

Kraków, 18 stycznia, 2023 r.

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN, im. Jerzego Habera.
ul. Niezapominajek 8
30-239 Kraków

OCENA

Osiągnięcia naukowego:

"Znaczenie nanokompozytów funkcjonalnych dla zastosowań energetycznych i środowiskowych"

oraz dorobku naukowego pana dr Vignesha Kumaravela

1. Analiza formalna osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe dr Vignesha Kumaravela jest oparta jest na ośmiu publikacjach oryginalnych oraz na dwóch artykułach przeglądowych.

Trzy publikacje oryginalne, oznaczone jako H1-H3, ukazały się w latach 2019-2022 w czasopiśmie *Journal of Physical Chemistry C* (wskaźnik wpływu czasopisma 4,13), publikacja H5 ukazała się w roku 2019 w czasopiśmie *Catalyst*, (wskaźnik wpływu 3,52), natomiast oryginalne artykuły H7-H10, dotyczące odmiennej tematyki badawczej ukazały się w latach 2019-2015 w czasopismach o niższym wskaźniku cytowania, takich jak: *Applied Sciences*, *Surface and Coating Technology*, *Journal of Nanomaterials*, oraz *Materials Science and Engineering B*. Najlepiej cytowane była praca H1 (41 cytowań), praca H5 (107) oraz praca H10 (63).

Bardzo znaczące ilości cytowań (419) uzyskała praca przeglądowe H4, która ukazała się w 2019 r. w *Applied Catalysis B: Environmental* (wskaźnik wpływu 16,7).

W publikacjach H1-H6 oraz H10 habilitant był autorem pierwszym i korespondencyjnym, natomiast w pozostałych (H7-H9) jedynie ich współautorem. Należy zaznaczyć, że wszystkie publikacje wchodzące w skład osiągnięcia są współautorskie, np. w pracy H1 pojawia się 10 autorów, a w pracach H2-H3 oraz H5, sześciu autorów.

Habilitant nie podaje swojego udziału procentowego w tych publikacjach pisząc ogólnie, że we wszystkich pracach jego rola polegała na określeniu koncepcji badań, projektowaniu i przeprowadzeniu eksperymentów, analizie wyników oraz przygotowaniu publikacji do druku (oryginalne oświadczenie w języku angielskim: *conceptualization, literature review, design, experiments, data analysis, characterizations, the discussion of results, preparing the original draft, reviewing, editing, and organizing the publication process*). Oświadczenia pozostałych autorów potwierdzają, że istotnie koncepcja badań we wszystkich pracach będących podstawą osiągnięcia była określona przez V. Kumaravela.

2. Analiza merytoryczna osiągnięcia

Ze względu na ogólnie sformułowany tytuł osiągnięcia, który byłby bardziej odpowiednia dla obszernej monografii, trudno jest zdefiniować jaki były cel przeprowadzonych badań oraz teza pracy. Zadana tego nie ułatwia też brak chronologii prac wchodzących w skład osiągnięcia, np. najstarsza praca z 2015 r. jest podana jako ostatnia tj. H10, dwie prace przeglądowe, oznaczone jako H4 i H6, pojawiają się w środku cyklu, podczas gdy logicznie rzecz biorąc powinny stanowić wprowadzenie lub podsumowanie cyklu. Ponadto, tematyka przeprowadzonych badań jest zróżnicowana, nie sprawiająca wrażenia, że były one prowadzone według spójnej koncepcji.

W publikacji H1 określono stabilność termiczną ditlenku tytanu domieszkowanego irydem w zakresie wysokich temperatur (500-900 °C) oraz efektywność uzyskanych materiałów w reakcji fotokatalitycznej wytwarzania wodoru pod wpływem promieniowania imitującego światło słoneczne.

W pracy H2 badano przejście fazowe anatazu do rutylu w ditlenku tytanu domieszkowanym irydem (Ir-TiO₂), w zakresie temperatur 400–700 °C. Wykazano znaczący wpływ tej domieszki na parametry sieciowe i objętość komórki elementarnej TiO₂. Wykazano, że tworzenie fazy rutylowej zostało przyspieszone przed zmniejszenie entropii mieszania i zachodziło w zakresie niskich temperaturach kalcynacji (400 °C).

Podobnego typu badania przeprowadzono w pracy H3, w której zbadano stabilność termiczną nanocząstek TiO₂ domieszkowanego tantalumem w zakresie temperatur 500-900

°C. Określono również strukturalne i elektryczne właściwości TiO_2 w zależności od stężenia tantalu. Potwierdzono, że w temperaturze 800 °C tworzy się układ heterofazowy składający się w 72 % z anatazu, 28 % rutyłu i 4 % Ta- TiO_2 .

