



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Chemii



Prof. dr hab. Beata Krasnodębska-Ostręga
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego
Pracownia Chemii Analitycznej Stosowanej
ul. Pasteura 1, 02-093 Warszawa
Tel: (22) 5526375,
bekras@chem.uw.edu.pl

24 marzec 2023 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Jacka Sikorskiego

***”Platforma analityczna oparta na technikach spektroskopowych do charakteryzowania
supermagnetycznych nanocząstek tlenku żelaza(II, III)
ukierunkowanych na transport do komórek nowotworowych”***

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jacka Sikorskiego została złożona w postaci książki wydanej przez Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej. Praca ta została wykonana i opisana pod kierunkiem Pani dr inż. hab. Magdaleny Matczuk z Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. Jest ona napisana w układzie wprowadzenia do tzw. spójnego tematycznie zbioru opublikowanych artykułów naukowych, co jest zgodne z ustawą. Jest to komentarz do czterech (4) prac opublikowanych w czasopiśmie o wysokiej propagacji naukowej i spójnych tematycznie, łączących się w logiczną całość.

Większość badań zostało sfinansowane ze środków projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki (2018/29/B/ST4/00178) pt. „Platforma bioanalityczna oparta na tandemowej spektrometrii mas do charakteryzowania superparamagnetycznych nanocząstek o potencjalnym zastosowaniu medycznym”. Kierownikiem grantu był prof. dr hab. Maciej Jarosz.

Zgodnie z danymi załączonymi do rozprawy stwierdzam, że Doktorant jest współautorem czterech (4.) wielo-autorskich publikacji naukowych, gdzie jest od 3 do 7 autorów. Należy podkreślić, że przy tego typu badaniach wsparcie specjalistów jest niezbędne i jak najbardziej na miejscu. Współautorzy złożyli oświadczenia dotyczące ich udziału w pracach nad manuskryptami.



W publikacjach wydanych pomiędzy rokiem 2020 a 2021 Pan Sikorski zadeklarował udział w eksperymentach, pisaniu pierwszej wersji manuskryptów oraz tworzenie tabel i rysunków. W pracach opublikowanych w roku 2022 udział Doktoranta zwiększa się, bierze On czynny udział w tworzeniu wersji tekstu, która ostatecznie się ukazuje w czasopiśmie. W trzech (3) pracach jest pierwszym autorem. Publikacje charakteryzują się wysokim stopniem propagacji, średni IF wynosi 4,7. Praca opublikowana w *Analytical and Bioanalytical Chemistry* ma już 8 cytowań bez własnych (*dane Scopus z 10.03.2023*), zaś w *Applied Spectroscopy* i *International Journal of Molecular Sciences* odpowiednio, 1 i 2 obce cytowania. Dwie (2) prace opublikowane w wydawnictwie MDPI w 2022 roku to prace dostępne w systemie *open access* z 140 tzw. punktami ministerialnymi (*dane Punktowa ocena czasopism naukowych od 21.12.2021*). Pan mgr inż. Jacek Sikorski wyprowadzając wnioski oparła się na własnych eksperymentach, jak i wynikach dr inż. Macieja Trzaskowskiego oraz dr inż. Marcina Drozda. Badania były powiązane z pomiarami i interpretacjami wyników uzyskanych techniką mikroskopii elektronowej oraz potencjału zeta dla nanocząstek syntezowanych przez Doktoranta oraz dr inż. Marcina Drozda. Pan mgr inż. Sikorski współpracował z dwoma dyplomantami, których prace dyplomowe z ramienia Politechniki Warszawskiej prowadziła Pani dr inż. hab. Magdalena Matczuk. Dlatego mogę stwierdzić, że, Doktorant nabył umiejętność samodzielnego, jak i zespołowego prowadzenia pracy naukowej.

