

Ocena dorobku naukowego dr Łukasza Wolskiego ze szczególnym uwzględnieniem osiągnięcia naukowego opisanego w cyklu prac stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego, którego tematem jest **„Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na  $Nb_2O_5$  i  $CeO_2$  w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła”**.

## 1. Podstawa formalna recenzji

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie decyzji Rady Doskonałości Naukowej o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym dr Łukasza Wolskiego. Postępowanie zostało wszczęte w dniu 14 lipca 2023 roku (Uchwała nr 126/2022/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Chemiczne UAM z dnia 14 lipca 2023r.)

Recenzję sporządzono na podstawie dostarczonej dokumentacji dotyczącej postępowania habilitacyjnego dr Łukasza Wolskiego oraz odpowiednich aktów prawnych, w szczególności Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym I nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.).

## 2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Pan dr Łukasz Wolski jest absolwentem Wydziału Chemii na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Stopień magistra chemii uzyskał w roku 2014. W latach 2014-2018 realizował pracę doktorską w ramach Interdyscyplinarnych i Międzynarodowych Studiów Doktoranckich w zakresie Biologii, Chemii i Fizyki Nanostruktur (Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu), uwieńczone obroną pracy doktorskiej w roku 2018 („Katalizatory zawierające Zn, Nb, Cu, Au dla procesów utleniania wybranych związków organicznych”). Od roku 2018 jest zatrudniony na stanowisku adiunkta na Wydziale Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Całościowy dorobek naukowy Habilitanta obejmuje 24 artykuły opublikowane w czasopismach z bazy JCR (z tego 6 przed uzyskaniem stopnia doktora). Sumaryczny IF = 133,867. Ponadto dorobek naukowy Habilitanta obejmuje 30 komunikatów zaprezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych (18 referatów ustnych i 12 prezentacji plakatowych).



### 3. Ocena osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego

Osiągnięciem naukowym stanowiącym podstawę o ubieganie się o stopień doktora habilitowanego jest cykl publikacji powiązanych tematycznie, zatytułowany: „**Wgląd w reaktywność heterogenicznych katalizatorów bazujących na Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i CeO<sub>2</sub> w procesach utleniania wybranych związków organicznych prowadzonych z użyciem tlenu, nadtlenu wodoru i/lub światła**”.

Cykl składa się z 9 artykułów opublikowanych w latach 2019 - 2022 o łącznej sumie punktów MNiSW – 1420 oraz sumarycznym IF = 82,369 (zgodnie z rokiem opublikowania).

Osiem artykułów to publikacje wieloautorskie a udział dr Wolskiego w ich powstaniu został określony na poziomie od 50 do 70%. Do dokumentacji dołączono wszystkie niezbędne oświadczenia współautorów wraz z określeniem rodzaju działań wykonanych podczas realizacji prac nad daną publikacją. Artykuły zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z dziedziny, takich jak: *Journal of Hazardous Materials*, *ACS Applied Materials & Interfaces* czy *Applied Catalysis B: Environmental*. W cyklu jest również jeden artykuł monoautorski opublikowany w *Catalysis Today*. We wszystkich artykułach Habilitant jest pierwszym autorem, co świadczy o Jego wiodącej roli w tych badaniach.

Przedstawiony do recenzji cykl publikacji obejmuje zagadnienia związane z zastosowaniem tlenków metali (a konkretnie Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> oraz CeO<sub>2</sub>) jako katalizatorów stosowanych w utlenianiu / degradacji wybranych związków organicznych. Głównym celem, który postawił sobie Habilitant było uzyskanie głębokiego wglądu w reaktywność katalizatorów bazujących na CeO<sub>2</sub> i Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w aktywowaniu wybranych utleniaczy poprzez tworzenie silnie utleniających indywiduów, a także zdefiniowanie roli powstających aktywnych form tlenu w utlenianiu/degradacji wybranych związków organicznych. W przeprowadzonych pracach szczególną uwagę poświęcono określeniu zależności pomiędzy składem i właściwościami powierzchniowymi katalizatorów a ich aktywnością katalityczną. Przedmiotem prac opisanych w cyklu publikacji było również zbadanie i wyjaśnienie mechanizmu procesów hybrydowych, będących połączeniem dwóch różnych metod utleniania, tj. procesu fotokatalitycznego z procesem utleniania z użyciem H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jako utleniacza.

