



Warszawa, 08 lipca 2024

Dr hab. inż. Marta Królikowska, prof. uczelni
Katedra Chemii Fizycznej
Wydział Chemiczny
Politechnika Warszawska
ul. Noakowskiego 3,
00-664 Warszawa
e-mail: marta.krolikowska@pw.edu.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej pani mgr inż. Karoliny Brzóska
„Otrzymywanie, właściwości i zastosowania nanofluidów z wielościennymi
nanorurkami węglowymi i biopoliolami”**

Przedłożona do recenzji praca doktorska mgr inż. Karoliny Brzóska pt.: „*Otrzymywanie, właściwości i zastosowania nanofluidów z wielościennymi nanorurkami węglowymi i biopoliolami*” została wykonana w Instytucie Chemii na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach pod kierunkiem Pani prof. dr hab. Marzeny Dzidy.

Podjęta w rozprawie tematyka wpisuje się w aktualny nurt badawczy poszukiwania nowych rozwiązań związanych z optymalnym zarządzaniem ciepłem, co jest szczególnie istotne w dobie intensywnego rozwoju elektroniki, miniaturyzacji urządzeń oraz tendencji do ograniczenia zużycia paliw kopalnianych. Przedmiotem rozprawy jest otrzymywanie i charakterystyka nanofluidów jako nowej generacji układów przenoszących ciepło, które w przyszłości mogą zostać wykorzystane w wielu gałęziach przemysłu przyczyniając się do zwiększenia sprawności urządzeń elektronicznych, wydłużenia czasu pracy samochodów elektrycznych oraz efektywnego odbierania ciepła w instalacjach przemysłowych, solarnych czy geotermalnych pompach ciepła. Z punktu widzenia przyszłościowego zastosowania nanofluidów w ww. obszarach, kluczowym jest osiągnięcie ich pożądaných właściwości, w tym przede wszystkim wysokiego stopienia zdyspergowania nanocząstek i długoterminowej stabilności dyspersji, a także wysokiej wartości przewodnictwa cieplnego, czy odpowiednio niskiej gęstości i lepkości. Przy projektowaniu nowych nanofluidów warto także zwrócić uwagę na to, że ich skuteczność jako płynów przenoszących ciepło uwarunkowana jest powtarzalnością parametrów fizykochemicznych.

Pani mgr inż. Karolina Brzóska w swojej pracy doktorskiej podjęła się opracowania składów oraz metody otrzymywania stabilnych długoterminowo nanofluidów. Przedmiotem badań było łącznie 56 płynów na bazie 1,2-etanodiolu, 1,2-propanodiolu, 1,3-propanodiolu, 1,2,3-propanotriolu oraz trzech równomolowych



mieszanin 1,2-etanodiolu, 1,2-propanodiolu i 1,3-propanodiolu z 1,2,3-propanotriolem. W pracy przeanalizowano dodatek 2 typów wielościennych nanorurek węglowych MWCNTs (*ang. Multiwalled Carbon Nanotubes*): k-MWCNTs o średnicy zewnętrznej (50 – 80) nm i długości (0,5 – 2,0) μm oraz d-MWCNTs o średnicy (40 – 80) nm i długości 770 μm oraz poli(*N*-winylopirolidonu) o średniej masie cząsteczkowej 40 kDa jako stabilizatora. Praca doktorska w głównej mierze dotyczyła badań podstawowych. Doktorantka obszernie scharakteryzowała otrzymane nanofluidy przeprowadzając badania ich właściwości fizykochemicznych, w tym gęstości, w zakresie temperatury od (278,15 do 348,15) K, przewodnictwa cieplnego i lepkości dynamicznej w temperaturze 298,15 K oraz izobarycznej pojemności cieplnej w zakresie temperatury od (293,15 do 323,15) K. Prowadzone badania dotyczyły zarówno właściwości cieczy bazowych jak i nanofluidów o zróżnicowanej zawartości nanorurek węglowych, a otrzymane wielkości porównano z dostępnymi danymi literaturowymi.

