

dnia 13. 09. 2021

Warszawa, 06.09.2021 r.

**Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda**

Instytut Inżynierii Lądowej

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kamila Stacheckiego**  
**pt. „Analiza możliwości konwersji krzywej próbnego statycznego obciążenia pala**  
**przy zmianie jego geometrii”**

**1. Wstęp**

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kamila Stacheckiego pt. „Analiza możliwości konwersji krzywej próbnego statycznego obciążenia pala przy zmianie jego geometrii” opracowano na zlecenie Prorektora ds. Nauki z dnia 1 lipca 2021 r., realizującego uchwałę nr 132 Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie podjętą dnia 28 czerwca 2021 r.

Opiniowana rozprawa zawiera 192 strony druku formatu A4, w tym *Streszczenie* w języku polskim i *Abstract* w języku angielskim, Oznaczenia i jednostki, Załączniki (oznaczone literami od A do I), Spisy rysunków i tabel oraz Bibliografię. Ponadto, do pracy dołączono płytę CD z elektroniczną wersją jej zawartości w plikach .pdf i .doc.

Celem rozprawy postawionym przez Autora było: „.....opracowanie metody, która w oparciu o zasady mechaniki gruntów pozwoli na konwersję krzywej  $Q-s$  w przypadku zmiany wymiarów geometrycznych pala, czyli jego średnicy oraz długości.”

Teza badawcza: *Istnieje możliwość konwersji z dostateczną dla celów praktycznych obliczeń dokładnością krzywej próbnego statycznego obciążenia pala w przypadku zmiany jego wymiarów.*

Dla osiągnięcia powyższego celu i udowodnienia postawionej hipotezy rozprawy, Doktorant zaplanował i przeprowadził badania dotyczące statystycznych metod wyznaczania parametrów w celu ustalenia, którą część krzywej obciążenia statycznego należy wybrać do estymacji parametrów do metody Meyera-Kowalowa (M-K), aby zminimalizować wpływ błędu pomiarowego. Należy zaznaczyć, że założenia dotyczące konwersji oparte na liniowej teorii sprężystości zostały opublikowane wcześniej przez Doktoranta wspólnie z Promotorem rozprawy, a w ocenianej rozprawie jako cel wyznaczono ustalenie zależności, w oparciu o metodę M-K, które pozwolą na konwersję krzywej próbnego statycznego obciążenia pala w pełnym zakresie obciążenia, również przy uwzględnieniu jej nieliniowości.

## 2. Treść i charakterystyka pracy

Praca doktorska mgr. inż. Kamila Stacheckiego składa się ze spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu ważniejszych oznaczeń i określeń, dziesięciu rozdziałów i 9 załączników, oraz spisu rysunków (71 w treści pracy i 41 w załącznikach) i tabel (36 w treści pracy i 49 w załącznikach). W końcowej części rozprawy zamieszczono Bibliografię, obejmującą 80 pozycji z literatury, 4 normy i materiały niepublikowane tj. „*Wyniki testów statycznych udostępnione przez firmę Energopol S.A. Szczecin.*”

Praca układa się w logiczną całość, łączącą elementy mechaniki gruntów i geotechniki oraz analizy statystyczne wyników testów obciążeń statycznych.

Rozdział 1 – *Wstęp* (3,5 strony), zawiera wprowadzenie do tematu i uzasadnienie podjęcia badań. Doktorant stwierdza, że projektowanie coraz częściej stosowanych w praktyce inżynierskiej pali fundamentowych, wymaga m.in. rozwiązania problematyki optymalizacji wykorzystania ich nośności. Przy zastosowaniu jednego z zalecanych przez EC7 sposobów projektowania na podstawie próbnych obciążeń statycznych, często wymaga od projektanta przeprowadzenia optymalizacji parametrów geometrycznych założonego pala, tj. zmiany jego założonej średnicy i/lub długości. Na potrzeby obliczeń projektowych, Doktorant wskazuje że proces optymalizacji może być ułatwiony poprzez analityczną konwersję krzywej  $Q-s$  dla przypadków zmiany wymiarów geometrycznych pala, bez potrzeby ponownego przeprowadzenia testu statycznego, co ma znaczenie poznawcze, aplikacyjne i ekonomiczne. Optymalizacja projektowanych pali jest przedmiotem badań kierowanych przez Profesora Zygmunta Meyera od ponad 20 lat. Od kilku lat do badań włączył się również Doktorant, czego efektem było przedstawienie metody konwersji krzywej opierającej się na liniowej teorii sprężystości z wykorzystaniem metody Meyera-Kowalowa (M-K), wskazując że opisuje ona poprawnie zależność obciążenie-osiadanie tylko w zakresie małych odkształceń. W ocenianej rozprawie Doktorant przedstawił badania mające na celu analizę możliwości konwersji krzywej  $Q-s$  w pełnym zakresie statycznego obciążenia pala, w zakresie liniowej, jak i nieliniowej zależności obciążenie-osiadanie.

