

Prof. dr hab. inż. Wojciech Wróblewski  
Katedra Biotechnologii Medycznej  
Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska  
Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa  
tel./fax: 22 234 56 31  
e-mail: wuwu@ch.pw.edu.pl

Warszawa, 8 lutego 2019 r.

## RECENZJA

### **osiągnięć naukowych oraz aktywności naukowej dr inż. Leszka Niedzickiego w postępowaniu habilitacyjnym prowadzonym przez Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej**

Dr inż. Leszek Niedzicki ukończył w 2006 roku studia magisterskie na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. W 2010 roku obronił z wyróżnieniem pracę doktorską i uzyskał stopień doktora nauk chemicznych w zakresie chemii, nadany uchwałą Wydziału Chemicznego PW, na podstawie rozprawy "Characterization of new generation of electrolytes based on imidazole derivatives salts". Funkcję promotora powyższej rozprawy doktorskiej sprawował prof. dr hab. inż. Władysław Wieczorek. W tym samym roku Habilitant został zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Technologii Ciała Stałego na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej i pozostaje związany z macierzystą jednostką do chwili obecnej.

Zainteresowania naukowe dr inż. Leszka Niedzickiego dotyczą, od początku kariery, rozwoju technologii chemicznych źródeł prądu – w szczególności projektowania nowych elektrolitów ogniwo litowo-jonowych. W ramach rozprawy doktorskiej, realizowanej w trakcie studiów doktoranckich w latach 2006-2009, Habilitant przeprowadził syntezę oraz badania fizykochemiczne nowych soli litowych (LiTDI i jej pochodne), które wykorzystał w opracowaniu modelowych elektrolitów w ogniwach litowo-jonowych. Rezultaty prac badawczych zostały upowszechnione w formie artykułu w *Journal of Power Sources*, zaś praca doktorska została ukończona i obroniona w ciągu 3 lat.

Podjęte przez Habilitanta badania, po uzyskaniu stopnia doktora, stanowiły kontynuację prowadzonych dotychczas prac i obejmowały zaprojektowanie nowej generacji soli litowych jako składników elektrolitów jak i optymalizację składu elektrolitów wykorzystujących te sole w ogniwach litowo-jonowych. Ważnym aspektem prowadzonych badań była także próba wdrożenia technologii otrzymywania nowych soli litowych.

Podsumowaniem działalności naukowo-badawczej, uprawianej w tym nurcie przez dr inż. Leszka Niedzickiego w ostatnich 8 latach, jest jednotematyczny cykl 7 artykułów naukowych (oraz 1 patent na wynalazek udzielony przez Urząd Patentowy RP) zatytułowany: „Zastosowanie organicznych soli litowych jako składników elektrolitów w chemicznych źródłach prądu”. Wskazany cykl jest podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego i stanowi osiągnięcie naukowe Habilitanta w myśl artykułu 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.).

## **Ocena jednotematycznego cyklu publikacji**

Osiągnięciem naukowym wskazanym przez Habilitanta, po uzyskaniu stopnia doktora, jest wspomniany cykl 7 oryginalnych artykułów o łącznym współczynniku oddziaływania  $IF=30,96$ , opublikowanych w uznanych czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej w latach 2011-2017 (*Journal of Power Sources, Electrochimica Acta, Physical Chemistry Chemical Physics, Synthetic Metals, RSC Advances*) oraz patent na wynalazek udzielony przez Urząd Patentowy RP (*Sole do elektrolitów do ogniw galwanicznych, zwłaszcza litowo-jonowych oraz sposób ich otrzymywania, PL 227209*). Wszystkie publikacje są wieloautorskie, przy liczbie autorów zmieniającej się od trzech do dziesięciu (deklarowany udział Habilitanta: 30-70%), jednak przedstawione w załączniku 6 oświadczenia współautorów potwierdzają, że wkład merytoryczny dr Niedzickiego w tych pracach jest znaczący (tj. był głównym twórcą lub współtwórcą koncepcji prac badawczych). We wszystkich publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem (ponadto, w 6 artykułach autorem korespondencyjnym, co wskazuje na Jego wiodącą rolę w ich powstaniu).

