Wpłynęło
do Biura Wydziału WILiŚ
13.01.2026 r.
31 podpis

prof. dr hab. inż. Elżbieta Horszczaruk
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Szczecin, dnia 29.12. 2025 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Oskara Mitrosza

pt.: „Zastosowanie betonu porowatego z kruszywem z recyklingu do wykonywania pali fundamentowych"

ang. „Application of pervious concrete with recycled aggregates for foundation pile construction"

z dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych; dyscypliny: Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej, prof. dr hab. inż. Ewy Wojciechowskiej, nr 873/WILiŚ/2025 z dn. 24 listopada 2025 r., z prośbą o przygotowanie recenzji.

Podstawę prawną opracowania recenzji stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 poz. 742 z późn.zm.).

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Oskara Mitrosza pod tytułem „Zastosowanie betonu porowatego z kruszywem z recyklingu do wykonywania pali fundamentowych". Rozprawa została złożona na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej. Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Mikołaj Miśkiewicz, prof. PG, a promotorem pomocniczym dr inż. Marzena Kurpińska.

2. Ocena trafności podjęcia tematu

Tematyka rozprawy doktorskiej mgra inż. Oskara Mitrosza dotyczy możliwości wdrożenia betonu porowatego z kruszywem z recyklingu do wykonywania pali fundamentowych. Pomimo rosnącego zainteresowania technologią betonu porowatego w budownictwie, liczba badań i zastosowań aplikacyjnych tej technologii do produkcji pali fundamentowych jest bardzo ograniczona, co również wykazał Doktorant w swojej dysertacji. Autor w swoich badaniach koncentruje się nie tylko na opracowaniu składu betonu porowatego o odpowiedniej nośności i wysokiej przepuszczalności, ale także wykorzystuje materiały o możliwie najniższym śladzie węglowym, co czyni zaproponowane rozwiązanie innowacyjnym w kontekście zrównoważonego budownictwa. Połączenie badań laboratoryjnych z badaniami terenowymi dzięki współpracy Doktoranta z przedsiębiorstwem z branży geotechnicznej, umożliwiło odpowiedni dobór składu mieszanek oraz oszacowanie parametrów technologicznych wykonywania wzmocnienia gruntu za pomocą pali.

Analiza pracy złożonego i bardzo niejednorodnego w swojej strukturze materiału porowatego z niejednorodnym, słabonośnym podłożem gruntowym jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym, zarówno od strony technologii betonu jak i geotechniki. Doktorant wykorzystał w celu opisu pracy tych dwóch jakże różnych materiałów w warunkach obciążenia zewnętrznego nie tylko standardowe metody laboratoryjne stosowane w technologii betonu czy geotechnice, ale nowoczesne techniki badawcze, takie jak tomografia komputerowa do oceny struktury badanych betonów oraz symulacje numeryczne do weryfikacji wpływu instalacji pala z betonu porowatego w ośrodku gruntowym. Wyniki badań i analiz mogą przyczynić się nie tylko do opisu mechanizmów grunt-konstrukcja pala z betonu porowatego, ale także do praktycznego wdrożenia tego rozwiązania konstrukcyjnego. Dlatego też podjęcie przez Doktoranta tej tematyki uważam za bardzo celowe i świadczące o jego wnikliwym rozeznaniu w tej tematyce. Tematyka rozprawy doktorskiej mgra inż. Oskara Mitrosza jest aktualna i wpisuje się w zakres badań dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

3. Charakterystyka i ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

3.1. Struktura rozprawy

Rozprawa ma charakter doświadczalno-analityczny i dotyczy zastosowania betonu porowatego z kruszywem z recyklingu do wykonania pali fundamentowych. Przedłożona w formie zwartej publikacji praca napisana w języku polskim liczy łącznie 200 strony i składa się z pięciu rozdziałów poprzedzonych streszczeniami w języku polskim i angielskim, spisem

treści oraz wykazem ważniejszych oznaczeń i skrótów. Po rozdziałach numerowanych zamieszczono wykaz literatury, spis rysunków i tabel. W tekście pracy zamieszono 85 rysunków i 32 tabele.

