

Kraków, dnia 4 maja 2021 r.

## OCENA

**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz osiągnięcia naukowego  
pt. „Projektowanie systemów biokatalitycznych i ich rola w procesach konwersji  
biomasy oraz unieszkodliwiania wybranych zanieczyszczeń środowiskowych”  
dr inż. Jakuba Zdarty**

## Informacja ogólna

Niniejsza recenzja została wykonana w następstwie decyzji Rady Doskonałości Naukowej z dnia 22 lutego 2021 r. (Z6.4000.107.2020.4.EW) oraz uchwały Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej z dnia 16 marca 2021 r. (RD-7/4/2021) przekazanych przez Dziekana Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej prof. dr hab. inż. Ewę Kaczorek pismem z dnia 16 marca 2021 r. Opinia dotyczy dokumentacji załączonej do wniosku złożonego w dniu 23 listopada 2020 r. przez Pana dr inż. Jakuba Zdartę o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki ścisłe i przyrodnicze w dyscyplinie nauki chemiczne.

## Przebieg pracy naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej

Jak wynika z przedstawionego *Autoreferatu*, dr inż. Jakub Zdarta ukończył w 2010 r. studia chemiczne na Wydziale Chemii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu uzyskując tytuł magistra chemii na podstawie obronionej pracy magisterskiej pt. *Studia nad syntezą oligonukleotydu zawierającego addukt 2'-deoksyguanozyny z aldehydem malonowym i octowym*. Ukończenie studiów uniwersyteckich nie zamknęło jednak rozdziału edukacji akademickiej Habilitanta, który ugruntował posiadaną wiedzę z zakresu technologii chemicznej kontynuując studia inżynierskie na Wydziale Technologii Chemicznej

Politechniki Poznańskiej. Ukończył je w 2013 r. przedkładając pracę inżynierską pt. *Immobilizacja Amano Lipase A na powierzchni krzemionki* (promotor: dr inż. Agnieszka Kołodziejczak-Radzimska). Rok wcześniej rozpoczął w tejże jednostce studia doktoranckie, które doprowadziły w kwietniu 2017 r. do uzyskania stopnia doktora nauk chemicznych w zakresie technologii chemicznej. Promotorem wyróżnionej przez Radę Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej rozprawy doktorskiej pt. *Immobilizacja enzymów na wybranych nośnikach organicznych i nieorganicznych* był prof. dr. hab. inż. Teofil Jesionowski. Analizując ten okres rozwoju naukowego Habilitanta chciałbym z uznaniem odnieść się do szerokiej perspektywy, w której gromadził wiedzę oraz rozwijał umiejętności. Na wyróżnienie w tym kontekście zasługuje komplementarność spojrzenia, które wyrastając z uniwersyteckich nauk podstawowych, z silną formacją w zakresie chemii organicznej zdobytą dzięki współpracy z prof. Henrykiem Koroniakiem, wnika ostatecznie w tkankę nauk aplikacyjnych, rozwijanych w grupie prof. Teofila Jesionowskiego. Bez wątpienia przywołani powyżej mentorzy odcisnęli znaczące piętno na pespektywie kształtowania przestrzeni badawczej i formułowania wyzwań naukowych przez Habilitanta.

Bezpośrednio po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, Habilitant odbywa długoterminowy staż podoktorski (05.2017-05.2018) w Center for Bioprocess Engineering na Technical University of Denmark. Rozwija tam, nawiązaną już uprzednio współpracę z prof. Anne S. Meyer oraz prof. Manuelem Pinelo. Staż nie jest zaczynem do podjęcia przez Habilitanta badań w nowym obszarze tematycznym, stanowi jednak z pewnością dodatkowy element kumulacji doświadczenia, tak istotnego z punktu widzenia dojścia do stadium samodzielności naukowej. Po powrocie do kraju, dr inż. Zdarta zostaje zatrudniony w Instytucie Technologii i Inżynierii Chemicznej na Politechnice Poznańskiej, początkowo na stanowisku asystenta naukowego (09.2018-09.2020), a następnie adiunkta (od 10.2020).

### **Ocena rozprawy habilitacyjnej**

Głównym obiektem zainteresowań naukowych Habilitanta od momentu wkroczenia na ścieżkę kariery naukowej stała się biokataliza. Szczególną uwagę w swoich badaniach poświęcił zagadnieniom związanym z unieruchamianiem enzymów na podłożach stałych, które otwiera szerokie możliwości ich wykorzystania w różnych procesach realizowanych choćby w przemyśle farmaceutycznym, czy spożywczym. Rola katalizy enzymatycznej, zwłaszcza w kontroli procesów fermentacyjnych, jest opisywana naukowo już od XIX wieku (np. prace Pasteura dotyczące fermentacji cukrów do alkoholu pod wpływem drożdży).

