


Wpłynęło dnia:
Data 2026-06-01
Podpis 

Warszawa, 9.05.2026 r.

dr hab. inż. Marcin Gajewski, prof. IBDiM
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Ul. Instytutowa 1
03-302 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Podsiadło

pt. „Zastosowanie asfaltu modyfikowanego odpadowymi tworzywami sztucznymi do mieszanki mastyksowo-grysowej”

1. Podstawa recenzji

Recenzja rozprawy została opracowana na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Świętokrzyskiej nr 2/2026 z dnia 25 lutego 2026 r. oraz pisma zlecającego z dnia 6 marca 2026 r. podpisanego przez Dyrektora Naukowego Dyscypliny dr hab. inż. Przemysława Buczyńskiego, prof. PŚk. Promotorami rozprawy są dr hab. inż. Grzegorz Mazurek, prof. PŚk oraz promotor pomocniczy dr hab. inż. Przemysław Buczyński, prof. PŚk. Celem recenzji jest ocena, czy rozprawa doktorska spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571) wraz z późniejszymi zmianami.

2. Sylwetka Doktoranta

Mgr inż. Marcin Podsiadło jest absolwentem Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Świętokrzyskiej, gdzie w sposób konsekwentny rozwijał swoje zainteresowania naukowe w obszarze technologii materiałów drogowych. W dostarczonej dokumentacji zasadnicze informacje o Autorze rozprawy wynikają przede wszystkim z samego opracowania naukowego oraz z formalnego umocowania postępowania doktorskiego. Z perspektywy recenzenta najistotniejsze są jednak kompetencje ujawnione w pracy: umiejętność zdefiniowania problemu naukowo-badawczego, zaprojektowania i przeprowadzenia wieloetapowego programu badań laboratoryjnych oraz wykonania analizy statystycznej pozwalającej na obiektywną interpretację wyników. Rozprawa potwierdza dojrzałość badawczą Doktoranta, w szczególności w zakresie planowania doświadczeń, budowy modeli odpowiedzi

i prowadzenia optymalizacji wielokryterialnej, a także zdolność do przeniesienia wyników z poziomu lepiszcza na poziom mieszanki mineralno-asfaltowej SMA.

3. Treść i zakres rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska jest napisana w języku polskim i liczy 251 stron (w tym tekst główny oraz obszerne załączniki). Zawiera szczegółowe streszczenie w języku polskim i angielskim, spis ważniejszych oznaczeń i skrótów, bogatą bibliografię liczącą ponad 230 pozycji (w tym liczne prace własne oraz najnowsze publikacje międzynarodowe), spis rysunków oraz spis tabel. Recenzowana rozprawa została podzielona na dziewięć rozdziałów, poprzedzonych wykazem skrótów i oznaczeń oraz streszczeniem w języku polskim i angielskim. Po wprowadzeniu (rozdział 1.) Autor formułuje tezę, cel i zakres pracy (rozdział 2.). Doktorant postawił trzy precyzyjne, wzajemnie powiązane tezy:

T1. Zastosowanie odpadowych tworzyw sztucznych pozwoli na uzyskanie ekwiwalentnego lepiszcza w stosunku do tradycyjnie stosowanych asfaltów modyfikowanych polimerem.

T2. Asfalt modyfikowany polimerem odpadowym nie spowoduje spadku odporności na czynniki klimatyczne w mieszance mastyksowo-grysowej.

T3. Zastosowanie asfaltu modyfikowanego polimerem odpadowym do mieszanki mastyksowo-grysowej nie spowoduje spadku trwałości zmęczeniowej oraz nie obniży jej odporności na pękanie.

