



Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni
im. Jerzego Habera
Polskiej Akademii Nauk



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Kraków, dn. 25.05.2026 r.

dr hab. inż. Łukasz Kuterasiński

Kataliza heterogeniczna: teoria i eksperyment

Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni
im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk

ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków

E-mail: lukasz.kutasinski@ikifp.edu.pl

Tel: (0-12) 63 95 159

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Kingi Janowskiej
pt. „Kompozytowe paliwa raketowe oparte o polimery wysokoenergetyczne”
wykonanej w Katedrze Fizykochemii i Technologii Polimerów
Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach**

promotor: dr hab. inż. Agnieszka Stolarczyk, prof. PŚ

promotor pomocniczy: dr hab. inż. Tomasz Jarosz, prof. PŚ

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja opracowana została na zlecenie Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Politechniki Śląskiej z dnia 15 kwietnia 2026 r. w sprawie postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk chemicznych.

2. Ocena formalna

Recenzowana rozprawa doktorska zredagowana została w formie zbioru sześciu publikacji, opatrzonego przewodnikiem. Dwiema pierwszymi pozycjami są artykuły przeglądowe (Materials z 2021 roku oraz Polymers z 2022 roku), zaś pozostałe cztery pozycje stanowią prace badawcze opublikowane w Molecules (z 2023 oraz 2026 roku), Sustainability (z 2026 roku) oraz Materials (również z 2026 roku). Wartości współczynników wpływu (IF) wahają się w zakresie od 3,2 do 5,0. Średni IF na publikację wynosi 4,0. Warto zaznaczyć, że doktorantka jest pierwszą autorką we wszystkich publikacjach. Natomiast autorem korespondencyjnym zawsze jest jeden z promotorów (prof. Agnieszka Stolarczyk lub prof. Tomasz Jarosz). *Na podstawie załączonych oświadczeń współautorów recenzent stwierdza, że wkład doktorantki w otrzymanie i zaprezentowanie wyników badań obecnych w załączonych publikacjach, będących przedmiotem recenzowanej pracy doktorskiej, jest znaczący.* Pani mgr inż. Kinga Janowska odpowiedzialna była za syntezę próbek stałych kompozytowych paliw raketowych, brała aktywny udział m. in. w planowaniu badań, charakterystyce fizykochemicznej otrzymanych materiałów, analizie i opracowaniu wyników badań, jak również współodpowiedzialna była za napisanie wszystkich artykułów naukowych wchodzących w skład recenzowanej rozprawy doktorskiej. *Tak wysoki stopień zaangażowania doktorantki niewątpliwie uprawnia ją do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk chemicznych w oparciu o obecną dysertację.*

ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków, Polska

tel. +48 12 639 51 01, +48 12 425 19 23

fax +48 12 425 19 23

Nr konta: Bank Gospodarstwa Krajowego

PL 36 1130 1150 0012 1186 5820 0004

NIP: 6750001805, REGON: P-000326351



Przewodnik opracowany przez Panią mgr inż. Kingę Janowską składa się w rzeczywistości z 45 stron (nie 46, jak deklaruje doktorantka). Rozpoczyna się on stroną tytułową, następnie spisem treści, wykazem skrótowców, wykazem publikacji oraz wprowadzeniem (zawierającym m. in. przegląd literaturowy wraz z motywacją badań, cel, zakres i znaczenie podjętej tematyki badawczej, jak również wpływ zaprezentowanych wyników badań na rozwój nauki i techniki). Następnie doktorantka przedstawiła główne tezy rozprawy doktorskiej, po czym zaprezentowała i omówiła otrzymane wyniki badań. W dalszej części recenzowanej rozprawy doktorskiej, Pani mgr inż. Kinga Janowska zamieściła podsumowanie, wnioski, a także przedstawiła swój plan dalszych badań, posiłkując się dotychczasowymi osiągnięciami, będącymi podstawą obecnej pracy doktorskiej. Całość więczy spis literatury na stronie 40 (wbrew informacji podanej przez doktorantkę, że jest to strona 41).

