

Prof. dr hab. inż. Maciej Sitarz
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Chemii Krzemianów i Związków Wielkocząsteczkowych
30-059 Kraków
Al. Mickiewicza 30

Kraków 19.12.2022

OCENA

rozprawy doktorskiej mgr Emilii Alwin-Goździk pt. *„Wpływ warunków syntezy i modyfikacji metalami na strukturę i właściwości fotokatalityczne grafitopodobnego azotku węgla”* opracowana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Nauki chemiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

1. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska Pani mgr Emilii Alwin-Goździk poświęcona jest otrzymywaniu oraz charakterystyce struktury, mikrostruktury oraz własności fotokatalitycznych grafitopodobnego azotku węgla ($g-C_3N_4$). Rosnące z roku na rok zainteresowanie grafitopodobnym azotkiem węgla związane jest w głównej mierze z jego niezwykle interesującymi właściwościami fotokatalitycznymi i związaną z tym możliwością jego wykorzystania do otrzymywania superczystego paliwa jakim jest wodór.

Gwałtowny wzrost liczby ludności na świecie oraz wzrost gospodarczy prowadzą do stale rosnącego zapotrzebowania na energię. W XXI wieku, z uwagi na uwarunkowania środowiskowe (konieczność ograniczenia emisji gazów cieplarnianych) oraz kurczenie się i niestabilność dostaw surowców naturalnych wynikające z uwarunkowań geopolitycznych, jesteśmy świadkami gwałtownej zmiany w strategii pozyskiwania energii na rzecz tzw. odnawialnych źródeł energii. W tym zakresie duże nadzieje pokłada się obecnie w szeroko rozumianych technologiach wodorowych,



których rozwój wymaga jednak tanich i efektywnych metod pozyskiwania wodoru. Szczególnie pożądane są technologie pozwalające otrzymywać tzw. zielony wodór, tj. takie w których nie powstają niepożądane gazy cieplarniane. Z tego punktu widzenia niezwykle interesujące jest otrzymywanie wodoru na drodze fotokatalizacyjnego rozkładu wody. Obecnie w tego typu reakcjach stosuje się zazwyczaj najpopularniejszy fotokatalizator jakim jest TiO_2 . Wiąże się to jednak z wieloma ograniczeniami z których najważniejsze to: 1) duża przerwa energetyczna (w granicach 3,2-3,0 eV w zależności od odmiany polimorficznej) sprawiająca, że musi być on aktywowany promieniowaniem ultrafioletowym oraz 2) bardzo szybka rekombinacja generowanych elektronów i dziur. Wszystko to sprawia, że stale poszukuje się nowych stabilnych chemicznie i termicznie fotokatalizatorów, do fotoredukcji wody, aktywowanych za pomocą światła widzialnego. I właśnie w tym zakresie pokłada się wielkie nadzieje w grafitopodobnym azotku węgla, który jest niezwykle stabilny termicznie i chemicznie (w tym również w środowisku wodnym) oraz posiada znacznie mniejszą przerwę energetyczną wynoszącą ok. 2,7 eV, co sprawia, że może być aktywowany światłem widzialnym.

Tak więc, podjęcie takiego tematu i wybór materiału uważam za jak najbardziej uzasadnione i niezmiernie interesujące zarówno z naukowego jak i utylitarne punktu widzenia.

Ocenianą rozprawę doktorską należy zaliczyć do gatunku nietypowych, jeżeli chodzi o standardy prac doktorskich, gdyż została przedstawiona w chyba najmodniejszej obecnie formie monotematycznego cyklu publikacji, w tym wypadku czterech prac oraz patentu. Oczywiście taka forma rozprawy doktorskiej jest jak najbardziej dozwolona, zwłaszcza biorąc pod uwagę fakt, że przedstawione do oceny prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych tj. *Materials* (2), *Dalton Transactions* oraz *Journal of Materials Science*, o wysokim współczynniku oddziaływania. Cykl publikacji opatrzony jest oczywiście wyczerpującym komentarzem zawierającym przegląd literatury dotyczący omawianej tematyki. Oprócz tego rozprawa zawiera również skrótowy opis najważniejszych osiągnięć Doktorantki z odniesieniem do przedstawionych własnych artykułów oraz podsumowanie Jej całościowego dorobku naukowego.

