

prof. dr hab. inż. Jacek Pozorski
 Zakład Przepływów Wielofazowych
 Instytut Maszyn Przepływowych PAN
 ul. Fiszerka 14, 80-231 Gdańsk
 Tel.: 58 5225145, E-mail: jp@imp.gda.pl



Gdańsk, 14 lutego 2022 r.

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Magdaleny Mrokowskiej

Recenzję opracowano na życzenie dra hab. Mariusza Majdańskiego, Z-cy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Geofizyki PAN, wyrażone w piśmie z dnia 21 grudnia 2021 r., w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr inż. M. Mrokowskiej wszczętym w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, dyscyplina nauki o Ziemi i środowisku. Podstawę opracowania niniejszej opinii stanowiła nadesłana dokumentacja: autoreferat (dalej cytowany jako AR) oraz wykaz osiągnięć naukowych Habilitantki, kopie publikacji składających się na osiągnięcie naukowe (dalej cytowanych jako prace H1–H4) i oświadczenia współautorów pracy wspólnej.

I. Informacje ogólne

Doktor inżynier Magdalena Mrokowska jest absolwentką Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (mgr inż. 2010; kierunek studiów: inżynieria środowiska). W roku 2011 zatrudniona została na stanowisku asystenta w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (IGF PAN), gdzie pod opieką prof. Pawła Rowińskiego oraz dr Moniki Kalinowskiej przygotowała rozprawę doktorską. W roku 2014 uzyskała z wyróżnieniem stopień doktora nauk o Ziemi (w dyscyplinie geofizyka) na podstawie rozprawy „Opory przepływu w korytach otwartych w warunkach przejścia fali wezbraniowej”. W tym samym roku uzyskała w IGF PAN awans naukowy na stanowisko adiunkta.

Osiągnięcie naukowe wskazane przez Habilitantkę to „**Eksperymentalne badania dynamiki opadania cząstek stałych w odniesieniu do procesów zachodzących w wodach naturalnych**”. Składa się nań cykl czterech publikacji z lat 2018-2021, powiązanych tematycznie. Podczas oceny brałem pod uwagę treść przedłożonych publikacji, autoreferat Habilitantki zawierający ich omówienie, jak również załączone do wniosku informacje o pozostałej aktywności naukowej, dorobku dydaktycznym i organizacyjnym.

Lista publikacji przedstawionych w AR (punkt 4) jako osiągnięcie naukowe to 3 prace jednoautorskie oraz 1 praca wspólna; zostaną one omówione w dalszej części recenzji. Przedstawiany cykl prac tworzą wyłącznie publikacje w czasopiśmie naukowych z listy JCR (lista A MNiE) indeksowane w bazie Web of Science (WoS) i posiadające *impact factor* (IF) wynoszący odpowiednio IF=4.0 (3 publikacje w czasopiśmie *Scientific Reports*) oraz IF=1.4 (publikacja w *Acta Geophysica*). W załączonych deklaracjach współautora publikacji wspólnej (dr hab. A. Krztoń-Maziopa) oraz Habilitantki szczegółowo podano ich wkład rzeczowy.

II. Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Przedstawiane prace mają charakter eksperymentalno-teoretyczny. W swej głównej części dotyczą one ruchu ciał w płynie, a precyzyjniej pisząc: opadania cząstek niesferycznych w cieczy z lokalną stratyfikacją gęstości (pyknoklina) wywołaną zmiennością zasolenia, a w ogólności także temperatury. Przy tym względna różnica gęstości obu faz jest niewielka ~5%, cząstki mają wówczas charakter sedymentu. Zagadnienie wyznaczenia lub opisu ruchu pojedynczych cząstek doczekało się analiz teoretycznych w warunkach przepływu pełzającego (przybliżenie Stokesa), natomiast rzeczywiste sytuacje obejmują także wyższe wartości liczb Reynoldsa Re_p (określonych na bazie prędkości terminalnej cząstek) lub nieregularne kształty takich cząstek. Zagadnienia te stanowią *par excellence* obszar zainteresowania mechaniki płynów. Jednakże, jak słusznie podaje Habilitantka, istotną motywację do badań tego rodzaju stanowią ujmowane makroskopowo zjawiska transportu masy w zbiornikach wodnych, także w skali geofizycznej (ocean), które formalnie przypisuje się do dyscypliny naukowej nauki o Ziemi i środowisku. Warto zauważyć, że pokrewnym zagadnieniem jest dyspersja atmosferyczna cząstek przy występowaniu inwersji termicznej.

