

Warszawa, 21.12. 2022 r.

Dr hab. inż. Wojciech Sas, prof. uczelni
Centrum Wodne SGGW
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Waliszewskiego
pt. „WERYFIKACJA METODYKI OCENY PODŁOŻA
WĄTPLIWEGO DLA NAWIERZCHNI
LOTNISKOWYCH I DROGOWYCH”

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Damiana Waliszewskiego zatytułowana „Weryfikacja metodyki oceny podłoża wątpliwego dla nawierzchni lotniskowych i drogowych, wykonana pod kierunkiem ppłk dr hab. inż. Ryszarda Chmielewskiego na Wydziale Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie.

2. Podstawa wykonania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Damiana Waliszewskiego została wykonana na podstawie zlecenia Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport”, Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, płk prof. dr hab. inż. Michała Kędzierskiego z 20 października 2022 roku. Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji rozprawy doktorskiej stanowi uchwała Rady Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Lądowa i Transport” Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie z dnia 18 października 2022 roku.

3. Zasadność podjęcia pracy

Problematyka wyznaczania parametrów geotechnicznych podłoża gruntowego dla potrzeb projektowania konstrukcji inżynierskich, a szczególnie wiarygodności uzyskanych wyników ma znaczący wpływ na bezpieczeństwo użytkowania tych konstrukcji. Pośród wielu parametrów geotechnicznych możemy wyróżnić parametr nośności podłoża określany jako Kalifornijski Wskaźnik Nośności (California Bearing Ratio). Jest on odpowiedzialny m.in. za dobór grubości warstw konstrukcyjnych nawierzchni lotnisk, dróg (w tym pasów startowych lotnisk) w odniesieniu do obciążeń ruchem oraz przenoszenia obciążenia bez przekroczenia wartości użytkowej konstrukcji powodującej jej zbyt duże odkształcenia lub w efekcie zniszczenia. Metoda badania Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności (CBR) jak każda metoda empiryczna obarczona jest błędami pomiarowymi i interpretacyjnymi uzyskanych wyników. Została opracowana dla badania gruntów niespoistych gruboziarnistych, które w obecnej klasyfikacji gruntów obejmują także piaski (PN-EN ISO 14688 – 2018).

Autor rozprawy w trakcie wieloletniej pracy badawczej zauważył, że interpretacja wyników badań CBR przysparza dla niektórych gruntów poważne problemy. Analiza materiałów literaturowych umocniła w nim tylko zaobserwowane wcześniej zjawisko.

W pracy doktorskiej zdecydował się na wyjaśnienie tego zjawiska dla gruntów nazwanych przez niego „wątpliwymi”. Cudzysłów wyrazu „wątpliwymi” podkreśla znaczenie tego wyrażenia, ale i wymaga klarownego zdefiniowania, co przedstawię w dalszej części recenzji.

Reasumując, wybór tematyki badań jest w mojej ocenie w pełni naukowo uzasadniony i bardzo dobrze wpisuje się w nurt potrzebnych, wręcz niezbędnych działań w zakresie wykonywania badań CBR i ich właściwej interpretacji. Wymagają tego względy techniczne, ekonomiczne i bezpieczeństwo pracy konstrukcji i podłoża.

Pomimo prac prowadzonych równolegle w innych ośrodkach naukowych w kraju i zagranicą uważam, że stanowi ona wartość dodaną do obecnego stanu wiedzy. Zmodernizowanie stanowiska badawczego do wyznaczania CBR poprzez umożliwienie pomiaru ciśnienia wody w obciążanej próbce oraz analizę rozpraszania się jej nadwyżki wraz z analizą krzywej penetracji tłoka w próbkę uważam za autorskie i warte podkreślenia w skali kraju.

Dalsza część mojej recenzji będzie poświęcona szczegółowej ocenie zarówno wartości merytorycznej rozprawy, jak i strony redakcyjnej.

