



**WYDZIAŁ
CHEMII**

Uniwersytet Łódzki

Łódź, dnia 12.01.2023 r.

prof. dr hab. Jarosław Grobelny
Kierownik Katedry Technologii i Chemii Materiałów
Wydział Chemii

Ocena osiągnięcia naukowego, zatytułowanego
"Znaczenie nanokompozytów funkcjonalnych dla zastosowań
energetycznych i środowiskowych"
oraz aktywności naukowej, organizacyjnej i dydaktycznej dra Vignesh
Kumaravel, ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Pan dr Vignesh Kumaravel jest absolwentem Madurai Kamaraj University, Indie, na którym uzyskał w roku 2008 tytuł magistra, na kierunku chemia farmaceutyczna. Na tej samej uczelni wykonał pracę doktorską pod tytułem „*Aktywność fotokatalityczna nanocząstek półprzewodnikowych modyfikowanych powierzchniowo do remediacji środowiska*”, którą obronił w 2013 roku uzyskując stopień naukowy doktora w dyscyplinie nauki chemiczne. Od stycznia 2013 roku do lutego 2014 roku Habilitant pracował na etacie adiunkta w C.P.A College, Tamilnadu, Indie, od marca 2014 roku do lutego 2015 roku natomiast na etacie adiunkta w Yeungnam University, Gyeongsan, Korea. W kwietniu 2015 roku rozpoczął roczny staż podoktorski w Universiti Sains Malaysia, Penang, Malezja. Od października 2016 roku do stycznia 2018 roku pracował w Texas A & M University at Qatar, Doha, Katar. Od marca 2018 roku do października 2021 pracował w Institute of Technology Sligo, Irlandia. Od listopada 2021 do chwili obecnej pracuje na stanowisku adiunkta i starszego lidera grupy w Międzynarodowym Centrum Badań Innowacyjnych Biomateriałów Politechniki Łódzkiej. W mojej ocenie przedstawiona chronologia zdarzeń świadczy o dynamicznym rozwoju młodego naukowca, otwartego na międzynarodowe środowisko naukowe.



Przedmiotem rozprawy habilitacyjnej dra Vignesh Kumaravel jest zwarty, monotematyczny cykl ośmiu oryginalnych artykułów naukowych i dwóch prac przeglądowych, zebrany i przedstawiony do recenzji w postaci autoreferatu pt. „*Znaczenie nanokompozytów funkcjonalnych dla zastosowań energetycznych i środowiskowych*”. Prace będące podstawą rozprawy habilitacyjnej zostały opublikowane we wiodących czasopismach naukowych, takich jak: *Journal of Physical Chemistry C* (3 artykuły), *Applied Catalysis B: Environmental, Catalysts*, *Chemical Engineering Journal*, *Applied Sciences*, *Surface and Coatings Technology*, *Journal of Nanomaterials*, *Materials Science and Engineering B- Advanced Functional Solid-State Materials*. Prace oznaczone symbolami H1-H3, H5, H7-H10 są pracami oryginalnymi, natomiast prace H4 i H6 mają charakter przeglądowy. Sumaryczny IF wszystkich przedstawionych w cyklu prac wynosi 56,147, co daje średnio 5,6 na jedną pracę, biorąc pod uwagę tylko prace oryginalne jest to odpowiednio 26,191 oraz 3,3 są to w mojej ocenie wartości bardzo dobre. Prace cytowane były 684 razy, co świadczy o ich docenieniu przez międzynarodowe środowisko naukowe. Habilitant jest pierwszym autorem siedmiu prac, a autorem korespondencyjnym w dziesięciu. Merytoryczny udział w powstanie wszystkich wieloautorskich prac potwierdzony został stosownymi oświadczeniami współautorów. Analiza złożonej dokumentacji daje jasny obraz dominującego lub znaczącego udziału dra Kumaravel w powstanie wszystkich prac stanowiących podstawę recenzowanego wniosku. We wszystkich pracach Habilitant jest autorem lub współautorem koncepcji badań, wykonawcą eksperymentów oraz wiodącą osobą przy pisaniu manuskryptów.