Rozdział 1 jest krótkim wprowadzeniem w tematykę rozprawy oraz zawiera cel i tezę pracy. Rozdział 2 zawiera przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat projektowania składu i właściwości betonu porowatego oraz opis jego zastosowania w geotechnice przy wykonywaniu pali fundamentowych. Rozdział 3 zawiera opis badań własnych Doktoranta. Omówiono w nim program i metodykę wykonanych badań laboratoryjnych i terenowych oraz przeprowadzono analizę uzyskanych wyników. W rozdziale 4 przedstawiono modele 2D i 3D dla trzech technologii wzmocnienia podłoża: pali z betonu porowatego, kolumn z betonu konwencjonalnego oraz kolumn żwirowych. Oceniono wpływ filtracji na tempo konsolidacji podłoża oraz wartości osiadania nasypu. Dla wszystkich trzech rozwiązań dokonano analizy emisyjności wraz z oceną śladu węglowego. W rozdziale 5 przedstawiono wnioski końcowe, wskazano rekomendacje do wdrożenia technologii oraz kierunki dalszych badań. Rozprawę kończy bibliografia zawierająca 247 pozycji literaturowych, głównie anglojęzycznych.

Podsumowując stwierdzam, że układ rozprawy, kolejność prezentowanych wyników oraz poprawność językowa nie budzi zastrzeżeń.

3.2. Ocena merytoryczna rozprawy

Recenzowana rozprawa wskazuje na wysokie kompetencje Doktoranta w zakresie samodzielnego prowadzenia badań laboratoryjnych i interpretacji ich wyników, a także umiejętnością implementacji wyników laboratoryjnych do badań terenowych. Widoczna jest konsekwencja działań począwszy od literaturowego rozpoznania, poprzez opracowanie planu eksperymentu, realizację badań i analizę wyników z zastosowaniem modelowania MES. Doktorant wykazał się dużym doświadczeniem badawczym, po całkowicie nieudanych badaniach terenowych dokonał prawidłowo korekty planu badań laboratoryjnych, co w końcowym efekcie pozwoliło na osiągniecie założonych celów potwierdzonych pozytywnymi wynikami badań terenowych.

Doktorant trafnie sformułował następującą tezę pracy: „Zastosowanie betonu porowatego do wykonywania pali fundamentowych umożliwia skuteczne wzmacnianie gruntów słabonośnych przy jednoczesnym pełnieniu funkcji drenażowej", którą zasadność jednoznacznie potwierdziły przeprowadzone badania laboratoryjne, terenowe oraz analizy numeryczne. Ogólnie można stwierdzić, że Doktorant rozwiązał podjęty problem naukowy.

Przedstawione poniżej krytyczne uwagi mają w wielu wypadkach charakter dyskusyjny a ich celem jest pobudzenie Doktoranta do podjęcia dalszych badań i analiz w celu wyjaśnienia wątpliwości i przygotowywania kolejnych publikacji.

3.2.1. Ocena części studialnej

Zagadnienia w rozprawie poddane studiom literaturowym dotyczyły aktualnego stanu wiedzy na temat betonu porowatego w kontekście jego właściwości materiałowych i zastosowań inżynierskich, ze szczególnym uwzględnieniem potencjału aplikacyjnego w geotechnice w zakresie wzmacniania gruntów słabonośnych za pomocą pali. Zakres teoretyczny przeglądu jest prawidłowy, jednak część danych, szczególnie w rozdziale 2.1 w części opisowej dotyczącej struktury betonów porowatych, została przedstawiona przez Doktoranta bezkrytycznie. Przykładowo Doktorant pisze na str. 22, że „ *Inna zaś domieszka mineralna, mikrokrzemionka (ang. silica fume), poprawia porowatość i przepuszczalność betonu, jak również wytrzymałość poprzez zagęszczenie mikrostruktury strefy ITZ w mieszance*". Powszechnie wiadomo, że zastosowanie w kompozytach cementowych mikrokrzeminki powoduje zagęszczenie struktury zaczynu cementowego, przez co warstwa przejściowa ma mniejszą grubość (lub w ogóle nie występuje) i porowatość co przekłada się w końcowym efekcie na wzrost wytrzymałości kompozytu. W komentarzu Doktoranta mikrokrzemionka zwiększa porowatość i jednocześnie zagęszcza mikrostrukturę, co pozostaje w sprzeczności. Najczęściej powtarzającym się błędem merytorycznym Autora w części teoretycznej i doświadczalnej dysertacji jest odnoszenie badanych właściwości mechanicznych do mieszanki a nie betonu, co również ilustruje cytowane powyżej zdanie. Bardzo dobrą formą uporządkowania danych z badań literaturowych jest Tabela 1, opracowana przez Doktoranta. Gdyby Autor dokonał uporządkowania przedstawionej wiedzy pod kątem danych zamieszczonych w tej tabeli i dokonał ich podsumowania, przegląd literatury byłby bardziej czytelny.

