

Białystok, 27.06.2022

dr hab. Janina PIEKUTIN prof. PB.  
Politechnika Białostocka  
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
15-351 Białystok, ul. Wiejska 45E

**Ocena osiągnięcia naukowego oraz dorobku naukowego  
dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Stanisława Waclawka  
w związku z postępowaniem w sprawie o nadanie stopnia doktora  
habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria  
środowiska, górnictwo i energetyka**

**Podstawa formalna wykonania recenzji:**

Podstawą formalną wykonania recenzji jest pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej Pana Prof. dr. hab. Andrzeja Rusina z dnia 18 maja 2022 r. informujące, że w dniu 28 kwietnia 2022 podjęto uchwałę nr 43/2022 w sprawie powołania komisji habilitacyjnej działającego z upoważnienia Rady Doskonałości Naukowej z 28 marca 2022 r. (pismo Z2.4000.192.20121.6.IB)

**Przesłana dokumentacja dotycząca dorobku Habilitanta**

Przy opracowaniu niniejszej recenzji wykorzystałam dostarczone mi materiały w formie dokumentacji papierowej i elektronicznej, dotyczące całokształtu dorobku Pana dr inż. Stanisława Waclawka, a mianowicie:

- Wniosek Habilitanta do Rady Doskonałości Naukowej z dnia 13 grudnia 2021 r.,
- Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk technicznych w języku czeskim (Załącznik nr 1),
- Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk technicznych - tłumaczenie poświadczone z języka czeskiego przez tłumacza przysięgłego Teresę Rosikiewicz (Załącznik nr 1.1),
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku polskim (Załącznik nr 2),
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku angielskim (Załącznik nr 2),
- Monografia (Załącznik 3),
- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w języku polskim (Załącznik nr 4),

- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka w języku angielskim (Załącznik nr 4),
- Dane wnioskodawcy (Załącznik nr 5),

### Informacje ogólne o Kandydacie

Dr inż. Stanisław Waclawek w 2012 r. ukończył studia magisterskie na kierunku Inżynieria Środowiska o specjalności Inżynieria Środowiska w przemyśle na Wydziale Nauk o Materiałach i Środowisku Akademii Techniczno-Humanistycznej w Białymstoku, broniąc pracę dyplomową pt. „*Wpływ dawki zakwaszonego osadu ściekowego na efektywność procesu fermentacji*”, uzyskując tytuł magistra inżyniera, której promotorem był dr inż. Klaudiusz Grübel. W 2017 r. obronił pracę doktorską, zatytułowaną „*Use of persulfates for degradation of organic pollutants*” na kierunku: Nauki stosowane w inżynierii, kod P3901 na Wydziale Mechatroniki, Informatyki i Studiów Interdyscyplinarnych w Uniwersytecie Technicznym w Libercu Czechy. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Miroslav Černík. Habilitant w latach 2013-2017 pracował na stanowisku młodszego pracownika naukowego w Instytucie Nanomateriałów, Zaawansowanych Technologii, Uniwersytet Techniczny w Libercu (TUL) Czechy, a od 2017 pracuje jako starszy pracownik naukowy. Od 2021r. pracuje w tym instytucie również jako Kierownik Laboratorium Środowiskowej Katalizy od 2022 roku jest także pracownikiem firmy H2O nanotec zatrudniony na stanowisku chemika badawczo rozwojowego.

### 1. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Stanisław Waclawek, jako osiągnięcie naukowe, stanowiące podstawę wniosku habilitacyjnego zgodnie z artykułem 219 ust. 1 pkt. 2 lit. b obowiązującej ustawy z 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.), przedstawił monografię naukową pt. „*Zaawansowane techniki utleniania na bazie rodnika siarczanowego w oczyszczaniu wód*” wydaną w 2020 przez Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ISBN:978-83-7880-741-4. Recenzenci wydawniczy: prof. dr hab. inż. Władysław Kamiński i prof. dr hab. inż. Daniela Szaniawska

Opis osiągnięcia naukowego został przedstawiony w załączniku nr 2 - Autoreferacie. Habilitant przedstawia w nim cel naukowy, osiągnięte wyniki i użyteczne możliwości zaprezentowanych rozwiązań.

Habilitant swoje zainteresowania naukowe ukierunkował na możliwości zastosowania zaawansowanych technik utleniania na bazie rodnika siarczanowego w oczyszczaniu wód. Idea podjętych badań wynika wprost z zagadnienia naukowego będącego przedmiotem rozprawy doktorskiej dr inż. Stanisława Waclawka. Wnikliwa analiza uzyskanych rezultatów na tym etapie rozwoju naukowego doprowadziły Habilitanta do sprecyzowania celu badawczego, w którym przyjęta metodyka badań została w znaczny sposób poszerzona i udoskonalona. W ogólności, idea zastosowania utleniania na bazie rodnika siarczanowego w oczyszczaniu wód została poddana transformacji z zagadnień o podstawowych wiadomościach dotyczących tych rodników do oceny jonów nadtlenodisiarczanowych i nadtlenomonosiarczanowych (VI)

(PDS i PMS) w procesie pogłębionego utleniania, oceny powstawania RFT, katalizowaniu reakcji, badaniu mechanizmu reakcji i możliwości usuwania trwałych zanieczyszczeń organicznych oraz powstawania produktów ubocznych. Dodatkowo opisano kinetykę i energię aktywacji SR- AOP, a także opisano toksyczność matrycy po zastosowaniu zaawansowanych technik utleniania na bazie rodnika siarczanowego.