W pracy [H1] Habilitant podjął badania nad wyjaśnieniem reaktywności Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w procesach całkowitego utleniania związków organicznych w obecności H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jako utleniacza a także dodatkowo w obecności promieniowania z zakresu UV. Jako modelowe zanieczyszczenie do badań Habilitant wybrał kationowy barwnik organiczny, Rodaminę B (RhB), co uważam za wyjątkowo niekorzystne w przypadku badań fotokatalitycznych. W związku z tym, że barwniki absorbują światło, to reakcja może być wywołana zarówno fotoabsorpcją światła przez barwnik (fotosensybilizacja) jak i fotoabsorpcją przez materiał półprzewodnikowy. Problem ten został dobrze naświetlony przez prof. Bunho Ohtani, jednego z uznanych badaczy w zakresie fotokatalizy, w artykule „*Preparing Articles on Photocatalysis—Beyond the Illusions, Misconceptions, and*



*Speculation*" (Ohtani B., Chem. Lett. 37 (2008) 216-230). W związku z tym nie zgadzam się również z mechanizmem przedstawionym na Schemacie 1 w publikacji H1. W mojej opinii brakuje tam udziału wzbudzenia barwnika organicznego, które na pewno ma miejsce przy naświetlaniu lampą rtęciową emitującą promieniowanie z zakresu UV-Vis. Co więcej pośrednio na udział tego mechanizmu wskazuje obecność wykrytych w układzie aniono-rodników tlenowych, które są potwierdzane w mechanizmie fotosensybilizacji półprzewodników barwnikami organicznymi.

W pracy [H2] Habilitant opisuje wpływ czynników determinujących aktywność oraz selektywność fotokatalizatorów mono- i bimetalicznych (tj. Au, Cu oraz AuCu) osadzonych na powierzchni  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  w reakcji fotoutleniania metanolu w fazie gazowej. Aktywność fotokatalityczna otrzymanego materiału (w postaci sprasowanych płytek) była badana z wykorzystaniem techniki *Operando*-IR-MS. Uzyskane wyniki wskazały, że aktywność otrzymanych materiałów w reakcji inicjowanej promieniowaniem UV silnie zależy od ilości miejsc kwasowych na powierzchni tlenku niobu(V). Wskazano, że osadzanie nanocząstek metali redukuje ilość miejsc kwasowych na powierzchni fotokatalizatora, stąd spadek jego aktywności w reakcji fotoutleniania metanolu. Odmienne właściwości zaobserwowano w przypadku naświetlania promieniowaniem z zakresu widzialnego. W tym przypadku obecność metali na powierzchni  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  powodowała wzrost aktywności tego fotokatalizatora w reakcji fotoutleniania metanolu. Te badania zostały wykonane we współpracy z grupą prof. Marco Daturi i dr. Mohamada El- Roz z *Universitède Caen* (Francja).

