



KM.514.4.2023

Kraków, dnia 5 grudnia 2023 roku

Prof. dr hab. Jolanta Wąs-Gubała
Instytut Ekspertyz Sądowych im. Prof. dra Jana Sehna
w Krakowie

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Stanisława Prusia

zatytułowanej:

Badania zmian ładunku na powierzchni włókna celulozowego w procesach obróbki wstępnej i jego wpływu na wybrane następcze procesy technologiczne

Promotor pracy: dr hab. inż. Piotr Kulpiński, prof. PŁ

Promotor pomocniczy: dr inż. Edyta Matyjas-Zgondek

Dyscyplina naukowa: Inżynieria materiałowa

Praca wykonana w Katedrze Inżynierii Mechanicznej, Informatyki Technicznej i Chemii Materiałów Polimerowych Wydziału Technologii Materiałowych i Wzornictwa Tekstyliów Politechniki Łódzkiej

Podstawa opracowania recenzji: decyzja Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinach inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa, z dnia 15 września 2023 roku oraz pisma Przewodniczącej Rady Pani prof. dr hab. inż. Barbary Błażejczyk-Okolewskiej z dnia 18 września 2023 roku.

Recenzja zawiera uzasadnioną i jednoznaczną ocenę spełnienia przez rozprawę warunków określonych w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.).

1. Forma rozprawy

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Stanisława Prusia ma formę zbioru pięciu opublikowanych artykułów naukowych. Rozprawa doktorska ma jeden, ogólny tytuł i jest manuskryptem o następującej strukturze: strona tytułowa, *Spis treści*, *Streszczenie* (1 strona) w języku polskim (brak streszczenia w języku angielskim), *Wstęp* (8 stron), *Cel pracy* (1 strona), *Publikacje włączone do rozprawy doktorskiej* (2 strony), *Streszczenie artykułów wchodzących w skład rozprawy doktorskiej* (8 stron), *Podsumowanie i perspektywy* (1 strona), *Wnioski i Wykaz*

stosowanych skrótów (1 strona), *Literatura* - 42 pozycje (3 strony). Dalszą część rozprawy stanowią kopie pięciu publikacji wieloautorskich, opracowanych w języku angielskim, zabranych jako: *ARTICLES INCLUDED IN THE PUBLICATION CYCLE OF THE DISSERTATION*, a także oświadczenia Doktoranta i Współautorów o wielkości ich wkładu w powstanie każdej z publikacji: *STATEMENTS OF THE CO-AUTHORS*, co pozostaje w zgodzie z zasadami opracowywania rozprawy doktorskiej w formie zbioru artykułów naukowych. Oświadczenia te zostały potwierdzone odręcznym podpisem Doktoranta i jego Promotora.

Stwierdzam, że przedłożona rozprawa doktorska ma formę zgodną z wymaganą w postępowaniach w przewodach doktorskich. Niemniej, w kontekście obowiązujących przepisów do rozprawy doktorskiej powinno być dodatkowo dołączone streszczenie w języku angielskim.

2. Przedmiot badań przedstawiony w rozprawie doktorskiej i jego zgodność z dyscypliną naukową

Większość operacji technologicznych w chemicznej obróbce włókien celulozowych prowadzi się z użyciem środków chemicznych o charakterze anionowym, co powoduje naturalne oddziaływania odpychające między tymi substancjami a włóknem, którego powierzchnia w środowisku wodnym przyjmuje ładunek ujemny. Badania przedstawione w niniejszej rozprawie doktorskiej dotyczą zagadnień związanych z wpływem wielkości i rodzaju ładunku na powierzchni włókien i materiałów bawełnianych na wybrane operacje technologiczne, prowadzone w etapach wstępnej obróbki alkalicznej i enzymatycznej oraz barwienia barwnikami reaktywnymi.

