



Politechnika Warszawska

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

dr hab. inż. Grzegorz Makomaski, prof. uczelni
Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii
Politechnika Warszawska Filia w Płocku
ul. Łukasiewicza 17, 09-400 Płock

Płock, 19.06.2026 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mateusza Malusa

pt. „**Rozwiązywanie problemów modyfikacji asfaltów poprzez wykorzystanie funkcjonalnych poliolefin**”

pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Lidii Jasińskiej-Walc oraz dr inż. Macieja Sienkiewicza

1. Podstawa wykonania recenzji

Recenzja została sporządzona na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Politechniki Gdańskiej dr hab. inż. Marka Tobiszewskiego, prof. uczelni. Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Malusa została zrealizowana na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej, pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Lidii Jasińskiej-Walc i promotora pomocniczego dr inż. Macieja Sienkiewicza.

2. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Wzrost natężenia ruchu samochodowego na drogach oraz zwiększające się obciążenia osi pojazdów stawiają coraz większe wymagania w zakresie wytrzymałości zmęczeniowej nawierzchni. Biorąc również pod uwagę warunki klimatyczne, nawierzchnia asfaltowa musi być odporna na spękania niskotemperaturowe powstające zimą oraz odporna na powstawanie kolein w czasie letnim. Skuteczną poprawę właściwości nawierzchni drogowych można uzyskać poprzez zastosowanie odpowiednich dodatków modyfikujących do asfaltów, np. materiałów polimerowych. Modyfikacja asfaltów materiałami polimerami pozwala uzyskać lepsze o lepszych parametrach eksploatacyjnych, co przekłada się na trwalsze nawierzchnie o większej odporności na intensywny ruch i czynniki atmosferyczne. Pomimo licznych prac badawczych nadal poszukiwane są nowe



Politechnika Warszawska

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

modyfikatory poprawiające właściwości użytkowe asfaltów i/lub pełniących rolę kompatybilizatorów, co uzasadnia dalszy rozwój badań w tym obszarze.

Głównym celem rozprawy doktorskiej było zbadanie kopolimerów polipropylenu funkcjonalizowanych grupami hydroksylowymi jako wielofunkcyjnych modyfikatorów asfaltu oraz jako kompatybilizatory hybrydowych lepiszczy asfaltowych, zawierających miąż gumowy.

Rozprawa doktorska ma formę spójnego tematycznie zbioru trzech publikacji opublikowanych w latach 2023 – 2025, a mianowicie:

- *Structurally well-defined functionalized polyolefins and graft copolymers thereof as bitumen modifiers*, **Constructions and Building Materials**, 2023. (P1)
- *Advancing sustainable hybrid bitumen systems: A compatibilization solution by functionalized polyolefins for enhanced crumb rubber content in bitumen*, **Journal of Cleaner Production**, 2024. (P2)
- *Insights into constituent interactions in hybrid bitumen systems compatibilized by functionalized polyolefins*, **Materials & Design**, 2025. (P3)

Wyżej wymienione czasopisma indeksowane są w bazie JCR (Journal Citation Reports). Sumaryczny Impact Factor wymienionych publikacji wynosi 26,7. Tytuł rozprawy doktorskiej odpowiada tematyce załączonych publikacji.

Rozprawa doktorska w szczególności została podzielona na trzy rozdziały. Pierwszy rozdział dotyczy obszernego wprowadzenia, w tym kontekstu i uzasadnienia podjętej tematyki rozprawy doktorskiej. W tym rozdziale przedstawiono m.in. rolę asfaltu w budownictwie drogowym, stosowane normy międzynarodowe, aktualne kierunki rozwoju modyfikowanych lepiszczy asfaltowych, a także strukturę i uzasadnienie pracy.

Drugi rozdział odnosi się do publikacji „*Structurally well-defined functionalized polyolefins and graft copolymers thereof as bitumen modifiers*” (Constructions and Building Materials, 2023). Rozdział zawiera bardzo obszerny przegląd literaturowy dotyczący modyfikacji asfaltów poliolefinami, elastomerami poliolefinowymi oraz poliolefinami funkcjonalizowanymi. Ponadto, Doktorant w tym rozdziale przedstawił także metody funkcjonalizacji poliolefin. W wyżej wymienionej publikacji przedstawiono syntezę oraz ocenę właściwości kopolimerów polipropylenu



Politechnika Warszawska

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

funkcjonalizowanych grupami hydroksylowymi (FPP) oraz jego pochodne szczepione poli(styren-co-bezwodnik maleinowy) (SMA), otrzymane metodą transestryfikacji w roztworze (metoda IRF) lub w stopie (metoda REX). Przedstawiono szeroki zakres badań, zarówno modyfikatorów na bazie polipropylenu (określenie mas molowych, wskaźnika polidispersyjności, badania DSC), jaki i modyfikowanych lepiszczy asfaltowych, m.in., konwencjonalne badania lepiszczy asfaltowych (oznaczenia penetracji, temperatury mięknienia i lepkości dynamicznej), badania właściwości reologicznych, dokonano oceny zdyspergowania polimeru w środowisku bitumu (mikroskopia fluorescencyjna), stabilności magazynowania oraz analizę topografii AFM. Szczególną uwagę poświęcono wpływowi metody szczepienia oraz zawartości SMA (30 lub 35% mas. w mieszaninie reakcyjnej) na zmianę właściwości bitumu oraz stabilność układu asfalt-polimer. Wykazano, że kopolimer FPP-g-SMA otrzymany metodą IRF, szczególnie przy zawartości 30% mas. SMA, korzystnie wpływał na zmianę właściwości bitumu i stabilność układu asfalt-polimer.