Z punktu widzenia recenzenta taka forma doktoratu budzi ambiwalentne uczucia. Z jednej strony jest znaczącym ułatwieniem, gdyż mogę czuć się zwolniony z konieczności oceny merytorycznej wyników zawartych w przedstawionych publikacjach, gdyż zostały one już ocenione przez anonimowych recenzentów powołanych przez Edytorów poszczególnych czasopism. Z drugiej jednak strony zawsze rodzi się pytanie o rolę oraz udział Doktorantki w powstaniu poszczególnych artykułów i patentu. Jednak analiza załączonych oświadczeń współautorów oraz fakt, że zarówno w patencie jak i we wszystkich publikacjach stanowiących cykl Pani mgr Emilia Alwin-Goździk jest pierwszym Autorem, nie pozostawiają cienia wątpliwości co do Jej dominującego, autorskiego wkładu.

2. Ocena merytoryczna pracy

Pierwsze trzy rozdziały rozprawy, stanowią kolejno streszczenie w języku polskim i angielskim oraz ankietę dorobku naukowego. Kolejny czwarty rozdział zatytułowany „*Przewodnik po publikacjach stanowiących rozprawę doktorską*” tworzy zasadniczą część rozprawy i jest poświęcony w głównej mierze omówieniu poszczególnych publikacji stanowiących cykl. Zgodnie z wymogami ustawy rozdział ten rozpoczyna się od przeglądu literatury w którym Doktorantka w zwięzły ale bardzo treściwy sposób przedstawiła kolejno: rys historyczny związany z odkryciem grafitopodobnego azotku węgla, sposoby jego otrzymywania i modyfikacji mikrostruktury i struktury oraz możliwości jego praktycznego wykorzystania. Autorka uwzględniła tylko 74 pozycje literaturowe, ale z drugiej strony uwagę zwraca ich „świeżość”, gdyż poza nielicznymi wyjątkami, w zdecydowanej większości zostały opublikowane po 2010 roku, co jednoznacznie wskazuje na aktualność podjętej tematyki.

W przedstawionym przeglądzie literatury Autorka w pierwszej kolejności uwypukliła różne metody otrzymywania grafitopodobnego azotku węgla oraz potencjalne możliwości modyfikacji jego mikrostruktury. Z opisu wynika, że samo otrzymywanie wspomnianego materiału jest stosunkowo proste i dodatkowo

niekosztowne gdyż jest otrzymywany z różnych tanich związków organicznych. Użycie różnych substratów z oczywistych względów determinuje przebieg reakcji prowadzących do otrzymywania grafitopodobnego azotku węgla ale co ważniejsze ma kolosalny wpływ na jego własności fizykochemiczne, w tym tą najważniejszą z punktu widzenia dysertacji tj. powierzchnię właściwą. Co więcej wykazano, że powierzchnia właściwa otrzymywanego azotku węgla może być regulowana w bardzo szerokich granicach poprzez wykorzystanie różnych metod templatowania czy też eksfoliacji termicznej czy chemicznej. Analizując literaturę dotyczącą odpowiednich struktur węglowych (grafitu, grafenu) Autorka zauważyła możliwość wykorzystania metody wytrawiania struktury azotku węgla w obecności odpowiednio dobranych metali.

Przegląd literatury kończy się analizą możliwości praktycznego wykorzystania grafitopodobnego azotku węgla. Ze względu na niezwykle odporność termiczną i chemiczną, wspomnianą już małą przerwę energetyczną (ok. 2,7eV) oraz wysoką powierzchnię właściwą (w niektórych przypadkach nawet powyżej 500m²g⁻¹) grafitopodobny azotek węgla może znaleźć, i już znajduje, zastosowanie w wielu dziedzinach związanych przede wszystkim z sorpcją, katalizą czy fotokatalizą. Autorka z oczywistych względów skupiła się na jego wykorzystaniu w fotokatalizie gdyż wspomniane powyżej zalety czynią go niemal idealnym z punktu widzenia fotoredukcji wody do wodoru oraz fotoutleniania wody do tlenu przy użyciu światła widzialnego.