Rozdział 2 – *Teza, cel i zakres pracy* (1 strona). Postawiona przez Doktoranta teza rozprawy zakłada, że: „*Istnieje możliwość konwersji z dostateczną dla celów praktycznych obliczeń dokładnością krzywej próbnego statycznego obciążenia pala w przypadku zmiany jego wymiarów*”. Cel i zakres pracy przedstawiono syntetycznie, wskazując na potrzebę „...*opracowania metody, która w oparciu o zasady mechaniki gruntów pozwoli na konwersję*

krzywej  $Q-s$  w przypadku zmiany wymiarów geometrycznych pala, czyli jego średnicy oraz długości.” Doktorant zaznacza, że pomierzona krzywa  $Q-s$  podczas testów statycznych pali w pełnym zakresie obciążenia zawiera błędy, wynikające ze sposobu prowadzenia badań, odkształcenia przestrzeni gruntowej oraz współpracy pala z gruntem. Przeprowadzono więc analizę sposobów estymacji parametrów do metody M-K, mającą na celu zminimalizowanie niedokładności pomiarowych uzyskanych podczas próbnego obciążenia statycznego, pozwalającą na konwersję krzywej próbnego statycznego obciążenia pala obejmującą pełny zakres obciążenia.

Rozdział 3 – *Przegląd literatury* (19 stron) obejmuje syntetyczne omówienie problematyki rozprawy na tle teorii klasycznych z zakresu mechaniki gruntów i badań prowadzonych w ostatnich dziesięcioleciach, udokumentowanych w literaturze polskiej i zagranicznej. Przegląd literatury dotyczy głównie opisu współpracy pala z podłożem gruntowym, wykorzystującego testy statycznego obciążenia. Omówiono najczęściej stosowane równania i funkcje transformacyjne oraz zależności stosowane do opisu parametrów. Na podstawie przeprowadzonej analizy prac naukowych i przykładów realizacji, Doktorant stwierdza, że brakuje wyników badań zajmujących się analizą krzywej  $Q-s$  pod kątem ciągłej zmiany przebiegu zależności przy zmianie średnicy i/lub długości pala. Zdaniem Doktoranta, nie wystarcza do tego również wykorzystanie wyników badań sondą statyczną. Brakuje badań dotyczących bezpośrednich zależności pomiędzy parametrami modelu M-K, a parametrami geotechnicznymi, pozwalające na analizę możliwości sformułowania analitycznego związku pozwalającego na konwersję krzywej obciążenie-osiadanie pala. Doktorant sformułował więc program badań ukierunkowany na zastosowaniu metody M-K, umożliwiającej uzyskanie z dużą dokładnością ciągłej krzywej opisującej zależność między obciążeniem i osiadaniem pala, zarówno w zakresie liniowym, jak i nieliniowym.

Rozdział 4 – *Analiza zjawiska* (6,5 strony), obejmuje opis matematyczny osiadania pala oparty na liniowej teorii sprężystości. Sformułowano założenia oraz model matematyczny, pozwalający na konwersję krzywej osiadania pala w oparciu o liniową teorię sprężystości dla małych obciążeń. Z analizy wyników pomiarów osiadania pala podczas próbnego obciążenia statycznego wynika, że w praktyce obciążenia wykraczają poza zakres liniowej zależności obciążenie-osiadanie, dlatego przedstawiona w tej części pracy metoda konwersji ma ograniczony zakres stosowania i wymaga rozwinięcia.