Doświadczenie uzyskane podczas wykonywania powyższych badań Doktorant wykorzystał w dalszych badaniach, przedstawionych w rozdziale trzecim oraz w publikacjach: „*Advancing sustainable hybrid bitumen systems: A compatibilization solution by functionalized polyolefins for enhanced crumb rubber content in bitumen*” (Journal of Cleaner Production, 2024) oraz „*Insights into constituent interactions in hybrid bitumen systems compatibilized by functionalized polyolefins*” (Materials & Design, 2025). Rozdział ten zawiera również przegląd literaturowy dotyczący m.in. recyklingu zużytych opon samochodowych i ich wykorzystania jako modyfikatorów lepiszczy asfaltowych. Publikacja **P2** dotyczy zastosowania funkcjonalizowanego kopolimeru polipropylenu (FPP) lub jego odpopieloną wersję (FPPd) jako modyfikatorów asfaltu lub kompatybilizatorów układów asfalt-miał gumowy. Przedstawiono syntezę kopolimeru polipropylenu funkcjonalizowanego grupami hydroksylowymi. W celach porównawczych sporządzono również lepiszcze referencyjne asfalt-miał gumowy zawierające komercyjny kopolimer SBS. Dodatkowym celem badań było określenie wpływu usunięcia śladowych ilości wodorotlenku glinu na właściwości i stabilność układów asfalt-miał gumowy. Wykazano, że dodatek 5% mas. FPP lub FPPd do układu hybrydowego zawierającego miał gumowy w ilości 10% mas., korzystnie wpływa na poprawę właściwości modyfikowanego lepiszcza asfaltowego miałem gumowym. Jednocześnie dodatek FPP



wyraźnie poprawia stabilność magazynowania układów asfalt-miał gumowy, w porównaniu do układu hybrydowego zawierającego kopolimer SBS. Ponadto, obecność wodorotlenku glinu korzystnie wpływa na stabilność lepiszczy asfaltowych modyfikowanych miałem gumowym.

Publikacja **P3** („*Insights into constituent interactions in hybrid bitumen systems compatibilized by functionalized polyolefins*” (Materials & Design, 2025)) dotyczy w szczególności wyjaśnienia oddziaływań pomiędzy asfaltem modyfikowanym miałem gumowym a funkcjonalizowanym kopolimerem polipropylenu. Ponadto, określono odporność układów hybrydowych zawierających jednocześnie miał gumowy i FPP na starzenie termooksydacyjne. Wykazano, że dodatek funkcjonalizowanego kopolimeru polipropylenu do lepiszcza asfaltowego modyfikowanego miałem gumowym zwiększa jego odporność na starzenie.

Konstrukcja rozprawy doktorskiej jest właściwa. Zamieszczone w niej publikacje zostały poprzedzone obszernym przeglądem literaturowym. Całość rozprawy doktorskiej wskazuje, że Doktorant posiada zarówno niezbędną wiedzę teoretyczną, jak i umiejętność prowadzenia badań doświadczalnych.

3. Uwagi do rozprawy doktorskiej

Należy podkreślić, że w pracy występują jedynie nieliczne błędy literowe. Uzyskane wyniki badań zachęcają do dyskusji, dlatego też chciałbym zapytać się o następujące kwestie, a mianowicie:

- Proszę o wyjaśnienie, dlaczego do asfaltu dodawano maksymalnie 2,5 % mas. FPP-g-SMA, gdzie kopolimer SBS dodaje się w ilości 3-5% mas.?
- Dlaczego zawartość wodorotlenku glinu w FPP korzystnie wpływa na stabilność układów asfalt-miał gumowy?

4. Wnioski końcowe

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Malusa wskazuje jednoznacznie na możliwość wykorzystania kopolimerów polipropylenu funkcjonalizowanych grupami hydroksylowymi jako wielofunkcyjnych modyfikatorów asfaltu oraz jako kompatybilizatorów hybrydowych lepiszczy asfaltowych, zawierających miał gumowy. Umożliwi to



Politechnika Warszawska

Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii

szersze wykorzystanie produktów recyklingu opon samochodowych do modyfikacji lepiszczy asfaltowych w kierunku trwałych nawierzchni drogowych.

Stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Malusa pt. „*Rozwiązywanie problemów modyfikacji asfaltów poprzez wykorzystanie funkcjonalnych poliolefin*” spełnia wszystkie wymagania stawiane pracom doktorskim określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Wobec powyższego wnioskuję do Rady Dyscypliny Nauki Chemicznej Politechniki Gdańskiej o dopuszczenie Pana mgr inż. Mateusza Malusa do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

J. Kucharski
18.06.2020r.