Na osiągnięcie habilitacyjne składają się zasadniczo badania eksperymentalne zjawiska opadania cząstek w klasycznym płynie lepkim (newtonowskim), zaprezentowane w pracach H1, H3 i H4, jak również badania, w których ciekła faza ciągła ma własności reologiczne (płyn lepko-sprężysty, praca H2). Wspólnym, istotnym elementem badań jest ujęcie wpływu gradientu gęstości cieczy w warunkach stabilnej stratyfikacji.

Według mojego rozeznania, tak sformułowane zadanie cechuje aktualność naukowa, potwierdzona pośrednio także faktem opublikowania wyników w uznanych czasopismach. Habilitantka opracowała koncepcję i metodykę badań, która zasadniczo nie budzi zastrzeżeń, wyniki zostały obszernie udokumentowane. Elementy osiągnięcia naukowego zawarte w poszczególnych publikacjach zostaną teraz skrótowo omówione.

Praca H1 zatytułowana *Stratification-induced reorientation of disk settling through ambient density transition* podejmuje badania zmiany prędkości opadania cząstek niesferycznych wywołanej niejednorodnością pola gęstości, a ściślej obecnością pyknokliny (warstwy, w której zachodzi znacząca zmian gęstości). Habilitantka na bazie własnej koncepcji badań zbudowała stanowisko eksperymentalne oraz opracowała metody analizy obrazu celem wyznaczenia ruchu cząstek, uzyskując wartościowe wyniki. Obejmują one zmiany prędkości opadania oraz ewolucję orientacji przestrzennej cząstek (dysków) skorelowane z położeniem pyknokliny. Nie dostrzegłem jedynie dyskusji/wyjaśnienia, dlaczego opadające cząstki tracą stabilność, zapewne zależnie od wartości liczby Reynoldsa Re_p . Nie jestem także pewien, czy istotnie wpływ ścian zbiornika jest zanedbywalny. Przepływ Stokesa i ogólniej ruch płynu z mniejszą liczbą Reynoldsa cechuje nielokalność; w takim razie stosunek średnicy cząstek (~2-3 mm) do szerokości zbiornika (~90 mm) niekoniecznie jest zanedbywalnie mały. Hipotetycznie, fakt ten mógłby wiązać się z obserwowaną utratą stabilności ruchu na Rys. 3b, inaczej niż przy większej Re_p stowarzyszonej z Rys. 3c. Pominąwszy tę kwestię, uważam, że tok badań jest dobrze przemyślany, a artykuł napisany przejrzyście. Drobną uwagę nomenklaturową: wprowadzenie jednej wielkości kryterialnej (liczba Prandtla) miało zapewne w zamierzeniu Autorki zunifikować opis ze względu na rodzaj przyczyny („agenta”) stratyfikacji. Natomiast, precyzyjnie, mówi się o liczbie Prandtla lub liczbie Schmidta zależnie od tego, czy przyczyną jest gradient temperatury czy stężenia (tu: zasolenia); w późniejszej pracy H3 pojawiło się już takie ujęcie. Przy okazji: ciekawym zjawiskiem jest występowanie obu tych przyczyn jednocześnie (ang. *double-diffusive layer*) mogące prowadzić do nietrywialnej geometrii izopykn w postaci rozwinięcia ich powierzchni (ang. *salt fingers*). Dynamika opadających cząstek niesferycznych zapewne będzie tu jeszcze bardziej złożona. Pojawia się przy tym

pytanie, czy powierzchnie stałej gęstości w prowadzonych eksperymentach rzeczywiście miały układ horyzontalny (wyjawszy oczywiście lokalny wpływ opadania cząstki).