3.2.2. Ocena części badawczej rozprawy

Badania doświadczalne zostały zrealizowane według własnego, bardzo szerokiego programu badań Doktoranta. W ramach części pierwszej badań laboratoryjnych zaprojektowano osiem mieszanek betonu porowatego na bazie cementu CEM I 42,5R z zastosowaniem kruszywa naturalnego, kruszywa z recyklingu gruzu betonowego oraz granulatu gumowego. Zastosowano również modyfikację mieszanek dodatkiem włókien polimerowych. Doktorant oprócz szerokiego programu badań cech mechanicznych

(wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu, moduł sprężystości) oznaczył gęstość objętościową i efektywną nasiąkliwość próbek wg ASTM C1754 oraz zbudował stanowisko badacze do badania wodoprzepuszczalności betonu metodą zmiennego spadku hydraulicznego, zgodnie z instrukcją ACI 522R-10. Budowa stanowiska i jego wykorzystanie w badaniach stanowi oryginalne rozwiązanie Autora i umożliwiło precyzyjną charakterystykę przepuszczalności badanych betonów.

Niestety wytypowane do dalszych badań mieszanki betonowe J1 i J2 nie spełniły zakładanych oczekiwań, a badania terenowe nie zakończyły się sukcesem. W rozdziale 3 zabrakło informacji na temat metod pozyskania kruszywa z recyklingu i granulatu gumowego oraz uzasadnia przyjętego składu ilościowego i granulometrycznego kruszywa. Nie podano pełnej charakterystyki zastosowanych włókien polipropylenowych. Brakuje również wyników badań konsystencji mieszanek betonowych. W badaniach właściwości mechanicznych podano wyłącznie wartości średnie z uzyskanych wyników.

Doktorant wyciągnął jednak prawidłowe wnioski z pierwszej serii badań laboratoryjnych i terenowych dokonując korekty składu mieszanek. Zrezygnował z cementu czystego portlandzkiego na rzecz cementów portlandzkich wieloskładnikowych CEM II o niższym śladzie węglowym, a także z zastosowania granulatu gumowego i włókien. Dodatkowo zastosowano zagęszczanie mieszanek na stoliku wibracyjnym.

Dzięki przeprowadzonym badaniom laboratoryjnym, a w szczególności badaniom wpływu czasu wibracji na właściwości betonu porowatego, dokonano przeliczenia czasu wibracji na parametry wibratora MB 1670 stosowanego w badaniach terenowych i wytypowano mieszankę P2 do wykonania pali. W ramach badań terenowych wykonano 4 pale o długości 6 m i średnicy od 0,4 do 0,6 m. W badaniach terenowych w pierwszym etapie wykorzystano palownicę Vibrocat TR05-1, w drugim etapie palownicę Vibrocat VC05-2. Nie udało się jednak pobrać za pomocą wiertnicy próbek z pali do dalszych badań z uwagi na kruchość betonu porowatego.

Niezwykle cenne są tu wnioski praktyczne i rekomendacje dotyczące prowadzenia badań terenowych sformułowane przez Doktoranta oraz propozycja alternatywnej metody poboru próbek z pali opracowana przez Doktoranta.

Badania w poszczególnych etapach zaprogramowano i wykonano właściwie. Nie wnoszę zastrzeżeń do metodyki zrealizowanych badań. Jedyną uwagę krytyczną mam do badań struktury próbek betonu wykonywanych za pomocą mikro-tomografii komputerowej.

Uzyskane wyniki porowatości są obarczone błędem z uwagi na sposób przygotowania próbek, które przycinano przed badaniem. Część porów zamkniętych została otwarta przy przygotowaniu próbek za pomocą cięcia. Dodatkowo nigdzie w rozprawie nie znalazłam charakterystyki krętości kanałów porowych oznaczanej w literaturze najczęściej jako τ, o której pisze Doktorant we wnioskach na koniec rozdziału 3 (str. 84) oraz we wnioskach końcowych.

3.2.3. Ocena części analitycznej i wniosków końcowych

Zasadniczą część rozprawy, w której wykorzystano wyniki badań laboratoryjnych i terenowych stanową symulacje obliczeniowe nasypu drogowego posadowionego na słabonośnym podłożu gruntowym opisane w rozdziale 4 rozprawy. W ramach programu obliczeń Doktorant rozpatrzył cztery warianty posadowienia nasypu: pale z betonu porowatego (PCP), kolumny betonowe z betonu konwencjonalnego (CC), kolumny żwirowe w osłonie geotekstylnej (GESC0 oraz wariant bez wzmocnienia (BW). W celu odwzorowania rzeczywistego rozwiązania posadowienia nasypu na palach PCP oraz porównania z innymi wariantami (CC, GESC) Autror przeprowadził symulacje w układzie osiowo-symetrycznym (2D) oraz weryfikacyjne analizy w układzie przestrzennym (3D). Obliczenia numeryczne przeprowadził z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych (MES) w środowisku Plaxis, specjalistycznym oprogramowaniu przeznaczonym do analiz geotechnicznych. Doktorant dokonał bardzo szczegółowych analiz rozwiązań konstrukcyjnych pali w ramach obu modeli analizując m.in. przebieg dyssypacji ciśnienia porowego, osiadanie końcowe i tempo średnioroczne osiadania w okresie eksploatacyjnym, tempo konsolidacji w trakcie budowy nasypu i w okresie eksploatacji. Wykazał się dużą wiedzą w zakresie modelowania numerycznego pracy gruntu z wykorzystaniem najnowszego oprogramowania.