Podobny materiał, tj.  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  modyfikowany złotem oraz miedzią został wykorzystany również w reakcji katalitycznego utleniania glicerolu w fazie ciekłej (w temperaturze 60 i 90°C) i opisany w pracy [H3], która jest publikacją monoautorską. Badania obejmowały również ocenę wpływu czasu reakcji, temperatury reakcji oraz składu mieszaniny reakcyjnej (stosunek molowy NaOH:glicerol) na wydajność oraz selektywność reakcji utleniania. Badania wykazały, że głównym czynnikiem determinującym wydajność tej reakcji była wielkość nanocząstek złota, która zależała od metody nanoszenia złota. Habilitant wykazał, że grafting z użyciem 3-aminopropylotrimetoksylanu (APTMS) pozwala uzyskać dużo mniejsze i bardziej aktywne nanocząstki złota, niż metoda osadzania-redukcji. Wykazano jednak, że rozmiar cząstek złota nie ma istotnego wpływu na selektywność. Dla obu typów katalizatorów obserwowano wysoką selektywność utleniania glicerolu do kwasu glicerynowego. Należy podkreślić, że otrzymany przez Habilitanta najbardziej aktywny katalizator niobowy wykazywał znacznie wyższą wydajność otrzymywania kwasu glicerynowego niż komercyjny Au-TiO<sub>2</sub> AUROLite™, zawierający znacznie mniejsze cząstki złota o rozmiarze około 2-3 nm. Badania nad wpływem dodatku miedzi do katalizatorów złotych wykazały, że obecność tego metalu nieszlachetnego umożliwia uzyskanie znacznie mniejszego rozmiaru cząstek złota i znacznie większej aktywności w procesie utleniania glicerolu, jednakże te katalizatory wykazały się mniejszą selektywnością utleniania glicerolu do najbardziej pożądanego produktu, tj. kwasu glicerynowego.



W kolejnej pracy [H4], dr Wolski zajął się opracowaniem katalizatorów dla selektywnego przekształcania alkoholu benzyłowego w takie produkty jak benzaldehyd czy kwas benzoowy. W ramach tych badań Habilitant opracował metodę otrzymywania katalizatora złotowego osadzonego na  $\text{CeO}_2$ , w której kationy złota i ceru ulegają współstrąceniu a po obróbce termicznej (kalcynacji) otrzymanego materiału uzyskuje się nanokompozyt zawierający metaliczne nanocząstki złota osadzone na  $\text{CeO}_2$ .  $\text{CeO}_2$  został wybrany jako nośnik ze względu na jego unikalną zdolność do oddziaływania ze złotem. W swoich badaniach Habilitant zastosował trzy odczynniki strącające, tj. wodorotlenek sodu (jako reagent powodujący natychmiastowe wytrącanie kationów złota i ceru) a także urotropinę oraz mocznik (reagenty ulegające po wpływie wody powolnej hydrolizie z wytworzeniem amoniaku, który wytrącał kationy metali). Przeprowadzone badania wykazały, że najmniejsze nanocząstki złota (średni rozmiar około 12,5 nm) powstawały przy zastosowaniu NaOH. Wielkość formowanych nanocząstek złota otrzymywanych w reakcji redukcji chemicznej jest zależna od szybkości nukleacji. W przypadku silnych reduktorów, etap nukleacji jest szybki i w efekcie w układzie powstaje duża liczba zarodków co ostatecznie powoduje formowanie nanocząstek o mniejszych rozmiarach, więc wyniki otrzymane przez Habilitanta są również zgodne z tą teorią. Przeprowadzone testy aktywności otrzymanych materiałów w reakcji utlenianiu alkoholu benzyłowego pozwoliły wykazać, że różnice w wielkości cząstek złota miały znaczący wpływ na aktywność otrzymanych katalizatorów. Najaktywniejsze były cząstki złota otrzymane z użyciem NaOH jako odczynnika strącającego, a najmniejszą aktywność zaobserwowano dla katalizatora otrzymanego z użyciem mocznika, który zawierał zarówno małe, jak i bardzo duże aglomeraty złota.