3. Ocena merytoryczna

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy opracowania kompozytowych paliw raketowych nowej generacji (z *ang.* *Solid (Composite) Rocket Propellants – SRP*), tj. składających się z lepiszcza (pełniącego w tym przypadku dodatkową rolę substancji palnej), utleniacza oraz modyfikatorów. Obecnie standardowo stosowanym lepiszczem jest nieenergetyczny polibutadien zakończony grupami hydroksylowymi (z *ang.* *Hydroxyl-Terminated Polybutadiene – HTPB*). Idea zaproponowana przez doktorantkę obejmuje zastąpienie wspomnianego polibutadienu polimerami wysokoenergetycznymi, zawierającymi dodatkowe ugrupowania bogate w m.in. azot lub tlen, co prowadzi do wzrostu bilansu tlenowego i tym samym poprawy parametrów spalania otrzymanych w ten sposób kompozytowych paliw raketowych. Doktorantka zauważa również aspekt środowiskowy w odniesieniu do badań nad kompozytowymi paliwami raketowymi. Z tego powodu jednym z celów przedstawionej pracy naukowej było znalezienie alternatywy dla chloranu(VII) amonu (z *ang.* *Ammonium Perchlorate – AP*), stanowiącego najpopularniejszy jak dotąd utleniacz do produkcji paliw raketowych. Z kolei zastosowanie polimerów wysokoenergetycznych mogłoby poprawić osiągi paliw raketowych zawierających mniej reaktywny utleniacz. W obecnej pracy, równoczesnym reprezentantem lepiszcza i składnika palnego jest polimer azydku glicydylu (z *ang.* *Glycidyl Azide Polymer – GAP*), zaś utleniaczem azotan(V) amonu (z *ang.* *Ammonium Nitrate – AN*). Niższa reaktywność AN w porównaniu z AP w roli utleniacza skłoniła doktorantkę do syntezy serii paliw kompozytowych, różniących się między sobą składami chemicznymi, właściwościami porowatymi, parametrami technicznymi i użytkowymi. Genezę powstania tej pracy, rozumianą jako pomysł na badania oraz motywację do ich przeprowadzenia i opublikowania w pozycjach tworzących recenzowaną rozprawę doktorską (E1-E4), należy upatrywać w dwóch artykułach przeglądowych (T1 oraz T2). Recenzent domyśla się, że litery „T” oraz „E” pochodzą odpowiednio od słów „teoria” i „eksperyment”. „Teoria”, zwłaszcza w dyscyplinie nauk chemicznych, nie jest szczęśliwym sformułowaniem. Pojęcie „teorii” odnosi się bowiem do chemii teoretycznej (kwantowej) oraz technik kwantowo-mechanicznych, służących jako narzędzie do modelowania układów teoretycznych. Przykładem jest Teoria Funkcjonałów Gęstości (z *ang.* *Density Functional Theory – DFT*). Dużo trafniejszym oznaczeniem byłoby „L” jak literatura lub „B” jak bibliografia.

Według recenzenta tematyka badań podjęta w niniejszej pracy doktorskiej jest ważna i aktualna, co wykazano na podstawie analizy bibliograficznej za lata 1990–2025 (Rys. 1 w przewodniku). Również świeżość artykułów naukowych ujętych w recenzowanej



dysertacji (aż trzy z 2026 roku), a także wysoka liczba cytowań pracy przeglądowej T1 ujętej w cyklu publikacji, wskazują na rosnące zainteresowanie badaniami nad kompozytowymi paliwami raketowymi. W tym miejscu recenzent zwraca uwagę, że wszystkie artykuły wchodzące w skład rozprawy doktorskiej opublikowane zostały w wydawnictwie MDPI (z *ang.* *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*), co z punktu widzenia części środowiska naukowego może być kontrowersyjne ze względu na podejrzewaną „drapieżność” czasopism należących do tego wydawnictwa. Z tego powodu recenzent zachęca doktorantkę, aby w przyszłości zadbała o dywersyfikację co do wydawnictw, co może okazać się pomocne w potencjalnych postępowaniach awansowych na dalszych etapach kariery naukowej. Uwzględniając światowe trendy w polityce publikacyjnej, wspomniana dywersyfikacja wydawnictw z pewnością podniesie prestiż zarówno samych badań naukowych, jak i zespołu badawczego i tym samym reprezentowanej przez Panią Kingę Janowską jednostki naukowo-badawczej.

