



Recenzja pracy doktorskiej przedłożonej  
na Wydziale Budownictwa i Transportu Politechniki Śląskiej  
w związku z ubieganiem się o tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport  
z tytułowanej:

**"Analiza możliwości zastosowania funkcjonalnych nanokompozytów cementowych jako materiału  
naprawczego i samomonitorującego w konstrukcjach budowlanych"**

**Autor: mgr inż. Eryk Goldmann**

Promotor: Prof. dr hab. inż. Barbara Klemczak  
Promotor pomocniczy: Dr inż. Marcin Górski, Prof. PŚ

**Praca doktorska została przygotowana przez mgr inż. Eryka Goldmanna  
i przedłożona na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w celu uzyskania tytułu doktora  
nauk technicznych. – Doktor nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport.**

**Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”  
(z późn. zm.).**

Prezentowana recenzja zawiera

- I) Sylwetkę Kandydata
- II) Ogólny opis pracy
- III) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport;
- IV) Ocenę wraz z uzasadnieniem kandydat ubiegający się o nadanie stopnia doktora wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej;
- V) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.
- VI) Listę pytań
- VII) Ostateczny wniosek i oświadczenie podsumowujące

**I) Sylwetka Kandydata:**

Magister inżynier Eryk Goldmann ukończył studia magisterskie na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Zgodnie z przekazanymi informacjami, Kandydat był słuchaczem studiów III stopnia tej samej uczelni. Dokumentacja nie wskazuje, aby Kandydat kiedykolwiek ubiegał się o stopień doktora w kraju lub za granicą. Aktywny członek organizacji studenckich, założyciel SKN Rygiel i członek organizacji zrzeszających inżynierów (*fib young members, IABSE, EURECA Pro Student Council*). Jest współautorem pięciu publikacji naukowych, w czterech jako pierwszy autor. Swoje prace prezentował na siedmiu konferencjach krajowych i zagranicznych. Dorobek publikacyjny, udział w grantach i projektach jak również ukończone staże i kursy wskazują, że Pan Eryk Goldmann wybrał ścieżkę kariery naukowej, którą konsekwentnie podąża.

## II) Ogólny opis pracy

Recenzowana rozprawa dotyczy omówienia problemu naukowo-technicznego, jakim jest wykorzystanie kompozytów cementowych z dodatkiem nanocząstek jako materiału naprawczego i samoonitorującego w konstrukcjach budowlanych. Rozprawa doktorska jest napisana w języku polskim i składa się z 6 głównych rozdziałów. Zawiera 181 stron w tym 17 stron spisu bibliograficznego zawierającego 243 pozycje. Praca została zrealizowana w ramach Uniwersytetu Europejskiego EURECA-PRO. Treść pracy obejmuje kilka wątków badawczych, które zostały przez Kandydata rozpoznane. Dotyczą one doboru składu badanych materiałów, doboru środka czynnego ułatwiającego dyspersję nanocząstek w wodzie, dobór metody i czasu ultradźwiękowego rozbijania aglomeratów (sonikacji). Problem podjęty przez Autora jest aktualny w kontekście możliwości stosowania nano-dodatku w budownictwie i opracowywania materiałów funkcjonalnych. W swojej pracy skoncentrował się na potencjale materiałów węglowych (nanorurek węglowych) jako dodatku zwiększającego przewodność elektryczną co może zostać wykorzystane w monitoringu konstrukcji budowlanych (detekcja odkształceń). Streszczenia pracy w języku polskim i angielskim zawarte na wstępie są jasno sformułowane i przejrzyste.

Pracę rozpoczyna wprowadzenie do tematu, przedstawiającym tło i motywację badań. Rozdział drugi to obszerny przegląd literatury. W rozdziale trzecim przedstawiono założenia, tezę i cztery cele rozprawy:

- „1. Określenie wpływu dodatku nanorurek węglowych w różnych stężeniach na szereg wybranych cech fizycznych oraz mechanicznych zapraw cementowych.
2. Określenie wpływu nanorurek węglowych na wybrane cechy związane ze zwiększeniem trwałości zaprawy cementowej oraz zastosowania jej jako materiału naprawczego i ochronnego w tym odporność na czynniki korozyjne, nasiąkliwość, współczynnik podciągania kapilarnego.
3. Ustalenie możliwości pomiaru przewodności elektrycznej zaprawy z dodatkiem nanorurek węglowych w różnych warunkach wilgotnościowych oraz klasyfikacja mieszanek jako materiału do zastosowania w monitoringu konstrukcji.
4. Wybór optymalnego składu zapraw łączącego cechy związane z właściwościami ochronnymi oraz przewodnościami przy zachowaniu cech podstawowych.”

