

płk dr hab. inż. Krzysztof Dragan, prof. ITWL

Warszawa, 10.05.2023 r.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

ul. Ks. Bolesława 6

01-494 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartłomieja Przybyszewskiego, n.t. „*Effect of Chemical and Physical Modifications of Polyurethane Coatings on Their Hydrophobic and Icephobic Properties*”.

Podstawa:

Recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej Pani prof. dr hab. inż. Małgorzaty Lewandowskiej, na podstawie pisma z dnia 27 marca 2023 roku.”

1. Ogólna i formalna charakterystyka pracy

W przedstawionej pracy doktorskiej autor przedstawia problematykę związaną z opracowaniem i badaniem powłok hydrofobowych i lodofobowych umożliwiających redukcję procesu powstawania oblodzenia, które w szczególności z uwagi na bezpieczeństwo ludzi i sprzętu istotne jest w transporcie lotniczym. Jednocześnie z uwagi na efektywność pracy elementów oraz obiektów narażonych na powstawanie oblodzenia, tematyka ta ma istotne znaczenie w celu optymalizacji czasu ich eksploatacji oraz skuteczności ich pracy np. w procesach generacji energii elektrycznej w obiektach takich jak łopaty turbin wiatrowych. Ponadto tematyka podjęta w pracy stanowi podstawę do dalszych rozważań związanych z możliwościami wykorzystania takich warstw wszędzie tam, gdzie występowanie oblodzenia lub wody stanowi zagrożenie lub infrastrukturalne obciążenie dla eksploatowanego obiektu. W przypadku konstrukcji lotniczych tematyka oblodzenia i jego wpływ na bezpieczeństwo lotu ma bardzo ważne znaczenie. Ilustruje to między innymi wypadek rządowego śmigłowca Mi-8 który miał miejsce 4 grudnia 2003 r. Istotność podjętej tematyki ma również znaczenie w przypadku zwiększającego się udziału aparatów bezałogowych w szczególności coraz większych mas tych statków powietrznych operujących we wspólnej przestrzeni powietrznej. W przedstawionej pracy autor podjął się tematyki opracowania trwałych powłok hydrofobowych, którą wykonał przez zastosowanie komercyjnie dostępnych powłok poliuretanowych. Powłoki te, autor modyfikował chemicznie poprzez zastosowania związków silanu, fluoru, nanocząstek dwutlenku krzemu. Ponadto powierzchnie te były przygotowywane mechanicznie

poprzez wprowadzenie tekstury metodami wykorzystującymi koherentne źródło światła. Doktorant przedstawia w pracy metodologię badań oraz uzyskane wyniki dotyczące kwantyfikacji wprowadzonych modyfikacji powłok na właściwości hydrofobowe oraz lodofobowe. Ponadto finalnie autor dokonuje oceny wpływu trwałości takich powłok na wybrane parametry atmosferyczne, takie jak: gradienty temperatury, promieniowanie UV, warunki korozyjne oraz cykle temperaturowe.

Przedstawiona przez autora na 175 stronach praca, poza podziękowaniami, streszczeniem w języku polskim i w języku angielskim, wykazem skrótów i symboli, oraz spisem treści, zawiera:

- **Rozdział pierwszy. Wstęp** - w którym autor zawarł wprowadzenie do tematyki wraz z motywacją do realizacji postawionych w pracy zadań. W szczególności doktorant odnosi się do konieczności zastosowania takich warstw w odniesieniu do transportu lotniczego odwołując się m.in. do konieczności stosowania systemów odlodzeniowych.
- **Rozdział drugi. Analiza literaturowa problemu.** W rozdziale przedstawiona jest mechanika powstawania zjawiska oblodzenia, biorąca pod uwagę gradienty temperatury powiązane ze zmianą wysokości barometrycznej. Autor przedstawia klasyfikację oblodzenia: oblodzenie przezroczyste („szkliste”), oblodzenie matowe (mieszane) oraz oblodzenie w postaci szronu. Autor charakteryzuje proces obladzania wraz z przedstawionymi przykładami. W dalszej pracy doktorant wprowadza parametry którymi będzie się posługiwał przy charakteryzowaniu zwilżalności powierzchni i ocenie jej własności hydrofobowych i lodofobowych. Autor wykorzystując teorię Younga wprowadza pojęcie kąta napływu (ACA) i kąta cofania (RCA). Różnica tych dwóch wartości umożliwia charakteryzowanie zwilżalności i hydrofobowości powierzchni i jest określana jako histereza kąta zwilżania. Parametr ten pozwala klasyfikować granicznie powierzchnie jako hydrofilowe lub hydrofobowe. Ponadto autor wprowadza pojęcie kąta spływu (ślizgu) który pomaga również ocenić zachowanie powierzchni w odniesieniu do warstw hydrofobowych. W dalszej części pracy autor wprowadza modele powierzchni (model Wenzel’a oraz Cassie – Baxter’a) pozwalające oceniać zjawisko zwilżalności za pomocą zmian w teksturze powierzchni co ma istotne znaczenie w odniesieniu do dalszych badań związanych z mechanicznym przygotowaniem powierzchni. Autor charakteryzuje zjawisko lodofobowe dla różnych materiałów, co jest istotne pod kątem dalszego stosowania różnych związków chemicznych. Doktorant przedstawia mechanizm powstawania oblodzenia dla powierzchni o różnej teksturze, wprowadzając kolejny parametr analityczny jakim jest czas zamarzania – istotny dla oceny zjawiska.

Zjawisko obładzania jest procesem cyklicznym. Autor pracy dostrzega konieczność uwzględnienia tego elementu opisując metodologię pomiaru zmian własności struktur z uwagi na cykliczność procesu obładzania. W dalszej części wprowadzenia przedstawiona zostaje również problematyka trwałości i skuteczności takich powierzchni realizowana poprzez modyfikację składu chemicznego powłoki, co skutkuje wpływem tej modyfikacji na parametry zwilżalności powierzchni. Kolejnym istotnym i częściowo adresowanym już zagadnieniem jest wpływ tekstury powierzchni a w szczególności sposób jej przygotowania na badane własności hydrofobowe powierzchni. Autor przedstawia obszerne rozpoznanie literaturowe wpływu metod energetyczno - optycznego przygotowania powierzchni na zjawisko adhezji warstwy lodowej. W opisie szczegółowo analizowany jest profil, kształt i rozmiar tekstury na skuteczność zjawiska braku adhezji warstw lodowych – co ma istotny wpływ na dalszą część prowadzonych w pracy badań. Autor rozpoznaje wszystkie kluczowe elementy przygotowania powierzchni i takie jak: zastosowany materiał, skład chemiczny domieszek, proces przygotowania powierzchni oraz wybór metody wytwarzania tekstury. Elementy te stanowią wieloelementowy proces optymalizacyjny a jednocześnie kryterialno – decyzyjny do wyboru skutecznej warstwy lodofobowej. Autor jest jednocześnie świadomy ograniczeń stosowania pracy w szczególności w świetle prowadzonych w świecie badań. Finalnie na bazie przeprowadzonych badań literaturowych autor definiuje zakres badań i ich specyfikę podkreślając że tego typu badania w odniesieniu do struktur lotniczych nie zostały nigdzie opublikowane.

- **Rozdział trzeci** – w którym doktorant przedstawia genezę, cel i zakres pracy. Autor dostrzega ważny element konieczności zapotrzebowania na energię dla systemów odladzania co może być istotnym wyzwaniem np. dla aparatów bezzałogowych. Głównym celem pracy jest opracowanie trwałego hydrofobowego pokrycia o własnościach lodofobowych na bazie związków silanu i fluoru, wykorzystując teksturę wykonaną za pomocą lasera oraz w oparciu o komercyjnie dostępne powłoki poliuretanowe. Autor wskazuje również główne czynniki wpływające na własności i trwałość takich powłok oraz przedstawia główne zadania badawcze związane z przygotowaniem, wykonaniem oraz badaniem takich powłok.
- **Rozdział czwarty** zawiera charakterystykę stosowanych powłok oraz sposobu przygotowania nano-wypełniaczy na bazie dwutlenku krzemu. Autor przedstawia charakterystykę zsyntetyzowanych wypełniaczy które zostały wykonane w oparciu o współpracę z Wydziałem Zaawansowanych Technologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Autor przedstawia procedurę i sposób wykonania dyspersji i modyfikacji chemicznych dla uzyskania powłok o własnościach

hydrofobowych. Na bazie przygotowanych wypełniaczy i zmodyfikowanych powłok – autor przygotowuje warstwy na podłożu aluminiowym jednocześnie dokonując charakterystyki składu chemicznego materiału podłoża. Doktorant przedstawia procedurę nakładania przygotowanych powłok na struktury podłoża, dokonując finalnie zestawiania przygotowanych próbek zgrupowanych w cztery zestawy obejmujące:

- różne metody przygotowania nanowypełniaczy,
- zróżnicowane składy chemiczne warstw,
- próbki przygotowane do wykonania tekstury.

- **Rozdział piąty** stanowi centralny element pracy w którym autor dokonuje szeregu badań przygotowanych próbek w celu pozyskania danych do procesu oceny wyników. Doktorant charakteryzuje sposób przygotowania tekstury powierzchni wykonanej we współpracy z Instytutem Badań Materiałowych w Seville. W dalszej części dokonania, autor przedstawia metodologię realizacji pomiarów pozwalających na ocenę jakości wykonanych warstw oraz jego wpływu na własności hydrofobowe poprzez m.in.: pomiary grubości warstwy, lepkość, skład chemiczny modyfikatorów i powierzchni, analizę powierzchni i mikrostruktury, zwilżalność powierzchni, adhezję, twardość nano-elementów oraz szereg parametrów związanych z testami oblodzenia, pozwalającymi zarówno na ocenę procesu zamarzania jak i warstwy oblodzenia. Finalnie doktorant przedstawia metodologię oceny skuteczności wytworzonych warstw, poprzez ocenę trwałości powstałego oblodzenia, jak również trwałości powłoki poprzez ocenę wpływu gradientów temperaturowych, promieniowania UV oraz zagrożeń korozyjnych.
- **Rozdział szósty** w którym autor dokonuje oceny uzyskanych wyników prowadząc opisowe podsumowanie otrzymanych komponentów do przygotowania powłoki jak i zmodyfikowanych powłok oraz finalnych testów pozwalających na ocenę ich własności hydrofobowych oraz lodofobowych.

Badania te prowadzone są w oparciu o:

- ✓ rejestrację obrazów SEM powierzchni nanowypełniaczy,
- ✓ ocenę skupisk i porowatości modyfikowanych struktur krzemionki,
- ✓ ocenę widmową dla zastosowanych modyfikacji chemicznych,
- ✓ pomiary lepkości dla wypełniaczy w zależności od metod przygotowania,
- ✓ charakteryzowanie powierzchni z wykorzystaniem AFM,
- ✓ ocenę kątów zwilżalności i histerezy kąta zwilżania dla powłok i wypełniaczy,
- ✓ ocenę własności hydrofobowych i lodofobowych powierzchni poprzez pomiary kątów zwilżalności,
- ✓ ocenę wpływu składu chemicznego powłok na parametry zwilżalności.

Autor dokonuje też oceny wpływu tekstury na parametry przebiegu procesu oblodzenia w odniesieniu do parametrów tekstury oraz skuteczności uzyskanych warstw lodofobowych. Zestaw uzyskanych danych przedstawia wieloparametryczną zależność wykorzystanych materiałów, składu chemicznego wypełniaczy, przygotowanej tekstury, oraz sposobu przygotowania powierzchni na założone własności hydrofobowe i lodofobowe.

Rozdział siódmy – stanowiący podsumowanie uzyskanych badań i syntetycznie przedstawione spostrzeżenia opisujące ocenę wpływu poszczególnych parametrów procesu wytwarzania powłok na uzyskane własności hydrofobowe.

Ponadto dokonanie zawiera **spis ilustracji** obejmujący 101 pozycji, **spis tabel** obejmujący 22 pozycje oraz **spis literatury** obejmujący 303 pozycje.

2. Ocena tematu, celu i zakresu pracy

Cel, geneza i zakres rozprawy został przedstawiony w rozdziale 3.