Reasumując przedstawiona analiza literatury związanej z tematyką rozprawy doktorskiej pozwala łatwo zrozumieć czym kierowała się Doktorantka zarówno przy wyborze samego materiału jak i metody jego syntezy i modyfikacji mikrostruktury a co za tym idzie własności fizyko-chemicznych.

Analiza literatury pozwoliła Doktorantce na sformułowanie w kolejnym rozdziale celów pracy, którymi było: 1) Usystematyzowanie zależności pomiędzy warunkami syntezy a właściwościami fizykochemicznymi g-C₃N₄, 2) Wyjaśnienie kontrowersji związanych z interpretacją widm XPS i rentgenogramów g-C₃N₄, 3) Uzyskanie katalizatora o możliwie wysokiej aktywności fotokatalitycznej.

Najistotniejszą część rozprawy stanowi kolejny rozdział zatytułowany *Omówienie wyników*, poświęcony omówieniu poszczególnych publikacji stanowiących cykl.

Pierwsza publikacja [D1] poświęcona jest otrzymywaniu g-C₃N₄ z różnych substratów (mocznik, tiomocznik, dicyjanodiamid, melamina) oraz analizie wpływu zmiennych parametrów otrzymywania (temperatura prowadzenia procesu i szybkości jej narostu, czas kondensacji) na własności fizykochemiczne otrzymywanych materiałów. Inspiracją do podjęcia tak szeroko zakrojonych, a co za tym idzie czasochłonnych, badań przeglądowych były stwierdzone na podstawie przeglądu literaturowego braki, czy też rozbieżności dotyczące kompleksowej analizy wpływu wymienionych powyżej czynników. Uważam takie podejście za bardzo rozsądne gdyż pozwoliło na wyselekcjonowanie najbardziej perspektywicznych substratów oraz parametrów prowadzenia procesu otrzymywania g-C₃N₄, co w dłuższej perspektywie oszczędziło wiele czasu. W następnej kolejności wykonano charakterystykę składu chemicznego (analiza elementarna, XPS), struktury (XRD, FTIR, XPS), mikrostruktury (SEM, BET/BJH) oraz własności fizykochemicznych (UV-vis, DTG, testy fotokatalityczne) materiałów otrzymanych w wyselekcjonowanych wcześniej warunkach. Na podstawie przeprowadzonych badań mikrostruktury i struktury stwierdzono, że każdorazowo otrzymano azotek węgla o strukturze melonu. Wykazano ciekawą zależność pomiędzy zmianą odległości międzywarstwowych a wartością przerwy energetycznej, co jest istotne z punktu widzenia aktywności fotokatalitycznej otrzymywanych materiałów. Przeprowadzone testy katalityczne w reakcji fotorozkładu mieszaniny woda/metanol wykazały przydatność otrzymanych materiałów z punktu widzenia otrzymywania wodoru zwłaszcza, że potwierdzona selektywność każdorazowo wynosiła powyżej 97%. Oczywiście wiele do życzenia pozostawia wydajność całego procesu która jest limitowana zbyt szybką rekombinacją fotoładunków, na którą, jak wykazały badania, decydujący wpływ ma wielkość powierzchni właściwej oraz ewentualna obecność dodatkowych metali – dane literaturowe. Modyfikacja własności fotokatalitycznych g-C₃N₄ poprzez wprowadzenie dodatkowych metali jest znana i jak wskazują dane literaturowe pozwala na wychwytywanie wzbudzonych elektronów

i wygaszanie procesu rekombinacji elektron-dziura, czyli ograniczenie jednego z głównych czynników decydujących o niezadawalającej aktywności fotokatalitycznej g-C₃N₄.