Pozyskana przez Doktoranta wiedza może pozwolić przewidywać mechanizmy zachodzących reakcji chemicznych, oceniać uzyskiwaną trwałość tworzonych produktów, a także stosownie zaprojektować określone procesy technologiczne. Wykorzystanie tej wiedzy może doprowadzić do zmniejszenia ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska, poprzez eliminację produktów służących do przesunięcia, w oczekiwanym kierunku, równowagi reakcji chemicznych, zachodzących w czasie analizowanych operacji technologicznych.

Wybór przedmiotu badań i problemu badawczego, przedstawionego w recenzowanej rozprawie doktorskiej, uważam za trafny i aktualny z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia, a pozyskana wiedza na temat analizowanych zjawisk i procesów wykazuje potencjał do wykorzystania w skali przemysłowej. Tematyka badawcza rozprawy doktorskiej wchodzi w zakres fizykochemii materiałów polimerowych (jakimi są włókna i materiały włókiennicze) i jest zgodna z dyscypliną naukową: inżynieria materiałowa.

3. Omówienie wyników badań wchodzących w skład rozprawy doktorskiej i ocena wartości merytorycznej rozprawy

Część zasadniczą rozprawy poprzedza wstęp teoretyczny – przegląd literaturowy, w ramach którego mgr inż. Stanisław Prus scharakteryzował włókna celulozowe, w tym grupy funkcyjne celulozy, reaktywność grup hydroksylowych oraz elektrokinetyczne właściwości włókien celulozowych. W odniesieniu do ostatniego z zagadnień odniósł się do dwóch metod pomiarowych, tj. pomiaru potencjału ξ (dzeta) za pomocą urządzenia EKA (Electro Kinetic Analyzer) Anton Paar GmbH oraz pomiaru ładunku powierzchniowego za pomocą urządzenia PCD pH 03 firmy Muetek GmbH. Kolejnym omawianym w część literaturowej zagadnieniem były doniesienia dotyczące modyfikacji celulozy na drodze kationizacji i najczęściej stosowanych w tym celu modyfikatorów, które zgodnie z podsumowaniem dokonany przez Doktoranta, wiążąc się chemicznie lub fizykochemicznie z celulozą nie powinny wpływać niekorzystnie na jej właściwości. Ostatnim z zagadnień omawianych przez Doktoranta na podstawie przeglądu literatury przedmiotu było barwienie włókien celulozowych barwnikami reaktywnymi, które są obecnie jedną z najpopularniejszych grup aplikacyjnych barwników stosowanych w tym celu. Równocześnie ten sposób barwienia bawełny jest uważany za źródło dużych zanieczyszczeń środowiska. Doktorant podkreślił, iż chociaż mechanizm reakcji chemicznego wiązania wszystkich grup barwników reaktywnych z niekationizowaną celulozą jest powszechnie znany, w przypadku barwienia kationizowanych włókien celulozowych tymi barwnikami sposób oraz miejsce wiązania barwników nie jest jednoznacznie określone. Stąd nowatorska hipoteza Doktoranta, zawarta w recenzowanej rozprawie, zakładająca konieczność uwzględnienia wpływu wartości ładunku na powierzchni włókna i gęstości elektronowych na elektroujemnych atomach tlenu i azotu oraz kationowych centrach zdolnych do reakcji jonowych, na przebieg reakcji barwnika z włóknem, zwłaszcza w odniesieniu do kationizowanej bawełny. **Podsumowując tę część rozprawy stwierdzam, że mgr inż. Stanisław Prus potwierdził posiadanie wiedzy teoretycznej w zakresie fizykochemii włókien celulozowych, w tym ich modyfikacji i barwienia, a zagadnienia te wchodzą w zakres dyscypliny naukowej: inżynieria materiałowa.**

Część zasadniczą rozprawy stanowi pięć publikacji, które omówię w chronologicznej kolejności ich ukazywania się w czasopismach naukowych:

Publikacja 1

Stanisław Prus, Piotr Kulpiński, Edyta Matyjas-Zgondek (2019). Changes in the Specific Charge Amount on the Surface of Cotton Fibres during the Alkali Pre-Treatment Process. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 27, 4(136): 30-37. DOI: 10.5604/01.3001.0013.1817