Jednotematyczny cykl publikacji przedstawiony został w autoreferacie (załącznik 2), który zawiera spis publikacji wchodzących w skład cyklu, omówienie osiągnięcia naukowego (zwięzłe wprowadzenie i nakreślenie celu badań oraz osiągniętych wyników) a także krótkie przedstawienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych Habilitanta (przed i po uzyskaniu stopnia doktora). Dokumentację uzupełniają pełne teksty artykułów, wchodzących w skład cyklu (załącznik 5), oraz wykaz opublikowanych prac naukowych oraz informacja o osiągnięciach dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki (załącznik 4).

Tematyka badań opisanych w recenzowanym cyklu, obejmuje zaprojektowanie struktury i opracowanie syntezy nowej generacji soli litowych – podstawowych składników elektrolitów ogniw litowo-jonowych. Głównym założeniem było otrzymanie związków pozbawionych wad i ograniczeń stosowanych dotąd powszechnie soli litowych (głównie sól  $LiPF_6$ ) oraz spełniających zaostrome wymagania stawiane przy wytwarzaniu elektrolitów w ogniwach litowo-jonowych (tj. wysokie przewodnictwo jonowe oraz liczba przenoszenia kationów litowych, a także odpowiednia stabilność chemiczna, elektrochemiczna i temperaturowa). Ze względu na planowane wdrożenie technologii produkcji soli litowych, ważnym obok założeń użytkowych był aspekt ekonomiczny. Habilitant wziął pod uwagę ograniczenie kosztów syntezy i stosowania projektowanych soli litowych, które mają duży wpływ na koszt produkcji ogniw z ich użyciem. Kolejnym, istotnym elementem prac badawczych było opracowanie, optymalizacja składu i badania mieszanin soli litowych z rozpuszczalnikami organicznymi (elektrolitów), których właściwości fizykochemiczne decydują w dużym stopniu o działaniu ogniw litowo-jonowych. Przedstawiona problematyka jest ważna z punktu widzenia możliwości konstrukcji ogniw wtórnych o korzystniejszych parametrach pracy w stosunku do istniejących rozwiązań i wpisuje się w nurt prac badawczych prowadzonych w tej dziedzinie w innych ośrodkach w kraju i za granicą. Do najważniejszych wyników działalności naukowej dr inż. Leszka Niedzickiego zaliczyć należy:

1. Syntezę soli litowych (LiTDI, LiPDI, LiHDI) z anionem imidazoliowym z perfluorowanymi podstawnikami alkilowymi oraz ich zastosowanie w elektrolitach ogniw litowo-jonowych (rozpuszczalnik: mieszanina węgla etylenu i dimetylu). Elektrolity takie charakteryzowały się konkurencyjnymi parametrami w stosunku do komercyjnych układów, osiągając: wyższe wartości liczb przenoszenia kationów litu, wyższa stabilność termiczna, odporność na tlen i wilgoć. Przeprowadzone testy potwierdziły, że nowe elektrolity są kompatybilne z typowymi elektrodami stosowanymi w ogniwach, zachowując porównywalną pojemność po 25 cyklach przy zmniejszonym zużyciu dodatków stabilizujących [H1]. Dalsze prace, których celem była optymalizacja składu elektrolitu zawierającego LiTDI (skład mieszaniny rozpuszczalników, zawartość soli litowej w elektrolicie), prowadzone były w ramach projektu europejskiego EuroLiion [H2]. Korelacja wyników badań spektroskopowych oraz elektrochemicznych umożliwiła analizę solwatacji kationów, prowadzącą do uzyskania optymalnych właściwości elektrolitu. Ponadto, elektrolity testowane były w półogniwach zawierających kompozyt węglowo-krzemowy otrzymany w zespole dr hab. Marka Marcinka [H4]. Finalnie, wyniki badań prowadzonych w tym obszarze, uwzględniające rzeczywiste wymagania stawiane ogniom w motoryzacji, doprowadziły do opracowania gotowych kompozycji elektrolitu zawierających sól LiTDI do zastosowania przez partnerów przemysłowych [H7].
2. Zaprojektowanie kolejnej generacji soli litowych (LiTDBI, LiTDPI) o bardziej równomiernym rozłożeniu ładunku ujemnego w anionie, poprzez wprowadzenie dodatkowego pierścienia aromatycznego, charakteryzujących się wysoką stabilnością elektrochemiczną i termiczną [H5,H6]. Zaletą opracowanych w ramach projektu SirBatt modelowych elektrolitów do ogniw litowo-jonowych, w których jedną z elektrod był metaliczny lit, były wysokie wartości liczb przenoszenia kationów litu (przy ograniczonym przewodnictwie jonowym); zaś półogniwa zawierające takie elektrolity zachowywały swoją pojemność po 50 cyklach. Podkreślić należy tutaj zaproponowanie soli litowych trzeciej generacji, wykorzystujących pseudoaromatyczny anion z dużą liczbą grup elektrono-akceptorowych, nie zawierających fluoru [H8]. Otrzymane wyniki wskazały na niezwykle wysoką elektrochemiczną i termiczną stabilność pochodnej LiHCAP, a wstępne testy elektrolitów zawierających ten związek zakończyły się pomyślnie. Ważnym efektem tej części prac badawczych było także sformułowanie wniosków wiążących właściwości koordynujące anionu ze strukturą przestrzenną soli litowych.
3. Opracowanie nowych cieczy jonowych składających się z wprowadzonego wcześniej anionu imidazoliowego (TDI) oraz kationu imidazoliowego (Mim). Zaproponowane ciecze jonowe wykazywały interesujące właściwości, umożliwiające ich zastosowanie jako rozpuszczalniki w elektrolitach ogniw litowo-jonowych. Uzyskane rezultaty, wskazujące na niewielki spadek przewodnictwa jonowego cieczy po dodaniu soli LiTDI oraz relatywnie wysokie wartości liczb przenoszenia kationów litu, były obiecujące i potwierdziły możliwość ich użycia w praktyce przemysłowej [H3]. Ponadto, elektrolity z cieczami jonowymi i solą LiTDI posiadały zbliżone właściwości fizykochemiczne do tych wykorzystujących tradycyjne rozpuszczalniki.

4. Wdrożenie technologii produkcji wybranych soli litowych dla potrzeb przemysłu. Dotyczy to otrzymywania i sprzedaży soli w dużej skali laboratoryjnej przez założoną przez Habilitanta spółkę *spin-off* (sprzedaż licencji przez Politechnikę Warszawską). W ramach współpracy z jednostkami Wydziału Chemicznego opracowany został projekt technologiczny syntezy LiTDI oraz LiPDI, co doprowadziło do powiększenia skali produkcji do półtechnicznej i uzyskania pilotażowych szarż LiTDI dla partnerów przemysłowych. Warto również podkreślić sprzedaż licencji na patent firmie Arkema (Francja), która wdrożyła technologię wytwarzania soli LiTDI w swoich zakładach.

Podsumowując merytoryczną ocenę stwierdzam, że opisane badania o charakterze poznawczym a przede wszystkim aplikacyjnym stanowią istotny wkład dr inż. Leszka Niedzickiego w rozwój nowoczesnych technologii ogniw wtórnych. Cykl prac włączonych do osiągnięcia dokumentuje Jego ścieżkę rozwoju, dojrzałość naukową oraz samodzielność w prowadzeniu prac badawczych. Uzyskane wyniki badań umożliwiły ustalenie kilku ważnych zależności pomiędzy strukturą soli litowej oraz składem elektrolitu a właściwościami fizykochemicznymi otrzymywanych roztworów, które są szczególnie przydatne przy projektowaniu nowych składników ogniw litowo-jonowych. Habilitant zaproponował i potwierdził użyteczność elektrolitów wykorzystujących nowe sole litowe (także w warunkach przemysłowych). Istotne z punktu widzenia aplikowania o stopień w zakresie nauk technicznych jest wdrożenie technologii produkcji wybranych soli litowych.