Przeglądowe prace H4 i H6 wchodzące w skład osiągnięcia opisano perspektywiczne zastosowania domieszkowanych nanocząstek TiO_2 w reakcjach fotokatalitycznego wytwarzania wodoru oraz znaczenie powłok TiO_2 dla dezaktywacji wirusów i bakterii na powierzchniach implantów dentystycznych i ortopedycznych.

Tematyka pracy H5 jest luźno związana z tematyką poprzednich prac gdyż dotyczy określenia wpływ różnych substancji (autor używa określenia czynniki protektorowe lub czynniki ochronne) takich jak alkohole, kwas mlekowy, glukoza, gliceryna, siarczek i siarczyn sodu oraz trietanolaminy na wydajność fotokatalitycznej syntezy wodoru przy użyciu TiO_2 -P25, grafitowego azotku węgla (g- C_3N_4) i siarczku kadmu (CdS). Uzyskane wyniki potwierdziły, że glukoza i gliceryna były najbardziej skutecznymi środkami w układzie TiO_2 -P25, a trietanolamina w układzie g- C_3N_4 i CdS.

Również prace H7, H8, H9 dotyczą odmiennej tematyki, związanej z tworzeniem warstewek hydrofobowych na różnych podłożach (szkło, cegła, tkaniny bawełniane) przy wykorzystaniu popiołu z trzciny cukrowej jako źródło krzemionki (praca H7) lub popiołu z oleju palmowego (praca H8) w mieszaninie z dimetylodietoksylanem (DMDEOS). Z kolei w pracy H9 badano tworzenie warstewek tlenku cynku (ZnO) o kształcie nieregularnym w obecności polidimetylosiloksanu (PDMS) na powierzchni płytek szklanych. Wykazano, że kąt zwilżania warstewek ZnO /PDMS wynoszący 165° był większy, niż dla szkła komercyjnego (153°), co interpretowano jako wskaźnik tzw. super-hydrofobowości powierzchni.

Praca H10 z roku 2015, a więc najwcześniejsza w cyklu, jest omawiana na końcu i dotyczy tematyki różniącej się od wszystkich poprzednich prac. Badano w niej kinetykę fotodegradacji błękitu metylenowego w roztworach wodnych pod wpływem promieniowania imitującego światło słoneczne w obecności katalizatora w postaci cząstek wolframianu srebra (Ag_2WO_4) w mieszaninie z cząstkami azotku węgla g- C_3N_4 . Cząstki Ag_2WO_4 o rozmiarach około 700x5000 nm syntezowano w reakcji precypitacji prekursora azotanu srebra i wolframianu sodu. Wykazano, że stabilność i aktywność

fotokatalityczna Ag_2WO_4 zostały znacznie poprawione dzięki obecności $\text{g-C}_3\text{N}_4$ wykazując 100 % skuteczność degradacji barwnika w ciągu 120 min.

Ze względu na różnorodność przeprowadzonych badań, trudno jest uznać jednoznacznie recenzowane osiągnięcie za spójny (związany) tematycznie cykl prac. Wydaje się, że wartość naukową, jeżeli chodzi o aspekty poznawcze i elementy oryginalności, wykazują wyniki uzyskane w pracach H1-H3. Można wymienić tu następujące osiągnięcia: opracowanie metod syntezy w procesach zol-żel nanocząstek ditlenku tytanu domieszkowanych w kontrolowany sposób metalami (In, Ir, Ta), pełną charakterystykę fizykochemiczną tych materiałów w szerokim zakresie temperatur potwierdzająca stabilność fazy anatazowej oraz wykazanie ich aktywności fotokatalitycznej w procesie produkcji wodoru. Wyniki pozostałych prac mogą mieć mają pewne znaczenie praktyczne przy projektowaniu biobójczych materiałów dentystycznych i ortopedycznych lub tzw. samoczyszczących się materiałów budowlanych.

Oprócz tych ogólnych uwag można sformułować również kilka zastrzeżeń merytorycznych. Pomiarom omawianym w pracach były przeprowadzone dla małych ilości próbek o często pobieżnie zdefiniowanych właściwościach fizykochemicznych, np. stopniu agregacji (aglomeracji) cząstek, ich kształcie, powierzchni właściwej, stopniu krystaliczności itp. Nie została też określona selektywność procesów katalitycznych oraz skład produktów.