W kolejnej, czwartej części Autor przedstawia zrealizowane bardzo rozbudowane badania doświadczalne dotyczące określenia licznych cech fizycznych, mechanicznych i trwałościowych dla opracowanych kompozytów. Autor zdecydował się na przedstawienie wyników badań w kolejno następujących po sobie podrozdziałach dla paragrafu 4. Badania doświadczalne. W mojej opinii należało dokonać podziału na podrozdziały opisujące: i) opracowanie składu kompozytów i metody dyspergowania nanomateriału, ii) właściwości świeżej mieszanki, iii) cechy fizyczne, iv) cechy mechaniczne, v) cechy funkcjonalne, vi) trwałość opracowanych kompozytów. W przyjętej przez Autora formie rozdział 4 jest nadmiernie rozbudowany, to ponad 100 stron tekstu, a jego konstrukcja przypomina raczej rozbudowany raport z badań. Autor zdecydował się analizować wyniki badań w podsumowaniu kończącym podrozdziały, bezpośrednio po opisie założeń dla danej metody i opisie metody badań. Jest to dosyć niekonwencjonalne podejście dla rozpraw, ale w tym przypadku, dla bardzo licznej i różnorodnej populacji wyników może ułatwiać ich analizę.

Uwagi do zrealizowanych badań i ich wyników w kolejności prezentowania w rozdziale 4:

Dispersja nanorurek: Czy przyjęta metoda dyspersji (rodzaj środka powierzchniowo czynnego i czas sonikacji) gwarantowała wystarczającą stabilność układu w warunkach wysokiej alkaliczności zaczynu cementowego, a czy Kandydat rozważał alternatywne metody poprawy dyspersji?

Dobór składu zapraw - Wybór zakresu udziału nanorurek węglowych (0,05–1,0%) został dobrany na podstawie wskazówek producenta. Czy przeprowadzono analizę możliwości zastosowania szerszego lub węższego zakresu udziału? Poprawa jakich właściwości była wskazana przez producenta dla zastosowań w materiałach mineralnych?

#### Badania cech podstawowych

Reologia: Rozdział ten jest niezwykle interesujący. Określenie wpływu udziału CNT na poziom granicy płynięcia i lepkości plastycznej wskazuje na wyraźne tendencje związane z pogorszeniem płynności i urabialności zapraw. Czy dla wyników odbiegających od obserwowanych tendencji (rys 4.16: 2C CNT 0.5 i 2C CNT 1, Rys 4.18 2C CNT 0.1) powtarzano pomiary?

Skurcz: Kandydat wyznaczył graniczną optymalną zawartość włókien jaka poprawia właściwości kompozytu, ograniczając skurcz 0.05 wt.%. Skurcz materiału naprawczego jest jednym z elementów kluczowych dla jego zastosowania. Czy czas prowadzenia badań nad skurczem wysychania był wystarczający, aby odnieść się do przewidywanej długoterminowej eksploatacji kompozytów?

Zawartość powietrza i gęstość: Warto poszukać powiązań między zawartością powietrza, gęstością objętościową, porowatością i nasiąkliwością. W mojej opinii w pracy zabrakło próby powiązania tych cech dla opracowanych materiałów. Czy obserwowany wpływ nanorurek na zawartość powietrza i gęstość zapraw został zweryfikowany statystycznie, aby potwierdzić powtarzalność uzyskanych wyników? Jakimi były populacje próbek do badań? Tabela 4.10 zawiera średnie wartości?

Dyfrakcja rentgenowska i TGA: zastosowanie zaawansowanych technik pomiarowych wzbogaca pracę doświadczalną. W mojej opinii jest dość zaskakujące, że Autor spodziewał się uzyskania zróżnicowania zawartości min. wodorotlenku wapniowego różnicując zawartość dodatku CNT w opracowanych zaprawach. Czy można wskazać na możliwość tworzenia się specyficznych wiązań chemicznych przy zróżnicowaniu udziału CNT?