### **Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego**

Tematyka opublikowanych prac twórczych Habilitanta związana jest głównie z opisanym powyżej nurtem badań, choć Habilitant podjął się również syntezy soli sodowych zawierających aniony imidazoliowe jak i opracowania elektrolitów ogniw sodowo-jonowych. Wiele spośród prac powstało w ramach międzynarodowej i krajowej współpracy z innymi ośrodkami (Université de Picardie Jules Verne, Università di Roma "La Sapienza", Uppsala University, Chalmers University, Alistore European Research Institute, Université Paris-Sud, St Andrews University, Gyeongsang National University, ABB Corporate Research, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Poznańska, Centralne Laboratorium Akumulatorów).

Całkowity dorobek naukowy dr inż. Leszka Niedzickiego, wyszczególniony w załączniku 4, obejmuje 33 artykuły, w tym 27 prac w czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej, o łącznym współczynniku oddziaływania  $IF=116,45$  (średni  $IF$  na publikację: 4,3). Miarą oddziaływania prac na środowisko naukowe jest liczba niezależnych cytowań; w przypadku Habilitanta podkreślić należy imponującą liczbę cytowań – 487 i wysoką wartość Indeksu Hirscha – 14. Wyniki prowadzonych badań były prezentowane na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych (między innymi 36 referatów; w tym 12 wygłoszonych osobiście, z czego 2 na zaproszenie). Istotnym elementem działalności jest umiejętność pozyskiwania środków na prowadzenia badań, która dokumentuje samodzielność naukową kandydata do stopnia doktora habilitowanego. Habilitant był głównym wykonawcą w 2 europejskich projektach badawczych w ramach VII

Programu Ramowego UE oraz 3 krajowych projektach (finansowanych przez: NCN, NCBiR, POIG); obecnie bierze udział w europejskim projekcie „Grasping Innovation in Europe through a closer iNterAction between Heis and Smes” (2018-2020), jako krajowy koordynator.

Niezmiernie ważne w ocenie dorobku kandydata przy awansie naukowym na stopień doktora habilitowanego nauk technicznych są osiągnięcia aplikacyjne i wdrożeniowe. Dr Leszek Niedzicki jest współautorem 4 patentów na wynalazek, w tym 3 udzielone przez Urząd Patentowy RP oraz 1 przez francuski Urząd Patentowy (rozszerzony na zgłoszenie EU, Chiny, Japonię i USA), a także 3 zgłoszeń patentowych w Urzędzie Patentowym RP i 1 know-how. Na szczególne podkreślenie zasługuje wdrożenie opracowanych technologii wytwarzania soli litowych w formie 5 sprzedanych licencji na patent firmie Arkema oraz firmie FIT Sp. z o.o.

Wyniki badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej Habilitanta zostały wysoko ocenione przez środowisko naukowe (Nagroda Prezesa Rady Ministrów, Nagroda Promocyjna Siemens, Nagroda Indywidualna JM Rektora PW w 2011 roku). Dr inż. Leszek Niedzicki był również stypendystą w ramach projektu "Program Rozwojowy Politechniki Warszawskiej" finansowanego ze środków Unii Europejskiej, dla młodych doktorów wyróżniających się w działalności naukowo-badawczej (2012-2013).