Hipotezy i cele badawcze postawione w recenzowanej rozprawie doktorskiej w skrócie dotyczyły słuszności przeprowadzenia szeregu modyfikacji stałych kompozytowych paliw raketowych, opartych na AN jako utleniaczu wraz z dodatkami lepiszczy wysokoenergetycznych i pozostałych modyfikatorów (potencjalnych katalizatorów rozkładu utleniacza w postaci tlenków metali, poroforów) w odniesieniu do prognozowanych właściwości fizykochemicznych, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów użytkowych oraz bezpieczeństwa SRP.

Weryfikacja stawianych hipotez oraz zrealizowanie postawionych zadań badawczych możliwe były dzięki wykorzystaniu technik badawczych obejmujących właściwości termiczne ze szczególnym uwzględnieniem stabilności i kinetyki rozkładu SRP, bazując na pozornej energii aktywacji (E_a) z równania Kissingera, z odpowiednimi założeniami. Z kolei, analiza termogravimetryczna (TG) miała na celu określenie korelacji pomiędzy zmianami mas próbek w trakcie pomiarów a jednocześnie występującymi i obserwowanymi efektami cieplnymi, co umożliwiło przyporządkowanie poszczególnych obserwacji do reakcji chemicznych i przemian fazowych mogących zachodzić podczas ogrzewania próbek paliw z jednoczesną możliwością analizy pozostałości po ich ogrzewaniu. Kolejną grupę badań stanowiło wyznaczenie i porównanie ciepła spalania dla mieszanek paliw porowatych i nieporowatych, ze względu na różnice w gęstości (w szczególności w odniesieniu do gęstości związanej ze stosunkiem masy paliwa do objętości powietrza). Oddzielny parametr stanowił liniową prędkość palenia (z *ang.* *Linear Combustion Velocity – LCV*). Porównanie wartości LCV dla próbek paliw modyfikowanych i referencyjnych umożliwiło ocenę, czy konkretna modyfikacja wpływała na rozprzestrzenianie się strefy reakcji chemicznej (płomienia) w objętości próbki paliwa raketowego. Skupiając się na pozostałościach stałych po spalaniu badanych próbek paliw raketowych, ich jakościowa analiza prowadzona była z zastosowaniem techniki dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) w połączeniu ze spektroskopią Ramana. Otrzymane próbki SRP badane były także pod kątem morfologii techniką skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz powierzchniowego składu chemicznego z zastosowaniem spektrometrii dyspersji energii promieniowania rentgenowskiego (EDS). Z kolei analiza porowatości w kontekście wpływu poroforów przeprowadzona została metodą niskotemperaturowej sorpcji ciekłego azotu.

Na podstawie przeprowadzonych badań doktorantka dokonała weryfikacji postawionej przez siebie hipotezy badawczej wraz z wyznaczeniem korelacji pomiędzy metodą modyfikacji poszczególnych próbek stałych kompozytowych paliw raketowych a ich właściwościami fizykochemicznymi, ze szczególnym uwzględnieniem ich parametrów



użytkowych i bezpieczeństwa. Według recenzenta, za najważniejsze osiągnięcia doktorantki w ramach obecnej rozprawy doktorskiej można uznać:

- wykazanie, że zastosowanie GAP jako polimeru wysokoenergetycznego zamiast HTPB w SRP prowadziło do poprawy parametrów użytkowych z jednoczesnym brakiem pogorszenia parametrów bezpieczeństwa. Przykładowo, zaobserwowano wzrost LCV w układach SRP, niezależnie od rodzaju utleniacza, z jednoczesnym obniżeniem pozornej energii aktywacji, niezbędnej do zainicjowania termicznego rozkładu SRP.