Doktorantka odniosła duży sukces badawczy ponieważ wszystkie opracowane przez Nią nanofluidy cechowały się długoterminową stabilnością sedymentacyjną (dla wybranych układów na chwilę obecną wynosi ona nawet 4 lata), co nie zostało dotychczas osiągnięte w żadnym ośrodku naukowym zajmującym się tematyką nanofluidów na bazie polioli z dodatkiem nanorurek węglowych. Ponadto proponowane przez Doktorantkę nanofluidy charakteryzowały się wysokim przewodnictwem cieplnym, znacznie przewyższającym przewodnictwo cieplne cieczy bazowej (najwyższy przyrost rzędu 38 % w temperaturze 298,15 K). Mgr inż. Karolina Brzoska dla grupy nanofluidów o najwyższym przewodnictwie cieplnym podjęła się dodatkowej charakterystyki wyznaczając liczbę Prandta, dyfuzyjność cieplną i objętościową izobaryczną pojemność cieplną. Otrzymane dane Doktorantka porównała z właściwościami komercyjnie dostępnych cieczy przenoszących ciepło tj. DOWCALTM100 na bazie 1,2-etanodiolu oraz DOWCALTM200 i DOWCALTMN na bazie 1,2-propanodiolu.

Należy podkreślić i docenić w tym miejscu fakt, że przeprowadzone badania mieszczą się w nurcie nie tylko aktualnym, ale są także istotne z punktu widzenia rozwoju nowych płynów do przenoszenia ciepła i ochrony środowiska. Dotychczasowe prace wskazują na wysokie przewodnictwo cieplne nanofluidów za które odpowiedzialne są nanocząstki zdyspergowane w cieczy bazowej. Jednak pomimo tego nanofluidy nie znajdują wciąż realnego zastosowania technologicznego głównie z dwóch powodów, które Doktoranta wskazuje we wstępie pracy, z braku stabilności sedymentacyjnej i zmiany parametrów fizykochemicznych w czasie. W związku z tym badania prowadzone w tym obszarze, będące przedmiotem niniejszej dysertacji są niezwykle istotne i uzasadnione.

Dodatkowym osiągnięciem Doktorantki jest opracowanie metody otrzymywania nanofluidów wraz z przeniesieniem skali do ułamkowo – technicznej z możliwością przeskalowania do produkcyjnej, co jest ważnym krokiem w zastosowaniu



proponowanych nanofluidów na skalę przemysłową. Warto zwrócić uwagę, że mgr inż. Karolina Brzóska w realizowanej pracy doktorskiej analizowała nanofluidy oparte na cieczach bazowych zarówno ze źródeł pierwotnych jak i odnawialnych, co doskonale wpisuje się w obszar związany z ochroną środowiska naturalnego i jest odpowiedzią na możliwości zapobiegania kryzysowi energetyczno – surowcowemu. Dodatkowo Doktoranta dokonała analizy cytotoksyczności analizowanych nanofluidów wykazując brak toksyczności k-MWCNT zdyspergowanych w MPG i PDO na normalnych ludzkich fibroblastach skóry, co oprócz atrakcyjnych właściwości tych płynów potwierdza bezpieczeństwo zarówno produkcji jak i stosowania ich na szeroką skalę.

Przedłożoną do recenzji rozprawę stanowi 223 – stronicowa monografia napisana w języku polskim. Praca ma układ klasyczny i składa się z następujących części: spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu skrótów, wprowadzenia i celu podejmowanych badań (7 stron), części teoretycznej (65 stron), części doświadczalnej (86 stron), dyskusji wyników i podsumowania (25 stron), bibliografii (25 stron, łącznie 365 odnośników literaturowych) oraz dorobku naukowego Doktorantki. Ponadto praca zawiera uzupełnienie w postaci Dodatku A (47 stron) zatytułowanego „Wykaz uzyskanych wyników pomiarów i obliczeń”, w którym w postaci 38 tabel mgr inż. Karolina Brzóska przedstawia dane numeryczne dyskutowanych w dysertacji właściwości nanofluidów, porównane z dostępnymi danymi literaturowymi. Ta część pracy zawiera oddzielną bibliografię na którą składa się 50 pozycji literaturowych. Ponadto w Dodatku B (37 stron) pt.: „Pozwolenia na wykorzystanie materiałów z publikacji” Doktorantka zamieszcza pozwolenia na użycie rysunków, z wymienionych w tej części publikacji, a także oświadczenia współautorów prac.