Monografia liczy 139 stron i składa się z dziewięciu ponumerowanych rozdziałów oraz cztery, które nie posiadają numeracji (Wykaz oznaczeń, skrótów i symboli, Podsumowanie, Bibliografia, Streszczenie). Układ monografii, nietypowy dla tego typu prac nie jest jasno wydzielona część teoretyczna i część badawcza. Monografia ma cechy przewodnika do przedstawionych artykułów w autoreferacie. Praca ta pod względem edycyjnym została przygotowana starannie i prezentuje nowatorskie podejście do zagadnienia związanego z wykorzystaniem rodnika siarczanowego. **Tematyka monografii mieści się w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka i dotyczy ważnego i aktualnego problemu oczyszczania wód ze związków organicznych.** Obszerna bibliografia ukazuje wielostronność opisu, niebywałą wręcz erudycję Autora, co należy stwierdzić z uznaniem.

Oceniana monografia stanowi w zamyśle Habilitanta systematyczne podejście do interesującego, a zarazem złożonego i trudnego w opisie problemu, jakim jest opracowanie nowej generacji techniki utleniania TZO w wodzie za pomocą rodnika siarczanowego, mechanizmu reakcji rodników siarczanowych z TZO oraz zmiany toksyczności podczas utleniania (rodnika siarczanowego) rodnik siarczanowy – zaawansowane procesy utleniania (SR-AOP). Dyskusja ta jest fascynująca, a opracowania w tym zakresie cenne, również z uwagi na wymiar aplikacyjny, tj. uwzględnienie wyzwań i możliwości zastosowania do usuwania zanieczyszczeń organicznych.

Pierwszy rozdział monografii został poświęcony uzasadnieniu wyboru tematyki badawczej wynikającej z niskiego stopnia usuwania z wody silnie działających toksycznych mikrozanieczyszczeń i TZO typu perfluorowane związki alkilowe. Nieskuteczność działania z wykorzystaniem powszechnych procesów utleniania do usuwania tych zanieczyszczeń skłoniło Habilitanta do poszukiwania innych alternatywnych metod ich degradacji i zaproponowania Nowoczesnych Procesów Utleniania (NPU, *ang.* AOP – Advanced Oxidation Processes) opierających się na reakcjach z udziałem rodnika siarczanowego ( $\text{SO}_4^{\bullet-}$ ). W tym celu zastosowano rodnikowe aniony siarczanowe ( $\text{SO}_4^{\bullet-}$ ), których potencjał redukcyjny wynosi 2,5-3,1V (silne utleniacze).

Cele zostały określone szeroko –z autoreferatu paragraf 4 i można wnioskować, że Autor stawia sobie ich cztery.

Cele naukowe przedstawionych badań i uzyskanych wyników w monografii:

- a) analiza podstawowych własności nadtlenosiarczanów (PS) (tj. anionów nadtlendiosiarczanowych (VI) (PDS) oraz nadtlenomonoiosiarczanowych (VI) (PMS)) z uwzględnieniem reaktywnych form tlenu (RFT, głównie rodników siarczanowych), które mogą być z nich generowane,
- b) omówienie mechanizmu reakcji nadtlenosiarczanów z modelowym zanieczyszczeniem,
- c) określenie wpływu efektów matrycowych (takich jak: rozpuszczona materia organiczna, aniony, itd.) na reakcje zanieczyszczeń z rodnikami siarczanowymi

- (i innymi RFT) oraz na formowanie się toksycznych produktów ubocznych podczas oczyszczania wód za pomocą rodników siarczanowych
- d) ocena różnych metod aktywacji nadtlenu siarczanów na efektywność usuwania trwałych zanieczyszczeń oraz ocena różnych alternatywnych metod badania mechanizmu i szybkości reakcji (rodnik + zanieczyszczenie), na przykład za pomocą chemii obliczeniowej.

Realizacja tych celów została rozproszona na 7 bardzo różnorodnych pod względem tematycznym rozdziałów. W monografii Autor nie wskazuje wyraźnego sformułowania tezy i zakresu pracy, co oczywiście nie jest warunkiem koniecznym. W tym jednak ujęciu uważam, że bardziej czytelnym i przejrzystym byłoby pokuszenie się o ustalenie tezy naukowej rozprawy habilitacyjnej oraz nakreślenie czytelnej ścieżki sposobu jej udowodnienia poprzez usystematyzowany opis zakresu realizacji poszczególnych kroków postępowania.