Głównym celem rozprawy przedstawionym przez doktoranta jest dowiedzenie, iż możliwe jest **opracowanie trwałego hydrofobowego pokrycia o własnościach lodofobowych na bazie związków silanu i fluoru, wykorzystując teksturę wykonaną za pomocą lasera oraz w oparciu o komercyjnie dostępne powłoki poliuretanowe**. Autor deklaruje również, iż istotnym czynnikiem wpływającym na możliwość wytworzenia takich warstw jest skład chemiczny powłok oraz odpowiedni proces przygotowania powierzchni. Praca zawiera interesujące i pragmatyczne podejście do istniejącego wyzwania technologicznego mającego uzasadnienie aplikacyjne w szczególności w obszarze środków transportu lotniczego ale również energetyki wiatrowej. W pracy widoczny jest zaawansowany warsztat naukowo-badawczy wykorzystujący szereg działań o interdyscyplinarnym charakterze. Pozwoliło to zebrać znaczący zasób danych do wnioskowania o wpływie parametrów wybranych materiałów jak i przeprowadzonego procesu na własności lodofobowe. Praca objęła swoim zakresem nie tylko wyzwania z zakresu inżynierii materiałowej ale również mechaniki przepływów a także teorii pomiaru. Pracę można funkcjonalnie podzielić na trzy obszary obejmujące:

- ✓ Wprowadzenie do problemu oraz proces analizy zagadnienia – obejmujący szerokie i rzetelne rozpoznanie źródeł wiedzy i porządkujące semantykę zagadnienia w celu oceny kierunków i potrzeb dalszych badań,
- ✓ Proces projektowania i optymalizacji parametrów fizykochemicznych dla przygotowania powłok o pożądanym własnościach lodofobowych,
- ✓ Proces badań weryfikacyjnych i wnioskowania wraz z procesem analitycznym.

Przedstawiony podział pracy oraz zaproponowane w pracy rozwiązania charakteryzują się właściwym dla procesów wytwórczych i projektowych a w szczególności prac badawczych układem zadań oraz procesów analitycznych i pomiarowych. Jest to szczególnie istotne dla zastosowań w przemyśle lotniczym. Wymagania i specyfika tej gałęzi gospodarki związana jest z koniecznością spełnienia szeregu wymagań zarówno materiałowych, wytrzymałościowych, funkcjonalnych oraz trwałościowych. Przedstawiony w pracy zakres i cel badań uwzględnia te podejścia, biorąc pod uwagę konieczność analizy składu chemicznego, wpływu warunków atmosferycznych (procesy starzeniowe) jak również wytrzymałościowych – tak jak podjęta problematyka cyklicznego usuwania pokrywy lodowej. Autor jest świadomy istotności zastosowania takich rozwiązań w szczególności w konstrukcjach lotniczych z uwagi na możliwe deficyty w bilansie energetycznym dla poszczególnych i często energochłonnych agregatów w konstrukcji statków powietrznych. Istotność tego obszaru badawczego ulega zwiększeniu w szczególności na coraz intensywniejsze użycie aparatów bezzałogowych oraz wpływ zmiennych parametrów pogodowych (nawet przy właściwych prognozach) na zjawisko oblodzenia. Proponowane przez autora rozwiązanie wpisuje się w nurt potrzebnych zastosowań nie tylko dla konstrukcji lotniczych co świadczy, iż uzyskane w pracy rezultaty z procesu badawczego mają istotny walor aplikacyjny. Z uwagi na przeprowadzone badania praca ma znaczący charakter interdyscyplinarny.

Na tej podstawie **uważam, iż podjęcie zaproponowanej tematyki jest celowe i użyteczne** a praca z uwagi na jej zakres badawczy obejmujący proces projektowania, wytwarzania i optymalizacji warstw antyoblodzeniowych oraz eksperymentalną weryfikację wyników ma charakter **użyteczny**.