4. Ogólna charakterystyka i ocena formalna rozprawy doktorskiej

Recenzowana praca mgr inż. Damiana Waliszewskiego jest stosunkowo obszerna. Liczy bowiem aż 171 stron A4 maszynopisu, w tym obejmuje 38 rysunków, 11 fotografii i 21 tabel. Praca ma klasyczny układ. Zasadniczą część pracy poprzedzają streszczenia rozprawy w języku polskim i języku angielskim. W spisie treści wyróżniono spis skrótów oraz spis symboli. Praca składa się z dwunastu głównych merytorycznych rozdziałów i licznych podrozdziałów. Generalnie rozdziały napisano w sposób zwięzły i niebudzący większych zastrzeżeń pod względem językowym. Zawartość poszczególnych rozdziałów jest typowa dla oryginalnych prac twórczych i zgodna z ich nazwą, a zebrany materiał dokumentacyjny został opracowany ze starannością i dbałością o graficzną stronę pracy. Literatura przedmiotu jest bardzo bogata. Wykaz literatury obejmuje 79 pozycji literatury polskiej i obcojęzycznej, większość z nich to oryginalne prace naukowe. Wykaz norm i instrukcji obejmuje 14 pozycji. Ponadto autor wykazał 5 pozycji w wykazie wytycznych projektowych oraz przywołał 5 stron internetowych. Łącznie autor wykazał 104 pozycje literaturowe. Świadczy to o tym, że autor pracy dosyć sumiennie i starannie zapoznał się z aktualnym stanem wiedzy. Dobór źródeł odpowiada tematowi rozprawy.

Pracę doktorską autorstwa mgr inż. Damiana Waliszewskiego otwiera rozdział pierwszy – „Wprowadzenie”, w którym zawarto uwagi ogólne stanowiące przesłanki do zajęcia się tematyką przedstawiona w dysertacji, a następnie przedstawiono cel i zakres rozprawy, postawiono tezę rozprawy oraz przegląd rozprawy omawiający zakres poszczególnych rozdziałów. Są one sprecyzowane dość jasno i logicznie i wpisują się w schemat: stan, przyczyna, skutek. Moje uwagi do tego rozdziału odnoszą się w punkcie 1.1 do zdefiniowania gruntów „wątpliwych” z przywołaniem pozycji literaturowych 96 i 97 (materiałów Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad – Katalogów typowych nawierzchni). Wykazane są tam grupy gruntów od G1 do G4. Grupa gruntów wątpliwych obejmuje kategorie G2 oraz G3 w złych warunkach wodnych. Krzywe uziarnienia wykazane w załączniku nr 1 dysertacji użyte w badaniach CBR zawierają także frakcje ilastą, niektóre powyżej 2% (nawet do 4%), co kwalifikuje je do zaliczenia do kategorii G4 jako grunty wysadzinowe. Wymaga to dodatkowych wyjaśnień użytej w pracy definicji. W punkcie 1.2 wskazano już na użycie kompozytów piasków pylastych z różną zawartością frakcji drobnych (pylastych i ilastych). W punkcie 1.3 ponownie pojawiają się grunty pylasto – piaszczyste. Wymaga to uporządkowania w przypadku planowanych publikacji naukowych zawierających wyniki dysertacji. Na potrzeby niniejszej pracy nie wpływa to na uzyskane wyniki, jednak będę prosił o ustosunkowanie się do moich uwag. Podsumowując, przedstawiony cel i teza

rozprawy jest propozycją twórczej i autorskiej modyfikacji badań CBR i interpretacji uzyskanych wyników dla gruntów określonych jako „wątpliwe”.

Rozdział drugi pracy obejmuje krótki wstęp opisujący historię i rozwój lotnictwa na świecie oraz odniesienie się do postawionego już jednego z celów dysertacji tj. oceny nośności podłoża gruntowego.

W rozdziale trzecim przedstawiono bardzo zwięzły przegląd literatury dotyczący problemu nośności podłoża lotnisk i nawierzchni drogowych. Rozdział podsumowany został wskazaniem powodu zajęcia się tematyką przedstawioną w dysertacji. Rozdział ten oceniam bardzo wysoko, napisany jest w sposób logiczny i uporządkowany, świadczący o dużej wiedzy teoretycznej autora rozprawy doktorskiej w zakresie prowadzonych badań i umiejętności wykorzystania literatury.

Rozdział czwarty zawiera charakterystykę ogólną i zarys historyczny rozwoju nawierzchni lotniskowych, klasyfikacje nawierzchni lotniskowych oraz wymogi eksploatacyjne dotyczące nawierzchni lotniskowych. Uważam, że rozdział ten jest zbyt rozbudowany i nie wnosi wiele do dysertacji.