Na podstawie przedstawionych powyżej osiągnięć stwierdzam, że dr inż. Leszek Niedzicki posiada znaczący dorobek naukowy w zakresie projektowania nowych elektrolitów dla potrzeb ogniw litowo-jonowych, opisany w pracach, które ukazały się w czasopiśmie o międzynarodowej renomie. Podkreślić należy, że powyższe osiągnięcia są głównie wynikiem intensywnej aktywności naukowej Habilitanta w okresie po uzyskaniu stopnia doktora (ok. 2/3 całego dorobku powstało w ostatnich 5 latach Jego działalności). Jego publikacje dokumentują wyniki badań podstawowych jak i umiejętność ich praktycznego wykorzystania w postaci nowatorskich rozwiązań technicznych (zgłoszenia patentowe). Habilitant jest cenionym specjalistą w dziedzinie elektrochemii stosowanej, czego potwierdzeniem jest udział w opracowaniu artykułów przeglądowych, czy recenzowanie manuskryptów nadsyłanych do redakcji znanych periodyków naukowych. Jego całokształt dorobek spełnia formalne i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatowi ubiegającemu się o stopień doktora habilitowanego nauk technicznych.

Dr inż. Leszek Niedzicki realizuje, jako nauczyciel akademicki Wydziału Chemicznego PW, różne formy działalności dydaktycznej. Habilitant przygotował i prowadzi cykl wykładów w języku polskim i angielskim („Chemia”, „Elektrochemia”, „Akumulatory”) dla kierunku „Inżynieria pojazdów elektrycznych i hybrydowych” (Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych), bierze udział w prowadzeniu wykładów („Polymer electrolytes”, „Technologie konwersji i akumulacji energii”) dla międzynarodowej specjalności „Master in Energy Storage and Conversion” oraz specjalności „Funkcjonalne materiały polimerowe, elektroaktywne i wysokoenergetyczne” (Wydział Chemiczny). Ponadto, przygotował i prowadzi laboratorium z Informatyki (programowanie w VBA z elementami algorytmiki i metod numerycznych) oraz ćwiczenia w ramach laboratoriów specjalnościowych z zakresu elektrochemii, chemii ogólnej i nieorganicznej dla studentów Wydziałów Chemicznego,

Fizyki, Inżynierii Materiałowej oraz Inżynierii Chemicznej i Procesowej. Habilitant był promotorem 8 prac magisterskich i 11 prac inżynierskich, sprawuje funkcję promotora pomocniczego w dwóch otwartych przewodach doktorskich.

Habilitant w niewielkim stopniu angażuje się w działania organizacyjne na rzecz Wydziału Chemicznego PW, pełniąc jedynie funkcję redaktora strony internetowej jednostki i macierzystej Katedry. Poza miejscem pracy, jest członkiem Europejskiego Instytutu Badawczego Alistore, współorganizuje Polskie Konsorcjum Elektrochemicznego Magazynowania Energii PolStorEn, opracowuje ekspertyzy dla firm branżowych z zakresu elektrochemii, bierze także czynny udział w organizacji krajowych konferencji naukowych, poświęconych między innymi elektromobilności.

Na koniec warto również wspomnieć o działalności edukacyjnej i popularyzatorskiej dr inż. Leszka Niedzickiego – prowadzenia popularnonaukowych zajęć dla dzieci w ramach „Uniwersytetu Dzieci” oraz w ramach projektu „Szukając Einsteina – Akademia Umysłów Ścisłych” (nagranie materiałów dydaktycznych dla nauczycieli chemii w liceach). Habilitant efektywnie promuje polską naukę występując jako ekspert w licznych programach telewizyjnych, audycjach radiowych oraz publikacjach prasowych.

### ***Podsumowanie recenzji***

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa habilitacyjna w postaci jednotematycznego cyklu publikacji stanowi istotny wkład w rozwój nowych technologii elektrochemicznych a aktywność naukowa dr inż. Leszka Niedzickiego, po uzyskaniu stopnia doktora, jak i cały Jego dorobek naukowy są wartościowe i znaczące.

Na tej podstawie stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dr inż. Leszka Niedzickiego spełniają kryteria określone w art. 16 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Wróblewski