W 3. rozdziale Doktorant przedstawia przegląd stanu wiedzy dotyczący modyfikatorów asfaltu, metod modyfikacji oraz wykorzystania tworzyw sztucznych. W rozdziale 4 opisuje metodykę badań zarówno asfaltów, jak i mieszanek mineralno-asfaltowych, z odniesieniem do odpowiednich norm. Szczególnie istotny z punktu widzenia wartości naukowej rozprawy jest rozdział 5., w którym Autor przedstawia wybrane narzędzia i metody statystyczne, obejmujące m.in. planowanie doświadczeń, analizę wariancji, testy porównań wielokrotnych oraz sposób oceny efektów przy użyciu wykresów Pareto. Rozdziały 6. i 7. stanowią zasadniczą część badawczą, obejmującą selekcję parametrów wejściowych procesu modyfikacji asfaltu polimerem odpadowym (plan Placketta–Burmana) oraz następnie optymalizację procesu modyfikacji w drugim planie eksperymentu (plan centralny kompozycyjny zmodyfikowany algorytmem G-optymalnym). Rozdział 8. poświęcono weryfikacji wpływu asfaltu modyfikowanego polimerem odpadowym na właściwości mieszanki mastyksowo-grysowej SMA oraz korektom parametrów technologicznych prowadzącym do spełnienia wymagań WT-2 2014. Pracę zamykają wnioski i kierunki dalszych badań (rozdział 9).

4. Ocena merytoryczna rozprawy

4.1. Aktualność i znaczenie tematu

Tematyka rozprawy jest aktualna i istotna zarówno z perspektywy inżynierii drogowej, jak i zagadnień środowiskowych. Autor już we wstępie wskazuje, że degradacja właściwości mechanicznych, jak i fizyko-chemicznych nawierzchni drogowych pod wpływem ruchu pojazdów wymusza poszukiwanie rozwiązań poprawiających właściwości lepiszczy i mieszanek. Jednocześnie rosnąca produkcja tworzyw sztucznych a co za tym idzie łatwa dostępność odpadów po ich wykorzystaniu skłania do rozważenia ich zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych. Można stwierdzić, że zastosowanie odpadów z tworzyw sztucznych jest pożądane w dwóch trybach: jako sposób utylizacji niepotrzebnych materiałów albo jako dodatek poprawiający wybrane cechy materiału docelowego. Doktorant identyfikuje dwie klasyczne ścieżki wdrożeniowe (modyfikacja „na mokro” i „na sucho”) oraz wskazuje na potencjalne problemy dyspersji polimeru w matrycy asfaltowej i konieczność doboru parametrów procesu technologicznego tak aby uzyskać jak najlepsze efekty. Tak postawiony problem badawczy jest dojrzały, ponieważ dotyczy warunków uzyskania powtarzalnego i technologicznie użytecznego lepiszcza oraz mieszanki SMA, a nie jedynie samego faktu możliwości dodatku odpadu.

4.2. Teza, cele i ich realizacja

W rozdziale 2 Autor formułuje tezę, zgodnie z którą zastosowanie odpadowych materiałów polimerowych może przynieść wymierne korzyści w aspekcie właściwości reologicznych asfaltów oraz właściwości fizyko-mechanicznych mieszanek, a także przedstawia tezy szczegółowe dotyczące równoważności lepiszcza względem asfaltów modyfikowanych polimerami, braku pogorszenia odporności klimatycznej SMA oraz braku spadku trwałości zmęczeniowej i odporności na pękanie. Cel pracy jest zdefiniowany jako wykonanie optymalizacji wielokryterialnej parametrów modyfikacji, a następnie weryfikacja wpływu uzyskanego lepiszcza na właściwości mieszanki SMA. Cele te zostały zrealizowane konsekwentnie, ponieważ Autor przechodzi od selekcji zmiennych procesu modyfikacji, przez modelowanie i optymalizację, aż do walidacji w mieszance SMA 8 S KR3-4.

4.3. Plan badawczy i metodyka badań

Największym walorem pracy jest bardzo dobrze przygotowany plan badawczy. W rozdziale 5. Autor uzasadnia podział części eksperymentalnej na dwa plany: selekcyjny plan Placketta-Burmana oraz drugi plan czynnikowy służący optymalizacji. Wskazuje, że plan Placketta-Burmana pozwala ograniczyć liczbę doświadczeń, koncentrując się na efektach głównych, co jest uzasadnione na etapie selekcji. Następnie drugi plan eksperymentu, będący planem centralnym kompozycyjnym, został dodatkowo

zoptymalizowany algorytmem „G-optymalne”, co umożliwiło ograniczenie zakresu doświadczeń do 15 kombinacji przy minimalizacji maksymalnej wariancji predykcji. Autor przedstawia kompletną tabelę drugiego planu (Tab. 5.4), zawierającą realne wartości prędkości mieszania, temperatury mieszania, zawartości kompatybilizatora i zawartości polimeru, a następnie wskazuje na budowę modeli drugiego rzędu i wykorzystanie regresji wielomianowej do opisu odpowiedzi.