Jest to publikacja wieloautorska, która ukazała się w czasopiśmie naukowym charakteryzującym się istotnym współczynnikiem oddziaływania (IF 0,75), a Doktorant jest jej pierwszym autorem. Zgodnie z załączonym oświadczeniem, procentowy udział Doktoranta w przygotowanie publikacji wyniósł 80%. Do Doktoranta należało: przygotowanie i redakcja manuskryptu, dokonanie przeglądu literatury, analiza i zilustrowanie zebranych danych, przygotowanie warstwy graficznej oraz opracowanie odpowiedzi dla recenzentów i edytorów. Pozostałymi współautorami publikacji byli: Promotor i Promotor pomocniczy recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Doktorant wraz ze współautorami, posiadając wiedzę, iż procesy obróbki wstępnej modyfikują w pewien sposób właściwości włókien bawełny, dokonał oceny wpływu alkalicznej obróbki wstępnej na zmianę wielkości ładunku na powierzchni dzianin bawełnianych. Pomiarów ładunku powierzchniowego dokonano za pomocą urządzenia PCD pH 03 firmy Muetek GmbH. Stwierdzono, że konwencjonalny proces alkalicznej obróbki surowych dzianin bawełnianych przy użyciu wodorotlenku sodu, w obecności niejonowego środka powierzchniowo-czynnego, powoduje zmniejszenie (o prawie 50%) ładunku ujemnego na powierzchni badanych obiektów. Zaobserwowano także ubytek masy i zmianę stopnia bieli, a także zmianę zwilżalności dzianin bawełnianych poddanych wstępnej obróbce alkalicznej. Wyniki przeprowadzonych badań mogą być wykorzystane w skali przemysłowej, np. przy projektowaniu i analizie nowych procesów wykończania (bielenie, barwienie, drukowanie).

Publikacja 2

Stanisław Pruś, Piotr Kulpinski, Edyta Matyjas-Zgondek (2021). Comparison of the effects of the cationisation of raw, bio- and alkali-scoured cotton knitted fabric with different surface charge density. Autex Research Journal, Vol. 21, No 2. DOI: 10.2478/aut-2020-0049

To kolejna publikacja wieloautorska, w czasopiśmie naukowym charakteryzującym się istotnym współczynnikiem oddziaływania (IF 1,375), a Doktorant jest jej pierwszym autorem. Zgodnie z załączonym oświadczeniem, procentowy udział Doktoranta w przygotowanie publikacji wyniósł 80%. Do Doktoranta należało: przeprowadzenie analiz i obliczeń ładunku powierzchniowego, przeprowadzenie pomiarów spektrofotometrycznych, przygotowanie i redakcja manuskryptu, dokonanie przeglądu literatury, analiza i zilustrowanie zebranych danych, przygotowanie warstwy graficznej oraz opracowanie odpowiedzi dla recenzentów i edytorów. Pozostałymi współautorami publikacji byli: Promotor i Promotor pomocniczy recenzowanej rozprawy doktorskiej.

Celem badań zaprezentowanych w omawianej publikacji było porównanie efektów kationizacji dzianin bawełnianych, po obróbce enzymatycznej i alkalicznej, mających różną gęstość ładunku

powierzchniowego. Uzyskano różne efekty końcowe procesu kationizacji bawełny, po obróbce enzymatycznej lub alkalicznej, w tych samych warunkach, z wykorzystaniem chlorku 3-chloro-2-hydroksypropylotrimetylo-amoniowego (CHPTAC). Wyższy stopień kationizacji włókien uzyskano dla materiałów bawełnianych o wyższych wartościach ładunku ujemnego na powierzchni (do oceny wykorzystano urządzenie PCD pH 03 firmy Muetek GmbH oraz metodę miareczkowania odwrotnego „back-titration” z zastosowaniem kationowych i anionowych polielektrolitów). Po procesie kationizacji oszacowano również ubytek masy próbek, zmianę ich stopnia bieli i zwilżalności oraz zawartość azotu w próbkach. Stopień kationizacji próbek oceniono pośrednio spektrofotometrycznie, porównując wartości K/S próbek barwionych barwnikiem kwasowym metalokompleksowym - Acid Yellow 194. Wynioskowano, że w procesie barwienia utworzyło się wiązanie jonowe między grupą czwartorzędową (dodatnią) kationizowanej celulozy i ujemną grupą sulfonową barwnika kwasowego. Zaproponowano równocześnie jeden ze skutecznych sposobów barwienia kationizowanej bawełny.