Przemysłowe zastosowanie enzymów jest jednak nadal w wielu przypadkach ograniczone ze względu na ich małą odporność na działanie różnych czynników, jak duże stężenie reagentów i podwyższona temperatura. Najczęściej dochodzi w takich warunkach do ich denaturacji. Dodatkowo, rozpuszczalność enzymów w środowisku reakcyjnym skutkuje trudnością w ich izolacji po przeprowadzonym procesie, co z jednej strony podnosi koszty operacyjne, z drugiej zaś ogranicza możliwość powtórnego użycia biokatalizatora. Rozwijane w tym zakresie technologie membranowe są zwykle bardzo kosztowne. Warto również wspomnieć o specyficznej właściwości enzymów, które kumulują się w ośrodkach hydrofobowych oraz roztworach wodnych o pH zbliżonym do ich punktu izoelektrycznego, zmniejszając tym samym swoją mobilność i efektywność działania.

Przedstawione powyżej ograniczenia można wyeliminować poddając enzymy immobilizacji na powierzchni nośnika, przez co uzyskuje się nierozpuszczalny w mieszaninie reakcyjnej katalizator heterogeniczny, który wykazuje większą stabilność i może być stosowany w wielokrotnie powtarzanych cyklach procesowych. Niemniej jednak ogromnie istotną rolę w kształtowaniu aktywności takiego układu odgrywają warunki depozycji enzymu, jak również rodzaj stosowanego nośnika. Konieczne jest zapewnienie ekspozycji właściwej struktury konformacyjnej biomolekuł na powierzchni stałej umożliwiającej łatwą dyfuzję reagentów (w tym substratów makrocząsteczkowych) oraz trwałe związanie fazy aktywnej z nośnikiem (w przeciwnym razie enzym może ulegać łatwemu uwalnianiu w trakcie procesu). Cel ten udało się już osiągnąć w przypadku wielu układów, które funkcjonują w praktyce przemysłowej, np. amidazy penicyliny G (produkcja antybiotyków), izomerazy glukozy (produkcja syropu kukurydzianego), hydratazy nitylowej (hydroliza akrylonitrylu do akryloamidu), czy lipaz (produkcja związków enancjomerycznej substancji, jak herbicydy). Prowadzone są jednak nadal bardzo intensywne poszukiwania, obejmujące coraz szerszą grupę potencjalnych enzymów oraz nośników, których połączenie może skutkować nowymi aplikacjami biokatalitycznymi.

W tak zarysowanym horyzoncie naukowym można osadzić dokonania Habilitanta, który opracowywane przez siebie układy hybrydowe enzym/nośnik dedykował zastosowaniom w konwersji biomasy oraz eliminacji zanieczyszczeń organicznych z wody. Na szczególne podkreślenie zasługuje dbałość Autora o zrozumienie relacji pomiędzy warunkami syntezy a właściwościami otrzymywanych materiałów biokatalitycznych, w tym również aplikacyjnymi. W pracy H2 opisano osadzanie celulazy pozyskanej z grzyba gatunku *Aspergillus Niger* w strukturze materiału kompozytowego TiO<sub>2</sub>-lignina. Obecność licznych ugrupowań funkcyjnych w części organicznej użytego nośnika poskutkowało silnym

związaniem enzymu na drodze adsorpcji, a w konsekwencji uzyskanie efektywnego i stabilnego biokatalizatora do hydrolizy celulozy. Unieruchomienie dehydrogenazy glukozowej i dehydrogenazy ksylozowej na powierzchni nanocząstek SiO<sub>2</sub> oraz mezoporowatej krzemionki typu SBA-15 opisano w publikacji H3. Różnice w porowatości użytych nośników poskutkowały odmienną dystrybucją immobilizowanego enzymu oraz zróżnicowaną aktywnością w reakcjach konwersji D-glukozy oraz D-ksylozy. Interesującym wyzwaniem było poprowadzenie procesu równoczesnego osadzenia obydwu opisywanych enzymów na powierzchni krzemionkowej, które umożliwia uzyskanie efektu kaskady enzymatycznej, w której produkt wytwarzany przez jeden z enzymów staje się substratem w procesie katalizowanym przez drugie białko, lub poprowadzenia równolegle dwóch ścieżek przemian chemicznych (praca H4). Właściwy dobór ilości osadzonych enzymów pozwolił w tym przypadku na kontrolę procesów wytwarzania kwasów glukozowego i ksylonowego. Innym, interesującym podejściem była immobilizacja trypsyny na powierzchni kompozytu magnetyt-lignina(chityna), który zapewniał odpowiednią koncentrację ugrupowań funkcyjnych oraz obecność składnika o właściwościach magnetycznych, ułatwiającego separację biokatalizatora po procesie (praca H5). Właściwości aplikacyjne wytworzonych w ten sposób układów przetestowano w odniesieniu do eliminacji modelowego białka (albuminy surowiczej) z wody na drodze hydrolizy.