- Wykazanie, że zastosowane tlenki metali (CuO, Cu₂O, ZnO oraz Fe₂O₃) doprowadziły do obniżenia pozornej energii aktywacji niezbędnej do rozkładu układu AN-tlenek metalu. Niemniej, zaobserwowana niewielka skala zmian tego parametru prowadzi do wniosku, że zastosowane tlenki metali pełnią raczej rolę promotorów niż katalizatorów rozkładu AN. Jednocześnie wykazano, że obecność wspomnianych tlenków metali prowadziła do wzrostu gęstości, liniowej prędkości spalania czy też mocy cieplej, generowanej podczas hipotetycznego spalania SRP w silniku raketowym. Warto jednak podkreślić (co też zauważyła doktorantka), że podane wartości mocy cieplnej mają charakter czysto orientacyjny, ponieważ nie uwzględniono rzeczywistych warunków pracy silnika.

- Wstępne oszacowanie wpływu substancji porotwórczych na morfologię, ciepło spalania, czas zapłonu oraz energię aktywacji rozkładu SRP. Wykazano, że obecność porów obniżała ciepło spalania oraz energię aktywacji potrzebną do rozkładu termicznego SRP. Czas zapłonu (przynajmniej z punktu widzenia recenzenta) nie zmieniał się istotnie, wbrew temu, co twierdzi doktorantka.

- Wykazanie wyższości metody elektrorozpylania nad mieszaniem mechanicznym w procesie przygotowywania stałych kompozytowych paliw raketowych, ze względu na uzyskiwanie bardziej jednorodnych morfologii próbek SRP wraz z podwyższoną dystrybucją pierwiastkową (i tym samym fazową) składników tworzących próbki SRP. Korzystny wpływ metody elektrorozpylania znalazł swoje odzwierciedlenie między innymi w niższych wartościach energii aktywacji rozkładu SRP czy też w wyższych liniowych wartościach prędkości spalania. Obserwowane efekty wzmocnione zostały na skutek zastosowania poroforów.

Mając na uwadze ważność i aktualność tematyki badawczej, stopień zaangażowania doktorantki w badania naukowe wraz z jej kompetencjami, mnogość wykonanych syntez i technik zastosowanych do charakterystyki fizykochemicznej otrzymanych materiałów (ze szczególnym uwzględnieniem parametrów użytkowych i bezpieczeństwa), jak również na ogół pozytywną weryfikację postawionych celów i hipotez badawczych, recenzent jednoznacznie stwierdza, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Kingi Janowskiej stanowi istotny wkład w rozwój dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauk chemicznych.

Analiza obecnej rozprawy doktorskiej – zarówno od strony zbioru załączonych artykułów naukowych, jak również samego przewodnika, szczególnie wyniki badań i ich dyskusja – nasuwa szereg pytań i uwag, zarówno o charakterze merytorycznym, jak również redakcyjnym, które przedstawione zostały poniżej.

1. Brak konsekwencji w pisaniu wielkich liter w wyjaśnieniu znaczenia skrótowców użytych w pracy doktorskiej. Przykładowo: AN – ammonium nitrate; PSAN – Phase-Stabilized Ammonium Nitrate. Podobnie wygląda sytuacja w nazewnictwie próbek. Na początku rozdziału 4.2. można przeczytać „AP/HTPB oraz GAP/PSAN”. W recenzowanej pracy przygotowane próbki nazwano w taki sposób, że przed ukośnikiem (albo znakiem plus)