Problem formowania reaktywnych form tlenu poprzez aktywację  $\text{H}_2\text{O}_2$  w obecności mieszanego tlenu niobu i ceru ( $\text{NbCeO}_x$ ) i zastosowanie tego procesu do degradacji barwnika (błękitu metylenowego, MB) został opisany w artykule [H5]. Dr Wolski opracował metodę syntezy, która z powodzeniem pozwoliła uzyskać mieszany katalizator  $\text{NbCeO}_x$ , a analiza właściwości fizykochemicznych pozwoliła wykazać, że materiał ten składa się z trzech osobnych faz,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  i  $\text{CeNbO}_4$ , przy czym dominującą fazą była ta ostatnia oraz, że mieszany katalizator  $\text{NbCeO}_x$  cechuje się szeregiem unikalnych właściwości, w tym znacznie zwiększoną ilością defektów w postaci jonów  $\text{Ce}^{3+}$  i  $\text{Nb}^{4+}$  w jego strukturze. Te unikalne właściwości  $\text{NbCeO}_x$  spowodowały, że wykazywał on znacznie większą aktywność w procesie odbarwiania błękitu metylenowego niż pojedyncze tlenki ( $\text{CeO}_2$  i  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ). Ważnym elementem tych badań były testy z użyciem różnego rodzaju wygaszaczy aktywnych form tlenu. Pozwoliły one jednoznacznie wskazać, że kluczowymi utleniającymi indywidualiami odpowiedzialnymi za degradację barwnika były anionorodniki ponadtlenkowe oraz tlen singletowy. Generowanie wyżej wymienionych aktywnych form tlenu zostało potwierdzone również poprzez badania EPR, które Habilitant wykonał we współpracy z prof. UJ dr hab. Piotrem Pietrzykiem (Wydział Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie). Badania dotyczące zarówno efektywności usuwania barwnika z roztworu jak i jego mineralizacji pozwoliły na zaproponowanie mechanizmu tej reakcji. Zgodnie z tym mechanizmem, w pierwszym etapie reakcji barwnik jest głównie adsorbowany na powierzchni katalizatora, a następnie zaadsorbowany barwnik jest utleniany/degradowany przez aktywne formy tlenu, powstające na powierzchni



katalizatora podczas aktywowania  $H_2O_2$ . W kolejnym etapie, zdegradowany barwnik (po utlenieniu grup funkcyjnych odpowiadających za jego efektywną adsorpcję) desorbuje z powierzchni katalizatora i dyfunduje do fazy ciekłej. Wykazano, zatem, że w początkowym etapie reakcji efektywność adsorpcji jest znacznie większa niż szybkość degradacji barwnika przez aktywne formy tlenu. Zaobserwowana zwiększoną aktywność  $NbCeO_x$  w procesach utleniania związków organicznych w obecności  $H_2O_2$  opisana w pracy [H5], była przyczynkiem do sprawdzenia aktywności opracowanych materiałów Nb-Ce jako fotokatalizatorów.

W pracy [H6] Habilitant wykazał, że zarówno  $Nb_2O_5$ , jak i  $CeO_2$  są aktywne fotokatalitycznie w reakcji utleniania metanolu. Podstawą realizacji tych badań było założenie, że połączenie tych tlenków, podobnie jak w przypadku reakcji z użyciem  $H_2O_2$ , umożliwi uzyskanie znacznie większej aktywności niż ta, obserwowana dla pojedynczych tlenków. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że w przypadku reakcji fotokatalitycznej naniesieniu 1% wag. Ce na powierzchnię  $Nb_2O_5$  powoduje znaczący spadek aktywności tego fotokatalizatora. Analiza składu powierzchni fotokatalizatora z wykorzystaniem techniki *operando* pozwoliła zaobserwować, że w przypadku próbki otrzymanej poprzez impregnację zwilżeniową prekursorem ceru i następującej po niej kalcynacji, metanol wciąż adsorbował się na powierzchni fotokatalizatorów, lecz nie był dalej przekształcany do mrówczanów. Pomiaru fotoluminescencji (wykonywane we współpracy z prof. Tomaszem Grzybem, Wydział Chemii UAM) pozwoliły wykazać, że dezaktywacja układów Ce/ $Nb_2O_5$  wynikała ze zwiększonej rekombinacji nośników ładunków w stosunku do pojedynczych tlenków. Wśród obszernej charakterystyki otrzymanych materiałów fotokatalitycznych opisanych w pracy [H6] są pomiary właściwości optycznych oraz wyznaczenie szerokości pasma wzbronionego dla komercyjnie dostępnych  $CeO_2$  i  $Nb_2O_5$  oraz otrzymanego materiału  $Ce_{10}/Nb_2O_5$  (Rys.8b w publikacji [H6]). W przypadku materiału hybrydowego/ kompozytowego wyznaczenie szerokości pasma wzbronionego dla takich układów jest błędne – zgodnie z wynikami analizy XRD opisanymi w tej publikacji otrzymany materiał to indywidua cerowe w formie amorficznej osadzone na powierzchni  $Nb_2O_5$  – w jaki sposób taka metoda syntezy może wpłynąć na szerokość przerwy wzbronionej tlenków?