W monografii rozdział drugi i trzeci zostały poświęcone omówieniu własności prekursorów rodników siarczanowych oraz procesu utleniania (ang. Advanced Oxidation Processes; AOP) obejmujący szereg podobnych, ale nie identycznych technologii opartych na wytwarzaniu bardzo reaktywnych indywiduów, takich jak reaktywne formy tlenu (ang. Reactive Oxygen Species; RFT; np. rodniki hydroksylowe, anionorodniki ponadtlenkowe). Na podstawie danych literaturowych i własnych Autor zauważa, że jednymi z najintensywniej badanych AOP/SR-AOP są procesy utleniania oparte na bardzo reaktywnych rodnikach siarczanowych (reakcje utleniania z wykorzystaniem nadtlenu disiarczanów i nadtlenu monosiarczanów). Ogólne wskaźniki degradacji zanieczyszczeń zależą od złożonej kombinacji prolongacji łańcucha rodników siarczanowych i reakcji kończących. Sam anion nadsiarczanowy będzie również reagował z niektórymi substancjami organicznymi, ale stopień ich usunięcia będzie mniejszy niż uzyskany w obecności rodników siarczanowych z powodu niższego potencjału utleniającego anionu nadsiarczanowego ( $E^\circ = 2,01 \text{ V}$ ). Habilitant zaobserwował, że selektywność rodnika siarczanowego polega na tym, że reaguje on głównie z substancjami poprzez mechanizm odebrania im pojedynczego elektronu (z ang. *single electron transfer*), co wydaje się być główną różnicą pomiędzy nim, a rodnikiem hydroksylowym. Przeniesienie pojedynczego elektronu powoduje, że reakcja znacznie przyspiesza i zmienia się kinetyka tego procesu. Do przeprowadzonych badań analitycznych dołączył również techniki obserwacji regioselektywności oraz obliczania szybkości reakcji za pomocą obliczeń chemii kwantowej jednak tu należy zaznaczyć, że metoda kwantowa jest skuteczna jedynie w układach czystych.

Ważnymi zaletami AOP/SR-AOP są opisane katalizatory heterogeniczne i homogeniczne przyjaznych środowisku utleniaczy do generowania silnie utleniających indywiduów. Mechanizm działania wielu katalizatorów nie został dotychczas do końca wyjaśniony, zaś katalizatory do poszczególnych reakcji chemicznych dobiera się często w sposób eksperymentalny i odgrywa bardzo ważną rolę w chemii. Mogą być one wytwarzane w różny sposób, na przykład poprzez fotolizę UV i redukcję perokso disiarczanu ( $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ) lub perokso monosiarczanu ( $\text{HSO}_5^-$ ), metalami przejściowymi, minerałami syntetycznymi i naturalnymi jak również powstają w wyniku działania węgla  $\text{sp}^2$ . W tej części pracy Habilitant opisał metody oznaczania nadtlenu siarczanów za pomocą detekcji nadsiarczanów i spektrofotometryczne. Dr inż. Stanisław Waclawek wykazuje, że aktywacje jednorodne

AOP/SR-AOP są najbardziej skuteczne przy kwaśnym pH, zaś heterogeniczne lepiej działają przy szerokim spektrum pH. Pomimo, że heterogeniczna aktywacja AOP/SR-AOP wykazuje wiele korzyści w porównaniu z homogenicznymi metodami, często skomplikowany proces syntezy oraz koszt katalizatorów staje się nieopłacalny.

Innym opisanym osiągnięciem przedstawionym w monografii jest reakcja matrycowa rodnika siarczanowego z różnymi składnikami matrycy wody, takimi jak anion chlorkowy lub rozpuszczone związki organiczne. Reakcje te mogą prowadzić do powstawania nowych RFT i tlenu singletowego który jest bardziej elektrofilowy i posiada lepsze właściwości utleniające od tlenu w stanie podstawowym. Zwiększa to efektywność procesu określany na podstawie wydajności kwantowej.

Na podstawie, zbioru literaturowego oraz własnego dotychczasowego dorobku i wyznaczonych celów Habilitant przechodzi w rozprawie do opisu reakcji pomiędzy rodnikami wytwarzanymi z nadtenosiarczanów i zanieczyszczeniami (rozdział 5). W rozdziale tym przedstawiono uzyskane wyniki utleniania chlorowanych olefin, mikrozanieczyszczeń, trwałych zanieczyszczeń organicznych, jonów nieorganicznych, a także oczyszczania ścieków i odwadniania osadów ściekowych. Habilitant udowodnił, że liczne wyniki badań własnych oraz innych naukowców wykazały wysoką skuteczność usuwania tych zanieczyszczeń. Efektywność procesu utleniania zależy od czynnika aktywującego nadtenosiarczanów i stężenia badanych zanieczyszczeń np.: utlenienie kwasu perfluorooktanowego za pomocą  $\text{SO}_4^{\bullet-}$  jest możliwe przy niskich stężeniach tego kwasu.

W dalszej części monografii (rozdział szósty i siódmy) zwrócono uwagę na reakcje jakie zachodzą podczas oczyszczania wody i ścieków z różnymi składnikami matrycowymi w tych mediach. Skupiono się na kilku jonach: chlorkowym, bromkowym, kwasu humusowego i na anionach węglanowych oraz wodorowęglanowych. Wykazano, że degradacja zanieczyszczeń zależy od szybkości zmiatania rodników przez substancje tworzące matrycę wodną i kinetyki reakcji rodników z zanieczyszczeniem. Pozwala to obliczyć pozorną szybkość degradacji w danej próbce wody. Bardzo istotne jest, aby podczas utleniania zanieczyszczeń ocenić powstające produkty uboczne, które mogą się pojawić w wyniku tej reakcji czy też reakcji produktów ubocznych ze sobą tworząc jeszcze bardziej toksyczne związki.