3. Ocena rozprawy

Przedstawiona przez mgr inż. Bartłomieja Przybyszewskiego rozprawa stanowi interesujący i znaczący wkład w proces poznawczy procesów przygotowania powierzchni mających własności hydro i lodofobowe. Biorąc pod uwagę możliwości zastosowań opracowanych technologii materiałowych oraz procesów wytwarzania takich warstw m.in. dla konstrukcji lotniczych – wysoko oceniam użyteczność uzyskanych wyników. W przedstawionej pracy znacząco przebiega się uporządkowany proces przeprowadzania eksperymentu badawczego, pozwalający na wnioskowanie, iż autor świadomie wykorzystuje wszystkie niezbędne narzędzia z warsztatu nowoczesnego naukowca. Przedstawiony w pracy zakres badań oraz oceny wyników zawiera wszystkie elementy procesu przeprowadzania badań, takich jak: analiza problemu, wybór i uzasadnienie zastosowanej metodologii badawczej oraz element

poznawczy obejmujący realizację postawionych celów naukowych – dobrze zdefiniowanych w przedstawionej rozprawie. Autor daje się poznać jako świadomy procesu badawczego kandydat na samodzielnego pracownika naukowego i co istotne na tym etapie pracy realizujący współpracę badawczą o charakterze interdyscyplinarnym z innymi – krajowymi i zagranicznymi zespołami badawczymi. Elementy takiego działania otwierają możliwości tzw. wypełniania luk poznawczych w procesie naukowym, w szczególności dla procesów badawczych charakteryzujących się interdyscyplinarnością oraz koniecznością wykonania specjalizowanych lub eksperckich badań, nierzadko wykraczających poza uprawiany obszar wiedzy.

Sposób przedstawienia badań oraz oceny wyników wraz z załączonym szerokim spektrum wyników świadczy o znaczącym doświadczeniu autora w obszarach związanych z realizacją badań przedstawionych w pracy zarówno w obszarze poznawczym jak i analityczno - eksperymentalnym.

Przedstawiona praca dotyczy bardzo aktualnej problematyki jaką jest opracowanie i wykonanie warstw które potencjalnie mogą zastąpić energetycznie chłonne instalacje odladzające co może mieć fundamentalne znaczenie dla szeregu konstrukcji lotniczych. W mojej ocenie przedstawiona dysertacja spełnia wymagania związane z wniesieniem oryginalnego wkładu w obszar poznawczy dziedziny naukowej jaką zajmuje się doktorant.

Przedstawiona do oceny dysertacja ma charakter **o znaczeniu aplikacyjnym** a szeroki zakres badań w szczególności z wykorzystaniem sieciowania współpracy naukowej podkreśla **interdyscyplinarność** przeprowadzonych badań.

Do podstawowych zalet rozprawy pod względem opisu przedstawionego problemu, wyboru metod i zakresu badań oraz sposobu jego rozwiązania zaliczam:

- a) bardzo dobrze stylistycznie i semantycznie przedstawiony zakres badań z bardzo dobrze użytym językiem angielskim,
- b) ciekawą tematykę rozprawy o szerokim charakterze poznawczym,
- c) znaczące spektrum badań eksperymentalnych,
- d) bardzo dobrze przygotowaną część analityczną wskazującą na dalszy zakres i sposób przeprowadzenia badań,
- e) bardzo dobrze przygotowane i przeprowadzone badania eksperymentalne obejmujące zarówno wybór materiałów jak i badania skuteczności i trwałości przygotowanych powłok,
- f) szeroko przeprowadzone rozpoznanie literaturowe oraz dobrze przedstawione podstawy teoretyczne problemu.

Z uwagi na szeroki zakres przeprowadzonych badań trudno uniknąć pewnych uwag do których zaliczam:

- a) brak interpretacji zastosowanych podstawowych miar statystycznych. W przedstawionej pracy w szczególności w opracowaniach i zestawieniach obejmujących np. pomiary twardości czy siły oderwania pojawiają się wartości odchylenia standardowego (np. tabela 14 st. 110). Brak jest odniesienia do zarówno liczby wykonanych pomiarów (wpływających na miarę) jak również interpretacji tych rozrzutów zależnych od wielkości mierzonych wartości (ale i wartości średniej);
- b) widoczny brak spójności lub przypadkowość oznaczeń związanych z wizualizacją danych pomiarowych. Na wykresach słupkowych np. Rys.42,43,50,51 pojawiają się wartości rozrzutów, które nie są zinterpretowane lub opisane czy mają fizyczny sens.
- c) w niektórych przypadkach załączone rysunki lub wykresy nie są odpowiednio czytelne (z uwagi na agregację danych lub znaczną zmienność parametrów) – co utrudnia analizę przedstawionych wartości.