Badania dotyczące zastosowania kompozytowych układów tlenkowych ( $ZnO$  oraz  $CeO_2$ ) w procesie fotokatalizy były kontynuowane w kolejnej pracy [H7]. Materiały kompozytowe zostały otrzymane poprzez współstrącanie obydwóch tlenków a analiza XRD potwierdziła obecność obydwu tlenków w otrzymanym materiale kompozytowym. Badania obejmowały wpływ składu materiału kompozytowego (stosunek  $ZnO:CeO_2$ ) na właściwości powierzchniowe oraz fotokatalityczne, oceniane w modelowej reakcji fotokatalitycznego utleniania cyprofloksacyny (CIP). W tej pracy Habilitant dowiódł, że w przeciwieństwie do układów  $Nb_2O_5/CeO_2$  [H6], połączenie  $CeO_2$  z  $ZnO$  przyczynia się do znacznego wzrostu aktywności tych materiałów w procesie degradacji CIP podczas naświetlania promieniowaniem z zakresu UV. Badania dowiodły, że materiał kompozytowy typu  $CeO_2/ZnO$  jest dwa razy bardziej aktywny niż  $ZnO$  oraz 10 razy bardziej aktywny niż niemodyfikowany  $CeO_2$ . Testy fotokatalityczne przeprowadzone w obecności wygaszaczy



pozwołyły wykazać, że degradacja antybiotyku następowała przede wszystkim w wyniku bezpośredniego utleniania za pomocą fotogenerowanych dziur a także za pomocą rodników hydroksylowych. Analiza LC-MS dla mieszanin poreakcyjnych pozwoliła obserwować także produkty degradacji pierścienia fluorochinolinowego, co dowiodło, że w obecności katalizatorów  $CeO_2/ZnO$  degradacja antybiotyku przebiega najprawdopodobniej dwiema równoległymi drogami. Pierwsza (dominująca), zachodziła z udziałem fotogenerowanych dziur i prowadziła do destrukcji pierścienia piperazynowego antybiotyku. Druga (mniej efektywna), odbywała się z udziałem zarówno dziur jak i rodników hydroksylowych i prowadziła do degradacji zarówno pierścienia fluorochinolinowego jak i piperazynowego [H7].

Badania dotyczące zastosowania tlenku niobu(V) do aktywacji  $H_2O_2$  były kontynuowane w pracy [H8] oraz [H9]. W związku z brakiem wcześniejszych doniesień na temat zastosowania tlenku niobu(V) modyfikowanego  $PO_4^{3-}$  w procesach utleniania z wykorzystaniem  $H_2O_2$ , Habilitant opracował metodę syntezy  $Nb_2O_5$  modyfikowanego różną ilością fosforu aż do momentu uzyskania  $NbOPO_4$  [H8]. Obszerna charakterystyka otrzymanych materiałów pozwoliła wykazać, że zawierające one fosfor wbudowany do struktury  $Nb_2O_5$  a także okazały się efektywne w adsorpcji błękitu metylenowego (MB) w szerokim zakresie pH. Poza zwiększoną efektywnością w procesie adsorpcji MB, modyfikowany tlenek niobu(V) wykazywał również wyższą reaktywność w procesie degradacji barwnika niż niemodyfikowany  $Nb_2O_5$ . W silnie kwaśnych warunkach (pH ~ 2.5) efektywność odbarwiania MB obserwowana dla modyfikowanego  $Nb_2O_5$  (próbki opisanej jako Nb/P-5/1) była około 6 razy większa niż dla wyjściowego  $Nb_2O_5$ . Wykonane testy z wygaszaczami aktywnych form tlenu wykazały, że kluczową aktywną formą tlenu odpowiedzialną za efektywne odbarwienie MB był tlen singletowy.