W rozdziale piątym autor wyjaśnia problematykę oceny nośności podłoża gruntowego pod nawierzchnie lotniskowe. Na uwagę zasługuje podrozdział 5.3, który wprowadza w tematykę odkształceń związaną m.in. ze zjawiskiem rozpraszania nadwyżki ciśnienia wody w porach gruntowych. Nie jest on jednak przedstawiony klarownie i jedynie osoba zaznajomiona z tą tematyką znajduje powiązanie z interpretacją wyników badań. Dla potrzeb publikacji podrozdział musi zostać przebudowany. Podrozdział 5.4 charakteryzuje ogólnie polowe badania podłoża gruntowego i ich korelacje z Kalifornijskim Wskaźnikiem Nośności (CBR). W podrozdziale 5.5 doktorant przedstawia laboratoryjne badania podłoża gruntowego. Wśród wymienionych parametrów geotechnicznych, które uznał za ważne na potrzeby budownictwa lotniskowego i drogowego, doktorant zawarł badanie stopnia plastyczności gruntów. Kompozyty gruntowe zastosowane przez autora w pracy zawierają frakcje piaszczyste, pylaste i ilaste. Można dla nich określić także wskaźnik plastyczności. Grunty te z powodzeniem znajdują miejsce na karcie Casagrand’ego. Zabrakło mi tego w pracy. Uważam za celowe uzupełnienie tych danych przy opracowywaniu publikacji, a także zwracam się do doktoranta o odniesienie się do przedstawionej sugestii. Nie zgadzam się także z doktorantem, co do zawartej w pracy krytyki w ocenie badań w aparacie trójosiowego ściskania (punkt 5.5.3). W mojej ocenie badania te dają najlepsze wyniki parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych gruntów. Mogą być one wykonywane w warunkach obciążeń zarówno monotonicznych, jak i cyklicznych. Łącznie z wartością

współczynnika Poissona stanowią podstawę nowoczesnego podejścia do projektowania nawierzchni lotnisk i dróg. Metoda oparta o te parametry wypiera metodę projektowania o wartości CBR stosowaną w przypadku projektowania o Katalogi nawierzchni. Nie wyklucza to oczywiście potrzeby wykonywania badań CBR charakteryzujących podłoże gruntowe pod względem nośności. Niewielkie koszty badań CBR w stosunku do badań w komorze trójosiowego ściskania oraz czas niezbędny do ich wykonania, z praktycznego punktu widzenia pozwalają na wykonanie większej ilości badań. Proszę doktoranta o dyskusję w przedstawionym przeze mnie podejściu projektowym i ocenie badań w aparacie trójosiowego ściskania.

Rozdział szósty stanowi preludeum do rozwiązania postawionego celu pracy. Zawiera opis metody badawczej CBR. Podrozdział 6.3 wprowadza pojęcie z PN-EN 1997-2 Eurokod 7. Proszę o powiązanie schematu określenia obliczeniowych parametrów CBR i przypisania uzyskanych wyników własnych do właściwej grupy parametrów, zabrakło mi tego w tym punkcie pracy.

Rozdziały siódmy i ósmy stanowią najważniejsze rozdziały recenzowanej pracy doktorskiej. Przedstawiają materiał źródłowy i przyjętą przez autora metodykę badań. Są zdecydowanie rozdziałami autorskimi.

W rozdziale siódmym autor przedstawił metodologię własnych badań CBR. Badania CBR przeprowadzał przy zastosowaniu 3 poziomów obciążenia warstwami nawierzchni, których zasadność udowodnił na podstawie badań pilotażowych. W tabeli Tab. 7.2. przedstawił zestawienie wyników badań podstawowych. Nazwał 4 grunty, nie prezentując ich krzywych uziarnienia, co utrudnia ocenę ich zróżnicowania granulometrycznego. Odnosi się to także do tabeli Tab. 7.3. Zestawienie badań zasadniczych CBR. Na stronie 81 autor wyróżnił grupy gruntów niewysadzinowych, wątpliwych i wysadzinowych i przypisał im konkretne grunty. W mojej ocenie niektóre z zastosowanych do badań gruntów mieszczą się w grupie gruntów wysadzinowych (te o zawartości frakcji ilastej powyżej 2% stosując kryteria z normy PN-86/B-02480). Niektóre z prezentowanych w załączniku 1 (Załącznik 1) grunty należy scharakteryzować jako piaski gliniaste i zaliczyć do gruntów wysadzinowych. Nie jest to może najważniejsze w pracy, jednak proszę Autora o wyjaśnienia stosowania różnego nazewnictwa gruntów, gruntów piaszczysto pylastych, piasków z frakcją drobną pylasta i ilastą. W podrozdziale 7.2.1. „Próbki gruntu i ich przygotowanie „nie znajduję odniesienia do zastosowanych norm przy przygotowywaniu próbek zagęszczanych próbą Proctora (pozycje literaturowe od 80 do 87 oraz 90). Proszę o wyjaśnienie. Pojawia się tu stwierdzenie o zawartości frakcji drobnych ($<0.063\text{mm}$) w próbkach, łącznie frakcji pylastej i ilastej.