Tematyka badawcza recenzowanej rozprawy doktorskiej mieści się doskonale w nurcie publikacji naukowych związanych z obecnością chemii analitycznej w badaniach powiązanych z terapią chorób nowotworowych. Bez dobrze dobranych i walidowanych procedur analitycznych nie będzie poprawnych/rzetelnych danych do oceny, tak jak w tym przypadku np. efektywności transportu substancji oddziaływujących z komórkami rakowymi w celu opracowywania bezpieczniejszych metod leczenia nowotworów. Decyzja o uznaniu nanocząstek zbudowanych z magnetytu, jako obiecujące materiały do zastosowań przeciwbakteryjnych, jak i ich biokompatybilność spowodowało znaczne zainteresowanie tymi wyjątkowym nanomateriałem. Ich rozmiar czyli poniżej 30 nm i ich „supermagentyczności” wpisują się w „terapeutyczny” zakres nanomateriałów, czyli większe od 6 nm i mniejsze od 200 nm. Dlatego ich synteza, wydajność ich modyfikacji oraz drogi transportu w ludzkim ciele powinny być określane i badane. Niekorzystne zmiany we właściwościach chemicznych i fizycznych mogą nastąpić po kontakcie wytworzonych SPIONs z matrycą krwi ludzkiej, czyli w obecności białek, wytworzenie „korony białkowej” oraz aktywności systemu immunologicznego, czyli aktywnemu usunięciu tych cząstek z organizmu za nim spełnią swoją funkcję terapeutyczną.



Dane literaturowe wskazują, że można wpłynąć na te efekty związane z otoczką białkową. Dlatego w badaniach przedklinicznych warto to zweryfikować, określić jakościowe i ilościowe zmiany w korelacji z składem krwi. W tym miejscu pojawia się problem zbadania selektywności, transformacji, skuteczności i jakości ich modyfikacji związkami naturalnymi tj. albuminą lub/i transferyną. Co jest opisane w niniejszej rozprawie. Za istotne uważam włącznie w metodykę rozwiązywania problemu badawczego spektrofotometrii UV-Vis. Technika ta jest powszechnie używana i nie wymaga znacznych nakładów pracy ludzkiej i finansowych, dlatego wydaje się być to ważne w rozległych badaniach przedklinicznych, jak i klinicznych.

Oceniając opublikowane prace naukowe oraz wprowadzenie do nich w formie rozprawy wyrażę opinię, co do poszczególnych rozdziałów w sekwencji tożsamej z ich pojawiania się w tekście.

Pierwsze strony to *Streszczenie* rozprawy doktorskiej w języku polskim i angielskim a następnie spis treści i spis publikacji, będących podstawą rozprawy. Drugi rozdział, *Wstęp* jest zilustrowany schematami i rysunkami głównie pochodzącymi z prac cytowanych w publikacjach i rozprawie. Doktorant zadbał o zgody właścicieli praw autorskich np. Rys. 5 lub wskazał to w formie cytowania np. Rys. 6. Ten *Wstęp*, który zawiera ogólne acz szerokie (18 stron) przedstawienie szeregu zagadnień takich jak, choroby nowotworowe, miejsce nanocząstek w medycynie, supermagnetyczność nanocząstek cząstek magneytu i ich zastosowania w nowoczesnej medycynie. Wydaje się być interesujące włączenie SPIOs w nowoczesną, mniej inwazyjną (obniżone skutki uboczne) zaawansowaną chemoterapię o zdefiniowanych celach i sposobach uwalniania „leku”. Aby powyższe zastosowania mogły być wdrożone odpowiednia synteza SPIONs jest wymagana. Sposoby wytworzenia są różne i można podzielić je na fizyczne, biologiczne i chemiczne. Istotnym elementem jest modyfikacja oraz funkcjonalizacja powierzchni tlenkowego rdzenia, co było też ważne w recenzowanej rozprawie, szczególnie z perspektywy biokompatybilności z organizmem ludzkim. Nieodłącznym elementem ww. zjawisk jest ocena parametrów fizyko-chemicznych SPIONs po kontakcie z matrycą krwi, czyli medium, w którym odbywa się bierny lub aktywny transport tych sfunkcjonalizowanych nanocząstek. Tu zwykle dominujące są pomiary technikami z grupy ogólnie nazywanej rentgenograficznymi. Następnie opisano istotę zapobiegania i tworzenia „korony białkowej” mogącej ograniczyć funkcyjność tych cząstek, czyli obniżyć skuteczność leczenia nowotworów i skomplikować badania kliniczne. To zapobieganie/ograniczanie musi być oparte na wiedzy o tym zjawisku i obserwacji dynamicznych zmian tej otoczki. Pojawia się także opis technik wykorzystywanych ww. badania w ramach tej rozprawy, czyli wysoce sprawnych technik rozdzielania