Mgr inż. Karolina Brzóska prawidłowo sformułowała cele podejmowanych badań, które zdefiniowała jako: (1) opracowanie składów i metody otrzymywania nanofluidów charakteryzujących się długoterminową stabilnością sedymentacyjną oraz wyższym przewodnictwem cieplnym w stosunku do cieczy bazowych; (2) ocena wpływu składu wybranych nanofluidów na gęstość, przewodnictwo cieplne, lepkość i izobaryczną pojemność cieplną, w porównaniu do konwencjonalnych płynów do wymiany ciepła oraz (3) wyjaśnienie mechanizmu stabilizacji nanododatku w analizowanych nanofluidach oraz mechanizmu przenoszenia ciepła. Badania przeprowadzone w ramach realizacji przedłożonej pracy pozwoliły na spełnienie ww. celów.

Na kolejnych 65 stronach (strony 17 – 81) przedstawiona jest część teoretyczna złożona z 3 podrozdziałów poświęconych (1) charakterystyce nanofluidów, uwzględniającej: rodzaj cieczy bazowej, rodzaj, rozmiar i zawartość nanocząsteczek, rodzaj stabilizacji, sposoby przygotowania nanofluidów, a także ich stabilności i metody jej wyznaczania; (2) aktualnemu stanowi wiedzy w obszarze badań właściwości fizykochemicznych, stabilności i struktury nanofluidów z wielościennymi nanorurkami węglowymi i poliolami, z uwzględnieniem bazy danych w obszarze gęstości, przewodnictwa cieplnego, izobarycznej pojemności cieplnej, lepkości dynamicznej,



stabilności nanofluidów, mikroobrazowania optycznego oraz mikroskopii elektronowej (TEM) i cryo-TEM, będącej jej kriogeniczną odmianą oraz (3) zastosowanie nanofluidów. Wstęp teoretyczny został napisany w sposób przejrzysty i konsekwentny. Mgr inż. Karolina Brzóska drobiazgowo wprowadza czytelnika w obszar zainteresowania nanofluidami wskazując wyraźnie na ich potencjał aplikacyjny, ale także problemy związane z badaniami jak i ograniczenia związane z możliwością przyszłościowego zastosowania nanofluidów w realnych procesach przemysłowych. W tej części znajduje się także 6 obszernych tabel zawierających zestawienie danych literaturowych dotyczących: przewodnictwa cieplnego wybranych cieczy bazowych (Tablica nr 1), wybranych materiałów wykorzystywanych jako nanocząstki w nanofluidach (Tablica nr 2), porównania metod przygotowania oraz rodzaju stabilizacji nanofluidów zawierających nanorurki węglowe (Tablica nr 3), porównania nanofluidów na bazie 1,2-etanodiolu oraz mieszaniny 1,2-etanodiolu i wody z dodatkiem wielościennych nanorurek węglowych (Tablica nr 4), porównania nanofluidów na bazie 1,2-propanodiolu, 1,3-propanodiolu i 1,2,3-propanotriolu oraz mieszaniny 1,2-propanodiolu i wody z dodatkiem wielościennych nanorurek węglowych (Tablica nr 5), stabilności nanofluidów wraz z metodami kontroli (Tablica nr 6) oraz 3 rysunki przedstawiające mikroobrazowanie mikroskopii elektronowej TEM i cryo-TEM. Mgr inż. Karolina Brzóska powołuje się na liczne publikacje naukowe (łącznie 365 pozycji literaturowych), co świadczy o dogłębnej analizie podejmowanego tematu.

Lektura tej części pracy nasuwa kilka pytań i komentarzy:

1. We wstępie na stronie 12 Doktorantka napisała, że *„Skuteczność nanofluidów jako płynów przenoszących ciepło jest uwarunkowana powtarzalnością właściwości fizykochemicznych oraz długoterminową stabilnością dyspersji nanocząstek w cieczach bazowych. Założono, że w ramach pracy doktorskiej zostaną opracowane stabilne długoterminowo (20 miesięcy) nanofluidy o charakterystycznie wysokim przewodnictwie cieplnym (o wartości min. $0,285 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ w temperaturze 298,15 K), którego zmiany w ciągu dwóch lat będą mniejsze niż niepewność pomiaru przewodnictwa cieplnego wynosząca $\pm 5\%$.”* Czy okres 20 miesięcy jest wystarczający do zastosowania technologicznego nanofluidów?
2. Czy założony w pracy wzrost przewodnictwa cieplnego nanofluidów rzędu 15% w stosunku do cieczy bazowej jest wystarczający do realnego ich zastosowania? Proszę o komentarz.
3. We wstępie na stronie 19 Doktorantka napisała, że *„Kilka grup naukowców, na przykładzie układów bazujących na wodzie i 1,2-etanodiolu, dowiodło, że wzrost przewodnictwa cieplnego nanofluidów, w których wykorzystano te same nanocząstki, w tym MWCNTs, jest wyższy dla nanofluidów na bazie 1,2-etanodiolu niż na bazie wody, niezależnie od kształtu nanocząsteczek (Lee i in., 1999; Xie i in., 2002, Xie i in.,*