W zakresie doboru materiałów Autor wykorzystuje dwa asfalty drogowe o odmiennych właściwościach (20/30 i 70/100), opisując ich charakterystyki oraz wybrane właściwości w tabeli (Tab. 6.2). Polimery odpadowe stanowią PET i PP, pozyskane z recyklingu w postaci płatków, co Autor opisuje wraz z uzasadnieniem, że materiał nie był poddany regranulowaniu. Przedstawia także podstawowe różnice pomiędzy PET i PP w zakresie temperatury zeszklenia i topnienia (Tab. 6.1), co uzasadnia oczekiwanie zróżnicowanego oddziaływania tych polimerów na właściwości asfaltów. Metodyka badań obejmuje zestaw badań lepiszczy i mieszanek, w tym badania lepkości dynamicznej, nawrotu sprężystego, MSCR, BBR oraz w przypadku mieszanek m.in. koleinowanie, ITSr zgodnie z WT-2:2014, badania pęknięcia i modułu sztywności (IT-CY i 4PB-PR), co zapewnia wieloaspektową ocenę zachowania mieszanki SMA.

4.4. Wykorzystanie narzędzi statystycznych

W rozprawie na szczególne wyróżnienie zasługuje znakomite opanowanie narzędzi statystycznych w interpretacji badań doświadczalnych. Autor w rozdziale 5 przedstawia miary tendencji centralnej i rozproszenia, następnie omawia analizę wariancji (ANOVA) wraz z definicją statystyki F oraz zasadami interpretacji p-value i przyjęciem poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Istotnym elementem jest konsekwentne stosowanie testów post-hoc (Tukeya oraz Gamesa-Howella), co pozwala na identyfikację par grup różniących się istotnie po stwierdzeniu istnienia różnic w ANOVA. W rozdziałach 6. i 7. Autor rozwija analizę o wykresy Pareto efektów standaryzowanych, które ułatwiają interpretację siły i kierunku wpływu efektów liniowych, nieliniowych i interakcji na odpowiedzi. W ocenie recenzenta ten element pracy stanowi jej istotny wyróżnik i podnosi wiarygodność wnioskowania.

4.5. Wyniki badań lepiszczy i ich interpretacja

Analiza wyników badań lepiszczy została przeprowadzona wielowymiarowo, z odniesieniem do parametrów podstawowych oraz reologicznych. W tabeli zestawiającej temperaturę mięknięcia i penetrację w 25°C (Tab. 6.24) Autor pokazuje, że większość asfaltów modyfikowanych polimerami odpadowymi uzyskuje parametry zbliżone do asfaltów bazowych, co wskazuje na ograniczenia klasyfikacji opartej wyłącznie na dwóch wskaźnikach. Jednocześnie Autor identyfikuje przypadek asfaltu nr 8, w którym asfalt

70/100 po modyfikacji uzyskuje konsystencję odpowiadającą asfaltowi 20/30, co stanowi praktyczny dowód możliwości „utwardzenia” asfaltu miękkiego. W analizie temperatury mięknięcia Autor interpretuje różnice pomiędzy wariantami procesu, wskazując rolę temperatury i prędkości mieszania, czasu modyfikacji oraz uziarnienia polimeru, a także zauważa, że wzrost wartości parametru może iść w parze ze wzrostem zmienności wyników, co ma znaczenie wdrożeniowe.