Osobnym zagadnieniem podjętym przez Habilitanta było uzyskanie optymalnych biokatalizatorów opartych o immobilizowane enzymy do usuwania zanieczyszczeń fenolowych z ośrodków wodnych. W tym zakresie zaproponował osadzenie lakazy i tyrozynazy na mezoporowatym materiale krzemionkowym typu MCF funkcjonalizowanym jonami miedzi (praca H8) oraz szkieletach gąbek morskich z gatunku *Aplysina archeri* (praca H9) i *Hippospongia communis* (praca H13). W procesach eliminacji związków fenolowych przebadano ponadto grupę układów otrzymanych z użyciem nośników wytworzonych techniką elektroprzędzenia – dotowanego magnetytem poli(metakrylanu metylu) funkcjonalizowanego 1-etylo-3-(3-dimetyloaminopropylo)karbodiimidem i N-hydroksysukcynimidem (praca H10), poli(kwasu mlekowego)-ko-poli(ε-kaprolaktonu) (praca H11) oraz kompozytu poli(kaprolaktonowo)-chitozanowego (praca H12). Sterowanie składem powierzchniowym nośnika znakomicie ułatwiało w tym przypadku programowaną dystrybucję miejsc aktywnych, przyłączających białko, ale wykorzystanie techniki immobilizacji nie ograniczono jedynie do kontrolowanej adsorpcji. Autor sięgnął również po strategię enkapsulacji.

Pomimo, iż opisywane powyżej badania naukowe poprowadzone przez Habilitanta trudno uznać za przełomowe, to wnoszą one wiele świeżości do wciąż rozwijanego nurtu poszukiwań optymalnych ścieżek depozycji enzymów dedykowanych do zastosowań biokatalitycznych. Autor dość sprawnie zarysował swoje najważniejsze osiągnięcia w przedłożonym Autoreferacie, który potwierdza wejście Kandydata w stadium rodzącej się dojrzałości naukowej. Niemniej jednak, z obowiązku recenzenta muszę w tym miejscu zaapelować, mając równocześnie poczucie bezsilności wobec naporu otaczającej nas zewsząd terminologii anglojęzycznej, o krytyczne posługiwanie się językiem polskim z dbałością o jak najwyższe standardy. W *Autoreferacie* dr inż. Jakuba Zdarty odkrywam zbyt dużą liczbę sformułowań zaczerpniętych bezpośrednio z literatury anglojęzycznej, które Autor zaadoptował w przygotowanym przez siebie tekście. Nie będę przywoływać wszystkich rażących przypadków, ograniczę się jedynie do dwóch: *trójwymiarowe skafoldy (materiały przypominające strukturę rusztowanie)* oraz *ilość obrotów katalizatora*. Drugi z przytoczonych przykładów miał być w założeniu odpowiednikiem pojęcia *turnover number*, które prawidłowo przetłumaczone na język polski funkcjonuje jako *liczba przemian* i jest wielokrotnie opisywane w polskojęzycznej literaturze naukowej z zakresu katalizy.

### **Ocena dorobku naukowego**

Osiągnięcie habilitacyjne dr inż. Jakuba Zdarty oparte zostało na 13 pracach naukowych opublikowanych w periodykach o obiegu międzynarodowym, w większości o bardzo uznanej renomie. Należy odnotować, że aż trzy spośród przedstawionych publikacji mają charakter przeglądowy (H1, H6 i H7), pozostałe zaś są całkowicie oryginalnymi doniesieniami, wprowadzającymi nowe wątki do stanu wiedzy w obszarze immobilizacji enzymów na nośnikach. Autor ogłosił wyniki swoich prac badawczych w tak uznanych tytułach, jak *Science of the Total Environment* (IF<sub>2019</sub> = 6,55), *Materials Science and Engineering C* (IF<sub>2019</sub> = 6,55), czy *Catalysis Today* (IF<sub>2019</sub> = 5,83). Prace przeglądowe przedstawił zaś m.in. w *Advances in Colloid and Interface Science* (IF<sub>2019</sub> = 9,92) i *Biotechnology Advances* (IF<sub>2019</sub> = 10,74). Łączny współczynnik oddziaływania IF prac budujących cykl, liczony zgodnie z wartościami przyjmowanymi na rok ich opublikowania, wynosi 67,9, a liczba punktów według listy czasopism opublikowanej przez MNiSW, obowiązującej na dzień złożenia dokumentacji, jest równa 1720. Przytoczone liczby dobitnie świadczą o ponadprzeciętnym poziomie przedstawionego osiągnięcia. Artykuły przeglądowe wzbudziły duże zainteresowanie w środowisku, czego wyrazem jest znaczna liczba cytowań, która według