2003; Kim i in., 2007). Jednocześnie w literaturze można znaleźć doniesienia opisujące odwrotną zależność... (Chopkar i in., 2008; Agarwal i in., 2016; Abdullah i in., 2018).” Nasuwa się zatem pytanie czy możliwe jest zatem sformułowanie pewnych reguł pozwalających na stwierdzenie od czego i w jaki sposób zależy przewodnictwo cieplne nanofluidów?

4. W części teoretycznej na stronie 37 napisała, że „Na podstawie literatury można stwierdzić, że gęstość nanofluidów rośnie ze wzrostem zawartości nanorurek węglowych oraz maleje ze wzrostem temperatury” podczas gdy na stronie 39 Doktorantka wspomina, że (Rhamadi i Reiszadeh, 2018) wykazali, że ze wzrostem zawartości MWCNTs gęstość nanofluidów maleje. Podobnie w przypadku zależności temperaturowej o której Doktorantka wspomina na stronie 40 pisząc, że „Wzrost gęstości nanofluidów ze wzrostem zawartości nanorurek węglowych i temperatury zbadano także dla nanofluidów na bazie wody (Xing i in, 2015; Jabbari i in., 2019; Berrada i in., 2019)”. Proszę o komentarz.
5. Doktoranta przedstawia, że w pracy (Mary i in., 2013) „Autorzy zaobserwowali, że czas sonikacji wpływał na wzrost przewodnictwa cieplnego nanofluidów względem cieczy bazowej, jednakże sonikacja powyżej 28 godzin, powodowała spadek przewodnictwa cieplnego nanofluidów”. Proszę o komentarz w jaki sposób dobiera się czas sonikacji podczas przygotowania nanofluidów?
6. Doktorantka napisała, że „MWCNTs tracą stabilność w układzie bazowym w obecności płytki miedzianej, co ma duże znaczenie dla ich zastosowania jako cieczy przenoszących ciepło w układach zbudowanych z rurek miedzianych”. Czy prowadzone były badania nt. stabilności nanorurek węglowych w cieczy bazowej w obecności innych metali? Takie informacje wydają się być istotne z użytkowego punktu widzenia.

Część doświadczalna rozprawy podzielona jest na rozdziały poświęcone: omówieniu metod badawczych (5,5 strony), charakterystyce odczynników (17,5 strony) i metodyce przygotowania nanofluidów (4 strony). W tej części mgr inż. Karolina Brzóska szczegółowo przedstawia metodykę przeprowadzonych pomiarów tj. gęstość, przewodnictwo cieplne, izobaryczna pojemność cieplna, lepkość dynamiczna, a także pomiarów mikroskopii optycznej, TEM, cryo-TEM, pomiary widm Ramana, cytotoxyczności i stabilności, a także użytą aparaturę oraz niepewność pomiarową. Dalej przedstawiona jest charakterystyka odczynników dotycząca zarówno cieczy bazowej, wielościennych nanorurek węglowych jak i stabilizatora. Na Rysunku 19 Doktorantka przedstawia sposób przygotowania nanofluidów. W podanym opisie nie znalazłam informacji na temat czasu sonikacji, który wpływa na wartość przewodności cieplnej nanofluidów. Czy w przypadku wszystkich 56 przygotowywanych przez Doktorantkę nanofluidów zachowano te same warunki? Doktorantka w postaci Tablicy 12 przedstawia składy przygotowanych nanofluidów stanowiących przedmiot badań. Zastanawia mnie



też w jaki sposób technicznie możliwe było otrzymanie nanofluidów o identycznych zawartościach nanorurek i stabilizatora. Proszę o krótki komentarz. W dalszej kolejności, w ramach części doświadczalnej Doktorantka na 81 stronach przedstawia i dyskutuje uzyskane wyniki, które krótko podsumowuje, choć w moim przekonaniu należałoby poświęcić temu oddzielną część zatytułowaną Wyniki pomiarów. Pomiary wykonane są rzetelnie, przedstawione prawidłowo i przejrzysto w postaci 41 tabel, zawartych głównie w Dodatku A (łącznie 38 tabel) i 40 wykresów zamieszczonych w dysertacji. Sposób prezentowania wyników nie budzi moich wątpliwości. Chciałabym jednak poprosić Doktorantkę o wyjaśnienie następujących kwestii:

1. W jaki sposób uzasadnić tak duże różnice w przyroście przewodności cieplnej nanofluidów z zawartością 1% d-MWCNTs w porównaniu z k-MWCNTs.
2. Proszę o uzasadnienie wyboru układów do badań izobarycznej pojemności cieplnej, dlaczego pomiary wykonano tylko dla niektórych nanofluidów.

W dalszej części pracy mgr inż. Karolina Brzóska przedstawiła obszerną dyskusję wyników badań uzyskanych w ramach realizacji tematu rozprawy. Tę część pracy Doktorantka podzieliła na 3 części w których: (1) omówiła opracowanie składów i metody otrzymywania nanofluidów charakteryzujących się długoterminową stabilnością sedymentacyjną oraz wyższym przewodnictwem cieplnym w stosunku do cieczy bazowych; (2) oceniła wpływ składu wybranych nanofluidów na gęstość, przewodnictwo cieplne, lepkość i izobaryczną pojemność cieplną, a także porównała wyniki prac badawczych z danymi dla konwencjonalnych płynów do wymiany ciepła, a także (3) wyjaśniła mechanizm stabilizacji nanododatku w analizowanych nanofluidach oraz mechanizm przenoszenia ciepła. Doktorantka w tej części przedstawia wykresy porównawcze. Tak obszerna dyskusja świadczy o bardzo wysokim doświadczeniu Doktorantki zarówno w obszarze prowadzenia prac badawczych, a także przedstawienia i analizy uzyskanych wyników. Doktorantka potrafi rozwiązywać problemy badawcze oraz w sposób krytyczny i szczegółowy analizować otrzymane wyniki. Dyskusja wyników napisana została ze starannością o najmniejsze detale.

Podsumowując, mgr inż. Karolina Brzóska w swojej pracy podjęła się badań niezwykle aktualnych i potrzebnych, mających na celu poszukiwanie nowych płynów przenoszących ciepło. Doktorantka prowadzi dyskusję merytoryczną na wysokim poziomie, stworzyła obszerną bazę wartościowych i rzetelnych danych doświadczalnych, które zaprezentowała w sposób przejrzysty i zaciekawiający czytelnika. Uzyskane dane przedstawiła w postaci odpowiednich tabel i wykresów, a cytowaną literaturę odpowiednio dobrała i poddała analizie. Uważam, że Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością problematyki badawczej, umiejętnie dobrała techniki eksperymentalne pozwalające na scharakteryzowanie badanych układów pod kątem



przyszłościowego zastosowania jako płyny przenoszące ciepło. Doktorantka otrzymała łącznie 56 nanofluidów, które obszernie scharakteryzowała. Ogrom pracy eksperymentalnej budzi mój podziw. Stworzona przez mgr inż. Karolinę Brzósę baza danych eksperymentalnych bez wątpienia stanowi wartościowy wkład w podejmowanym obszarze zainteresowań. Opracowane przez Doktorantkę nanofluidy charakteryzują się długoterminową stabilnością sedymentacyjną i wysokim przewodnictwem cieplnym. Ponadto na podkreślenie i docenienie zasługuje opracowanie metody otrzymywania nanofluidów wraz z przeniesieniem skali do ułamkowo – technicznej, z możliwością przeskalowania do produkcyjnej, co jest ważnym krokiem w zakresie aplikacji nanofluidów jako płynów przenoszących ciepło na skalę przemysłową. Dodatkowym atutem prac prowadzonych przez Doktorantkę jest wykazanie braku toksyczności nanorurek węglowych k-MWCNTs zdyspergowanych w 1,2-propanodiolu i 1,3-propanodiolu na normalne ludzkie fibroblasty skóry, a wyjaśnienie mechanizmu przewodzenia ciepła oraz stabilności nanofluidów, w oparciu o kompleksowe badania struktury, stabilności i właściwości fizykochemicznych bez wątpienia stanowią istotny wkład w rozwój podejmowanej tematyki badawczej, a tym samym w rozwój dyscypliny nauki chemicznej. Przedłożona do recenzji praca stanowi zamkniętą całość, niemniej jednak cieszę się, że Doktorantka w podsumowaniu wskazuje dalsze badania, które powinny być ukierunkowane na testowanie stabilności nanofluidów w rzeczywistych warunkach pracy takich jak przepływy turbulentne oraz badanie ich stabilności po wielokrotnym cyklu grzanie – chłodzenie.