W części dotyczącej mikrostruktury Autor zestawia ocenę dyspersji polimeru w lepiszczach odpadowych i komercyjnych PMB, wskazując, że część asfaltów modyfikowanych polimerami odpadowymi wykazuje sygnały obniżonej kompatybilności układu asfalt–polimer. Jednocześnie zauważa, że mimo zastosowania w części przypadków polimerów o większym uziarnieniu wejściowym, w obrazie mikroskopowym występują cząstki poniżej 10 μm , co wskazuje na skuteczność homogenizacji co najmniej na poziomie akceptowalnym. Wyniki te stanowią merytoryczne uzasadnienie wprowadzenia kompatybilizatora w drugim planie eksperymentu.

W zakresie parametrów reologicznych Autor wykorzystuje badanie MSCR i odnosi wyniki do warunków krajowych, wykonując interpolację parametrów do temperatury 58°C, wskazanej jako górna temperatura pracy warstwy ścieralnej w Polsce. Autor pokazuje, że odpowiedni dobór parametrów procesu modyfikacji jest warunkiem uzyskania niskich wartości Jnr i korzystnych wartości R, a część asfaltów spełnia wymagania AASHTO M 332 dla ruchu bardzo ciężkiego. W badaniu BBR Autor analizuje S(60) i parametr m, odnosząc się do praktyki Superpave oraz sygnalizując ograniczenia interpretacji kryterium $m = 0,3$ dla lepiszczy modyfikowanych plastomerami.

4.6. Optymalizacja wielokryterialna i dobór kryteriów

W procesie optymalizacji Autor buduje modele drugiego rzędu wybranych obiektów testowych i ocenia ich dopasowanie m.in. poprzez skorygowany współczynnik determinacji R^2 oraz błąd RMSE. Kryteria użyteczności zostały zdefiniowane w oparciu o poziomy odniesienia wynikające z właściwości asfaltu PMB 45/80-55 oraz wymagań WT-2:2014, co jest podejściem właściwym z punktu widzenia praktyki drogowej. Autor wskazuje, że temperatura mięknięcia i penetracja powinny być zbliżone do PMB 45/80-55, lepkość dynamiczna w 135°C powinna umożliwiać prawidłowe zagęszczenie, a kryteria dla Jnr oparto na AASHTO M 332. W efekcie uzyskano asfalt zoptymalizowany (OPT), który Autor ocenia jako potencjalną alternatywę wobec klasycznych PMB, z zastrzeżeniem konieczności walidacji na poziomie mieszanki SMA.

4.7. Weryfikacja w mieszance SMA i aspekt technologiczny

Rozdział 8. stanowi domknięcie pracy, ponieważ Autor weryfikuje wpływ asfaltu modyfikowanego polimerem odpadowym na właściwości mieszanki

mastyksowo-grysowej SMA. Szczególnie cenne jest rozpoznanie problemu technologicznego zagęszczania i zawartości wolnych przestrzeni. W części dotyczącej określenia temperatury zagęszczania mieszanki O2 Autor przedstawia wyniki zawartości wolnych przestrzeni w trzech temperaturach (145°C, 155°C, 165°C), wykazując, że przy 155°C uzyskano 2,8% wolnych przestrzeni, co spełnia wymagania WT-2:2014 ($\leq 3\%$). Przyjęcie 155°C jako temperatury zagęszczania w dalszych badaniach jest logiczne i uzasadnione danymi.

W końcowych wnioskach Autor wskazuje, że mieszanki O2 i O3 uzyskały korzystne właściwości w zakresie modułu sztywności oraz odporności na pękanie w porównaniu z mieszanką referencyjną z asfaltem drogowym 50/70, a jednocześnie nie stwierdzono spadku odporności na naprężenia termiczne. Autor zachowuje umiar w porównaniu do mieszanki z PMB 45/80-55, wskazując, że w części badań rozwiązanie odpadowe nie przewyższa w pełni korzyści wynikających z zastosowania klasycznego PMB. Taka rzetelna ocena ograniczeń wzmacnia wiarygodność całej rozprawy.

5. Uwagi merytoryczne, redakcyjne i pytania do dyskusji

Ocena rozprawy jest jednoznacznie pozytywna, jednak warto wskazać kilka kwestii wymagających dyskusji czy doprecyzowania.