Temu zagadnieniu tj. analizie wpływu obecności odpowiednio wyselekcjonowanych metali na własności fotokatalityczne otrzymanych materiałów poświęcona jest kolejna praca [D2]. Aby tego dokonać na bazie wybranego wcześniej prekursora tj. dicyjanodiamidu otrzymano cały szereg katalizatorów z dodatkiem 0,5 i 1% wag Pt, Ru, i Ir. Przeprowadzona analiza przy linii 365 nm wykazała ponad dwudziestokrotny wzrost własności fotokatalitycznych otrzymanych katalizatorów z dodatkiem metali w stosunku do wyjściowego azotku węgla. Co istotne Autorka nie pozostawiła nas z tą wspaniałą lecz surową wiadomością ale pokusiła się o precyzyjne wytłumaczenie zaobserwowanego zjawiska. W tym celu przeprowadziła charakterystykę własności fizykochemicznych otrzymanych materiałów - XRD, SEM, TEM, UV-vis, XPS. Przeprowadzone tak szeroko zakrojone badania pozwoliły na precyzyjne określenie zmian w strukturze i mikrostrukturze azotku węgla wywołane wprowadzeniem metali oraz wykazanie ich korzystnego wpływu na opóźnienie procesu rekombinacji elektronów z dziurami.

Realizując tą część rozprawy Autorka zauważyła w literaturze ogromne kontrowersje związane z interpretacją widm XPS oraz rentgenogramów różnych form azotku węgla. Kontrowersje te dotyczą w szczególności widm azotu N1s w XPS oraz określenia uporządkowania na podstawie rentgenogramów. Rozwianiu tych wątpliwości poświęcona jest trzecia praca cyklu [D3]. Przeprowadzona analiza literatury oraz badania na własnych próbkach pozwoliły Autorce na jednoznaczne powiązanie poszczególnych sygnałów na widmach XPS z odpowiednimi ugrupowaniami. W tym zakresie praca ta jest niezwykle cenna dla kolejnych „miłośników” azotku węgla gdyż poza jasnym i klarownym sposobem interpretacji widm wskazuje również główne źródła błędów popełnianych przy interpretacji widm XPS. Podobna sytuacja dotyczy interpretacji rentgenogramów i określania na ich podstawie formy otrzymanego azotku węgla.

Zauważona przez Doktorantkę skokowa zmiana powierzchni właściwej azotku węgla domieszkowanego metalami, redukowanego w temperaturze 300 °C stała się inspiracją do podjęcia systematycznych prac związanych z tym zjawiskiem. Dokonania w tym zakresie zostały zawarte w patencie nr 240935 „Sposób syntezy azotku węgla o wysokiej powierzchni właściwej” (pozycja D4 w cyklu) oraz szczegółowo przeanalizowane od strony naukowej w układzie z platyną i rutenem w kolejnej publikacji wchodzącej w skład cyklu [D5]. Należy zaznaczyć, że zwiększenie powierzchni właściwej grafitopodobnego azotku węgla jest kluczowe z punktu widzenia jego praktycznego wykorzystania we wspomnianej już wielokrotnie fotokatalizie czy sorpcji. W przedstawionym patencie Autorka wykazała, że stosunkowo prostą metodą tj. poprzez wygrzewanie g-C₃N₄ z dodatkiem różnych metali (Ru, Pt, Ni, Pd, Co, Fe) w temperaturze rzędu 400-500 °C w atmosferze wodoru możliwe jest zwiększenie jego powierzchni do ok. 400 m²g⁻¹. Co niemniej istotne Autorka, znów, nie pozostawiła zaobserwowanego efektu jako zwykłej obserwacji, ale pokusiła się o wytłumaczenie zauważonego zjawiska. Na podstawie szczegółowych badań struktury i mikrostruktury otrzymanych materiałów w tym z użyciem metod łączonych (TPR-MAS, TPR-FTIR) Autorka w przekonujący sposób powiązała wzrost powierzchni właściwej g-C₃N₄ z tzw. drażeniem tuneli i co niemniej istotne określiła całym „chemizm” zachodzących procesów. W tym miejscu pozostaje mi tylko zgodzić się z Autorką, że ta część dysertacji jest największym Jej osiągnięciem naukowym. W moim przekonaniu w stosunku do badań nad g-C₃N₄ jest to niewątpliwie odkrycie naukowe.

Oceniając całość pracy należy stwierdzić, że stanowi ona bardzo oryginalne, głęboko przemyślane i całościowe podejście do otrzymywania oraz charakterystyki grafitopodobnego azotku węgla. Sposób przedstawienia wyników badań oraz ich interpretacja wskazują na bardzo dobre przygotowanie Doktorantki zarówno w zakresie chemii jak i fizyki. Szczegółowy opis przeprowadzonych eksperymentów i bardzo klarowny sposób interpretacji uzyskanych wyników badań stawia recenzenta w kłopotliwej sytuacji, gdyż trudno z nimi polemizować, zwłaszcza że, zostały one już zrecenzowane przez niezależnych recenzentów powołanych przez Edytorów

poszczególnych czasopism. W tym miejscu chciałbym również podkreślić zarówno walory naukowe jak i użyteczne pracy.