takich jak, elektroforeza kapilarna, czy wysokosprawna chromatografia cieczowa z odpowiednimi detektorami. Dowiadujemy się, że rozdzielanie wspomagane polem elektrycznym miała już swój zastosowanie w analizie SPIONs. Przy czym zastosowano detektorem UV-Vis. W kolejnych dwóch (2) podrozdziałach omówiono wady i zalety spektrometrii mas z plazmą indukcyjnie sprzężoną i sposoby ograniczania błędów pomiaru Fe w obecności związków bogatych w siarkę. Doktorant wskazuje tu rozwiązanie, czyli zastosowanie tandemowej spektrometrii mas. Wskazuje inne aplikacje połączenie elektroforezy z detekcją ICP-MS/MS oraz fakt, że układ ten pomiarowy wymaga doświadczenia operatora. W tym fragmencie rozprawy widać, że Doktorant prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną z zakresu chemii analitycznej i podstawy wiedzy farmakologicznej powiązanej z tematem rozprawy.

Trzeci rozdział to *Cel* pracy. Po początkowym powtórzeniu/uzasadnieniu podjętych badań sformułowane jest główne zadanie Doktoranta. Czyli opracowanie (cyt.) „nowoczesnych metodyk analitycznych opartych na technikach spektroskopowych umożliwiających charakteryzowanie superparamagnetycznych nanocząstek.” Chciałam wyrazić swoje wątpliwości, czy można mówić o liczbie mnogiej w tym przypadku. Gdyż *metodyka* sama z siebie jest zbiorem wystandaryzowanych wielu metod, w tym przypadku metod analitycznych skupiających się na rozwiązaniu problemu, jaki jest (cyt.) „charakteryzowanie SPIONs o potencjalnych zastosowaniach terapeutycznych i badanie ich oddziaływań z białkowymi składnikami surowicy krwi ludzkiej”. Cele pośrednie to weryfikacja dwóch hipotez badawczych. Pierwsza dotyczyła możliwości zastosowania wcześniej opracowanej metody oznaczania komercyjnie dostępnych superparamagnetycznych nanocząstek tlenku żelaza techniką elektroforezy z detekcją na bazie tandemowej spektrometrii mas po jonizacji w plazmie. Pan Sikorski chciał ocenił stosowalność w analizie nanocząstek modyfikowanych, tak aby można było kierować transportem do nowotworowych komórek. Druga hipoteza dotyczyła włączenia spektrofotometrii z zakresu UV-Vis do badania zmian selektywności domieszkowanych nanocząstek magnezytu Cu. Choć sformułowanie (cyt.) „co stanowiłoby skuteczną metodę weryfikacji ich efektywnego kierunkowania na cele nowotworowe w przyszłości.” Nie jest dla mnie jasne i zbyt ogólne w kontekście rozprawy.

Zaproponowanie złożonych, jak prostych narzędzi analitycznych jest bardzo cenne, szczególnie w długich i kosztownych badaniach przedklinicznych, jak i weryfikacji podczas klinicznych. Jednak nie rozumiem, co to jest (cyt.) „platforma analityczna”. Platforma analityczna kojarzy mi się, z miejscem i sposobem cyfryzacji, rozumiem w tym przypadku chodzi o zestaw



różnych technik dających uzupełniające się informacji niezbędne do badań przedklinicznych dotyczących transportu modyfikowanych nanaocząstek i ich efektywności.

Część *Doświadczalna* (20 stron) to opis skróconej wersji wyników nazwanych przez Autora *Przewodnikiem* po publikacjach. Chciałabym, aby wyjaśniono co rozumiane jest przez sformułowanie (cyt.) „Podczas pierwszego etapu badań wykorzystano komercyjnie dostępne SPIONs, by zoptymalizować niezbędne metodyki analityczne służące ich monitorowaniu.”. Czy chodzi tu o ocenę skuteczności transportu, trwałości modyfikacji albuminą i transferyną, czy i także oddziaływania z surowicą krwi ?