Pytania i wątpliwości jakie pojawiły się podczas analizy niniejszej pracy:

1. Proszę o szczegółowe wyjaśnienie interpretacji histerezy kąta zwilżania w szczególności z uwagi istnienie zależności składowych dla tego parametru.
2. W przedstawionym zakresie badań zabrakło odniesienia się do problemów erozyjnych. Są one istotne w szczególności w aplikacjach lotniczych lub energetyki wiatrowej znacząco wpływając na zaburzenia kształtu profilu opływu. Na ile istotne byłyby takie badania (np. wpływ opływu cząstek) ?
3. W opisie podejścia do pomiarów zwilżalności na str.70 pojawia się zapis, iż odchylenie standardowe pomiaru wynosi $\pm 1^\circ$. Proszę o określenie jaka jest precyzja pomiaru kątów w tym badaniu i jaką liczbę pomiarów należy przeprowadzić do skutecznego wyznaczenia wartości takiego kąta?
4. Proszę o wyjaśnienie dlaczego na rys. 58 i 59 dla próbki 3_805_U nie zaobserwowano spadku wartości kąta ślizgu RoA?
5. Proszę o szczegółowe wyjaśnienie zakresów zmian wartości histerezy kąta zwilżania dla kierunkowości tekstury $0^\circ/45^\circ$ przedstawionych w tablicach 19 i 20. Z pracy wynika, iż jest to najbardziej optymalna kierunkowość tekstury, jednakże przedstawiony zakres zmian histerezy kąta nie zawsze pokazuje takie wnioski.
6. Proszę o szczegółowe wyjaśnienie mechanizmów powodujących brak znacznego spadku redukcji oblodzenia dla zjawiska oblodzenie matowe (mieszane) oraz oblodzenie w postaci szronu dla przedstawionych danych na rys. 99 str.138.
7. Proszę o szczegółowe wyjaśnienie wpływu kierunkowości tekstury i jej potencjalnych wymiarów geometrycznych w odniesieniu do wyników cyklicznego testu adhezji i danych przedstawionych na rys. 100 na str. 139.

8. Czy jest możliwe oszacowanie kosztu przygotowania takich powłok dla zastosowań lotniczych np. profil skrzydła? Jakie założenia i warunki brzegowe należy przyjąć dla takich szacunków?
9. W przedstawionej pracy widoczny jest wpływ warunków starzeniowych i zmęczeniowych na trwałość i skuteczność takich powłok. Czy istnieją metody badania stanu takich powłok po wytworzeniu podczas ich eksploatacji na obiekcie (np. łopata turbiny wiatrowej)?

Podsumowując, uważam, iż praca przedstawiona przez autora jest oryginalnym i bardzo ciekawym podejściem do wykorzystania w zastosowaniach nie tylko lotniczych ale również praktyce przemysłowej i stanowi istotny wkład w implementacyjny rozwój opracowanych metod przygotowania powierzchni do utylitarnych zastosowań.

4. Wniosek końcowy

Praca doktorska przedstawiona przez mgr inż. Bartłomieja Przybyszewskiego jej zawartość i forma pomimo opisanych uwag, wskazuje na jego znaczną wiedzę w zakresie wytwarzania powłok o określonych własnościach do zastosowań hydrofobowych. Przedstawiona praca pozwala na stwierdzenie, iż autor stosuje nowoczesne metody realizacji badań i oceny wyników, wykorzystuje metody przygotowania i przeprowadzenia eksperymentów badawczych przy współpracy z krajowym i zagranicznym ośrodkiem badawczym.

Podsumowując uważam, że poziom przedstawionej pracy **spełnia wymagania stawiane** rozprawom doktorskim w rozumieniu **art. 13 pkt 7 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) a także przepisami oraz ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)**. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Przybyszewskiego do publicznej obrony jego rozprawy. Jednocześnie biorąc pod uwagę zakres wykonanych badań, ciekawą i aktualną tematykę poruszonych badań jak również bardzo rzetelny proces badawczy i bardzo dobre edycyjne przygotowanie pracy w języku angielskim – wnioskuję o jej wyróżnienie.