Recenzowano pracę, jak każda tego typu praca, zawiera oczywiście kilka drobnych wad i niezręcznych sformułowań. Z poważniejszych uwag merytorycznych i polemicznych wymieniałbym następujące:

1) Mam zastrzeżenia co do formy zredagowania celów pracy. Na stronie 27 czytamy „*Celem, jaki postawiono niniejszej pracy, było dołożenie niewielkiej cegiełki do gmachu stale rozwijającej się nauki o azotku węgla*”. W moim przekonaniu nie powinno się używać takich ogólników. Oczywiście w dalszej części rozdziału można „wyłowić” cele niniejszej pracy ale nie jest to zrobione w jednoznaczny i czytelny sposób.

2) Strony 30 i 31. Co Autorka rozumie pod pojęciami:

Charakterystyki fizycznej?, Bardziej krystalicznej struktury?, Materiał jest delikatniejszy?

3) Czy analizując strukturę g-C₃N₄ wykonano badania Ramana? Z uwagi na silnie kowalencyjne wiązania C-N takie badania mogłyby dostarczyć dodatkowych cennych informacji.

4) Co Autorka rozumie pod pojęciem struktury i mikrostruktury? W pracy pojęcia te są niekiedy używane zamiennie, a w moim przekonaniu nie są tożsame.

5) Na stronie 35 czytamy „*Zawartości azotu, węgla i wodoru w katalizatorach są zbliżone do wyjściowego azotku węgla. Jednak zauważalna jest wyraźna różnica w zawartości azotu, którego katalizatory zawierają mniej (Table 2)*” mam wrażenie, że Autorka w drugim zdaniu zaprzecza temu o czym pisze w pierwszym.

6) Strona 35. Autorka stwierdza, że „*Dodatek metalu zwiększa wielkość przerwy energetycznej, co wynika ze spadku uporządkowania struktury azotku węgla*”. Brakuje mi w tym miejscu wytłumaczenia na jakiej podstawie wyciągnięto wniosek o spadku uporządkowania struktury.

7) W pracy nie znalazłem żadnego wytłumaczenia czym kierowała się Autorka przy doborze metali wykorzystanych do zwiększenia powierzchni właściwej g-C₃N₄.

8) Przedstawione na stronie 43 zmiany strukturalne azotku węgla powinny być poszerzone o badania spektroskopią Ramana. Autorka wspomina tam o „*wzroście ilości*

zdefektowanego węgla” – z tego punktu widzenia spektroskopia Ramana jest idealną metodą, gdyż na podstawie stosunku tzw. pasm D i G można z dużą precyzją określić strukturę fazy węglowej. Co więcej, takie badania można wykonać *in situ* w kontrolowanej temperaturze i atmosferze.

Wymienione przeze mnie drobne potknięcia w żadnym stopniu nie umniejszają mojej bardzo wysokiej oceny recenzowanej pracy. Należy również podkreślić bogaty, jak na ten etap kariery naukowej, dorobek naukowy Pani mgr Emilii Alwin-Goździk, na który składa się osiem publikacji w renomowanych czasopismach naukowych oraz aż trzy patenty. A o jakości opublikowanych prac dobitnie świadczy fakt, że mimo ich „młodego wieku” w niektórych przypadkach mogą już poszczycić się kilkudziesięcioma cytowaniami.

3. Wniosek końcowy

Opiniowana praca oczywiście spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez ustawę 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) i na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Emilii Alwin-Goździk do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie z uwagi na bardzo wysoki poziom naukowy recenzowanej rozprawy, jej aspekt użytkowy oraz nieprzeciętny dorobek naukowy Doktorantki, zgłaszam wniosek o jej wyróżnienie.