Analizy złożonym układem analitycznym, opartym na rozdzielaniu elektroforetycznym w warunkach maksymalnie imitujących ciało ludzkie tj. temperatura, czy pH i aktywność buforu były w mojej ocenie trafne. Detekcja jonów ^{32}S oraz ^{56}Fe w połączeniu z tlenem (izotop ^{16}O) na bazie analizy pierwiastkowej tandemową spektrometrią mas po wzbudzeniu w plazmie stała się możliwa w wyniku zastosowania komory kolizyjnej z tlenem, jako gazem reakcyjnym oraz eliminacji źródeł S innych niż białka (np. dobranie odpowiednie odczynników). Układ ten wskazał na modyfikację koroną białkową nanocząstek magnetytu, co było opisane w pracy określonej jako P1. Słabo jednak sprawdzał się w mieszaninach białek. Praca P1 to opis opracowania procedury analitycznej z zastawianiem elektroforezy kapilarnej połączonej z detekcją opartej ICP-MS/MS dla komercyjnie dostępnych cząstek SPOINs.

Na stronie 37 opisano występowanie wyraźnie rejestrowanego niezidentyfikowanego sygnału pochodzącego od związku/układu bez wątplenia zawierającego siarkę, ale rysunek P1-4 wskazuje, że przy tym samym czasie jest także nieznaczny sygnał od jonu o masie 72 zawierający Fe. Pole powierzchni, jak i wysokość tego sygnału jest różna dla układu z albuminą i transferyną (Rys. 1 str. 38). Czy tłumaczenie zanieczyszczeniem fosforanów użytych, jako matryca buforu podczas inkubacji jest wystarczające? Jak zauważył Pan Sikorski, aż tak powtarzalnie i konsekwentnie. Może należy pracować w takiej sytuacji w sekcji z nawiewem oczyszczonego powietrza? A może było to efektem oddziaływania buforu z nanocząstkami zmodyfikowanych białkami, czy to wykluczono? Czy i jak proces inkubacji mogło wpłynąć na wyniki i interakcję oddziaływań SPOINs z modyfikatorami w wyniku obecności znacznych zawartości jonów fosforanowych? Jestem ciekawa opinii Doktoranta, jak chciałby uzyskać „odpowiedzieć na te pytania eksperymentalnie”.

Kolejnym etapem badań była re- optymalizacja układu rozdzielającego (CE), jak i parametrów pracy detektora (ICP-MS/MS). Dokładnie został opisany zakres nowej optymalizacji i jej efekty w publikacji oznaczanej P4. Tu obiektem badań były syntezowane SPIONs we współpracy Doktoranta o



znacznie lepszych właściwościach magnetycznych. Oparto to na porównaniu wartości stosunku sygnału od analitu i tzw. szumów a także znacznej modyfikacji warstw elektroforetycznych i składu buforu separacyjnego. Sprawdzano rozdzielanie elementów próbki z użyciem buforów wiodących i zatrzymujących. Jednak nie opisano ani nie wskazano, gdzie są wyniki prób wdrożenia izotachoforezy, o czym wspomniano na str. 40. Czy rozważano modyfikację wewnętrznych ścian stosowanych kapilar, tak aby nie były obciążone ładunkiem? (ad. str. 40 i 48)

Jeszcze raz chciałam podkreślić, że przy tego typu badaniach wsparcie specjalistów jest niezbędne i jak najbardziej na miejscu. Pan Sikorski we współpracy z Panem Doktorem Drozdem zajął się opracowaniem syntezy nanocząstek o cechach supermagnetycznych. Co opisano w publikacji nazwanej P2. We współpracy z Doktorem Trzaskowskim je scharakteryzował z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej, co jest istotne, aby określić ich potencjał do bycia super-magnetycznymi. Ciekawa jestem czy oczyszczano materiał do badań poprzez przyłożenie magnezu? – patrz rysunek P2-3. W treści rozprawy podano wartość średnicy nanocząstek, jako (cyt.) „średnia” i zapisano jako $8,34 \text{ nm} \pm 1,78 \text{ nm}$. Raczej bym się przychyliła do zapisu $8,3 \pm 1,8 \text{ nm}$. W dalszej części tekstu wskazano, że średnia wartość ziaren magnetytu po domieszkowaniu nieznacznym dodatkiem Cu zwiększyła ją do $9,12 \text{ nm}$. Zgadzam się z komentarzem w pracy, że jest jedynie nieznacznie zauważalny wzrost tej wartości. Wartość tej średniej podana w publikacji to $9,12 \pm 1,93 \text{ nm}$, choć raczej $9,1 \pm 1,9$. Jednak w mojej ocenie porównanie może być robione dopiero na poziomie rozdzielczości informacji, jakie niesie uzyskany obraz. Co reprezentują te zapisy w tekście, czyli średnia z SD, czy zakres najczęściej występujących ziaren? Czy uzyskiwano w tym przypadku dokładność pomiaru na poziomie $0,01 \text{ nm}$, czy informacji, jaki niesie ten pomiar? Rozumiem, że podczas wykorzystywania optycznej emisyjnej spektrometrii do określenia zawartości Cu i Au w cząstkach syntezowanych wzbudzenie było elektrotermalne. W mojej ocenie dodatkowe włączenie spektrometrii UV-Vis do tych badań jest cenne, poświęcona jest temu praca nazwana P2. A urokliwe w swojej prostocie eksperymenty te potwierdziły udział Cu w badanych procesach.