Rozdział 5 – *Weryfikacja parametrów krzywej M-K* (11,5 strony). W rozdziale tym przedstawiono przegląd i analizę sposobów wyznaczania parametrów krzywej do metody M-K i sformułowano rekomendowany do konwersji sposób estymacji tych parametrów, przy wykorzystaniu całego zbioru wartości. Podstawą przeprowadzonej analizy były testy statyczne w pełnym zakresie obciążenia, przeprowadzone i udostępnione Doktorantowi przez firmę

Energopol S.A. Szczecin, podczas budowy podpór mostu przez Wisłę w trasie budowanej POW S-2 w Warszawie. Weryfikację numeryczną parametrów krzywej M-K przeprowadzono równoległe różnymi metodami, dla trzech wybranych pali pod podporą mostu. Wykorzystując testy statyczne w pełnym zakresie obciążenia, przeprowadzono aproksymację dla trzech parametrów poddanych optymalizacji, następnie do aproksymacji parametrów zastosowano metodę jednego równania i metodę dwóch równań. W końcowej części rozdziału przedstawiono rekomendowany sposób aproksymacji parametrów krzywej M-K, oparty na wyznaczeniu nośności granicznej z wykorzystaniem metody optymalizacji trzech parametrów przy uwzględnieniu całego zbioru wartości, a następnie dla obliczonej nośności zaleca przeprowadzenie aproksymacji metodą dwóch równań wykorzystując środkowe wartości zbioru  $\{s_i, N_i\}$ , uzyskanego z testu statycznego. Przeprowadzona analiza optymalizacyjna stanowi bardzo cenny materiał badawczy dotyczący weryfikacji parametrów krzywej M-K, którego zgromadzenie wymagało od Doktoranta znajomości i przeprowadzenia eksperymentów numerycznych, porównania i przeanalizowania wyników uzyskiwanych różnymi metodami. Analizę przeprowadzono w oparciu o rzeczywiste wyniki pomiarów zebrane w terenie. Uznaję to za najważniejszą wartość ocenianej rozprawy doktorskiej.

Rozdział 6 – *Równanie opisujące nośność graniczną pala* (9 stron), w którym przeprowadzono autorską analizę statystyczną wyników testów statycznych, w celu wyznaczenia zależności między nośnością graniczną pala, parametrami geotechnicznymi gruntu oraz wymiarami pala. Parametry te użyto do konwersji krzywej osiadania pala w pełnym zakresie obciążenia. W analizie uwzględniono również wyniki badań sondą statyczną. W wyniku przekształceń funkcji aproksymujących i równań, zaproponowano równanie empiryczne opisujące całkowitą nośność graniczną pala, które wykorzystano do konwersji w dalszej części rozprawy.

Rozdział 7 – *Wpływ rozkładu naprężeń pod podstawą pala na osiadanie* (6,5 strony), w którym Doktorant przeanalizował wpływ różnych powierzchni aktywnych dopasowania podstawy pala na rozkład naprężeń i osiadanie. Analizę powierzchni dopasowania przeprowadził dla czterech różnych kształtów, związanych przede wszystkim z technologią wykonania i współpracą pala z gruntem. Doktorant nie rozwijał głębiej tego zagadnienia, ograniczając się do wprowadzenia parametru dopasowania  $\alpha$ , stałej wartości niezależnej od geometrii, ustalonej na podstawie próbnych obciążeń statycznych.

Rozdział 8 – *Metoda konwersji dla pełnego zakresu obciążenia* (12 stron), stanowiąca propozycję Doktoranta opisu metody konwersji krzywej  $Q-s$ , sformułowaną na podstawie analizy przeprowadzonych badań i rozwinięciu metody M-K. Wyznaczoną, w oparciu o analizę wyników próbnego obciążenia statycznego pala, krzywą M-K opisano pięcioma parametrami,

wyznaczanymi na podstawie równań przedstawionych w rozprawie, będących tematem badań prowadzonych w Katedrze Geotechniki WBiIS pod kierunkiem Promotora rozprawy. Doktorant wykazuje, że możliwe jest ustalenie wartości wszystkich niezbędnych zarówno do konwersji krzywej dotyczącej całkowitego oporu pala, jak również krzywych oporu podstawy i pobocznic. W dalszej części rozprawy przedstawia przykład zastosowania metody, przeprowadzając obliczenia dotyczące konwersji krzywej obciążenia pala w przypadku zmiany jego długości i średnicy. Przykład jest poparty szczegółową analizą wyników prezentujących zmiany rozkładu oporów na pobocznicę i pod podstawą pala oraz oporu całkowitego dla różnych długości oraz średnic. Podkreślam wysoką wartość metodyczną, poznawczą i aplikacyjną tej części rozprawy.