5.1. Pytania do dyskusji

- Dlaczego podjęto decyzję o modyfikacji asfaltów bazowych polimerami odpadowymi PET i PP, a nie np. na innymi powszechnie badanymi odpadami polimerowymi (np. PE, guma z opon)?
- Recenzent zdaje sobie sprawę z tego, że to nie było tematem recenzowanej rozprawy doktorskiej, ale ciekawe byłoby osadzenie uzyskanych wyników w realiach zagadnień ekonomiczno-środowiskowych zwłaszcza w ramach tzw. gospodarki obiegu zamkniętego. Wydaje się, że pewne niedostatki czy niewystarczająco pozytywne efekty zastosowania odpadowych tworzyw sztucznych jako dodatku modyfikującego właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych mogłyby zostać „wybaczone” w świetle korzyści środowiskowych.
- Interesujące byłoby odniesienie się Autora do wrażliwości parametrów optymalizacji na zmienność jakościową strumienia odpadów PET i PP oraz do sposobu hierarchizacji kryteriów w przypadku kompromisu pomiędzy odpornością na deformacje trwałe i odpornością na spękania w niskich temperaturach.
- Mieszanki O2 i O3 (asfalt modyfikowany odpadowym PP) spełniły wszystkie wymagania WT-2 2014, mimo zwiększonej zawartości wolnych przestrzeni. Jak można wyjaśnić ten paradoks i czy w praktyce drogowej będzie on stanowił problem?

- W rozdziale 8.8.5 przedstawiono wyniki badań odporności na zmęczenie mieszanek SMA 8 S KR3-4 w schemacie 4PB-PR według normy PN-EN 12697-24. Mieszanka O2 z asfaltem modyfikowanym polimerem odpadowym wykazała według kryteriów polskich wyższą trwałość zmęczeniową niż mieszanka referencyjna R1 (asfalt 50/70), jednak przy odkształceniach powyżej 183 $\mu\text{m}/\text{m}$ sytuacja się odwróciła. Doprowadziło to do korekty składu asfaltu (OPT3) i uzyskania mieszanki O3. Na czym polegał mechanizm tej poprawy odporności na zmęczenie po korekcie oraz jak ostatecznie wypada porównanie trwałości zmęczeniowej mieszanki O3 z mieszanką referencyjną R1 i mieszanką z asfaltem PMB 45/80-55?
- W rozdziale „Kierunki dalszych badań” Doktorant wymienia m.in. ocenę właściwości całej konstrukcji nawierzchni oraz wstępną obróbkę polipropylenu. Który z tych kierunków Doktorant uważa za najważniejszy i dlaczego?

5.2. Uwagi edycyjne

Praca jest napisana bardzo starannie, na wysokim poziomie edytorskim i językowym. Przedstawiam jedynie drobne uwagi, które nie wpływają na ogólną, zdecydowanie pozytywną ocenę:

- We wzorze (5.12), w którym Autor definiuje wariancję w i-tej grupie nie wskazano indeksu i zakresu sumowania. W praktyce chodzi o sumowanie po obserwacjach w obrębie i-tej grupy, jednak brak jawnego zapisu może prowadzić do wątpliwości interpretacyjnych. Zasadne byłoby uzupełnienie zapisu o indeks sumy albo doprecyzowanie tego w tekście bezpośrednio pod wzorem.
- W przypadku parametrów testu MSCR Autor wprowadził taki ich zapis, że wzory mogą być nie czytelne. Weźmy na przykład wzór (6.3), w którym można odnieść wrażenie, że powinniśmy pomnożyć J_{nr} razy $3.2^{(-0.2633)}$. Sugerowałbym w przyszłości wprowadzić 3.2 symbolizujące poziom naprężenia jako indeks albo np. zapis $J_{nr_3.2}$.
- W opisie pod wzorem (8.1) należy podać w jakich jednostkach powinna być do niego wstawiona gęstość mieszanki mineralnej, biorąc pod uwagę empiryczny charakter wzoru.

Przedstawione wyżej uwagi te mają charakter porządkowo-dyskusyjny i nie wpływają na końcową ocenę pracy. Ich wykorzystanie może być pomocne w trakcie przygotowywania publikacji naukowych na bazie niniejszej rozprawy doktorskiej.