Celem przewodnim prac Kandydata, przedłożonych jako osiągnięcie habilitacyjne, było otrzymanie i badanie funkcjonalnych nanokompozytów opartych na takich materiałach jak tlenek tytanu, azotek węgla, siarczki kadmu, krzemionka, tlenek cynku do zastosowań fotokatalitycznych, w tym produkcji wodoru, oraz jako powłoki samoczyszczące, przeciwdrobnoustrojowe i do remediacji zanieczyszczeń. Pomimo tego, że taka tematyka znana i opisywana jest od wielu lat, to przedstawione prace zawierają interesujące aspekty i nowatorskie rozwiązania stanowiące o oryginalności prezentowanych prac. Stosowane materiały oraz rozwiązania technologiczne są ukierunkowane na realne zastosowanie praktyczne.

Praca H1 dotyczy badania stabilności termicznej ditlenku tytanu w postaci anatazu, która jest warunkiem wstępnym do wytwarzania materiałów budowlanych pokrytych fotokatalizatorem do zastosowań antybakteryjnych i samooczyszczających w normalnym



oświetleniu pomieszczenia. Domieszkowanie metalem TiO_2 zastosowano jako sposób kontrolowania przemiany fazowej anatazu w rutyl w wysokich temperaturach przetwarzania. W tej pracy szczegółowo zbadano przemianę TiO_2 domieszkowanego indem w zakresie 500–900 °C. Nanocząstki TiO_2 domieszkowane indem zsyntetyzowano za pomocą zmodyfikowanego procesu zol-żel. Wytworzony nanomateriał scharakteryzowany został przy pomocy wielu dobrze dobranych technik eksperymentalnych w celu określenia jego struktury oraz właściwości fotokatalitycznych, otrzymane wyniki porównane zostały z obliczeniami modeli teoretycznych. W znacznym procencie wykazana została zachowana faza anatazowa nawet w temperaturze kalcynacji 800 °C. Bardzo podobny zakres badań przedstawia praca H2, w której to TiO_2 domieszkowane było irydem oraz praca H3, gdzie domieszkę stanowił tantal.

Artykuł oznaczony symbolem H4 stanowi ciekawe podsumowanie najważniejszych aspektów zastosowania domieszkowanych nanocząstek TiO_2 do fotokatalitycznej produkcji wodoru. W naturalny sposób rozszerza informacje zawarte w trzech wcześniejszych pracach o szeroki przegląd literaturowy. Poza aspektami związanymi z badaniami podstawowymi Habilitant prezentuje i omawia rozwiązania stosowane w projektach reaktorów zarówno w skali laboratoryjnej jak i półprzemysłowej, stosowanych do rozkładu wody i metanolu. Pomimo tego, że jest to praca przeglądowa a nie oryginalna, uważam ją za bardzo cenną w prezentowanym przez Habilitanta cyklu. Od 2019 roku artykuł ten zacytowany został już 419 razy. W kolejnej pracy H5, bardzo blisko związanej z tematyką wcześniej prezentowanych prac, Habilitant skupia się na badaniu czynników protektorowych na wydajność fotokatalitycznego wytwarzania wodoru przy użyciu ditlenku tytanu, grafitowego azotku węgla oraz siarczku kadmu. Przebadany został wpływ alkoholi, kwasu mlekowego, glukozy, siarczku sodu, siarczynu sodu i trietanolaminy na produkcję wodoru. Wyniki badań wykazały, że najlepszymi środkami dedykowanymi dla TiO_2 były glukoza i glicerol, natomiast dla grafitowego azotku węgla oraz siarczku kadmu trietanolamina.