Mikrostruktura i porowatość: Specyfika badań mikrostrukturalnych i porowatości polega na tym, że obserwacje prowadzone są na stosunkowo niewielkim obszarze, w polu dobranym w sposób dość przypadkowy, a następnie wyniki tych analiz uogólnia się na cały materiał kompozytowy. W pracy nie znalazłam jednak próby powiązania wyników obserwacji mikrostrukturalnych i porowatościowych z uzyskanymi cechami wytrzymałościowymi. Jest to znaczące niedopatrzenie, gdyż zależności tego typu mogą istnieć i mogłyby wzmocnić argumentację naukową rozprawy. W mojej opinii, zastosowane zaawansowane metody badań – choć niewątpliwie interesujące i nowoczesne – nie pozwoliły w obecnym kształcie na pełne poszerzenie wiedzy o zachowaniu się kompozytów, zwłaszcza w kontekście ich właściwości mechanicznych i trwałościowych.

Nasiąkliwość: wyniki badań nasiąkliwości (rys 4.52) doskonale oddają zmianę w porowatości materiałów ze zwiększonym udziałem CNT i podążają za wynikami badań wytrzymałościowych. Warto odnieść je do obserwowanych zmian tych cech.

Wytrzymałość mechaniczna: Rozdział poświęcony analizie wytrzymałości mechanicznej dobrze ilustruje wpływ dodatku nanorurek węglowych na właściwości zapraw cementowych. Cennym aspektem jest przedstawienie wyników w różnych okresach dojrzewania próbek (2., 7. i 28. dzień), co pozwala uchwycić zmiany w czasie oraz zróżnicowaną dynamikę rozwoju wytrzymałości. Dobrze, że w pracy znalazła się analiza statystyczna uzyskanych wyników dla ściskania i rozciągania przy zginaniu. W mojej opinii modele regresji liniowej dla wszystkich badanych serii byłyby wystarczające. Pozwoliłoby to nie tylko w bardziej przejrzysty sposób zobrazować dynamikę wzrostu wytrzymałości w czasie, ale też dodatkowo uwypuklić różnice pomiędzy próbkami kontrolnymi a modyfikowanymi. Który z mechanizmów w opinii Kandydata, dotyczący obserwowanego spadku wytrzymałości przy wyższych udziałach nanorurek jest dominujący: problemy dyspersji CNT, problemy z urabialnością, zwiększony udział powietrza, czy też z inne mechanizmy są dominujące (np. zwiększoną kruchością mikrostruktury)?

Badania cech związanych z trwałością: Na szczególne uznanie zasługuje część rozprawy poświęcona badaniom trwałości. Kandydat nie ograniczył się, do standardowych badań cech fizycznych i mechanicznych, lecz przedstawił szeroką i szczegółowo opisaną metodykę badań trwałościowych, obejmujących m.in. starzenie w komorze klimatycznej oraz odporność na czynniki korozyjne chlorki i karbonatyzację. Tak kompleksowe podejście jest niezwykle wartościowe i rzadko spotykane w opracowaniach doktorskich, w których kwestie trwałości najczęściej pozostawiane są jedynie w perspektywie dalszych badań.

Cały ten dział należy uznać za wyjątkowo wzbogacający zarówno pod względem poznawczym, jak i aplikacyjnym. Stanowi on istotny atut rozprawy i pokazuje dojrzałość badawczą Kandydata oraz jego umiejętność prowadzenia prac o dużym znaczeniu praktycznym.

Badania cech związanych z funkcjonalnością: Cennym i niezwykle oryginalnym elementem rozprawy są badania dotyczące przewodności elektrycznej zapraw cementowych z CNT, prowadzone metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej. Zrealizowanie tego typu analiz w kontekście materiałów budowlanych należy uznać za ambitny i w pełni uzasadniony krok, ponieważ to właśnie aspekt funkcjonalności stanowi jeden z głównych celów współczesnych badań nad materiałami nowej generacji.