Rozdział 9 – *Praktyczne zastosowanie* (8 stron), obejmujące przykłady konwersji dla dwóch pali o zbliżonych wartościach parametru  $\alpha$  oraz analizę wartości współczynnika bezpieczeństwa  $SF$ , który zdaniem Doktoranta jest zależny zarówno od proporcji między oporem podstawy i pobocznicę pala ( $\kappa_2$ ), jak i od osiadania dopuszczalnego. Przeprowadzona analiza potwierdza założenia i cele przyjęte w rozprawie.

Rozdział 10 – *Wnioski i program dalszych badań* (4 strony). Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz, Doktorant sformułował 6 wniosków ogólnych, 5 obszernych wniosków szczegółowych oraz 4 wskazówki dotyczące dalszych badań związanych z wykorzystaniem i rozwinięciem metody konwersji. Sformułowane wnioski są poparte wynikami analiz i badań przeprowadzonych przez Doktoranta i opisanych w treści rozprawy. Wnioski są poprawne i cenne, wskazują na udowodnienie postawionej na wstępie hipotezy i osiągnięcie celów rozprawy, niemniej w moim odczuciu powinny być poparte szerszą dyskusją, również w nawiązaniu do podobnych wyników publikowanych w zagranicznych czasopismach naukowych i w aspekcie możliwości ich wykorzystania w praktyce projektowej. Pewien niedosyt może budzić brak szczegółowych wniosków dotyczących wskazań zmian w procedurach projektowych fundamentów palowych, mimo że przeprowadzone analizy wskazują na takie możliwości.

Kolejną (11) częścią rozprawy (71 stron) są *Załączniki* obejmujące: wyniki testów statycznych, aproksymacje przeprowadzone różnymi metodami, funkcje  $\beta_{(n)}$  dla poszczególnych pali i po relaksacji statystycznej oraz rekomendowaną metodę wyznaczania parametrów M-K.

W końcowej części pracy zamieszczono *Spis rysunków* (112) i *Spis tabel* (85) oraz *Bibliografię* (85 pozycji, 5 stron). Tylko 27 cytowanych pozycji literatury zostało opublikowanych w ostatnich 10 latach i zaledwie kilka prac z renomowanych czasopism indeksowanych w bazach międzynarodowych, a ponad połowę stanowią prace krajowe lub autorów krajowych. Proszę o komentarz Doktoranta w tym zakresie.

Do pracy dołączono płytę CD z elektroniczną wersją rozprawy w plikach .pdf i .doc.

Strukturę i układ pracy uznaję za prawidłową, zawierającą dobrze sformułowane cele i hipotezę badawczą, ułożenie aktualnej problematyki badań szczególnie w literaturze polskiej. Można odczuć też niewielki zakres badań laboratoryjnych dotyczących parametrów mechanicznych gruntów. Na wyróżnienie zasługuje dobrze opanowana przez Doktoranta metodyka analizy wyników badań statycznych pali oraz analizy statystycznej wyników badań.

Praca spełnia kryteria solidnego opracowania naukowego o charakterze eksperymentalnym, posiada aspekty poznawcze i aplikacyjne.

### **3. Ocena pracy**

Posadowienie na palach jest najstarszym sposobem posadowienia pośredniego, a w ostatnich dziesięcioleciach nastąpił intensywny rozwój technologii wykonywania pali. W Polsce fundamenty palowe są również coraz częściej stosowane, szczególnie w budownictwie komunikacyjnym, wchodzącym na tereny trudne pod względem geotechnicznym. Tematyka fundamentów palowych jest stale podnoszona w wielu artykułach w czasopismach specjalistycznych krajowych i zagranicznych, jest również często podejmowana na konferencjach tematycznych. Z bieżących informacji i publikacji wiemy również o wielu przypadkach błędnych rozwiązań, kończących się nieraz awariami lub katastrofami budowlanymi. Odpowiednio zaprojektowane fundamenty palowe wpływają na usprawnienie realizacji budowy i bezpieczeństwo eksploatacji obiektów. Doktorant posiada dobre przygotowanie merytoryczne do prowadzenia badań w tym zakresie, a wybór tematu rozprawy jest właściwy i aktualny.