Publikacja 3

Stanisław Prus, Piotr Kulpiński, Edyta Matyjas-Zgondek, Krzysztof Wojciechowski (2022). Eco-friendly dyeing of cationised cotton with reactive dyes: mechanism of bonding reactive dyes with CHPTAC cationised cellulose. Cellulose, 29(7), 4167–4182. <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04521-w>

Publikacja wieloautorska, w czasopiśmie naukowym charakteryzującym się istotnym współczynnikiem oddziaływania (IF 5,93), opracowana przez Doktoranta w 65%, jako pierwszego autora, do którego należało: przygotowanie koncepcji badań gęstości elektronowej, przeprowadzenie eksperymentów barwienia i ekstrakcji wybarwień, przeprowadzenie pomiarów spektrofotometrycznych, przygotowanie i redakcja manuskryptu, dokonanie przeglądu literatury, analiza i zilustrowanie zebranych danych, przygotowanie warstwy graficznej oraz opracowanie odpowiedzi dla recenzentów i edytorów. Pozostałymi współautorami publikacji byli: Promotor i Promotor pomocniczy recenzowanej rozprawy doktorskiej oraz dr hab. inż. Krzysztof Wojciechowski, reprezentujący Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej.

Przedmiotem publikacji było ekologiczne barwienie kationizowanej bawełny barwnikami reaktywnymi, a badania przeprowadzone przez Doktoranta i Współautorów wykazały, że w kąpeli wodnej o temperaturze pokojowej, bez dodatku soli i alkaliów, barwniki reaktywne tworzą wiązanie chemiczne z grupą hydroksylową należącą do modyfikatora (CHPTAC) używanego do kationizacji celulozy. Ustalono mechanizm wiązania barwników reaktywnych

z celulozą kationizowaną, co może mieć istotny wpływ na trwałości uzyskiwanych wybarwień, a przez to na parametry użytkowe wyrobów włókienniczych.

Publikacja 4

Stanisław Pruś, Piotr Kulpiński, Edyta Matyjas-Zgondek, Krzysztof Wojciechowski, (2022). *Mechanism of Bonding Reactive Dyes with Copolymer (chloromethyl)oxirane-1H-imidazole cationised Cellulose. Materials* (2022), 15, 4664. <https://doi.org/10.3390/ma15134664>

Publikacja wieloautorska, w czasopiśmie naukowym charakteryzującym się istotnym współczynnikiem oddziaływania (IF 3,748), opracowana przez Doktoranta w 70%, jako pierwszego autora, do którego należało: przygotowanie koncepcji badań gęstości elektronowej, przeprowadzenie analizy konstytucyjnej zastosowanego do badań polimeru, przeprowadzenie pomiarów spektrofotometrycznych, przygotowanie i redakcja manuskryptu, dokonanie przeglądu literatury, analiza i zilustrowanie zebranych danych, przygotowanie warstwy graficznej oraz opracowanie odpowiedzi dla recenzentów i edytorów. Pozostałymi współautorami publikacji byli: Promotor i Promotor pomocniczy recenzowanej rozprawy doktorskiej oraz dr hab. inż. Krzysztof Wojciechowski, reprezentujący Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej.