Praca H2 zatytułowana jest *Viscoelastic and shear-thinning effects of aqueous exopolymer solution on disk and sphere settling*. Istotną różnicę w stosunku do poprzedniej publikacji H1 stanowi użycie cieczy reologicznej (lepko-sprężystej) zamiast zwykłej cieczy lepkiej. Jak to przedstawiają Autorzy, taki dobór fazy ciągłej oddaje sytuacje występujące w akwenach, gdzie woda zawiera może zawierać domieszkę tak zwanych egzopolimerów. Jak wykazano w pracy, ma to swoje konsekwencje w odniesieniu do siły oporu działającej na opadającą cząstkę, jak również w specyfice tworzącego się za nią śladu hydrodynamicznego. Ponadto, użycie metody obrazowania PTV pozwoliło na uzyskanie lokalnego pola prędkości wokół opadającej cząstki. Badania eksperymentalne przeprowadzono z zauważalną starannością. Ich wyniki, podobnie jak w przypadku pozostałych publikacji Habilitantki, poza znaczącą wartością poznawczą mogą służyć do walidacji modeli obliczeniowych badanych procesów. Sformułowane wyżej (praca H1) uwagi dyskusyjne dotyczące mechanizmu niestabilności, ewentualnego wpływu ścianek zbiornika czy rzeczywistego położenia izopykn wydają się zasługiwać na rozważenie i w tym przypadku.

Praca H3 zatytułowana *Dynamics of thin disk settling in two-layered fluid with density transition* jest równie interesująca. Rozwinięto w niej badania przeprowadzone wcześniej w pracy H1, analizując oddziaływania hydrodynamiczne opadających cząstek i opisując poszczególne fazy zmian ich orientacji przestrzennej w warstwie cieczy o zmiennej gęstości pokazano trajektorie cząstek uzyskane metodami analizy obrazu. Ciekawym rozszerzeniem byłoby uwzględnienie tak zwanych zjawisk kolektywnych, czyli wzajemnego wpływu cząstek (dysków) podczas opadania, zwłaszcza w obszarze pyknokliny. Podobnie jak w przypadku pracy H1, uzyskana „faktografia” może być użyteczna także przy opracowaniu modeli obliczeniowych zjawiska.

Praca H4 *Influence of pycnocline on settling behaviour of non-spherical particle and wake evolution* powstała w oparciu o metodykę i metody pomiarowe użyte wcześniej przez Habilitantkę w pracach H1-H3. Zawiera on studium ruchu dysku przy różnych wartościach współczynnika kształtu (grubości do średnicy) w polu niejednorodnej gęstości płynu. Odnośnie dynamiki opadania w mikroskali (dla pojedynczej cząstki), podano kilka mechanizmów mogących powodować zmianę orientacji przestrzennej dysków. Interesujące są obserwacje ewolucji śladu hydrodynamicznego cząstek przy zmianach prędkości opadania.