Publikacja P3 dotyczyła wykorzystania techniki tandemowej spektrometrii mas w trybie pojedynczej cząstki z komorą reakcyjno-kolizyjną we wskazaniu efektu modyfikacji białkami SPIONs, jako pomiaru (cyt.) „obniżenia stopnia aglomeracji wyżej wskazanych cząstek”. Scharakteryzowano nanocząstki zsyntezowane przez Autora recenzowanej rozprawy doktorskiej. Niestety naturalne tworzenie aglomeratów ograniczyło stosowalność tej techniki do analizy. Wymagało to zmiany podejścia do syntezy, gdyż o ile dobrze zrozumiałam, obecne cząsteczki miały wymiary około $8\text{-}9 \text{ nm}$, co w przypadku techniki spektrometrii mas w trybie zliczania pojedynczych



cząstek jest to poniżej nawet teoretycznej wartości granicy określenia minimalnego rozmiaru (LOSD > 10 nm). Nie dziwi więc, że nawet uzyskanie większych nanocząstek (około 17 nm) nic nie dało. Wydaje mi się, że SPOINs powinny być większe od 30 nm, aby być pewnym uzyskanych rozkładów mas cząstek, przy tak złożonej matrycy. Jednak technika ta pośrednio, poprzez porównanie histogramów rozkładu wielkości nanocząstek inkubowanych/modyfikowanych w różnych warunkach wskazał fakt ograniczania ich aglomeracji, czyli wskazuje na tworzenie otoczek białkowych. To przesunięcie wielkości może, choć nie wprost wskazywać na zmiany w otoczkach SPIONs w różnych mediach. W publikacji P3, w podrozdziale 3.4 wskazane jest, że elementem przygotowania 0,5 mL próbki do rozdzielnia po inkubacji z surowicą jest ultrafiltracja przez sita 10 kDa, zaś rozprawie jest podana wartość rozdzielnia na poziomie 100 kDa (str. 46), co wydaje się być prawne.

Publikacja P4 opisuje kolejne problemy związane z aplikacją opracowanej techniki oceny zmian nanocząstek syntezowanych według procedur opisanych w P3 w obecności wybranych dwóch (2.) białek. Bez wątplenia podchodzenie krytyczne do własnych badań się chwali. Osobiście uważam, że brak dobrego wyniku to też informacja analityczna. Okazało się, że uzyskanie sensownych danych techniką CE-ICP-MS/MS wymaga zabezpieczania powierzchni i zahamowania aglomeracji. W kolejnym etapie prac, przygotowaniem obiektu badań zajęto się w Katedrze Biotechnologii Medycznej Politechniki Warszawskiej. Były to układy stabilizowane trzema (3.) substancjami organicznymi (glikol polietylenowy, polietylenoimina, cytrynian sodu) oraz układy bez stabilizacji i bez domieszkowania złotem. Dlaczego tu wprowadzono kropki Au a nie domieszkę Cu ? Powszechnie akceptowane do utrwalania wzorców nanaocząstek metali cytryniany okazały się skuteczne i umożliwiały oznaczenia techniką CE-ICP-MS/MS. Niestety nie potwierdziły się pewne efekty modyfikacji SPIONs w obecności/inkubacji albuminy i transferyny uzyskane dla komercyjnie dostępnych cząstek. Oddziaływania były, co najwyżej słabe bo warunkach rozdzielania elektroforetycznego ulegały degradacji. Problemem jest bez wątplenia super-magnetyczności obiektu badań. Pan mgr inż. Sikorski tłumaczy to, w tym ostatnim przypadku, zmianami magnetycznych właściwości analizowanych nanaocząstek zależnie od ich pochodzenia.