Kandydat w sposób przekonujący pokazał, że zastosowanie nanorurek węglowych może nadać zaprawom cementowym właściwości przewodzące, co otwiera drogę do ich wykorzystania jako materiałów inteligentnych, zdolnych do monitorowania stanu konstrukcji. Starannie zaprezentowana metodyka oraz przejrzysta interpretacja wyników zasługują na szczególne uznanie. Badania te nie tylko poszerzają wiedzę o zachowaniu się kompozytów, lecz także wpisują się w światowy trend rozwijania materiałów funkcjonalnych, stanowiąc wyróżnik niniejszej rozprawy. Autor interpretuje silną zależność przewodności od wilgotności próbek i czy przewiduje możliwe sposoby poprawy stabilności przewodności w stanie suchym, tak aby materiał mógł pełnić funkcję czujnika w rzeczywistych warunkach pracy konstrukcji?

Po części opisującej zrealizowane badania następuje krótki rozdział podsumowujący wszystkie wyniki badań zawierający tabelę 4.37 pokazującą pozytywny, negatywny lub neutralny wpływ na materiały o zróżnicowanym udziale nanododatku i dla dwóch proporcji składników normowym i zmienionym.

Rozdział 5 zawiera dyskusję dotyczącą możliwości zastosowania zapraw do naprawy i monitoringu konstrukcji betonowych.

W rozdziale Kandydat odnosi się głównie do oceny właściwości w kontekście planowego zastosowania jako materiału monitorującego jednak w przypadku cech takich jak urabialność, skurcz, oraz wytrzymałość mechaniczna przewagę mają materiały o najmniejszej zawartości nanorurek węglowych - 0,05 wt.% jednak wykazały one niską przewodność elektryczną, która była najwyższa i najbardziej stabilna dla zawartości najwyższych (zgodnie z wszelkimi oczekiwaniami) czyli 0,5 i 1,0 wt.%. Te obserwacje ograniczają niewątpliwie potencjał zastosowania tego materiału jako naprawczego i równocześnie monitorującego. Niestety również właściwości trwałościowe zapraw z wysokimi dawkami nanorurek węglowych CNT nie były dostatecznie dobre, aby kwalifikować je do wykorzystania jako materiał do naprawy i ochrony konstrukcji.

W mojej opinii w pracy brakuje wyraźnie prób korelacji uzyskanych wyników badań, powiązania obserwowanych cech fizycznych i mechanicznych, próby wyjaśnienia obserwowanych tendencji.

Rozdział 6, zawiera sformułowane wnioski końcowe i zaproponowane kierunki przyszłych badań. Autor w tym rozdziale odnosi się do sformułowanych czterech celów pracy, które w kontekście zaprezentowanych wyników badań zostały w pełni osiągnięte dla trzech pierwszych celów jednak, jak wskazuje Autor, nie wyodrębniono składu, który spełniałoby wszystkie założone warunki związane z poprawą właściwości fizycznych mechanicznych i trwałościowych charakteryzującego się równocześnie wysoką przewodnością elektryczną.

#### **Ocena wykorzystanej literatury:**

Literatura wykorzystywana w rozprawie doktorskiej jest dobrana właściwie. Ponadto, jest urozmaicona i bogata. Na podkreślenie zasługuje umiejętność korzystania z najnowszej literatury przedmiotu oraz liczne odniesienia do najnowszych światowych badań w tej dziedzinie. Kandydat wykorzystał 243 pozycje bibliografii naukowej.

#### **Ocena strony redakcyjnej pracy:**

Rozprawa jest przygotowana z zachowaniem odpowiednich standardów redakcyjnych. Wszystkie rysunki są starannie przygotowane i przedstawione w tekście. Język pracy jest spójny, pomysły są przedstawione przejrzysto, a dokument łatwo się czyta.

### **III) Ocena wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport;**

Autor w części wprowadzającej przedstawił tło dotyczące podziału nanomateriałów, w szczególności nanomateriałów węglowych i kierunków ich potencjalnego zastosowania w budownictwie. **Sposób**

**przedstawienia tych wiadomości i dobór cytowań i literatury świadczą o bardzo dobrej orientacji Kandydata w aktualnym stanie wiedzy w tym obszarze.**

W pracy wyraźnie i trafnie sformułował cztery cele badawcze **dotyczące oceny wpływu dodatku nanorurek węglowych na cechy reologiczne świeżej mieszanki, cechy mechaniczne, fizyczne i trwałościowe zapraw cementowych oraz ustalenie możliwości pomiaru przewodności elektrycznej zaprawy z dodatkiem nanorurek węglowych w różnych warunkach wilgotnościowych ich przydatność w monitoringu konstrukcji.**