Tu jeszcze dwie krótkie uwagi o charakterze ogólnym dotyczące meritum publikacji H1-H4 dających raczej „fenomenologiczny” opis zjawiska. (i) Zagadnienie opadania cząstki w cieczy przy uwzględnieniu złożoności fizycznej (występowanie lokalnej zmienności gęstości, ciecz reologiczna) można sformułować w języku mechaniki płynów. Zasadne wydają się zatem pytania, czy stosując metody badania niestabilności hydrodynamicznej można wykazać, że – istotnie – opadanie dysku jest ruchem, gdzie początkowa konfiguracja traci stabilność i pojawia się ruch obrotowy ciała (przekładający się w konsekwencji na występowanie lokalnych minimów prędkości opadania). Być może symulacje numeryczne procesu opadania pozwoliłyby bliżej poznać ten mechanizm. Ciekawe byłoby też wyjaśnienie, tak od strony teoretycznej jak i w eksperymencie, jak ruchy: postępowy i obrotowy opadającej cząstki zależą od jej kształtu. Zakładając analizę cząstek elipsoidalnych o różnym kształcie (ang. *oblate/prolate*, czyli odpowiednio dyski/włókna); (ii) w kontekście podanej przez Habilitantkę motywacji, zasadne wydaje się być pytanie o możliwość przenoszenia wniosków z eksperymentu w skali laboratoryjnej $O(1\text{ m})$ na rzeczywiste zjawiska zachodzące w zbiornikach wodnych o skalach setek metrów i większych. W szczególności w warunkach eksperymentu ruch cieczy w zbiornikach był zapewne pomijalny za wyjątkiem lokalnego pola prędkości indukowanego przez opadanie cząstek. Natomiast w akwenach wielkoskalowych występuje ruch cieczy powodowany wielko- i drobnoskalową

turbulencją i falowaniem powierzchniowym. Pojawia się zatem pytanie o wpływ tego efektu na ruch cząstek w polu grawitacyjnym i jego makroskalowe implikacje.

W podsumowaniu oryginalnych wyników uzyskanych w pracach H1-H4 należy podkreślić, że Habilitantka zaplanowała i w sposób systematyczny zrealizowała cykl badań na własnym stanowisku eksperymentalnym. Dostarczają one nowej wiedzy w zakresie dynamiki cząstek niesferycznych w płynie uwarstwionym gęstościowo, w tym informacji o zmianach prędkości i powiązanych z nimi średnim czasem przebywania w obszarze warstwy o niejednorodnej gęstości. Aktualność naukową potwierdzają także niedawne publikacje w literaturze światowej poświęcone temu zagadnieniu [np. Mercier et al., *J. Fluid Mech.* 2020]. Ponadto, uzyskane oryginalne wyniki mogą posłużyć do walidacji modeli obliczeniowych w mikroskali lub do użytecznej parametryzacji przy opisie ruchu sedymentów w makroskali. Dygresja odnośnie modeli obliczeniowych: wydaje się, że symulacje opadania cząstek typu *Particle-resolved DNS* są jak najbardziej w zasięgu możliwości, choćby z zastosowaniem metody nakładających się siatek (ang. *Chimera mesh*) do dokładnego opisu „bliskiego pola” wokół cząstek, także przy ujęciu wpływu turbulencji fazy nośnej.

Po zapoznaniu się z publikacjami H1–H4 oraz z autoreferatem Habilitantki stwierdzam, że autoreferat dobrze oddaje istotę osiągnięcia przedstawionego w cyklu publikacji. Jest on zwięzły i przejrzysty pozwalając na dość szybkie zrozumienie istoty i wartości poszczególnych elementów (publikacji), ułatwiając tym samym ich lekturę. Poziom naukowy oraz zakres wykonanych badań, w połączeniu z deklaracjami Kandydatki oraz współautora publikacji H3 o ich wkładzie merytorycznym, uprawniają do stwierdzenia, że **przedłożony do oceny cykl publikacji dr inż. Magdaleny Mrokowskiej spełnia warunki stawiane osiągnięciom naukowym w postępowaniach habilitacyjnych i stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku.**