Habilitant jasno określa możliwości badania toksyczności produktów ubocznych, które najczęściej wykazują zmniejszoną toksyczność po procesie AOP i SR-AOP. Przedstawia również inne badania utleniania np. UV/Cl, UV/TiO<sub>2</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, w których zauważono zmniejszenie toksyczności, ale zaobserwował też nowo powstające substancje w procesie UV/nadtlenosiarczany. Nie mniej ze względu na ich mutagenne, cytotoksyczne działanie i mimo, że występują w niewielkich stężeniach należy ciągle monitorować ich stężenia, toksyczność i identyfikować nowe związki.

W dalszej części monografii (rozdział ósmy i dziewiąty) Habilitant zwraca uwagę na ekonomiczność procesu. Przy tego rodzaju procesach oczyszczania wody czy ścieków i przy odpowiednim doborze procesu AOP/SR-AOP oraz warunków jego przeprowadzenia, możliwa jest istotna zmiana charakterystyki związków chemicznych. Zawartych początkowo w wodzie czy ściekach surowych, polegająca na ich rozpadzie na prostsze związki, oraz spadek pierwotnej toksyczności. Etap chemiczny może więc być traktowany jako proces wstępnego oczyszczania. Jeśli okaże się wystarczająco skuteczny, dalsze oczyszczanie można przeprowadzić innymi metodami, znacznie tańszymi od fizykochemicznych. Skala oraz zakres

praktycznych zastosowań procesów pogłębionego utleniania w oczyszczaniu wody i ścieków są uzależnione od konieczności ochrony środowiska (eliminacja toksycznych zanieczyszczeń) oraz w znacznym stopniu – od względów ekonomicznych. Habilitant przedstawia możliwości zmniejszenia kosztów oczyszczania poprzez inne tańsze metody generowania utleniaczy, zwraca też uwagę że w przypadku UV/PDS metoda jest tańsza od tradycyjnego utleniania UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ze względu na szybszy proces rozpadu niektórych zanieczyszczeń organicznych.

Przedstawione metody utleniania za pomocą rodnika siarczanowego wymagają dodatkowych badań, aby można je było aplikować do oczyszczania wody i ścieków, chociażby ze względu na aktywację czy też silną zależność od pH, nie mniej **badania są nowatorskie i mają duży potencjał do zastosowania, a szczególnie w miejscach mocno zanieczyszczonych**. Zastosowanie procesów AOP do degradacji toksycznych zanieczyszczeń z wody i ścieków można zaobserwować od momentu, gdy okazało się, że proste ozonowanie wody, które również można zaliczyć do procesów AOP, wykazuje ograniczoną skuteczność degradacji (utleniania) bardziej złożonych związków, takich jak: pestycydy, WWA, detergenty, barwniki, farmaceutyki itp.

Całość dzieła monograficznego Habilitant kończy podsumowaniem na 2 stronach maszynopisu. Znajduje się tu skondensowane „résumé” zawierające zestawienie najważniejszych konkluzji wynikających z przeprowadzonych badań, analiz teoretycznych oraz możliwości wykorzystania uzyskanych wyników. W podsumowaniu Habilitant udowodnił celowość podjętego tematu i wykazał się analitycznym podejściem do trudnego z punktu widzenia prac w tym obszarze tematu w zakresie opracowania metodyki utleniania na bazie rodnika siarczanowego, detekcji rodnika, a także właściwego postępowania przy ocenie doboru metodyki utleniania pod kątem produktów ubocznych

Podsumowując ocenę osiągnięcia naukowego pt. **„Zaawansowane techniki utleniania na bazie rodnika siarczanowego w oczyszczaniu wód”** mogę stwierdzić, że dr inż. Stanisław Waclawek wykazał się wiedzą z zakresu tematyki objętej rozprawą, umiejętnością planowania i prowadzenia badań naukowych w obszarze analizy rodnika siarczanowego: metody oznaczania, mechanizmu katalitycznego aktywowania i utlenienia zanieczyszczeń organicznych, oceny reakcji RFT generowanych w SR-AOP, oraz efekt matrycowy i oceny toksyczności produktów ubocznych utleniania. Zagadnienia te mają duże znaczenie użytkowe. Wyniki Jego badań stanowią w tym ujęciu wartościowe rozszerzenie wiedzy z tego tematu.

W monografii brak jest wyraźnego rozgraniczenia własnych osiągnięć Habilitanta w przypadku powoływania się na publikacje współautorskie. Zdecydowana większość treści monografii została opublikowana już wcześniej. Trzeba w tym miejscu przyznać, że Habilitant nie ukrywa faktu wykorzystania swoich wcześniejszych publikacji, zamieszczając w monografii wielokrotnie stosowne odsyłacze (własnych publikacji Autora naliczyłam 45 w bibliografii).

Uważam, że monografia dr inż. Stanisława Waclawka pomimo przedstawionych uwag stanowi wkład w rozwój nauk technicznych w dyscyplinie „Inżynieria Środowiska”, a osiągnięcie spełnia warunki określone w ustawie.

## 2. Ocena aktywności naukowej, osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych

### 2.1 Działalność naukowa

Główny nurt zainteresowań naukowych dr inż. Stanisława Waclawka obejmuje zagadnienia związane z badaniami na temat nadtlenosiarczanów i reakcji rodnikowych w układach z nadtlenosiarczanami. Aktywność naukowa, formułowanie problemów badawczych i sposoby ich rozwiązywania są typowe dla inżynierii środowiska.