Praca pod względem edytorskim została przygotowana bardzo starannie, posiada bogatą szatę graficzną. Pomimo dbałości o detale Doktorantce nie udało się całkowicie uniknąć drobnych pomyłek i błędów edytorskich (przykładowo strona 24: „połączeń”, strona 27: „zawary sterycznej”; strona 29: „kilka zastawień”; strona 50: „zależne od stężenia”; strona 65: „wszystkich”; strona 114: w opisie wykresu 21N pojawia się k-MWCNTs w miejsce d-MWCNTs; podobnie na stronie 117 w opisie wykresu 22N czy strona 121: w opisie wykresu 24: „przystost”). Pragnę zaznaczyć, że przedstawione przeze mnie uwagi i komentarze nie dotyczą zasadniczych kwestii merytorycznych i pozostają bez wpływu na ogólną bardzo pozytywną ocenę rozprawy i wysokich kwalifikacji Doktorantki jako młodego naukowca.

Wypełniając obowiązek recenzenta, poza analizą dostarczonych materiałów, przy użyciu bazy Scopus (stan na dzień 02 lipca 2024 roku) przeprowadziłam także niezależną analizę dorobku naukowego Doktorantki. Na Dorobek mgr inż. Karoliny Brzóski składa się łącznie 6 publikacji naukowych opublikowanych w latach (2016 – 2022) w takich czasopismach jak: *Magnetic Resonance in Chemistry* (1 publikacja, IF = 2,392), *Przemysł Chemiczny* (2 publikacje, IF = 0,50), *Fluids* (1 publikacja, IF = 1,8), *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* (1 publikacja, IF = 7,1), *Ochrona przed korozją* (1 publikacja, IF – brak). Dwie spośród wymienionych prac dotyczą tematyki rozprawy doktorskiej. Mgr inż. Karolina Brzóska jest współautorką 4 zgłoszeń patentowych i jednego patentu.



Doktorantka brała aktywny udział w propagowaniu wyników prowadzonych badań. W latach (2020-2021) uczestniczyła w 3 konferencjach naukowych głosząc komunikaty ustne. Ponadto mgr inż. Karolina Brzóška brała udział w realizacji 11 projektów badawczych. W ramach pracy badawczej nawiązała bogatą współpracę naukową z Katedrą Elektrochemii, Korozji i Inżynierii Materiałowej Politechniki Gdańskiej, Instytutem Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, NanoCarbon Group pod kierownictwem prof. Sławomira Boncla z Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej oraz katedrą Zjawisk Międzyfazowych Uniwersytetu Marii Curie – Skłodowskiej w Lublinie.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Karoliny Brzóški zawiera istotne elementy nowości naukowej, szczególnie nowe, wcześniej nie publikowane dane eksperymentalne i spełnia wszystkie warunki niezbędne do nadania stopnia naukowego doktora, stawiane pracom doktorskim określone w art. 187 Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742 z późn. zm.). Zwracam się zatem do Rady Naukowej Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego z prośbą o dopuszczenie Pani mgr inż. Karoliny Brzóški do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto biorąc pod uwagę wysoki poziom prowadzonych badań naukowych, bogatą i wartościową dyskusję naukową oraz stworzoną obszerną bazę nowych danych doświadczalnych wymagającą opanowania wielu różnorodnych technik eksperymentalnych i wykonania szeregu pracochłonnych pomiarów wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Karoliny Brzóški. Doktorantka doskonale opanowała warsztat badawczy właściwy dla podejmowanej tematyki naukowej. Wyniki uzyskane przez Panią mgr inż. Karolinę Brzóškę mają nie tylko charakter podstawowy i wartość z punktu widzenia poznawczego, ale także z punktu widzenia zastosowania otrzymanych nanofluidów jako przyszłościowych płynów przenoszących ciepło.

Marta Królikowska