- znajduje się skrótowiec odnoszący się do polimeru, zaś za ukośnikiem (lub znakiem plus) obecny jest skrótowiec utleniacza.
2. W podrozdziale 2.1 autorka dysertacji błędnie przypisuje ruch jednostajny prostoliniowy (z wypadkową siłą równą zero) do drugiej zasady dynamiki Newtona. Na tej samej stronie (według doktorantki stronie 7), Pani mgr inż. Kinga Janowska cytuje trzecią zasadę dynamiki Newtona, twierdząc, że „każdej działającej sile odpowiada inna o tej samej wartości, ale przeciwnym kierunku”. Kierunek akurat jest ten sam, ale zwroty są przeciwne. Oba błędy popełnione przez doktorantkę należą do tzw. błędów kardynalnych. Na szczęście dotyczą one fizyki, a nie chemii, choć obie te nauki należą do dziedziny nauk ścisłych i przyrodniczych.
 3. Niektóre sformułowania zastosowane w przewodniku mają enigmatyczny charakter. Przykładowo, na stronie 8 doktorantka wspomina o pożądanych właściwościach paliw raketowych, ale nie pisze, jakich. Oczywiście, w kontekście całej pracy, staje się jasne, o których właściwościach mowa.
 4. Słabymi stronami ocenianej rozprawy doktorskiej od strony przewodnika są: nie zawsze poprawna polszczyzna oraz zastosowanie tzw. „kalki” z języka angielskiego. Na przykład „formulacje SRP” można byłoby zastąpić „stałymi kompozytowymi paliwami raketowymi o zmiennym składzie chemicznym”. Także skróty myślowe typu „nachylenia wykresu” lub „w rozprawie zastosowano polimer”, błędy ortograficzne „nie zawierający” (pisane osobno) świadczą o pośpiechu w pisaniu przewodnika do załączonego cyklu publikacyjnego.
 5. Innym mankamentem opracowania jest brak rozdziału, w którym doktorantka jasno zdefiniowałaby podstawowe pojęcia powtarzające się w dalszej części pracy, a także zamieściłaby zwięzły opis procedury przygotowania badanych materiałów. Przykładowo, zdefiniowanie parametrów użytkowych i bezpieczeństwa badanych materiałów, zamieszczenie krótkiego opisu porowacenia fizycznego i chemicznego, czy też zdefiniowanie pojęcia porowatości, o którym doktorantka wspomina w podrozdziale 4.3, okazałoby się bardzo pomocne w lekturze opracowanego przewodnika dla szerszego grona odbiorców, niebędących specjalistami w tematyce badań poruszanych w ocenianej rozprawie doktorskiej.
 6. Recenzent ma wątpliwości co do rzetelności oraz sensu umieszczania wyników badań porowatości otrzymanych preparatów z zastosowaniem niskotemperaturowej sorpcji azotu. Sami autorzy wskazują na problem z adsorpcją azotu na otrzymanych układach. W związku z tym recenzent proponuje rozważenie użycia innych technik porozymetrycznych, chociażby porozymetrię rtęciową. W tej sytuacji pozostawienie SEM jako jedynej techniki charakterystyki porowatości (po odjęciu sorpcji azotu) byłoby niewystarczające i tym samym niemiarodajne.
 7. Dlaczego nie przedstawiono w Tabeli 2 pomiarów energii aktywacji dla próbki SRP-4? Analogiczne zapytania można skierować odnośnie wyników badań porowatości dla próbki referencyjnej (nieporowaczonej) w Tabeli 6. Ogólnie rzecz biorąc, dobrą praktyką jest zestawienie wyników badań dla całej serii otrzymanych próbek (łącznie z materiałami referencyjnymi).
 8. Na stronie 27 (według numeracji autorki) napisano, że obecność porów zwiększa transport ciepła do wnętrza materiału, co jest nieprawdą. Recenzent zachęca doktorantkę do ponownego przemyślenia wpływu obecności porów na obniżenie energii aktywacji rozkładu termicznego badanych materiałów.



Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni
im. Jerzego Habera
Polskiej Akademii Nauk



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

9. Drobne błędy redakcyjne: brak jednostek do wielkości fizycznych w objaśnieniu do równania Kissingera (podrozdział 3.1), czy też brak jasnego opisu Rys. 2 (podrozdział 4.2).

4. Wniosek końcowy

Przedstawione powyżej uwagi nie zmieniają pozytywnej oceny recenzowanej pracy doktorskiej. Podsumowując, recenzent stwierdza, że przedstawiona rozprawa Kingi Janowskiej pt. „*Kompozytowe paliwa raketowe oparte o polimery wysokoenergetyczne*” **spełnia** wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn. zm.) i wnioskuje do Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Politechniki Śląskiej o jej **dopuszczenie** do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk chemicznych.

*Podpisano odręcznie przez dr. hab. inż.
Łukasza Kutersińskiego*