6. Podsumowanie oceny rozprawy

Na podstawie przeprowadzonej oceny stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Marcina Podsiadło dotyczy ważnego i aktualnego problemu modyfikacji asfaltu

polimerami odpadowymi oraz weryfikacji tego rozwiązania w mieszance mastykowo-grysowej SMA. Praca wyróżnia się bardzo dobrze przygotowanym planem badawczym oraz znakomitym opanowaniem narzędzi statystycznych w interpretacji badań doświadczalnych. Autor wykazał się umiejętnością samodzielnego projektowania doświadczeń, budowy modeli odpowiedzi, prowadzenia optymalizacji wielokryterialnej oraz przeniesienia wyników z poziomu lepiszcza na poziom mieszanki. Takie całościowe i konsekwentne sformułowanie problemu ma charakter oryginalny i dowodzi doskonałego przygotowania teoretycznego Doktoranta w ramach dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Uzyskane rezultaty mają wyraźny potencjał aplikacyjny, a równocześnie są przedstawione z należytą świadomością ograniczeń wynikających z charakteru plastomerów i kompatybilności układu asfalt-polimer.

7. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Marcina Podsiadło pt. „Zastosowanie asfaltu modyfikowanego odpadowymi tworzywami sztucznymi do mieszanki mastykowo-grysowej” spełnia wszystkie wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. o szkolnictwie wyższym i nauce. Przedkładam Wysokiej Radzie Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Świętokrzyskiej niniejszą recenzję z wnioskiem o przyjęcie pracy jako rozprawy doktorskiej oraz dopuszczenie mgr inż. Marcina Podsiadło do publicznej obrony.


.....
dr hab. inż. Marcin Gajewski, prof. IBDiM

Recenzje przygotowane zgodnie z wymaganiami formalnymi

2026 -06- 01


DYREKTOR NAUKOWY
Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport
dr hab. inż. Przemysław Buczyński, prof. PŚk

Warszawa, 9.05.2026 r.

dr hab. inż. Marcin Gajewski, prof. IBDiM
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Ul. Instytutowa 1
03-302 Warszawa

WNIOSEK O WYRÓZNIENIE

rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Podsiadło

pt. „Zastosowanie asfaltu modyfikowanego odpadowymi tworzywami sztucznymi do mieszanki mastyksowo-grysowej”

Recenzowana praca doktorska stanowi zwieńczenie wieloletniego programu badawczego realizowanego przez mgra inż. Marcina Podsiadło na macierzystej uczelni. Doktorant wykazał się wyjątkową dojrzałością naukową, szczególnie w zakresie planowania i realizacji złożonych eksperymentów laboratoryjnych oraz zaawansowanej, rzetelnej analizy statystycznej wyników. Jego działalność badawcza koncentruje się na zrównoważonym rozwoju budownictwa drogowego z naciskiem na gospodarkę o obiegu zamkniętym i wykorzystanie odpadów polimerowych jako modyfikatorów asfaltów. Praca doktorska jest efektem systematycznej, wieloetapowej działalności badawczej, co świadczy o wysokim poziomie kompetencji inżynierskich i naukowych Autora. W pracy doktorskiej szczególnie wyróżnia się doskonałe opanowanie metod statystycznych stosowanych przy interpretacji wyników badań eksperymentalnych. Kluczowym walorem jest konsekwentne posługiwanie się testami post-hoc (Tukeya oraz Gamesa-Howella), co umożliwia precyzyjne wskazanie par grup istotnie różniących się po stwierdzeniu ogólnych różnic w ANOVA. Autor wzbogaca analizę o wykresy Pareto efektów standaryzowanych, które w istotny sposób ułatwiają ocenę siły i kierunku oddziaływania efektów liniowych, nieliniowych oraz interakcji na badane odpowiedzi. Zdaniem recenzenta właśnie ten fragment stanowi najważniejszy wyróżnik pracy i znacząco zwiększa rzetelność zaprezentowanych wniosków.

Podsumowując wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgra inż. Marcina Podsiadło.



.....
dr hab. inż. Marcin Gajewski, prof. IBDiM