Celem tej publikacji było poznanie mechanizmu wiązania barwników reaktywnych z celulożą kationizowaną kopolimerem (chlorometylo)oksiran-1H-imidazolu. Kopolimer ten jest poliheterocyklicznym liniowym związkiem kationowym, o dużym potencjale komercyjnym ze względu na umiarkowaną substancywność i zadowalającą wydajność reakcji z celulożą w procesie kationizacji. Potwierdzono doświadczalnie, że barwniki reaktywne podczas procesu barwienia bawełny kationizowanej kopolimerem (chlorometylo)oksirano-1H-imidazolem tworzą wiązania kowalencyjne z grupą hydroksylową, znajdującą się w modyfikatorze nie zaś z grupą hydroksylową w pierścieniu glukopiranozy. Zostało to potwierdzone dla wybranych barwników, należących do różnych klas barwników reaktywnych, poprzez hydrolizę kwasowo-zasadową wiązania, ekstrakcję z wykorzystaniem dimetyloformamidu (DMF) oraz analizę gęstości elektronowej.

Publikacja 5

Stanisław Pruś, Piotr Kulpiński, Edyta Matyjas-Zgondek, Joanna Rutowicz & Krzysztof Wojciechowski (2023) *The Light Fastness of the Reactive Dyes on Cationized Cellulose, Journal of Natural Fibers*, 20:2, 2215995. DOI: 10.1080/15440478.2023.2215995

Ostatnia z publikacji wieloautorskich, a równocześnie najnowsza, ukazała się w czasopiśmie naukowym charakteryzującym się istotnym współczynnikiem oddziaływania (IF 3,507) i została opracowana przez Doktoranta, jako pierwszego autora, w 55%. Do zadań Doktoranta należało: selekcja materiałów do badań odporności na światło, przeprowadzenie analizy i dokonanie obliczeń, przygotowanie i redakcja manuskryptu, dokonanie przeglądu literatury, przygotowanie warstwy graficznej oraz opracowanie odpowiedzi dla recenzentów i edytorów. Pozostałymi współautorami publikacji byli: Promotor i Promotor pomocniczy recenzowanej rozprawy doktorskiej, mgr inż. Joanna Rutowicz, reprezentująca Łukasiewicz – Łódzki Instytut Technologiczny oraz dr hab. inż. Krzysztof Wojciechowski, reprezentujący Instytut Inżynierii Środowiska i Instalacji Budowlanych Politechniki Łódzkiej.

W ramach tej publikacji autorzy przeprowadzili badania, wskazujące że rodzaj wiązania, za pomocą którego barwnik reaktywny wiąże się z kationizowaną celulozą wpływa na odporność wybarwień na światło celulozowych wyrobów włókienniczych. Stwierdzili, że w przypadku celulozy kationizowanej odporność na światło barwników reaktywnych była niższa w porównaniu z celulozą niekationizowaną i zależała od rodzaju użytego modyfikatora: chlorku chlorocholiny, chlorku 3-chloro-2-hydroksy-propylotrimetyloamoniowego lub kopolimeru (chlorometylo) oksiran-1H-imidazolu. Dla próbek barwionych tekstyliów o różnej odporności na światło przeanalizowano zmiany gęstości elektronowej wiązań jonowych pomiędzy czwartorzędową grupą modyfikowanej celulozy, a grupą sulfonową barwników reaktywnych.

Podsumowując wyniki badań zaprezentowane w pięciu wieloautorskich artykułach naukowych, które ukazały się w recenzowanych czasopismach naukowych, anglojęzycznych, charakteryzujących się istotnym współczynnikiem oddziaływania, a których pierwszym autorem, o największym procentowym udziale w przygotowaniach publikacji, był Pan mgr inż. Stanisław Pruś, stwierdzam, że są one zbiorem powiązanych tematycznie. Wyniki przeprowadzonych i opisanych w nich badań naukowych stanowią oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W związku z tym **do najważniejszych osiągnięć naukowych rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Stanisława Prusia zaliczam:**

- pokazanie, że obecność ładunku na powierzchni włókien i materiałów bawełnianych jest ważnym parametrem oceny ich właściwości użytkowych;
- ukazanie, jak zmienia się wielkość tego ładunku na poszczególnych etapach obróbki wstępnej tekstyliów bawełnianych, w powiązaniu z innymi parametrami takimi jak: ubytek masy, zmiana stopnia bieli i zwilżalność;
- wykazanie, iż znajomość rodzaju i wielkości ładunku oraz gęstości elektronowej na powierzchni włókien i materiałów bawełnianych pozwala przewidywać mechanizmy

reakcji chemicznych (np. wiązania się barwników reaktywnych z włóknem modyfikowanym), a także oceniać uzyskiwaną trwałość tworzonych produktów, w tym m.in. odporność wybarwień na działanie światła;