Analiza dorobku naukowego dr inż. Stanisława Waclawka skłania do stwierdzenia, że jest dobrym eksperymentatorem, realizującym zaplanowane doświadczenia z wykorzystaniem oryginalnych zestawów chemicznych, a otrzymane wyniki są potwierdzane technikami chemii analitycznej obliczeniowej. Początkowo badania dr inż. Stanisława Waclawka dotyczyły utleniania trwałych zanieczyszczeń organicznych za pomocą różnych utleniaczy. Ta tematyka była podstawą pracy doktorskiej. Po uzyskaniu stopnia doktora dr inż. Stanisław Waclawek kontynuował prace dotyczącą technik oksydacyjno-redukcyjnych w celu usuwania trwałych zanieczyszczeń oraz syntezy i monitoringu nanomateriałów. Doświadczenie Habilitanta w tym temacie wpłynęło na powołanie go do koordynowania pakietu roboczego w INTERREGU. Jednak najważniejszą część stanowią badania związane z tematem nadtlenosiarczanów i reakcji rodnikowych w układach z nadtlenosiarczanami. Prowadzone badania pozwoliły Habilitantowi na określenie wpływu wybranych czynników w układach SR-AOP w matrycach wodnych, glebowych i ściekowych, a także w odciekach ze składowisk odpadów. Habilitant na podstawie badań potwierdził strukturę produktu utlenienia i mechanizm jego powstawania wykorzystując do tego techniki chemii obliczeniowej. Badania te przyczyniły się do opracowania detekcji jonów nadtlenosiarczanowych (VI) (PDS-u) i zgłoszenia ich jako patentu w czeskim urzędzie patentowym. Metoda ta w odróżnieniu od tradycyjnie używanych metod detekcji, polega na generowaniu produktu utlenienia, specyficznego dla reakcji substratu z nadtlenodisiarczanem. Ponadto prowadził badania związane z metodami aktywacji PS m.in. kobaltem i żelazem w niskim i wysokim stopniu utlenienia.

Kolejny obszar zainteresowań naukowych dr inż. Stanisława Waclawka widoczny w publikacjach po roku 2019, dotyczy badań związanych ze zjawiskiem interakcji katalizator + jony nadtlenosiarczanowe (VI) (PDS). Habilitant brał udział w badaniach związanych z różnymi procesami oczyszczania ścieków tekstylnych poprzez aktywację PDS fotokatalitycznie (UV/peroksydisiarczan i UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Zastosowano różne warunki, pH i stężenie PDS uzyskując wyższy efekt odbarwienia, niż w przypadku samych rodników hydroksylowych. Kinetyka reakcji była charakterystyczna dla modelu pseudo-pierwszego rzędu. Zaproponowano również główny szlak reakcji w oparciu o analizę chemiczną kwantową. Oprócz tematyki badawczej związanej z SR-AOP, Habilitant prowadził badania nad poszukiwaniem innych skutecznych metod oczyszczania wody, badania związane z materiałoznawstwem, chemią środowiska i analityczną. Główny kierunek dotyczy jednak utleniania zanieczyszczeń w wodzie na bazie rodnika siarczanowego (PDS i PMS) jonów nadtlenodisiarczanowych i nadtlenomonosiarczanowych(VI), ocena wolnych rodników i badanie mechanizmu reakcji pod kątem efektywności oczyszczania. Reakcje rodnikowe są znacznie szybsze oraz skuteczniejsze przy utlenianiu trudnych do zdegradowania

zanieczyszczeń. PDS rozpada się na rodniki siarczanowe, natomiast PMS może również rozkładać się na rodnik siarczanowy i rodnik hydroksylowy. Utlenianie za pomocą PDS i PMS jest oparte głównie na tworzeniu wysoce reaktywnych form tlenu (RFT). Większość wyników prowadzonych prac, została przedstawiona w monografii habilitacyjnej.

W mojej ocenie, dorobek wydawniczy Habilitanta po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2017 r.) jest imponujący pod względem zarówno liczby prac, jak i miejsca ich publikacji, a także szerokiej międzynarodowej współpracy naukowej. Ponadto uległ znacznemu powiększeniu pod względem ilościowym, ale przede wszystkim pod względem jakościowym. Prawie wszystkie publikacje są współautorskie, co jest typowe dla tak obszernych prac badawczych. W momencie składania wniosku obejmował on w sumie **90** pozycji, z czego **23** opublikowanych przed doktoratem (udział: **26 %**). W ocenianym dorobku **2** publikacje to pozycje autorskie, w 18 publikacjach jest pierwszym autorem z czego **8** przed doktoratem co stanowi **44 %** udziału, zaś **10** pozycji ukazało się po doktoracie. W mojej ocenie przytoczone dane świadczą zarówno o umiejętności samodzielnego prowadzenia prac naukowo-badawczych przez Kandydata, jak również pracy, często w wieloosobowym zespole badawczych, często pod **Jego kierunkiem**.