**Umiejętnie zdiagnozował problemy techniczne związane z rozpraszaniem nanorurek w kompozytach mineralnych i ich dyspergowaniem w wodzie zarobowej.** Autor przedstawił możliwe do zastosowania techniki dyspersji porównując wpływ na właściwości mechaniczne środka powierzchniowo czynnego (SDBS) i superplastyfikatora (PS) jako substancji ułatwiających dyspersję nanorurek węglowych. Ponadto zajął się w sposób kompleksowy doбором czasu sonikacji dla zawiesin nanorurek w wodzie z PS i SDBS. W tym celu zastosował metodę oceny widma absorbancji uzyskanej metodą spektroskopii UV-vis ustalając na tej podstawie minimalny czas sonikacji 30 min, prezentując umiejętność stosowania zaawansowanych metod doświadczalnych i wiedzę teoretyczną w zakresie stosowania praktycznego metody spektroskopii UV.

Wnioski końcowe są realistyczne i pokazują świadomość złożoności problemu - podkreślono, że wpływ CNT na zaprawy cementowe nie ma charakteru jednoznacznego ani spektakularnego, a poprawa wybranych parametrów wymaga dalszej optymalizacji składu. Ponadto, Kandydat konsekwentnie zestawia własne wyniki z doniesieniami literaturowymi, wskazując zarówno zgodności, jak i rozbieżności. Świadczy to o znajomości literatury przedmiotu i zdolności krytycznej analizy. Należy zauważyć, że dyskusja wyników została osadzona zarówno w kontekście aplikacyjnym (naprawa i monitoring konstrukcji), jak i teoretycznym (mikrostruktura, przewodnictwo, mechanizmy oddziaływań).

**Podsumowując: rozprawa nie ogranicza się do opisu badań eksperymentalnych, ale pokazuje przygotowanie teoretyczne Kandydata w zakresie stosowania zaawansowanych technik badawczych, technologii spoiw mineralnych oraz metod oceny ich właściwości co odzwierciedla wiedzę teoretyczną Kandydata z zakresu Inżynieria Lądowa i Transport.**

**IV) Ocena wraz z uzasadnieniem kandydat ubiegający się o nadanie stopnia doktora wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**

Kandydat ubiegający się o nadanie stopnia doktora wykazuje pełną umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Potwierdzają to szeroko zakrojone badania eksperymentalne, obejmujące zarówno właściwości podstawowe, jak i funkcjonalne zapraw cementowych z dodatkiem nanomateriałów węglowych. Kandydat wykazał się umiejętnością opracowania metodyki badań, interpretacji wyników i ich odniesienia do stanu wiedzy prezentowanego w literaturze. Kandydat wykazał się dojrzałością badawczą, w szczególności dostrzegając problem związany z koniecznością właściwego dyspergowania nano dodatku w wodzie i dobierając odpowiednie metody sonikacji, oraz dobierając zestaw badań zdolnością formułowania wniosków oraz krytycznego spojrzenia na uzyskane rezultaty. Zastosowanie różnorodnych technik i narzędzi pomiarowych od badań reologicznych i mikrostrukturalnych, przez testy

wytrzymałościowe i starzeniowe, aż po zaawansowane analizy przewodności, pozwoliło Kandydatowi na zdobycie bogatego doświadczenia w pracy laboratoryjnej oraz na umiejętne łączenie metod klasycznych z nowoczesnymi. Tak szeroki wachlarz badań znacząco poszerzył jego kompetencje badawcze, wzbogacając warsztat naukowy oraz potwierdzając zdolność do samodzielnego prowadzenia i koordynowania złożonych projektów naukowych. Należy jednak zaznaczyć, że dyskusja wyników, choć poprawna i spójna, chociaż miejscami jest ograniczona i brakuje głębszej analizy porównawczej z innymi wynikami z literatury oraz pogłębionych wniosków co do potencjalnych mechanizmów obserwowanych zjawisk. Pomimo tego zastrzeżenia, **praca stanowi wartościowy i oryginalny wkład w rozwój badań nad nanokompozytami cementowymi, a prezentowane wyniki świadczą o samodzielności i wysokich kompetencjach badawczych Kandydata.**