bazy *Scopus* wyniosła na dzień 4 maja br. odpowiednio: H1 – 273, H6 – 83 i H7 – 35. Doniesienia oryginalne osiągnęły rzecz jasna niższe współczynniki cytowalności, z wyjątkiem pracy H13 (74 cytowań), ale nadal są to wartości świadczące o widocznym oddziaływaniu odkryć Habilitanta w międzynarodowym środowisku naukowym.

Wszystkie przedstawione w cyklu habilitacyjnym publikacje są wieloautorskie. Łączna liczba współautorów, z którymi Habilitant ogłosił swoje prace wynosi 28, z czego aż 17 osób to studenci, doktoranci i pracownicy związani z Wydziałem Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. We wszystkich pracach jako współautor występuje prof. Jesionowski, który niejednokrotnie pełni również funkcję autora korespondującego. Większą liczbę wspólnych prac odnotowuje się ponadto w przypadku prof. Meyer (6 publikacji) oraz prof. Pinelo (7 publikacji). Nie stanowi to jednak większego zaskoczenia zważywszy na fakt, iż Habilitant musiał rozwijać swoje badania w odpowiednio wyposażonych przestrzeniach laboratoryjnych, a korzystanie ze wsparcia merytorycznego bardziej doświadczonych naukowców przynosi zwykle korzystne efekty. Ewentualne wątpliwości w zakresie roli jaką odegrał Habilitant w przygotowaniu prac H1-H13 rozwiewają całkowicie przedłożone w dokumentacji oświadczenia wszystkich współautorów. W przedstawionych przez Habilitanta materiałach brakuje jednak jasno określonej cezury, która rozgranicza osiągnięcia zebrane w związku z przygotowaniem rozprawy doktorskiej oraz tych, które miały otworzyć nowy rozdział w Jego życiu naukowym. Sam moment opublikowania prac nie jest tu właściwym kryterium. Muszę z naciskiem podkreślić, iż etap zdążania do habilitacji powinien być naznaczony dużym potencjałem samodzielnego kreowania pomysłów naukowych, a Kandydat powinien stawać się autopromotorem własnych poszukiwań. Odczuwam w powyższym zakresie wyraźny deficyt informacyjny w odniesieniu do sylwetki Habilitanta, który, mam nadzieję, zostanie przez Niego zniwelowany w trakcie ewentualnego kolokwium habilitacyjnego.

Imponująco wygląda całkowity dorobek publikacyjny Habilitanta. Biorąc pod uwagę, że zainicjował On swoją aktywność naukową w roku 2013, kiedy ukazała się pierwsza publikacja Jego współautorstwa w czasopiśmie *Biotechnologia*, aktualną liczbę 60 prac notowanych w bazie *Scopus* (stan na 4 maja 2021 r.) należy uznać za zdecydowanie ponadprzeciętne osiągnięcie. Jestem pod ogromnym wrażeniem dynamiki naukowej Habilitanta, który w okresie ostatnich kilku lat współuczestniczył w składach autorskich średnio 10 prac rocznie. W wyjątkowych przypadkach można spotkać podobną aktywność na tym etapie kariery naukowej. Dodatkowym atutem dorobku publikacyjnego Habilitanta jest jego jakość mierzona liczbą cytowań. Prace współautorstwa dr inż. Jakub Zdarty były

cytowane, zgodnie z danymi prezentowanymi w bazie *Scopus* (4 maja br.), 1736 razy (1551 razy z wyłączeniem autocytowań), co daje Autorowi bardzo wysoki indeks  $h = 21$ . Największą liczbę cytowań (400) osiągnął opublikowany w 2014 r. w czasopiśmie *Adsorption* artykuł przeglądowy pt. *Enzyme immobilization by adsorption: A review* autorstwa Teodora Jesionowskiego, Jakuba Zdarty i Barbary Krajewskiej. Można go zatem śmiało zaliczyć do kanonu wiedzy, z którego korzysta większość grup badawczych specjalizujących się w immobilizacji enzymów.