- wykazanie, że znajomość wielkości ładunku powierzchniowego może być przydatna przy projektowaniu i optymalizacji procesów technologicznych, takich jak kationizacja, bielenie, barwienie, drukowanie itp.;
- przeprowadzenie badań, których wyniki mogą doprowadzić do znacznego ograniczenia ilości stosowanych produktów, służących do przesunięcia równowagi reakcji chemicznych w procesach obróbki wstępnej i następczych procesach technologicznych, a tym samym do zmniejszenia ilości zanieczyszczeń odprowadzanych do środowiska.

4. Uwagi/pytania/wątpliwości

Poniżej przedstawiam uwagi/pytania/wątpliwości, które nie umniejszają wartości recenzowanej rozprawy doktorskiej, ale nasunęły się podczas zapoznawania się z jej treścią, prosząc równocześnie Doktoranta o ustosunkowanie się do nich:

1. Wielokrotnie w rozprawie pojawiają się wymiennie terminy określające materiały włókiennicze i włókna, np.: *Konsekwencją alkalicznej obróbki wstępnej jest również znaczne zmniejszenie ładunku ujemnego na powierzchni włókna* (str. 16). Pragnę zapytać, czy uzyskane wyniki pomiaru ładunku powierzchniowego, prowadzone dla dzianin i tworzących je nitek/przędz, pozwalają, zdaniem Doktoranta, uznać je za adekwatne dla włókien bawełnianych?
2. Czy stosowane przez Doktoranta wymiennie określenia: *kationizacji bawełny* (str. 12) i *kantonizacja celulozy* (str. 18) można istotnie uznać za synonimy?
3. W pierwszym zdaniu *Wstępu* (str. 5) Doktorant pisze o włóknach bawełnianych, iż: *Stanowią one ponad 40% całkowitego zużycia surowców włókienniczych w przemyśle tekstylnym*. Proszę o wyjaśnienie, jakie dane źródłowe pozwoliły Doktorantowi wyciągnąć taki wniosek?
4. W pracy zdarzają się drobne potknięcia słowne, np. dotyczące nazewnictwa: *Włókno celulozowe bawełniane* (str. 5), czy *włókien i materiałów celulozowych* w odniesieniu do bawełnianych (str. 25) lub innych określeń: *ładunek elektryczny z ujemnego na kationowy* (str. 9), *pełnych ładunków dodatnich* (str. 12), *zanieczyszczenia niecelulozowe* (str. 16). Błędy te nie umniejszają mojej wysokiej oceny całości recenzowanej rozprawy doktorskiej, niemniej prosiłabym o ich sprostowanie, przygotowując prezentację na obronę niniejszej rozprawy.

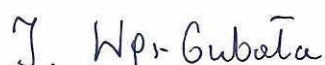
5. Wnioski końcowe

Podsumowując przeprowadzoną ocenę przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej stwierdzam, że jest to praca o wysokiej wartości merytorycznej. Badania zrealizowane w jej trakcie zostały wykonane w sposób rzetelny, a cele pracy zostały osiągnięte. Doktorant dysponuje dużą wiedzą w zakresie objętym tematyką pracy, potrafi samodzielnie formułować problemy badawcze, planować i prowadzić badania oraz wyciągać właściwe wnioski.

Rozprawa doktorska w formie zbioru powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowi spójny zbiór publikacji, będący oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, wykazującym ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Stanisława Prusia spełnia warunki określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789 z późn. zm.) i wnioskuję do Rady ds. Stopni Naukowych Politechniki Łódzkiej w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, inżynieria materiałowa o dopuszczenie Pana mgr inż. Stanisława Prusia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Recenzent



Prof. dr hab. Jolanta Wąs-Gubała