Projektowanie fundamentów palowych oparte na próbnym statycznym obciążeniu jest jedną z najdokładniejszych metod zalecanych przez EC7, jednakże z uwagi na koszty takich testów, podejmowane są prace badawcze związane z konwersją krzywej próbnego obciążenia przy zmianie geometrii pala, co ograniczy liczbę kosztownych testów. W tą problematykę wpisuje się oceniana rozprawa. Szczegółowo przeanalizowano związki między parametrami opisującymi krzywą osiadania pala, a jego geometrią. Związki te posłużyły do zaproponowania metody konwersji krzywej próbnego statycznego obciążenia pala w przypadku zmiany jego średnicy oraz długości, w pełnym zakresie obciążenia. Analizę oparto na metodzie Meyera-Kowalowa, umożliwiającej uzyskanie z dużą dokładnością krzywej opisującej zależność obciążenie-osiadanie pala, zarówno w zakresie liniowym jak i nieliniowym.

Praca podejmuje więc aktualną problematykę badawczą związaną z weryfikacją stosowanych metod projektowania i obliczeń fundamentów palowych, w szczególności związanej z wykorzystaniem do projektowania próbnego obciążenia statycznego i wyników sondowań statycznych. Szczególnie cennym elementem pracy jest oparcie analizy na rzeczywistym obiekcie

posadowionym na palach, oraz propozycja konwersji próbnego statycznego obciążenia przy zmianie geometrii w pełnym zakresie obciążenia. Proponowaną konwersję krzywej Doktorant sprawdził na rzeczywistych fundamentach palowych.

Podsumowanie, wnioski i zalecenia wynikające z pracy mają charakter poznawczy i aplikacyjny, chociaż w stosunkowo niewielkim stopniu nawiązują do aktualnych badań publikowanych w czasopiśmie zagranicznych. Największymi osiągnięciami Doktoranta było przeprowadzenie wnikliwej analizy statystycznej wyników badań o charakterze aplikacyjnym.

Uzyskane z badań wyniki stanowią cenny materiał eksperymentalny, rzadko przeprowadzany w tak kompleksowym metodycznym zakresie. Zebrane dane pozwoliły na analizę wpływu wielu parametrów i czynników mających znaczenie przy projektowaniu i obliczaniu fundamentów palowych. Doktorant udowadnia znaczenie różnych czynników dla podjętej problematyki.

Oceniana praca doktorska ma zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny, szczególnie istotny z uwagi na intensywną działalność inwestycyjną w ostatnich 20. latach przebudowy Kraju. Proponowana konwersja powinna być zweryfikowana dla innych rodzajów gruntów i różnych technologii wykonywania pali, na co wskazuje też Doktorant, aby mogła być szerzej stosowana w praktyce inżynierskiej. Najkorzystniej by było, aby dalsze badania były prowadzone przy realizacji określonych zadań inwestycyjnych.

Praca ma również charakter metodyczny. Autor podaje w niej szczegółową metodykę postępowania przy projektowaniu pali na podstawie wyników próbnych obciążeń statycznych, obejmujących zarówno rozpoznanie warunków wodno-gruntowych i wyznaczenie parametrów geotechnicznych niezbędnych do obliczania pali i wyboru optymalnych technologii, oraz konwersji krzywej próbnego statycznego obciążenia pala. Zwraca uwagę i analizuje wpływ różnych czynników na nośność całkowitą pala. W każdym z rozdziałów Doktorant wprowadził własne analizy dotyczące przedmiotu rozprawy.

Postawiony cel rozprawy został osiągnięty, a hipoteza rozprawy udowodniona przeprowadzoną analizą, wynikami badań i obliczeń oraz ich interpretacją.

Mankamentem jest stosunkowo mały udział w przeglądzie literatury publikacji z ostatnich 10 lat. Można tłumaczyć to typowo eksperymentalnym charakterem pracy, ukierunkowanej na weryfikację metod projektowania pali. Nie umniejsza to merytorycznej wartości rozprawy.

#### **4. Uwagi krytyczne i pytania**

Przy czytaniu pracy zauważono zbyt skrótowe opisy niektórych zagadnień, nieuporządkowaną terminologię specjalistyczną oraz drobne błędy edycyjne. Przedstawiam też drobne uwagi o charakterze merytorycznym oraz kwestie dyskusyjne. Mimo że nie umniejszają one wartości

pracy, proszę Doktoranta o ustosunkowanie się do niektórych z nich:

- dlaczego na potrzeby określenia parametrów mechanicznych gruntów nie wykorzystywano badań laboratoryjnych?
- podać zalety projektowania pali na podstawie próbných obciążeń statycznych w porównaniu z metodami stanów granicznych stosowanymi przed wdrożeniem EC7;
- możliwości i ograniczenia w stosowaniu wyników sondowań statycznych do obliczania nośności pali; w jakim zakresie wykorzystano wyniki sondowań statycznych do sformułowania równania opisującego nośność graniczną pala?
- w jakim stopniu technologia wykonania pali ma wpływ na współpracę pala z gruntem i jak można to uwzględnić w konwersji krzywej próbnego obciążenia statycznego? czy współczynniki częściowe podawane w normie dla poszczególnych rodzajów pali są wystarczające do uwzględnienia technologii wykonania pali? Czy ma to tylko znaczenie przy określaniu rozkładu naprężenia pod podstawą pala?
- niektóre rysunki są nieodpowiedniej jakości (np. Rys. 3.1, 5.1, 7.2);
- czy na podstawie przeprowadzonych analiz Doktorant byłby w stanie podać własne zalecenia dotyczące metodyki badań geotechnicznych na potrzeby projektowania fundamentów palowych dla konkretnego zadania inwestycyjnego?
- jakie są możliwości wykorzystania konwersji krzywej statycznego obciążenia pala przy zmiennych warunkach gruntowych?

Ponadto, w recenzowanym egzemplarzu pracy zaznaczono szczegółowe uwagi i sugestie natury gramatycznej, stylistycznej i nazewnictwa, które mogą być uwzględnione przez Doktoranta w przygotowaniu pracy lub jej części do publikacji.

Powyższe uwagi mają charakter redakcyjny i dyskusyjny i nie umniejszają wartości naukowej opiniowanej rozprawy doktorskiej, którą uznaję za znaczącą dla rozwoju metodyki projektowania i obliczania fundamentów palowych.

## 5. Podsumowanie

Podsumowując recenzję pracy doktorskiej mgr. inż. Kamila Stacheckiego stwierdzam, że:

- Doktorant przedstawił kompleksową metodykę badań i obliczania fundamentów palowych opartą na próbnym statycznym obciążeniu pala,
- W oparciu o analizę statystyczną wyników testów statycznych pali wykonanych w pełnym zakresie obciążenia, sformułował zależność empiryczną między nośnością pala, jego parametrami geometrycznymi oraz oporem gruntu w poziomie podstawy,
- Doktorant oparł swoją metodykę na metodzie Meyera-Kowalowa, umożliwiającej



- uzyskanie z dużą dokładnością ciągłej krzywej opisującej zależność między obciążeniem i osiadaniami pala, zarówno w zakresie liniowym, jak i nieliniowym,
- Doktorant zaproponował konwersję krzywej próbnego statycznego obciążenia pala przy zmianie średnicy oraz długości, w pełnym zakresie obciążenia, przy założeniu niezmiennych warunków gruntowych;
  - Doktorant na przykładach obliczeniowych, wykorzystujących proponowaną konwersję krzywej osiadania pala, określił zmianę przebiegu zarówno krzywej osiadania, jak i krzywej oporu podstawy oraz poboczniczy dla różnych długości i średnic pali,
  - Przedstawił praktyczny przykład wykorzystania proponowanej konwersji krzywej oraz jej weryfikację, uzyskując bardzo bogaty materiał eksperymentalny,
  - Sformułował syntetyczne wnioski ogólne i szczegółowe z przeprowadzonych analiz oraz zalecenia dotyczące dalszych kierunków badań podjętej problematyki,
  - Doktorant przedstawił metodyczną interpretację uzyskanych wyników badań, z uwzględnieniem czynników mogących wpływać na nośność ogólną i osiadanie pala,
  - Wykazał dużą wiedzę z zakresu mechaniki gruntów i geotechniki, oraz dobrze opanowaną metodykę interpretacji i analizy statystycznej uzyskanych wyników badań,
  - Napisał pracę doktorską spójnie i metodycznie, bardzo dobrze zredagowaną,
  - Udowodnił swoimi analizami, szczególnie w zakresie interpretacji wyników badań i obliczeń, postawioną hipotezę rozprawy doktorskiej i osiągnął zamierzone jej cele.

Praca mgr. inż. Kamila Stacheckiego spełnia wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami)*. Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazuje wysoki poziom wiedzy teoretycznej Doktoranta w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie naukowej *inżynieria lądowa i transport*, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia eksperymentalnej pracy naukowej. Propozycja konwersji krzywej próbnego statycznego obciążenia pala przy zmianie geometrii w pełnym zakresie obciążenia oraz możliwości aplikacyjne uzyskanych wyników badań, moim zdaniem zasługują na wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kamila Stacheckiego.

Wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Kamila Stacheckiego przez Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Eugeniusz Koda