Daje się też odczuć brak analizy statystycznej, co zmniejsza znaczenie naukowe uzyskanych wyników. Wnioski są często oparte na jednym wybranym zdjęciu HRTEM (dla nanogramów próbki), podczas gdy badania katalityczne, nawet w skali laboratoryjnej wymagają co najmniej miligramowych ilości próbek. W pracy H9 trójkątny kształt cząstek jest potwierdzony w oparciu o zdjęcie SEM, na którym są jedynie trzy cząstki o kształcie zbliżonym do trójkątnego. Nie wiadomo natomiast jaki był ich trzeci wymiar (grubość), co można by określić na podstawie pomiarów AFM. Podobnie w pracy H10 stwierdzono, że zostały syntezowane tzw. nanopłyty na podstawie jednego zdjęcia TEM, na którym znajduje się jedna cząstka o przybliżonych rozmiarach 700×5000 nm, a więc w zakresie mikronowym. Podobnie o istnieniu tzw. nanofoli autorzy wywnioskowali na podstawie jednego zdjęcia TEM, pokazującego fragment niezwykle skomplikowanej

struktury kwazi-fraktalnej. Nie wiadomo natomiast jaki był ich trzeci wymiar (grubość) tych cząstek.

Można również sformułować wiele uwag natury technicznej odnośnie stosowanej nomenklatury, stylu, gramatyki itp., czego spektakularnym przykładem jest opis pracy H3, gdzie autor stwierdza, że prowadził badania stabilności termicznej tantalu domieszkowanego TiO_2 (Ta-TiO_2), podczas gdy w istocie badano wpływ domieszkowania tantalem na właściwości elektryczne i strukturalne ditlenku tytanu. W opisie tej pracy pojawia się też takie sformułowanie: *Utworzono połączenie heterofazowe z 72 % anatazu i 28 % rutyłu w 4 % Ta-TiO₂ w temperaturze 800 °C*. Suma tych składników daje 104%, co jest dosyć dziwne. Opisując wyniki pracy H9 autor używa nietypowego sformułowania: *Zademonstrowałem superhydrofobiczność podłoża szklanego przy użyciu nanotriangli tlenku cynku*. Podobnie, w opisie pracy H10 pojawia się całkowicie niezrozumiałe zdanie: *W tej pracy wyprodukowałem nanopręty wolframianu srebra (Ag_2WO_4) z nano- foliami g-C₃N₄ do degradacji zanieczyszczenia organicznego w wodzie pod symulowanym promieniowaniem słonecznym*. Z kolei przy opisie swoich osiągnięć używa niezrozumiałego sformułowania: *Rozwój różnych nanocząstek TiO₂ domieszkowanych metalami*.

Takich przykładów jest w Załączniku 3: Podsumowanie Osiągnięć Zawodowych niezliczona ilość, co wskazuje na brak choćby pobieżnej korekty nie tylko językowej, lecz również merytorycznej.

3. Ocena dorobku naukowego i dydaktycznego

Habilitant uzyskał stopień Master of Science na Uniwersytecie Madurai Kamaraj, Indie w kwietniu 2008, a stopień doktora w dziedzinie chemii na tym samym Uniwersytecie w roku 2013, tytuł rozprawy: *Aktywność fotokatalityczna nanocząstek półprzewodnikowych modyfikowanych powierzchniowo do remediacji środowiska*. Praca ta została wyróżniona.

Po doktoracie prowadził intensywną działalność naukową realizowaną w różnych instytucjach naukowych min: na Uniwersytecie Yeungnam (Republika Południowej Korei (w latach 2014-2015) gdzie prowadził badania nad konwersją CO₂, produkcją wodoru i usuwaniem zanieczyszczeń organicznych. W latach 2015- 2016 pracował na Uniwersytecie Sains Malaysia (Malezja), jako Post-Doc, zajmując się syntezą nowych materiałów i rozwojem technologii usuwania CO₂, a także produkcji antybakteryjnych opakowań do żywności i samoczyszczących się powłok hydrofobowych. W latach 2016-2018 pracował na Uniwersytecie Texas A&M w Katarze prowadząc badania nad nowymi technologiami technologii produkcji wodoru z wody morskiej. Następnie przenosi się do Irlandii (Institute of Technology Sligo) gdzie w latach 2018-2021 kieruje pracami badawczymi nad modyfikacjami ditlenku tytanu mającymi na celu zwiększeni jego właściwości biobójczych. Badania te były finansowanym przez Unię Europejską w ramach projektu badawczego *Renewable Engine* we współpracy z instytutami z Wielkiej Brytanii.

Od listopada 2021 r. pracuje jako kierownik czteroosobowej grupy badawczej w Międzynarodowym Centrum Badań Innowacyjnych Biomateriałów (ICRI-BioM) w Łodzi gdzie prowadzi prace badawcze w dziedzinie polimerów i biomateriałów.