W dorobku publikacyjnym przed doktoratem znajduje się **16** artykułów zamieszczonych w czasopismach naukowych posiadających współczynnik IF, **4** referaty pokonferencyjne, **2** rozdziały w monografiach naukowych i **3** artykuły naukowe opublikowanych w czasopismach bez IF. Z pośród **67** pozycji opublikowanych po doktoracie, **53** stanowią artykuły naukowe posiadające współczynnik IF, **5** artykułów zostało zamieszczonych w czasopismach naukowych bez wskaźnika cytowań, **5** to referaty pokonferencyjne, a **4** to rozdziały zamieszczone w wydawnictwach monograficznych. Ponieważ, Habilitant nie przedstawił swojego udziału procentowego w publikacjach współautorskich, stąd można jedynie wskazać sumaryczną wartość współczynnika siły oddziaływania dla wszystkich Jego artykułów, która wynosi **IF = 324,318**, a sumaryczna liczba punktów MEiN jest równa **7030 pkt.**, przy **1060 pkt.** przed doktoratem i cytowalności prac w bazie WoS wynosząca **1306 zgodnie z rokiem ich opublikowania bez autocytowań**. Rekord współpracy międzynarodowej dr inż. Stanisława Waclawka czy to na polu publikacyjnym, projektowym czy instytucjonalnym i organizacyjnym jest imponujący. Baza bibliograficzna SCOPUS wykazuje 151 współautorów prac dr inż. Stanisław Waclawka. To pozwala Habilitantowi zajmować się bardzo rozproszonymi tematycznie zagadnieniami. Współpraca w nauce owocuje zwiększonym produktem naukowym i powoduje wzrost cytowań, natomiast tak szeroka współpraca wymaga od naukowca ogromnej dyscypliny w celu minimalizacji kosztów. Czasopisma w których Habilitant opublikował prace naukowe m.in. to: Advances in Colloid and Interface science, Applied Surface Science, Catalysts, Ecological Chemistry and Engineering S, Journal of Environmental Chemical Engineering, Journal of Colloid and Interface Science, Purification Technology, Polymers. Należy zauważyć, że wartości te są znaczące, ale nie uwzględniają właściwego udziału Habilitanta w ich powstaniu, który wynikałby z udziału poszczególnych współautorów danej publikacji. Niemal wszystkie podane publikacje charakteryzuje bardzo wysoka cytowalność w bazie WoS, co świadczy o dobrej rozpoznawalności Habilitanta w światowej literaturze i **co ugruntowuje wartość Jego dorobku naukowego**.

Należy podkreślić, że tematyka realizowanych przez Habilitanta badań naukowych, prowadzonych zarówno samodzielnie, jak również zespołowych, których rezultaty zostały

przedstawione w/w artykułach jest aktualna, ważna z naukowo-poznawczego punktu widzenia, a przede wszystkim ma znaczący potencjał implementacyjny w działalności gospodarczej podmiotów i osób fizycznych związanych z oczyszczaniem wody i ścieków, chemią środowiska i chemią analityczną.

W mojej ocenie przytoczone wyżej parametry bibliometryczne dorobku naukowego Habilitanta świadczą pośrednio o Jego rozpoznawalności w międzynarodowym środowisku naukowym, a także potwierdzają poziom merytoryczny artykułów publikowanych w znaczących czasopismach zagranicznych.

Szczególnie oceniam aktywność Habilitanta w zakresie recenzowania artykułów naukowych. W okresie po doktoracie dr inż. Stanisław Waclawek wykonał w sumie **400** recenzji dla czasopism zagranicznych indeksowanych w bazie JCR, potwierdzone w Publons. Jest laureatem nagrody Publons wśród 1% najlepszych recenzentów w dziedzinie Środowiska i Ekologii oraz Cross-Field. Od 2019 do 2021 co roku wykonał ich ponad 100, budzi to duże wątpliwości związane z rzetelnością recenzji wykonanych artykułów. Ponadto po doktoracie bierze/brał udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism, zarówno krajowych, jak również zagranicznych. Chemical Engineering Journal, Catalysts, Ecological Chemistry and Engineering S, Polish Journal of Materials and Environmental Engineering, Journal of Advanced Oxidation Technologies i Journal of Environmental Chemical Engineering

Podsumowując stwierdzam, że liczba znaczących artykułów, które posiadają IF (znajdujących się w bazie WoS) i związana z nimi liczba cytowań oraz indeks Hirscha wzrosły po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, a wartości wskaźników naukometrycznych są moim zdaniem adekwatne do etapu wnioskowania o stopień naukowy doktora habilitowanego. Mając na uwadze 4 letni okres czasu, jaki minął od obrony rozprawy doktorskiej Kandydata do złożenia przez Niego wniosku habilitacyjnego i bazując na wartościach wskaźników bibliometrycznych oraz wykazie przedstawionych dokonań, należy stwierdzić, że dorobek publikacyjny, jest znaczący. Dlatego, ten aspekt działalności naukowej Habilitanta oceniam pozytywnie.

## **2.2 Aktywność naukowa realizowana poza macierzystą Uczelnią, odbyte staże i współpraca z zagranicą**

W latach 2015-2016, czyli przed obroną rozprawy doktorskiej, dr inż. Stanisław Waclawek odbył **2** staże naukowe w: University of Guelph, Kanada i w firmie Strona **9** z **13**SiREM w Guelph, Kanada. Zajmował się tam między innymi transportem różnych związków utleniających i redukujących w glebie. Ponadto miał **2** wizyty studyjne w: Sapienza Università di Roma, Włochy i Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej.