Na sam koniec Pan Jacek Sikorski wskazuje kolejne działania, które powinny być wdrożone podczas kontynuacji badań. Bez wątplenia, opracowanie procedur analitycznych opartych o inne techniki rozdzielania i inne techniki detekcji to dobra droga do uzyskania wiarygodnych danych. Co pozwoli włączyć je w metodykę badań. Także wskazał największe osiągnięcia prowadzonych przez Niego badań i innych członków zespołu. Ja uważam za szczególnie ważne wykorzystanie prostej i pewnej techniki, jaką jest spektrometria z zakresu UV-Vis w śledzeniu efektu domieszkowania



SPIONs, a także wykorzystanie techniki sp-ICP-MS/MS do pośredniej oceny modyfikacji i wpływu na aglomerację badanych nanocząstek. Pan Sikorski wykorzystywał nowo opracowane połączenie techniki elektroforetycznego rozdzielania z detekcją ICP-MS/MS w badaniu wytwarzanych układów przez samodzielną syntezę oraz nabytych komercyjnie nanocząstek magnetytu i białek występujące w surowicy krwi.

Koniec wydrukowej rozprawy to rozdział nazwany *Bibliografia*, który zawiera 137 odnośników, gdzie są zamieszczone jedynie cztery (4.) pozycje nie-anglojęzyczne. Chciałam podkreślić, że stanowi to w mojej ocenie rzetelny przegląd literaturowy. Znajdują się tam prace z lat 90. XX wieku, jak i najnowsze, które dojmują w cynowaniach. Są to manuskrypty głównie z zakresu lat opublikowania 2015 – 2022, co podkreśla aktualność i ważność badań Doktoranta.

Pomimo pewnych uwag i zastrzeżeń, które oczywiście mają charakter dyskusyjny, chciałbym wyrazić moje uznanie dla ogromu wykonanej pracy laboratoryjnej. Godne od określenia jest połączenie wielu obszarów badawczych tj. biologii, farmakologii z chemią analityczną.

Moje uwagi edytorskie i stylistyczne, które w formie przykładów wymienię poniżej nie umniejszają walorów merytorycznych rozprawy i nie rzutują na końcowy wniosek. Ogólnie oceniając język rozprawy jest poprawny, choć są drobne błędy językowe (np. „promieniowania ..m.in. Gamma, Rentgena, UV”, czy „zmniejszenie wartości granic wykrywalności”) i logiczne (np. związki azbestu). W mojej ocenie, może w pełni subiektywnej, zwrot „za pomocą” jest nadużywany (np. „modyfikacja powierzchni SPIONs.... za pomocą PEG). Modyfikacje np. SPIONs odbywa się czym i jak, a nie za pomocą. Chciałam zauważyć, że istnieją skróty polskie na granicę wykrywalności i oznaczalności, GW i GO, odpowiednio. Choć mam świadomość, że coraz częściej pojawia się akceptacja do zapisu anglojęzycznego – LOD i LOQ. Jako chemik preferuję jednak zapis stężeń molowych z jednostką zalecaną przez IUPAC, czyli mol L⁻¹. Zdaję sobie sprawę, że zapis jako wielkie M (dla chemika to masa molowa) jest dopuszczalne, szczególnie w czasopismach z pogranicza chemii analitycznej, farmacji i biologii. W tekście pojawiały się skróty np. BGE bez wyjaśnienia. W przypadku CE jest to znany skrót na bufor separacyjny, ale jednak powinno się opisywać chociaż polskie zrozumienie tego anglojęzycznego skrótu. Uwagi powyższe czynię z racji pozycji recenzenta. Nie wydaje mi się konieczne ich wymienianie i dyskutowanie podczas obrony. Ich cel zaistnienia jest ewentualne wykorzystanie w przyszłości.



UNIwersytet
Warszawski

Wydział Chemii



Po zapoznaniu się z treścią rozprawy i publikacji będących jej podstawą mogę stwierdzić, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jacka Sikorskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i w pełni spełnia kryteria ustawowe stawiane rozprawom doktorskim z zakresu nauk chemicznych. Wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do kolejnych etapów procedury oraz publicznej dyskusji nad rozprawą i opublikowanymi wynikami badań w postaci publikacji naukowych.

Beata Krasnodębska-Ostręga