W pracy [H9] Habilitant kontynuował badania nad zrozumieniem reaktywności  $Nb_2O_5$  w procesach usuwania zanieczyszczeń w postaci związków organicznych z wody w obecności  $H_2O_2$ , wybierając jako katalizator komercyjny  $Nb_2O_5$  CBMM (amorficzny  $Nb_2O_5 \cdot nH_2O$  firmy Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração z Brazylii). Głównym celem tych badań było wyjaśnienie roli aktywnych form tlenu, formowanych podczas aktywacji nadtlenu wodoru na  $Nb_2O_5$  podczas usuwania cyprofloksacyny. Przeprowadzone badania wykazały, że cyprofloksacyna nie jest utleniana w tych warunkach (stwierdzono brak produktów degradacji nawet po długim czasie reakcji), a znaczący ubytek CIP w krótkim czasie reakcji wynikał przede wszystkim z adsorpcji tego zanieczyszczenia na powierzchni  $Nb_2O_5$ . Pomiar potencjału Zeta wykazały, że znacznie większa efektywność adsorpcji CIP na  $Nb_2O_5$  w obecności  $H_2O_2$  wynikała ze zmiany ładunku powierzchniowego tego tlenku podczas jego oddziaływania z  $H_2O_2$ . W tej pracy wykazano również, że cyprofloksacyna zaadsorbowana na powierzchni  $Nb_2O_5$  może być efektywnie degradowana i desorbowana z powierzchni tlenku poprzez naświetlanie mieszaniny reakcyjnej promieniowaniem z zakresu UV, które powoduje degradację pierścienia piperazynowego antybiotyku.

Podsumowując, w przedstawionym ciągu publikacji Habilitant przedstawił wyniki badań, których interpretacja pozwoliła na osiągnięcie postawionych celów. Pomimo kilku wskazanych powyżej mankamentów oceniam



osiągnięcie naukowe pozytywnie. Należy też podkreślić aktualność wybranej tematyki badawczej, w aspekcie jej walorów poznawczych a także praktycznych. Jako wkład Kandydata w rozwój dyscypliny naukowej Nauki Chemiczne można wskazać następujące osiągnięcia:

- Otrzymanie nowych materiałów na bazie tlenków niobu oraz ceru stosowanych do usuwania zanieczyszczeń;
- Określenie skuteczności otrzymanych materiałów pod kątem usuwania modelowych zanieczyszczeń w fazie ciekłej oraz gazowej;
- Identyfikację aktywnych form tlenu generowanych na powierzchni tych materiałów oraz opis mechanizmu degradacji zanieczyszczeń w badanych układach.

#### **4. Ocena aktywności naukowej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej**

Kandydat odbył dwa staże zagraniczne podczas realizacji pracy doktorskiej, tj. 4-miesięczny staż na *University of Massachusetts-Lowell* (USA) oraz 3-miesięczny staż na *University de Caen* we Francji, w *Laboratory of Catalysis and Spectrochemistry* (LCS) pod opieką prof. Marco Daturi i dr. Mohamada El-Roz. Dwa kolejne 2-miesięczne pobyty w grupie badawczej prof. Daturi i dr. El-Roz miały miejsce już po uzyskaniu stopnia doktora przez Pana Łukasza Wolskiego. Podczas pierwszego ze staży (rok 2021) Habilitant wykorzystywał technikę *operando*-IR-MS do wyjaśnienia przyczyn dezaktywacji otrzymanych kompozytów  $\text{Nb}_2\text{O}_5/\text{CeO}_2$  w procesie fotokatalitycznego utleniania metanolu w fazie gazowej (publikacja [H6]). Drugi ze staży został zrealizowany w roku 2022 i dotyczył zastosowania techniki *operando*-IR-MS do zbadania mechanizmu fotokatalitycznej transformacji metanolu na powierzchni katalizatora  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ .

Habilitant podjął również współpracę z dr. Aayush Gupta z *Thapar Institute of Engineering and Technology* (Indie). Efektem współpracy jest artykuł dotyczący zastosowania fotokatalizatora typu  $\text{CeO}_2/\text{Mn-ZnS}$  do fotokatalitycznego usuwania Rodaminy B (opublikowany w *Solar Energy* w roku 2021). Kandydat rozwija również współpracę z ośrodkami krajowymi, m.in. z od kilku lat rozwija współpracę z grupą badawczą dr hab. Piotra Pietrzyka z Wydziału Chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie – owocem tej współpracy są trzy publikacje ujęte w osiągnięciu habilitacyjnym ([H5,H8,H9]).

#### **5. Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego oraz popularyzatorskiego**

Dr Łukasz Wolski jest aktywnym nauczycielem akademickim. Od zatrudnienia na Wydziale Chemii UAM prowadził zajęcia w ramach takich przedmiotów jak: Podstawy technologii chemicznej, Techniki przygotowania próbki, Podstawy chemii analitycznej, Analityka chemiczna i badanie żywności, Chemiczne i biologiczne



podstawy życia, Kataliza w procesach przemysłowych i ochronie środowiska, Materiały biologicznie czynne i ich analiza oraz Technologia oczyszczania gazów. Był również opiekunem/ opiekunem pomocniczym w 6 pracach licencjackich/ inżynierskich/ magisterskich. Działalność dydaktyczna obejmowała także prowadzenie zajęć dla studentów zagranicznych w języku angielskim (Erasmus i AMU-PIE) (*Food analytical chemistry*, *Environmental analytical chemistry*, a także *Analytical chemistry*) oraz zajęcia prowadzonych dla uczniów klas akademickich. Jest także współautorem skryptu do zajęć laboratoryjnych z „Katalizy w procesach przemysłowych i ochronie środowiska” oraz dwóch wykładów dla doktorantów dotyczących zastosowania technik XPS i *operando* do badania ciał stałych (wykłady prowadzone przez prof. Marię Ziótek na platformie Moodle UAM).

W latach 2017-2022 pełnił rolę kierownika w dwóch projektach badawczych (PRELUDIUM oraz SONATINA). Od marca 2023 jest członkiem „Editorial Board” w nowym czasopiśmie naukowym „*Frontiers in Environmental Engineering*”. Był również edytorem gościnnym w wydaniu specjalnym w czasopiśmie „*Catalysts*” (“From Design to Application of Nanomaterials in Catalysis”; październik 2022).

W ramach popularyzowania nauki przygotował wykład na platformie YouTube w ramach Akademii Zrównoważonego Rozwoju UAM, który dotyczył przedstawienia i opisanie działań zmierzających do zapewnienia wszystkim ludziom dostępu do czystej i bezpiecznej wody pitnej (tytuł wykładu: Czy barwna woda to nasza kolorowa przyszłość?).

## 6. Podsumowanie oraz wniosek końcowy

W podsumowaniu mojej opinii, oceniając całościowo dorobek Kandydata stwierdzam, że Jego osiągnięcia naukowe czynią zadość wymaganiom określonym w art. 219. Ust 1 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r. poz. 1668 ze zm) jak również wymaganiom określonym w art. 16 ust. 1 i 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Adriana Zaleska - Medmon