Całkowity dorobek naukowy dr V. Kumaravela jest znaczący zarówno w aspekcie ilościowym, jak też jakościowym. Opublikował 50 prac naukowych, oryginalnych i przeglądowych, w czasopismach z listy JCR o wysokim wskaźniku cytowania, w tym 46 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora. Jeden z artykułów przeglądowych na temat elektrolitów stałych do akumulatorów stabilnych w wysokiej temperaturze został opublikowany w *Advanced Energy Materials* (2021) o współczynniku wpływu 29. Inna praca dotycząca fotoelektrochemicznej konwersji CO₂

została opublikowana w *ACS Energy Letters* (2020) o współczynniku wpływu 23. V. Kumaravel jest również współautorem ośmiu rozdziałów w monografiach międzynarodowych (wydawnictwa Elsevier, Springer Chem, CRS Press) oraz jednej monografii, która ukazała się w roku 2021.

Sumaryczna liczba cytowań tych publikacji bez autocytowań wynosi ponad 2150, a wskaźnik H dla całości dorobku naukowego wynosi 27 (baza Scopus).

Habilitant uczestniczył w międzynarodowych konferencjach naukowych, na których wygłosił osiem wykładów na zaproszenie oraz jeden wykład plenarny.

Działalność dydaktyczna i popularyzatorska habilitanta jest bardzo obszerna obejmując prowadzeniem wykładów i zajęć praktycznych w Thiagarajar College w Indiach, na Wydziale Chemii, CPA College, Indie oraz w Sri Kaliswari College w Indiach. Tematyka wykładów dotyczyła chemii farmaceutycznej, chemii przemysłowej, analitycznej, środowiskowej, elektrochemii, nanochemii itp. Prowadził również kurs certyfikacyjny z zakresu bezpieczeństwa przemysłowego w ramach studiów licencjackich i podyplomowych. Był promotorem ponad 170 prac magisterskich realizowanych w m.in. C.P.A. College, Indie oraz Thiagarajar College, Indie, promotorem 30 prac licencjackich, 15 prac magisterskich oraz pięciu prac doktorskich, jako promotor lub promotor pomocniczy.

Jeżeli chodzi o działalność organizacyjną V. Kumavara to należy wspomnieć o jego udziale w Komitetach dwóch Międzynarodowej Konferencji na temat Zrównoważonej Energii-Wody-Środowiska Nexus dla Klimatu Pustyni, Ad-Dauha (Katar) oraz Konferencji ICSEEC 2021, Indie. Pełnił również szereg funkcji w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań Chilijskiej Narodowej Komisji Nauki i Technologii, Czeskiej Fundacji Nauki i Narodowym Centrum Nauki. Był kierownikiem dwóch niskobudżetowych projektów badawczych (w latach 2019-2022), oraz wykonawcą w czterech projektach między narodowych (w latach 2015-2022).

Jest członkiem Europejskie Towarzystwo Mikroskopii oraz Irlandzkiego Towarzystwa Katalizy.

Był recenzentem 52 artykułów zgłaszanych do różnych czasopism, min. *ACS Nano* i *ACS Applied Energy Materials*.

4. Podsumowanie

Dorobek naukowy dr. V. Kumaravela, obejmujący 50 prac naukowych oryginalnych i przeglądowych opublikowanych w czasopiśmie o wysokim wskaźniku cytowania, w tym 46 publikacji po uzyskaniu stopnia doktora, jest znaczący zarówno w aspekcie ilościowym, jak też jakościowym. Potwierdza to liczba cytowań tych publikacji wynosząca ponad 2150 oraz wskaźnik H dla całości dorobku naukowego wynoszący 27. Habilitant był również współautorem ośmiu rozdziałów w monografiach międzynarodowych oraz jednej monografii. Uczestniczył w międzynarodowych konferencjach naukowych, na których wygłosił wykłady na zaproszenie i wykład plenarny. Może się również wykazać adekwatnym dorobkiem dydaktycznym i organizacyjnym.

Tematyka dziesięciu prac przedstawionych jako osiągnięcie jest bardzo zróżnicowana, a elementy oryginalności naukowej oraz spójność tematyczną wykazują głównie prace H1-H3. Opracowano w nich metodę syntezy w procesach zol-żel nanocząstek ditlenku tytanu domieszkowanych w kontrolowany sposób metalami. Dokonano również pełnej charakterystyki fizykochemicznej materiałów potwierdzając stabilność fazy anatazu w szerokim zakresie temperatur oraz ich znaczącą aktywność fotokatalityczną w procesach produkcji wodoru. Wyniki pozostałych prac mogą mieć istotne znaczenie praktyczne.

Uwzględniając te fakty można stwierdzić, że osiągnięcia naukowe, dydaktyczne i organizacyjne V. Kumaravela spełniają wymogi Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym. W związku z tym wnioskuję o dopuszczeniu kandydata do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie **nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki chemiczne.**



Prof. dr hab. inż. Zbigniew Adamczyk