentnych, w tym modeli rozwijanych wcześniej przy udziale samego Habilitanta.

Abade wskazuje na istotny problem związany ze skalą przestrzenną, w której definiowany i próbkowany jest rozkład wielkości kropel. W modelach typu eddy-hopping turbulentny ruch

cząstek sprawia, że wraz z upływem czasu próbka może reprezentować coraz większy zakres przestrzenny. Obserwowane poszerzenie rozkładu może zatem wynikać nie tylko z lokalnej zmienności mikrofizycznej, lecz również z nielokalnego próbkowania. Szeroki rozkład określony dla większej objętości nie musi więc oznaczać lokalnego współwystępowania kropelek o znacznie różnych rozmiarach.

W H1 przeanalizowano również wpływ warunków brzegowych stosowanych w modelach typu DNS, wskazując na ograniczenia standardowych warunków periodycznych w układach pionowo niejednorodnych oraz rozważając rozwiązania pozwalające zachować lokalny charakter próbkowania.

Szczególnie wysoko oceniam fakt, że H1 stanowi krytyczną rewizję podejścia, w którego wcześniejszym rozwoju uczestniczył sam Habilitant. Umiejętność identyfikowania ograniczeń własnych wcześniejszych założeń i wyprowadzania z tej analizy nowych wniosków uważam za ważny przejaw dojrzałości badawczej.

Cykl ma również ograniczenia. Badania prowadzone są w ramach modeli wyidealizowanych, a bezpośrednie odniesienie wyników do obserwacji jest ograniczone. Dotyczy to zwłaszcza procesów stochastycznych zachodzących w skalach trudnych do bezpośredniego pomiaru. Bardziej rozbudowane porównanie wyników modeli z obserwacjami byłoby cennym uzupełnieniem przedstawionych analiz i naturalnym kierunkiem dalszych badań.

Interesującym kierunkiem rozwoju przedstawionych badań byłaby również ocena możliwości wykorzystania uzyskanych wyników do opracowania parametryzacji procesów podsiatkowych dla modeli atmosferycznych, w dalszej perspektywie także modeli numerycznego prognozowania pogody. Wymagałoby to określenia, w jakim zakresie stochastyczny opis wpływu turbulencji na procesy kondensacyjne może zostać powiązany ze zmiennymi prognostycznymi i diagnostycznymi dostępnych schematów mikrofizycznych oraz czy jego uwzględnienie prowadziłoby do mierzalnej poprawy symulacji właściwości chmur.

Nie traktuję jednak wskazanych ograniczeń jako zasadniczej słabości osiągnięcia, ponieważ głównym przedmiotem prac jest analiza podstaw fizycznych i matematycznych stosowanych modeli oraz określenie granic ich poprawnej interpretacji. Wyniki cyklu można natomiast postrzegać jako element budowania fizycznych podstaw dla przyszłych parametryzacji procesów mikrofizycznych zachodzących w skalach nierozwiązywalnych jawnie przez modele numerycznych prognoz pogody.

Osiągnięcie obejmuje cztery publikacje, a więc liczbowo nie jest rozbudowane. W ocenie osiągnięcia habilitacyjnego zasadnicze znaczenie ma jednak nie liczba prac, lecz ich spójność, oryginalność oraz rzeczywisty wkład w rozwój dyscypliny. Pod tym względem przedstawiony cykl oceniam wysoko. Publikacje tworzą logiczną sekwencję badawczą, a H1 nadaje wcześniejszym wynikom nową perspektywę poprzez identyfikację ograniczeń metodologicznych stosowanych modeli.

Na uwagę zasługuje również kwestia samodzielności naukowej Habilitanta. H1 jest pracą jednoautorską. Z oświadczeń dotyczących prac zespołowych wynika ponadto znaczący udział dr. Abadego w formułowaniu problemów badawczych, konstruowaniu modeli, analizie wyników i przygotowaniu publikacji. Charakter tego wkładu nie jest identyczny we wszystkich pracach, co jest naturalne w badaniach zespołowych, jednak analizowany łącznie dorobek wskazuje na zdolność Habilitanta do samodzielnego formułowania i rozwijania problematyki badawczej.