Po doktoracie natomiast miały miejsce **2** staże naukowe i **2** wizyty studyjne. Staże odbył w zagranicznych ośrodkach naukowych: Uniwersytet w Cincinnati, USA i Hochschule Zittau/Görlitz Zittau, DE, wizyty studyjne zaś w Kent State, USA i EPA, Cincinnati, USA. W sumie czas odbytych staży to: po doktoracie 7 miesięcy i 2 dni a przed doktoratem 10 miesięcy.

W ramach staży i wizyt studyjnych Habilitant nawiązał współpracę z Prof. Dionysiou (Uniwersytet w Cincinnati, USA), Prof. Mieczysławem Jarońcem (Kent State, USA Prof. Rajenderem S. Varmą (EPA, Cincinnati, USA) ), z Prof. Jensem Weberem (Hochschule Zittau/Görlitz, Zittau, DE).

Jako efekt współpracy w w/w ośrodkami akademickimi i pracownikami naukowymi zostały przedstawione wspólne publikacje, w Journal of Colloid and Interface Science (2020) Wydawnictwa Elsevier oraz projekt naukowy Ministry of Education, Youth and Sports in the Czech Republic: Inter Excellence - Program działania: Bioporous membrany 2D i gąbki 3D na bazie polisacharydów funkcjonalizowanych żywic drzewnych i ich zastosowanie w środowisku "(LTAUSA19091) Ministry of Education, Youth and Sports in the Czech Republic: Inter Excellence - Action programme: Bio-based Porous 2D Membranes and 3D Sponges Based on Functionalized Tree Gum Polysaccharides and their Environmental Application" (LTAUSA19091), artykuł w Green Chemistry (*IF: 9,405, MEiN: 200 punktów*) (2018 i 2020).

W ramach aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej Habilitant przedstawił również współpracę z polskimi naukowcami z dr E.Kudlek z Politechniki Śląskiej w ramach współpracy powstał artykuł opublikowany w (Ecological Chemistry and Engineering S, Chemia i Inżynieria Ekologiczna S), Uniwersytetu Opolskiego (wspólne publikacje (np. Molecules MDPI, *in press*) z dr hab. Małgorzatą Rajfur, prof. UO, z Głównym Instytutem Górnictwa wspólny europejski projekt INTERREG, w którym Habilitant pełnił funkcję jednego z koordynatorów pakietu roboczego oraz dr hab. inż. Klaudiuszem Grüberl z ATH w ramach której powstało ponad 20 artykułów naukowych.

Habilitant nie posiada patentu tylko zgłoszenie patentowe (brak potwierdzenia w dokumentacji).

W opracowanej dokumentacji (bez potwierdzenia) jest też informacja o udziale Habilitanta w Komitecie naukowym 1 konferencji naukowej International Scientific Conference "Environmental Engineering - Through A Young Eye" i 1 jako współorganizator sympozjum „Advanced Oxidation/Reduction Processes for Water And Wastewater Treatment: Progress & Challenges” w programie ACS Meeting 2022 w Chicago. Habilitant uczestniczył w 16 Konferencjach Naukowych międzynarodowych.

Brał też udział w komitetach organizacyjnych 2 konferencji naukowych.

Habilitant 1 raz uczestniczył w zespole oceniającym wnioski o finansowanie badań do Estonian Research Council (ETAg).

Mając powyższe na uwadze, uważam, że z punktu widzenia wymagań formalnych kryterium dotyczące wykazania aktywności naukowej i współpracy naukowej Habilitanta realizowanej w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej jest spełniony.

### **2.3 Realizacja programów naukowych – granty badawcze**

W przedstawionej do zaopiniowania dokumentacji (bez potwierdzenia) dr inż. Stanisław Waclawek brał/bierze udział jako główny wykonawca grantu, kierownika, przy realizacji przez Habilitanta projektów naukowych, czy badawczo-rozwojowych, pozyskanych w ramach konkursów, które byłyby finansowane ze źródeł zewnętrznych, zarówno krajowych, jak również zagranicznych.

Przed doktoratem Habilitant był Koordynatorem 1 projektu finansowanego przez, Ministry of Education, Youth and Sports in the Czech Republic (Ministerstwo Edukacji, Młodzieży i Sportu Republiki Czeskiej).

Po doktoracie uczestniczył (bez potwierdzenia) w 5 projektach naukowych, 3 finansowanego przez Ministerstwo Edukacji, Młodzieży i Sportu Republiki Czeskiej pełniąc role od kierownika, przez głównego wykonawcę, członka zespołu do starszego pracownika naukowego. **Jeden** jest to Europejski programu LIFE “Innovative technology based on constructed wetlands for treatment of pesticide contaminated waters” (2020-2023). Brał też udział w 1 projekcie badawczym jako koordynator pakietu roboczego INTERREG na Centralną Europę, i w 1 w charakterze kierownika grantu w TUL.

Aktywność Habilitanta w tym aspekcie działalności naukowej oceniam pozytywnie

#### **2.4 Autorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia projektowego, konstrukcyjnego lub technologicznego**

Wykonane dwóch stanowisk laboratoryjnych do przeprowadzania testów elektrokinetycznych (jedno w SiREM (Guelph, Kanada), a drugie na TUL).