#### V) Ocena wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego

Oryginalność pracy przejawia się przede wszystkim w podjętym temacie zastosowaniu zapraw z nanododatkiem jako materiałów naprawczych o zdolności do monitorowania odkształceń, oraz kompleksowym podejściu do badań właściwości tego materiału. Badania objęły niezwykle szeroki zakres, przebadano zarówno właściwości podstawowe (fizyczne i mechaniczne); mikrostrukturalne, jak i jego cechy funkcjonalne, takie jak przewodność elektryczną. Ponadto Autor zdecydował się na realizację badań odporności korozyjnej. Kandydat zaprezentował szerokie studium oceny właściwości materiału modyfikowanego nanododatkiem. W mojej opinii szeroki wachlarz zastosowanych badań stanowi niewątpliwą zaletę opracowania, ponieważ umożliwił Kandydatowi zapoznanie się z metodologią i podstawami teoretycznymi wielu metod doświadczalnych co niewątpliwie wyróżnia to opracowanie na tle innych.

**Podsumowując, rozprawa stanowi oryginalny i wartościowy wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa i transport, a zaprezentowane w niej wyniki mają znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne.** Do najważniejszych zalet recenzowanej rozprawy należą: i) właściwy dobór metod badawczych i ich szczegółowy opis, szeroki wachlarz zastosowanych metod badawczych obejmujący badania cech fizycznych, mechanicznych, mikrostrukturalnych i trwałościowych; ii) rzetelne opracowanie uzyskanych wyników iii) umiejętność formułowania wniosków naukowych.

#### VI) Lista pytań

- i) Jakie jest stanowisko Autora rozprawy wobec potencjalnych aspektów zdrowotnych i środowiskowych związanych ze stosowaniem nanododatków w materiałach cementowych i czy przewiduje on kierunki badań nad bezpieczeństwem ich aplikacji w budownictwie?
- ii) Czy długotrwałe oddziaływanie ultradźwięków prowadzące do skrócenia nanorurek może być przyczyną zaobserwowanego po 30 min wzrostu absorbancji? Mechanizm sonikacji dotyczy rozbicia aglomeratów i tzw. efektu kawitacji (str. 21). Czy znany jest czas utrzymania trwałości takiego układu z obecnymi w zawieszynie wody pęcherzami powietrza i nanorurek węglowych?
- iii) Czy Kandydat przewiduje możliwość skalowania uzyskanych rozwiązań laboratoryjnych do poziomu półtechnicznego lub rzeczywistych konstrukcji budowlanych, a jeśli tak jakie są kolejne kroki działań? jakie bariery technologiczne mogą się pojawić?
- iv) Włókna stalowe są tańsze i również zapewniają poprawę właściwości mechanicznych i równocześnie przewodność betonu. Czy Kandydat rozważał zastosowanie takiego

rozwiązania w celu uzyskania materiału samomonitorującego do zastosowań w konstrukcjach budowlanych?

- v) Na ile wiarygodne są procedury badań trwałości (karbonatyzacja, korozja chlorkowa, korozja biologiczna), biorąc pod uwagę czas ich trwania i przyjęte warunki środowiskowe, czy pozwalają one na wnioskowanie o rzeczywistej długoterminowej eksploatacji opracowanych materiałów?

## **VII) Ostateczny wniosek i oświadczenie podsumowujące**

**Praca mgr inż. Eryka Goldmanna, Autora rozprawy zatytułowanej "Analiza możliwości zastosowania funkcjonalnych nanokompozytów cementowych jako materiału naprawczego i samomonitorującego w konstrukcjach budowlanych" przedłożonej na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej spełnia wszystkie wymogi Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późniejszymi zmianami):**

- jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, jakim jest wykorzystanie funkcjonalnych nanokompozytów cementowych jako materiałów naprawczych i samomonitorujących;
- wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną doktoranta w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport;
- potwierdza zdolność doktoranta do prowadzenia samodzielnych badań, potwierdzoną również licznymi publikacjami, w których jest pierwszym Autorem.

**Biorąc powyższe pod uwagę, w pełni spełnia wymogi ustawy. Wniosuję o dopuszczenie do obrony publicznej.**

Z szacunkiem,

Miejsce: Kraków  
Data: 30.09.2025

dr hab. inż. Izabela Hager, Prof. Politechniki Krakowskiej  
Katedra Inżynierii Materiałów Budowlanych  
Politechnika Krakowska  
Warszawska 24,  
31-155 Kraków,  
Polska