4. Pozostały dorobek i aktywność naukowa

Dorobek naukowy dr. Gustavo Coelho Abade obejmuje publikacje dotyczące kilku powiązanych obszarów: hydrodynamiki zawiesin, fizyki układów koloidalnych, mechaniki płynów, procesów wielofazowych oraz, w ostatnim okresie, mikrofizyki chmur i turbulencji atmosferycznej.

Prace Habilitanta były publikowane w uznanych czasopismach międzynarodowych, m.in. *Journal of the Atmospheric Sciences*, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *Physical Review E*, *Soft Matter*, *Physics of Fluids* i *Journal of Chemical Physics*.

Według danych Web of Science przedstawionych w dokumentacji, według stanu na 16 marca 2026 r. publikacje Habilitanta uzyskały 586 cytowań, w tym 443 bez autocytowań, a indeks Hirscha wynosi 12 (wskaźniki WoS na dzień recenzji nieco się różnią ale potwierdzają indeks H=12, całkowitą liczbę cytowań 571 i bez autocytowań 546, ale nie wykluczam że automatyczne przeszukiwanie nie uwzględniło wszystkich publikacji). Wskaźniki bibliometryczne traktuję jedynie jako informację pomocniczą, niemniej potwierdzają one zauważalność jego prac w międzynarodowym obiegu naukowym.

Habilitant prezentował wyniki badań na licznych konferencjach i warsztatach naukowych w Polsce i za granicą, m.in. w Niemczech, Francji, Szwecji, Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Japonii i Brazylii. Wygłaszał referaty dotyczące zarówno fizyki zawiesin, jak i turbulencji oraz mikrofizyki chmur.

Istotnym elementem jego aktywności są również zagraniczne pobyty badawcze. Oprócz stażu podoktorskiego na Uniwersytecie w Konstancji Habilitant odbył trzy pobyty badawcze w National Center for Atmospheric Research w Boulder w latach 2017, 2018 i 2019. W 2022 r. uczestniczył przez pięć tygodni w programie „Multiphase Flows in Geophysics and the Environment" w Kavli Institute for Theoretical Physics na University of California, Santa Barbara. Potwierdza to, że działalność naukowa Habilitanta była prowadzona w wielu ośrodkach oraz w międzynarodowym środowisku badawczym.

O pozycji Habilitanta w środowisku naukowym świadczy także jego aktywność recenzencka. Przygotowywał recenzje m.in. dla *Journal of Fluid Mechanics*, *Journal of Chemical Physics*, *Physics of Fluids*, *Journal of the Atmospheric Sciences*, *Journal of Geophysical Research*, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, *Atmospheric Chemistry and Physics* oraz *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. W 2025 r. pełnił również funkcję zewnętrznego recenzenta rozprawy doktorskiej na Uniwersytecie w Brasílii.

5. Projekty badawcze

Doświadczenie projektowe dr. Abade obejmuje zarówno samodzielne kierowanie projektami, jak i udział w większych zespołach badawczych.

Po uzyskaniu stopnia doktora kierował dwoma indywidualnymi projektami finansowanymi przez brazylijskie Ministerstwo Nauki i Technologii (CNPq): projektem dotyczącym reologicznej charakterystyki zawiesin koloidalnych, realizowanym w latach 2011-2013, oraz projektem dotyczącym właściwości transportowych naładowanych zawiesin magnetycznych, realizowanym w latach 2013-2015. W obu przypadkach pełnił funkcję kierownika i głównego wykonawcy.

Uczestniczył ponadto w projektach zespołowych finansowanych m.in. przez Narodowe Centrum Nauki, program HORIZON 2020, Deutsche Forschungsgemeinschaft oraz instytucje brazylijskie. Na szczególną uwagę zasługuje udział w projektach dotyczących turbulentnej dynamiki i mikrofizyki chmur, które pozostają bezpośrednio związane z tematyką przedstawionego osiągnięcia habilitacyjnego.

Aktywność projektowa potwierdza zdolność Habilitanta zarówno do samodzielnego prowadzenia badań, jak i do funkcjonowania w międzynarodowych zespołach realizujących bardziej złożone przedsięwzięcia naukowe.

6. Działalność dydaktyczna, promotorska, organizacyjna i popularyzatorska

Dr. Gustavo Coelho Abade posiada wieloletnie i zróżnicowane doświadczenie dydaktyczne zdobyte na Uniwersytecie w Brasílii, Uniwersytecie w Konstancji oraz Uniwersytecie Warszawskim.