III. Ocena pozostałego dorobku i istotnej aktywności naukowej

Zainteresowania naukowe dr Magdaleny Mrokowskiej obejmują, poza tematyką ujętą w dokonaniu habilitacyjnym, także zagadnienia transportu zanieczyszczeń w rzekach, proces wymiany ciepła na powierzchni swobodnej, transport rumowiska. Jest współautorką kilku publikacji i kilku doniesień konferencyjnych z tej tematyki. Osiągnięcia te zostały przez Habilitantkę skrótowo przedstawione (AR, punkt 5). Po szczegółowym zapoznaniu się z przedstawionym tam opisem jej wkładu rzeczowego oraz publikacji będących ich pokłosiem, można ten pozostały dorobek uznać za wystarczający. Oceniając go od strony jakościowej, stwierdzam, że podejmowane zagadnienia cechuje spora różnorodność, świadcząca o aktywności naukowej Habilitantki. Pozostały dorobek poza osiągnięciem habilitacyjnym powstał we współpracy naukowej z jednostkami krajowymi: Instytutem Budownictwa Wodnego PAN, Uniwersytetem Rolniczym w Krakowie i z Wydziałem Chemii Politechniki Warszawskiego, gdzie dr M. Mrokowska uczestniczyła w realizacji niektórych badań.

Dorobek Habilitantki odnotowany w bazie *Web of Science Core Collection* (WoS) stanowi 12 prac, w tym 8 artykułów w czasopismach z listy JCR (posiadających tak zwany współczynnik wpływu IF) oraz 4 artykuły w wydawnictwach pokonferencyjnych bez IF. Wskaźniki naukometryczne stanowią tylko pewną, niedoskonałą miarę jakości dorobku naukowego, niemniej jednak należy je podać w recenzji. Publikacje dr M. Mrokowskiej uzyskały (według bazy WoS, stan na 12.02.2022 r.) łącznie 91 cytowań, w tym 73 bez autocytowań; tak zwany indeks Hirscha wynosi $H=6$. Spośród 8 artykułów z listy JCR wymienionych w bazie WoS, 7 zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Należy zwrócić uwagę na znaczącą liczbę cytowań prac tworzących osiągnięcie naukowe będące podstawą ocenianego wniosku: praca H1 (*Scientific Reports*, 2018) uzyskała dotąd już 14 cytowań, praca H2 (*Scientific Reports*, 2019) uzyskała 16 cytowań, a prace H3 oraz H4

datowane na rok 2020 (*Acta Geophysica, Scientific Reports*) odpowiednio 4 i 3 cytowania. Uwaga porządkowa: na stronie 15 autoreferatu podano błędne dane w pozycjach 9-13 tabeli punktacji poszczególnych publikacji.

Podsumowując ten punkt oceny: dorobek Habilitantki w czasopismach z listy JCR stanowią zarówno osiągnięcia indywidualne jak i zespołowe (głównie 2- lub 3-autorskie). Pamiętając o ograniczeniach parametrów bibliometrycznych (nierozróżnialność prac wielo- i jednoautorskich, cytowalność wyraźnie różna w zależności od dyscypliny a nawet specjalności naukowej, itd.), uważam, że te parametry dorobku Kandydatki są na dobrym poziomie na tym etapie rozwoju naukowego.

W uzupełnieniu oceny aktywności naukowej i innej działalności zawodowej należy wskazać na wymienione w autoreferacie wystąpienia na konferencjach naukowych: 8 po uzyskaniu stopnia doktora oraz 7 wcześniejszych. Ponadto, dr M. Mrokowska była członkiem komitetu organizacyjnego i naukowego *International School of Hydraulics* w edycjach 2015, 2017 i 2019, a na ostatniej spośród nich pełniła funkcję przewodniczącej komitetu naukowego. Pełniła także funkcję redaktora naukowego (w AR użyto neologizmu „edytor”) wydawnictw pokonferencyjnych. Należy zauważyć, że nie podano informacji o odbytym stażu podoktorskim w innej instytucji naukowej, w szczególności za granicą. W moim przekonaniu taki pobyt, potwierdzony publikacjami, najpełniej i bezdyskusyjnie wypełniałby ustawowy wymóg wykazania osiągnięć uzyskiwanych w więcej niż jednej jednostce naukowej. Natomiast uważam, że ów wymóg został spełniony w stopniu wystarczającym poprzez – opisaną wyżej – prowadzoną współpracę naukową z jednostkami krajowymi (IBW PAN w Gdańsku, UR w Krakowie, WCh PW). Pełniła lub pełni funkcję kierownika w dwóch projektach Narodowego Centrum Nauki: Preludium (2011-15) oraz Sonata (od 2020); uczestniczyła w charakterze wykonawcy w dwóch innych krajowych projektach badawczych. Odbyła krótkie pobyty szkoleniowe i wyjazdy studyjne za granicą, natomiast nie uczestniczyła w projektach międzynarodowych.