Dorobek publikacyjny Habilitanta uzupełnia współautorstwo 5 rozdziałów w książkach, 1 zgłoszenia patentowego oraz pokaźny wykaz prezentacji konferencyjnych w formie komunikatów oraz posterów. Przy tak wysokim poziomie aktywności publikacyjnej nie jest zaskoczeniem fakt zapraszania Habilitanta przez edytorów wielu czasopism do przygotowywania recenzji nadsyłanych do redakcji manuskryptów. Dr inż. Jakub Zdarta deklaruje przygotowanie 128 opinii prac. Od 2020 r. wchodzi w skład Komitetu Redakcyjnego w czasopiśmie *Oxygen (MDPI)*. Trzykrotnie pełnił również funkcję edytora specjalnych numerów czasopism *Journal of Nanomaterials (Hindawi)* oraz *Materials (MDPI)*, 2 razy).

Swoją karierę naukową Habilitant buduje korzystając ze wsparcia finansowego pozyskiwanego w ramach projektów badawczych. W latach 2016-2018 zrealizował projekt *Innowacyjne materiały hybrydowe  $M_xO_y$ -lignina jako funkcjonalne nośniki w procesie immobilizacji enzymów* przyznany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach konkursu Preludium 10. Równocześnie został beneficjentem projektu Etiuda 4 (Narodowe Centrum Nauki), który umożliwił Mu odbycie półrocznego stażu w Technical University of Denmark. W 2020 r. rozpoczął z kolei realizację projektu *Biodegradacja estrogenów z wykorzystaniem zaawansowanych systemów biokatalitycznych opartych o immobilizowane oksydoreduktazy* finansowanego przez NCN ze środków programu Sonata 15. Do powyższego cyklu kierowanych przez siebie grantów, dołożyć należy również szereg innych, w których pełnił rolę wykonawcy. Na wyróżnienie w tym zakresie zasługuje wiodąca rola w projekcie *PTL clean up – Enhanced value and expanded applications from 2G/hemicellulosic sugars from PTL*, przyznany przez The Research Council of Denmark.

### **Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej**

Pomimo krótkiego okresu zatrudnienia w charakterze nauczyciela akademickiego dr inż. Jakub Zdarta zgromadził znaczne doświadczenie dydaktyczne. Obok typowych na tym



etapie kariery zajęć laboratoryjnych oraz seminaryjnych, prowadzi dwa wykłady *Wybrane zagadnienia współczesnej wiedzy chemicznej* oraz *Materiały kompozytowe* dla studentów II stopnia studiów kierunków *Technologia chemiczna* oraz *Inżynieria chemiczna i procesowa*. Aktywnie uczestniczył w tworzeniu kursów dla nowo powoływanych na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej kierunków studiów *Inżynieria farmaceutyczna* oraz *Chemical technology* (studia anglojęzyczne). Był promotorem 6 prac inżynierskich oraz 3 prac magisterskich. Jest ponadto promotorem pomocniczym dwóch doktorantek - mgr inż. Katarzyny Jankowskiej i mgr inż. Karoliny Bachosz.

W *Autoreferacie* dr inż. Jakub Zdarta przedstawia ponadto kilka aktywności o charakterze popularyzatorsko-promocyjnym (udział w warsztatach *Poznaj chemiczne technologie przyszłości*, dniach otwartych oraz targach edukacyjnych) oraz organizacyjnym (członkostwo w Komitecie Organizacyjnym konferencji *BioOrg 2015*).

### **Wnioski końcowe**

Po analizie dokonań naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych dr inż. Jakuba Zdarty, nie mam najmniejszych wątpliwości, że spełniają one wymagania określone w art. 219 pkt. 1 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r. Kandydat jest bardzo dynamicznie rozwijającym się młodym badaczem, wykazującym się wyróżniającą aktywnością naukową. Jest współautorem wielu doniesień publikacyjnych, dostrzeganych w środowisku naukowym. Posiada doświadczenie zdobyte zarówno w kraju, jak i w zagranicznym ośrodku naukowym. Potrafi skutecznie pozyskiwać środki na badania oraz budować zespoły naukowe, co dobitnie świadczy o osiągnięciu właściwego stopnia dojrzałości do podjęcia roli samodzielnego pracownika naukowego. Z pełnym przekonaniem popieram zatem wniosek kierowany do Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Poznańskiej o nadanie dr inż. Jakubowi Zdarcie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki ścisłe i przyrodnicze w dyscyplinie nauki chemiczne.



Piotr Kuśtrowski