Praca oznaczona symbolem H6 to drugi w cyklu artykuł, który powstał w oparciu o analizę literaturową. Tym razem Habilitant opisuje znaczenie nanokompozytowych powłok tlenku tytanu w kontekście walki z wirusami i bakteriami znajdującymi się na powierzchniach wspólnych oraz na dentystycznych i ortopedycznych implantach tytanowych. Autor wskazuje, że skuteczność dezynfekcji przy pomocy TiO_2 została znacznie zwiększona przez jego domieszkowanie metali, niemetali i materiałami 2D. W artykule omówiono mechanizm



dezynfekcji, biokompatybilność, odporność na korozję biologiczną, trwałość i wyzwania komercyjne związane z powłokami przeciwdrobnoustrojowymi.

Kolejne trzy prace ukierunkowane są na wytwarzanie nanokompozytów hydrofobowych i superhydrofobowych, ale co bardzo ciekawe, w dużej mierze wytwarzanych z odpadowych materiałów pochodzenia naturalnego. A artykuł H7 Habilitant przedstawił przyjazną dla środowiska powłokę hydrofobową wytwarzaną na bazie krzemionki pozyskiwanej z odpadowego popiołu trzciny cukrowej, której to światowa produkcja wynosi 1,75 miliarda ton a wyłoki z trzciny cukrowej stanowią odpad po produkcji cukru. Krzemionka modyfikowana była dimetylodietoksyloksanem i nakładana na płytki ceramiczne, cegłę, tkaninę bawełnianą i podłoża szklane. Podobna tematyka przedstawiona została w pracy H8, tym razem jako źródło krzemionki zaproponowano odpady po produkcji oleju palmowego i polidimetoksyloksan jako środek funkcjonalizujący powierzchnię. Wytworzone hierarchiczne struktury okazały się być superhydrofobowe, osiągając wartość kąta zwilżania dla wody 171° i 80% procent przezroczystości w porównaniu do szkła bez powłoki. Problem hierarchicznych powłok superhydrofobowych jest również tematem pracy H9. W tym przypadku Habilitant zastosował wytworzone nanocząstki ZnO o przekroju trójkątnym, które w połączeniu z polidimetoksyloksanem umożliwiły wytworzenie ekonomicznie opłacalnych powłok nanoszonych natryskowo. Szczegółowo Habilitant opisał zwilżalność powierzchni, trwałość, stabilność i mechanizm wzrostu mikrostruktury hierarchicznej. Zdaniem dra Kumaravel zaproponowane rozwiązania mogą być stosowane do samoczyszczących się okien wieżowców, wodoodpornych tkanin, okien samochodowych, aplikacji przeciwośloneń, antykorozyjnych i przeciwdrobnoustrojowych. Ostatni przedstawiony w cyklu artykuł H10 dość niespodziewanie powraca do zagadnień związanych z wytwarzaniem nanomateriałów do zastosowań fotokatalicznych. Tym razem są to nanoprety wolframianu srebra wzbogacone azotkiem węgla do degradacji zanieczyszczeń organicznych w wodzie. W moim odczuciu ta praca powinna zostać uwzględniona w pierwszej części autoreferatu.

Do najważniejszych osiągnięć Habilitanta należą:

- Opracowanie i badanie nanocząstek TiO_2 domieszkowanych różnymi metalami (takimi jak In, Ir, Ta, Mo, Cu, Se, Te) w celu poprawy właściwości elektrycznych i zachowania fotoaktywnej fazy anatazu w wysokich temperaturach (w zakresie 500 - 850 °C). Stabilne



termicznie nanocząstki zostały pomyślnie przetestowane pod kontem produkcji wodoru i walki z drobnoustrojami.

- Zbadanie wpływu różnych środków protektorowych (alkoholi, kwasu mlekowego, glukozy, siarczku sodu, siarczynu sodu, mieszaniny siarczku sodu/siarczynu sodu i trietanolaminy) na skuteczność wytwarzania H₂ przez standardowe fotokatalizatory, takie jak TiO₂-P25, g-C₃N₄ i CdS.