W swojej macierzystej jednostce (IGF PAN) Habilitantka zbudowała od podstaw Laboratorium Mikromodeli Hydrodynamicznych, w którym zrealizowano eksperymenty będące podstawą przedstawionego osiągnięcia. Należy podkreślić jej działalność na rzecz środowiska naukowego: Opracowała 49 recenzji prac do czasopism naukowych, a także recenzje doniesień konferencyjnych. Na dzień 12.02.2022 liczba wykonanych recenzji w bazie Publons.com wynosi 63, co jest znaczącą liczbą i pośrednio potwierdza uznanie środowiska naukowego dla jej kompetencji. Ponadto, dr Magdalena Mrokowska jest od roku 2018 członkiem rady redakcyjnej (*Editorial Board*) czasopisma *Scientific Reports* uzyskując w roku 2020 status *Senior Editorial Board Member*.

Dr Magdalena Mrokowska jest promotorem pomocniczym rozprawy doktorskiej realizowanej w IGF PAN, była promotorem pracy magisterskiej i dwóch inżynierskich na Politechnice Warszawskiej. Prowadziła w latach 2014-21 wykłady z kilku przedmiotów dla doktorantów IGF PAN oraz w interdyscyplinarnej szkole doktorskiej, także w języku angielskim. Jest laureatką stypendium im prof. Rybickiego (2018) oraz dwóch nagród naukowych Dyrektora macierzystego Instytutu (2105, 2018). Podała też informacje o swojej działalności na polu popularyzacji nauki (Dni SGGW, Program GLOBE, projekt edukacyjny Geofizyka w Szkole, Piknik Naukowy w Warszawie).

Przytoczone powyżej fakty, wraz z wcześniej omówionym dorobkiem publikacyjnym w zakresie osiągnięcia habilitacyjnego, **świadczą o aktywności naukowej dr M. Mrokowskiej. Niezależnie od osiągnięcia habilitacyjnego, jest to dorobek znaczący.** Kandydatka legitymuje się osiągnięciami dydaktycznymi oraz w opiece naukowej, a jej działalność zawodowa **na polu organizacyjnym** zasługuje na wyróżnienie.

IV. Podsumowanie i ocena końcowa

Niezależnie od wymogów formalnych opisanych właściwą ustawą, warto przypomnieć, że stopień doktora habilitowanego ze swej istoty potwierdza samodzielność w prowadzeniu badań naukowych, stanowi także uznanie kwalifikacji do sprawowania opieki naukowej i w szczególności prowadzenia prac doktorskich (fr. *HDR*, ang. *(h)ability to direct research*). Jestem przekonany, że Habilitantka oba te rodzaje kompetencji posiada.

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy dr Magdaleny Mrokowskiej został dobrze udokumentowany. Sytuuje się w obszarze nauk ścisłych i przyrodniczych. **Osiągnięcie naukowe** stanowiące powiązany tematycznie cykl publikacji dotyczących zagadnień dynamiki cząstek stałych w płynie o niejednorodnej gęstości stanowi znaczący wkład Habilitantki do rozwoju dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku. **Uważam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe może stanowić podstawę do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w tej dyscyplinie.**

Ocena **pozostalej istotnej aktywności naukowej** także jest pozytywna. Rozmiary oraz waga całego dorobku naukowego, a w szczególności osiągnięcia po uzyskaniu stopnia doktora wypełniają oczekiwania stawiane zwyczajowo w postępowaniach habilitacyjnych i spełniają wymagania ustawowe [Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.]. Wnoszę zatem o **dopuszczenie dr Magdaleny Mrokowskiej do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**