Prowadzone przez niego zajęcia pozostają w ścisłym związku z rozwijaną problematyką naukową i obejmują przede wszystkim mechanikę płynów, hydrodynamikę, termodynamikę, fizykę atmosfery oraz numeryczne modelowanie przepływów i procesów chmurowych.

Na Uniwersytecie w Brasílii prowadził m.in. zajęcia z mechaniki płynów, termodynamiki klasycznej i termodynamiki procesów nieodwracalnych, metod matematycznych w naukach mechanicznych, dynamiki przepływów w ośrodkach porowatych oraz inżynierii złóż ropy. Podczas pobytu na Uniwersytecie w Konstancji prowadził m.in. wykłady z hydrodynamiki oraz koordynował związane z nimi ćwiczenia.

Na Uniwersytecie Warszawskim jego działalność dydaktyczna obejmuje zarówno przedmioty podstawowe, jak i specjalistyczne, m.in. Podstawy Hydrodynamiki, Termodynamikę Atmosfery, Atmospheric and Ocean Dynamics, Hydrodynamics and Elasticity, Selected Topics in Fluid Mechanics, Advanced Graduate Fluid Mechanics, Introduction to Cloud Modeling, Introduction to Computational Fluid Dynamics oraz Selected Topics in Computational Fluid Dynamics. Prowadził przy tym zarówno wykłady, jak i ćwiczenia. Zakres prowadzonych zajęć wskazuje na szerokie kompetencje dydaktyczne, obejmujące klasyczną mechanikę płynów, fizykę atmosfery oraz zaawansowane metody modelowania numerycznego.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że działalność Habilitanta była wielokrotnie doceniana zarówno w obszarze naukowym, jak i dydaktycznym. Otrzymał m.in. nagrody Rektora Uniwersytetu Warszawskiego za osiągnięcia naukowe oraz nagrodę dydaktyczną Dziekana Wydziału Fizyki UW. Wyróżnienia te, w zestawieniu z przedstawionym dorobkiem, potwierdzają wysoką jakość jego działalności naukowej i dydaktycznej.

7. Ocena dokumentacji

Przedstawiona dokumentacja jest obszerna i pozwala na przeprowadzenie oceny zarówno osiągnięcia habilitacyjnego, jak i pozostałej aktywności Habilitanta. Autoreferat ma przejrzystą strukturę, zawiera spis treści i numerację stron, a opis rozwoju problematyki badawczej pozwala śledzić ewolucję zainteresowań naukowych autora.

Pozytywnie oceniam sposób przedstawienia zagadnień fizycznych i terminologii specjalistycznej. W szczególności część dotycząca osiągnięcia habilitacyjnego umożliwia powiązanie wyników kolejnych publikacji z szerszym problemem modelowania mikrofizyki chmur zwłaszcza wzrostu kropel chmurowych.

Pewne informacje, zwłaszcza dotyczące związku poszczególnych publikacji z projektami badawczymi oraz udziału Habilitanta w pracach zespołowych, mogłyby zostać zestawione w sposób bardziej syntetyczny. Są to jednak kwestie redakcyjne i nie utrudniają merytorycznej oceny przedstawionego dorobku.

8. Podsumowanie

Po zapoznaniu się z przedstawioną dokumentacją, w szczególności z publikacjami tworzącymi cykl „Turbulentna kondensacja w chmurach", Autoreferatem, Wykazem osiągnięć oraz informacjami dotyczącymi indywidualnego wkładu w publikacje wieloautorskie, oceniam dorobek naukowy dr. Gustavo Coelho Abade pozytywnie.

Przedstawione osiągnięcie jest tematycznie spójne, zawiera oryginalne wyniki naukowe i - w mojej ocenie - stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne. Jednocześnie przebieg kariery, współpraca międzynarodowa, działalność publikacyjna, udział w projektach badawczych oraz zagraniczne pobyty naukowe potwierdzają istotną aktywność naukową Habilitanta realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej.

Stwierdzam zatem, że dr Gustavo Coelho Abade spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w szczególności wymagania dotyczące posiadania osiągnięcia stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny oraz wykazania się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni lub instytucji naukowej.

W związku z powyższym **popieram nadanie dr. Gustavo Coelho Abade stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.**