#### **2.5 Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym**

W obszarze współpracy z szeroko rozumianym otoczeniem społeczno-gospodarczym Habilitant jest zatrudniony w firmie H2O nanotec (<https://www.h2onanotec.cz/en/about-us/>) jako chemik badawczo-rozwojowy. Wspólnie przez 2 lata będzie realizował projekt otrzymany z TACR (Technologická agentura ČR), dotyczący grafenowych filtrów. Ponadto dr inż. Stanisław Waclawek w ramach projektu AMIIGA nadzorował budowę biobariery postawionej w Jaworznie i aplikację serwatki na lokalizacji Novy Bydzov (Czeska Republika) w celu bioremediacji chlorowanych etenów.

Natomiast przed doktoratem brał udział jako współwykonawca w pracach zleconych przez sektor przemysłowy w ramach :

- A comprehensive methodology for laboratory tests for study of reducing or oxidizing agents supported by electric field,
- Laboratory Tests of Various Remediation Methods for the Site Tesla Jablonne
- Groundwater Remediation by *In Situ* Chemical Oxidation-Advantages and Pitfalls w ramach projektu INTER

Przy czym, w tych trzech ostatnich przypadkach nie podano zleceniodawcy.

#### **2.6 Działalność organizacyjna**

Według informacji zawartej w dokumentacji od 2021 roku jest kierownikiem laboratorium środowiskowej katalizy, w 2021 był członkiem w komisji ws. wyboru nowych post-doców, na oddział Nanochemi (8300), CXI, TUL. Uczestniczył w komisji ws. wyboru nowych post-doców (12. 11. 2021), na oddział Środowiskowej Toksykologii (8330), CXI,

TUL, a także brał udział w komisji wyborczej ds. przyjmowania nowych pracowników (19.02.2020) na oddział Środowiskowej Chemii (8280), CXI, TUL.

Dr inż. Stanisław Waclawek od 2017 jestem członkiem Studenckiego Koła Naukowego: Techniki Membranowe a od 2018 roku jestem członkiem prestiżowego International Water Association (IWA). Habilitant jest współorganizatorem prestiżowego sympozjum „Advanced Oxidation/Reduction Processes for Water And Wastewater Treatment: Progress & Challenges” w programie ACS Meeting 2022 w Chicago

Działalność Habilitanta w tym obszarze oceniam pozytywnie ale w stopniu minimalnym.

## 2.7 Działalność dydaktyczna i popularyzująca naukę

Od 12 lat Habilitant jest pracownikiem naukowym Uniwersytetu Technicznego w Libercu, w **Instytucie Nanomaterialów, Zaawansowanych Technologii i Innowacji**. Dr inż. Stanisław Waclawek według podanych informacji był recenzentem prac magisterskich i inżynierskich, prowadzonych na TUL, przy czym w dokumentacji nie podano ilości prac. Prowadzi zajęcia z przedmiotów „Úvod do studia nanomaterialů” (Wstęp do Nanomaterialów) oraz „Nanochemie/Supramolekulární chemie” (Nanochemia/Chemia supramolekularna),

Jest uczestnikiem projektu dydaktycznego pomiędzy TUL, a Uniwersytetem Opolskim. Wykonał stanowisko laboratoryjne, na którym są przeprowadzone testy elektrokinetyczne przez studentów

Dr inż. Stanisław Waclawek nie odbył staży dydaktycznych zarówno krajowych, jak również zagranicznych. Ponadto, w przedstawionej dokumentacji, nie znalazłam informacji o opracowanych skryptach lub podręcznikach akademickich, a także o prowadzonych specjalistycznych wykładach w ramach studiów podyplomowych i szkoleń.

## 2.8 Nagrody i wyróżnienia

W dokumentacji nie znalazłam informacji o uzyskanych przez Habilitanta nagrodach czy wyróżnieniach za prowadzoną działalność, zarówno naukową, badawczo-rozwojową, jak również organizacyjną czy dydaktyczną.

## 3. Konkluzja końcowa

W oparciu o ocenę dorobku naukowego po uzyskaniu stopnia doktora, w tym monografii **„Zaawansowane techniki utleniania na bazie rodnika siarczanowego w oczyszczaniu wód”** wskazanej jako osiągnięcie naukowe, stwierdzam, że pod względem ilościowym i jakościowym **spełnia** wymagania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia naukowego doktora habilitowanego wg art. 221 ust. 4 i 5 ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz 85. z późn. zm.). Przedstawiony dorobek naukowy jest spójny i skupiony wokół zagadnień związanych z oczyszczaniem wód. Habilitant wykazał się bardzo dobrym przygotowaniem w zakresie realizacji eksperymentów.

Dorobek naukowy dr inż. Stanisława Waclawka jest niezwykle bogaty co dokumentują uznane bazy bibliograficzne, zawierające liczone w tysiącach cytowania jego prac pisanych samodzielnie czy we współautorstwie, co niewątpliwie świadczy o jego wkładzie w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Co więcej, dr inż. Stanisław Waclawek jest badaczem niezwykle aktywnym z sukcesem prowadzi badania w międzynarodowych zespołach o uznanej renomie. Opracowania naukowo – badawcze Habilitanta mają wysokie znaczenie praktyczne i gospodarcze. Habilitant po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, powiększyła swój dorobek naukowy, publikując wyniki swoich prac w krajowych i zagranicznych czasopismach oraz przedstawiając je na międzynarodowych i krajowych konferencjach.

**W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie dr inż. Stanisława Waclawka do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego w sprawie nadania mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.**

Podpisała Janina Piekutin