W końcowej części rozdziału Doktorant przeprowadził analizę emisyjności oraz ocenę śladu węglowego dla przyjętych rozwiązań materiałowych i technologicznych obejmującą ocenę emisyjności mieszanek betonu porowatego z uwzględnieniem rodzaju cementu oraz udziału kruszywa z recyklingu i porównanie emisyjności systemów posadowienia nasypu. Analiza ta wykazała zalety betonu porowatego nie tylko w aspekcie wskazanych w dysertacji zastosowań inżynierskich, ale również w aspekcie projektowania zrównoważonego. Doktorant wykazał, że wdrożenie technologii betonu porowatego z komponentami niskoemisyjnymi w palach fundamentowych może stanowić realną alternatywę dla dotychczas stosowanych rozwiązań konwencjonalnych.

Doktorant sformułował bardzo szczegółowe wnioski końcowe dotyczące właściwości badanych betonów porowatych, praktycznych aspektów wykonania pali z betonów porowatych oraz wykorzystania opracowanych modeli 2D i 3D w projektowaniu pali z betonu porowatego (rozdział 5). Podał również szeroki plan dalszych badań dotyczących wdrożenia betonu porowatego w geotechnice.

Podsumowując tę część recenzji, wiedzę teoretyczną, warsztat naukowo-badawczy Doktoranta i umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego badań oceniam bardzo pozytywnie.

4. Ocena strony redakcyjnej pracy

Ogólnie rozprawa napisana jest poprawnym językiem, myśli z reguły formułowane są jasno. Praca została zredagowano bardzo staranie od strony podziału tekstu, formatowania i odnośników. Tekst zawiera wiele rysunków i tabel opracowanych w jednolitej szacie graficznej. Tylko kilka rysunków przedstawiających wyniki badań jest słabo czytelna z uwagi na zastosowanie mało kontrastowych kolorów krzywych. Recenzent zauważył pewne drobne uchybienia, które nie mają wpływu na merytoryczną ocenę pracy i nie wymagają one odniesienia autora podczas obrony pracy:

1) Str. 22: *„Inne dodatki, np. włókna polipropylenowe mogą zwiększyć wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie, zginanie i ścieranie"* – nie oznaczmy wytrzymałości na ścieranie tylko odporność na ścieranie.
2) Str. 46 (trzeci wiersz od góry): *ASTM C1754* – brak normy w wykazie literatury
3) Str. 49 (siódmy wiersz od dołu): *„Stosując zalecenia ASTM C469/C469M..*" – brak normy w wykazie literatury.
4) Str. 73 (środkowy akapit): *„mieszanki z cementem CEM II wykazywały wyższą powierzchnię właściwą Blaine'a*" – powierzchnię właściwą oznaczamy dla cementu a nie dla mieszanki betonowej.
5) Str. 78 (drugi wiersz od góry): *„Choć właściwości mechaniczne, takie jak wytrzymałość na ściskanie oraz gęstość objętościowa*" – gęstość objętościowa nie jest zaliczana do właściwości mechanicznych.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgra inż. Oskara Mitrosza pt. „Ocena materiałów powłokowych przeznaczonych do ochrony betonu narażonego na zanieczyszczoną glebę" stanowi bardzo wartościowe osiągnięcie naukowo-badawcze w dyscyplinie naukowej

inżynieria lądowa, geodezja i transport. Rozprawa ma również wyraźne znaczenie praktyczne, bowiem wyniki badań prezentowane w rozprawie mogą zostać wykorzystane w projektowaniu pali z betonu porowatego.

Jak wykazano w recenzji, rozprawa doktorska mgra inż. Oskara Mitrosza spełnia wymagania Ustawy w zakresie oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz wykazania umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta.

W związku z tym, w oparciu o przepisy Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 ze zm.), pozytywnie opiniuję przedłożoną rozprawę doktorską i wnoszę o dopuszczenie Pana mgra inż. Oskara Mitrosza do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Z uwagi na aktualność podjętej w rozprawie tematyki, oryginalny plan i zakres zrealizowanych badań, a także wysoką jakość analiz, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Oskara Mitrosza.

Elżbieta Głowacka