Siten Monij

Prof. dr hab. inż. Maciej Sitarz

Kraków 19.12.2022

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
Katedra Chemii Krzemianów i Związków Wielkocząsteczkowych
30-059 Kraków
Al. Mickiewicza 30

Uzasadnienie wyróżnienia rozprawy doktorskiej mgr Emilii Alwin-Goździk pt.

„Wpływ warunków syntezy i modyfikacji metalami na strukturę i właściwości fotokatalityczne grafitopodobnego azotku węgla”

Rozprawa doktorska Pani mgr Emilii Alwin-Goździk poświęcona jest aktualnej i bardzo nośnej, zarówno z naukowego jak i użytkowego punktu widzenia tematyce, związanej z poszukiwaniem stabilnych termicznie i chemicznie katalizatorów do otrzymywania wodoru na drodze fotorozkładu wody. Przedstawiony w dysertacji przegląd literatury związany z tematyką rozprawy pozwala bardzo łatwo zrozumieć czym kierowała się Autorka przy wyborze grafitopodobnego azotku węgla jako potencjalnego katalizatora do fotorozkładu wody. Niewątpliwe zalety grafitopodobnego azotku węgla tj. jego niezwykła odporność termiczna i chemiczna oraz stosunkowo mała przerwa energetyczna czynią go niemal idealnym kandydatem do wykorzystania w charakterze fotokatalizatora przy rozkładzie wody i to w dodatku z użyciem światła widzialnego. Biorąc to wszystko pod uwagę Autorka zaplanowała i przeprowadziła kompleksowe badania związane w pierwszej kolejności z otrzymywaniem grafitopodobnego azotku węgla na bazie różnorodnych substratów organicznych. Szeroko zaplanowane badania pozwoliły na wytypowanie optymalnych prekursorów pozwalających na otrzymanie zaprojektowanych materiałów z zadawalającą wydajnością i optymalnymi właściwościami fizykochemicznymi. Następnie w celu poprawy właściwości fizykochemicznych tj. przede wszystkim zwiększenia powierzchni właściwej zaproponowała szereg nowatorskich eksperymentów które pozwoliły na otrzymanie materiałów o ponad dwudziestokrotnie większej powierzchni właściwej. Na szczególne podkreślenie zasługuje twórcze



wykorzystanie tzw. metody drążenia kanałów wykorzystywanej przy otrzymywaniu porowatych materiałów węglowych. Co najistotniejsze w tym względzie, Autorka w jasny i przekonujący sposób wyjaśniła „chemizm” zachodzących procesów co wymagało przeprowadzenia wielu skomplikowanych badań i wnikliwej korelacji uzyskanych wyników. O doniosłości tego odkrycia najdobitniej świadczy fakt, że sposób syntezy azotku węgla o wysokiej powierzchni stał się przedmiotem zastrzeżenia patentowego przyznanego w 2022 roku, którego Pani Emilia Alwin-Goździk jest pierwszym Autorem.

Niewątpliwym atutem Pani Emilii Alwin-Goździk jest umiejętność łączenia badań stricte naukowych z utylitarnym wykorzystaniem otrzymywanych materiałów. Jest to niezmiernie cenne i wpisuje się doskonale w obecne trendy jak powinna wyglądać praca naukowca tj. łączyć aspekty naukowe z utylitarnymi. Na szczególne podkreślenie zasługuje również wspomniana już umiejętność logicznej i przejrzystej korelacji wyników badań przeprowadzonych różnymi metodami, co jednoznacznie wskazuje na doskonale przygotowanie Doktorantki zarówno w zakresie chemii jak i fizyki. O jakości prowadzonych przez Panią Emilię Alwin-Goździk prac dobitnie świadczy Jej dorobek naukowy składający się z ośmiu publikacji w renomowanych czasopismach naukowych o wysokim współczynniku wpływu oraz współautorstwo aż trzech patentów. Warto również zauważyć, że jej badania znajdują duży oddźwięk w literaturze. Jej prace pomimo „młodego wieku” są często (niekiedy nawet kilkudziesięciokrotnie) cytowane przez innych naukowców.

Biorąc to wszystko pod uwagę tj. wysoki poziom naukowy pracy, jej aspekt naukowy i utylitarny oraz bogaty jak na ten etap kariery naukowej dorobek Doktorantki, nie mam najmniejszych wątpliwości co do złożenia wniosku o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Silvia Baci