- Określenie znaczenia powłok nanokompozytowych TiO₂ w dezynfekcji wirusów i bakterii na powierzchniach oraz tytanowych implantach medycznych (stomatologicznych i ortopedycznych).

- Wytworzenie i zbadanie superhydrofobowych powierzchni samooczyszczających z wykorzystaniem odpadów rolniczych jako źródła krzemionki.

- Zaprojektowanie nanokompozytów czułych na światło słoneczne do degradacji różnych zanieczyszczeń organicznych i dezynfekcji drobnoustrojów.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiony do oceny cykl dziesięciu powiązanych tematycznie prac naukowych stanowi wystarczający wkład, w rozumieniu Ustawy, dr. Vignesh Kumaravel w rozwój nauki związanej z szeroko pojętymi nanomateriałami, wymagany do przyznania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Poza pracami przedstawionymi w cyklu habilitacyjnym dr Vignesh Kumaravel może poszczycić się pokaźnym dorobkiem publikacyjnym, co łącznie daje 50 prac opublikowanych w dobrych i bardzo dobrych czasopismach z listy JCR o zasięgu międzynarodowym oraz 8 rozdziałów w książkach o zasięgu międzynarodowym. O randze czasopism świadczyć może sumaryczny *Impact Factor* publikacji, który wynosi 229, co średnio daje 4,58 punkty na jedną pracę. Pomimo tego, że pierwsza praca ukazała się dopiero w 2012 roku, a większość pochodzi z ostatnich lat to liczba cytowań publikacji według bazy Scopus wynosi 2648 (bez autocytowań: 2559), Index Hirscha wynosi 30. Jest to bardzo dobry prognostyk na najbliższe lata, w których to liczba cytowań z pewnością będzie dynamicznie przyrastać. Wyniki pracy badawczej prezentowane były również na wielu konferencjach naukowych, w tym w postaci wykładów przedstawionych na zaproszenie. Przedstawione dane naukometyczne świadczą o tym, że Kandydat jest doświadczonym badaczem, którego osiągnięcia naukowe są znaczące i wysoko oceniane przez środowisko naukowe.



Dr Vignesh Kumaravel posiada również znaczne doświadczenie dydaktyczne. Przygotował i prowadził zajęcia dla studentów na różnych stopniach studiów takie jak: chemia przemysłowa, chemia analityczna, chemia nieorganiczna, chemia bionieorganiczna, chemia środowiska, uzdatnianie wody, nanochemia, energia odnawialna, elektrochemia i inne. Habilitant sprawował również nadzór nad realizacją projektów badawczych realizowanych przez kilkunastu doktorantów, a obecnie nadzoruje pracę czterech naukowców na stażach podoktorskich. Dwukrotnie uczestniczył w charakterze członka w komitetach organizacyjnych międzynarodowych konferencji naukowych. W dorobku Habilitanata widnieje również informacja o kierowaniu dwoma projektami badawczymi oraz udział w roli wykonawcy w kolejnych czterech.

Podsumowując wszystko co zostało wyżej napisane, stwierdzam, że dr Vignesh Kumaravel zgromadził znaczący i istotny dorobek naukowy, jest dojrzałym naukowcem o sprecyzowanych horyzontach naukowych. Jego dorobek naukowy należy uznać za bardzo wartościowy i wnoszący ważny wkład w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne i jest dobrze umocowany w pracach o cyrkulacji międzynarodowej. Materiał przedstawiony jako rozprawa habilitacyjna spełnia w mojej opinii wszelkie kryteria formalne i zwyczajowe stawiane tego rodzaju rozprawom, w szczególności przez ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20 lipca 2018 roku i wnioskuję o nadanie dr. Vignesh Kumaravel stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Z wyrazami szacunku

Jarosław Grobelny