Wartość ta odnosi się do klasyfikowania gruntów wg. PN-EN ISO 14688 – 2006 lub obecnie wg. PN-EN ISO 14688 – 2018. Brak jest tych norm w wykazie w dysertacji. W normie PN-86/B-02480 granica frakcji drobnych postawiona jest na sicie 0.05. Nazewnictwo i odniesienie do norm wymaga ujednoczenia, szczególnie na etapie przygotowywania publikacji. Zdecydowanie ważniejsza jest prezentacja krzywych uziarnienia, co zostało zamieszczone w załączniku 1 (Zał. 1). Załącznik wymaga przejrzenia i zwrócenia uwagi na „serię 4”, gdzie przedział frakcji pylastej postawiony jest na sicie 0.063 mm, w pozostałych na sicie 0.05mm. Odnośnie do podpunktu 7.2.2 proszę o wyjaśnienie zgodności prezentowanego na rysunku 7.2 schematu badawczego z podanymi wymiarami cylindra z pozycją literaturową 85. Czy te same wymiary cylindrów zostały użyte do przygotowania próbek metodą Proctora i w badaniach CBR (Fot. 7.3)? Wilgotność optymalna została określona zgodnie z pozycją literaturową 86 w dysertacji. Trudne do interpretacji. Niejasności te wymagają wyjaśnienia. Ponadto, rozważenia wymaga też ewentualny wpływ wymiarów próbki (cylindra) na uzyskane wyniki CBR (rozkład naprężeń w próbce). Rozdział zawiera interesujące wyniki badań CBR na próbkach o wilgotności naturalnej oraz po całkowitym nasączeniu. Wiele podanych zależności jest zgodnych z istniejącą literaturą. Szczególnie wartościowe są wyniki badań prezentowane w podrozdziałach 7.6 i 7.7. Dotyczą ściśle postawionego w pracy zadania związanego z interpretacją wyników badań. Rysunki nr 7.4, 7.15, 7.16 i 7.17 przedstawiają podejście do rozwiązania problemu i proponują aproksymację pomiędzy krzywą z badania oraz krzywą proponowaną. Na wspomnianych rysunkach, a także na rysunku 7.20, podano błędną jednostkę penetracji, jest w [cm], a powinno być w [mm]. To samo dotyczy opisu na rysunkach zamieszczonych w załączniku 2. Rysunki 7.18 i 7.19 są trudne w interpretacji z powodu braku legendy opisującej kolory poszczególnych próbek. Nie zawarto także objaśnienia w tekście. Rozdział zawiera analizę różnic pomiędzy CBR pomierzonym a CBR skorygowanym (Tab. 7.14 i 7.15).

Rozdział 8 analizuje wpływ zmian ciśnienia wody w próbce na parametr CBR. Jest to możliwe dzięki autorskiemu pomysłowi zmodyfikowania stanowiska do badań CBR i wyposażenia go w czujnik pomiaru ciśnienia, co przedstawiono na rysunku i fotografiach. W rozdziale prezentowane są wyniki pomiarów zmian ciśnienia w czasie nasączenia dla poszczególnych próbek gruntu. Ponownie nie zamieszczono krzywych uziarnienia gruntów wykazanych w tabeli 8.1, co utrudnia interpretację wyników prezentowanych współczynników filtracji. Wartości współczynników filtracji wskazują, że są to grunty słabo przepuszczane. Rozpraszanie nadwyżki ciśnienia wody w porach nie będzie zachodziło w czasie $t=0$ jak w przypadku osiadań konsolidacyjnych dla gruntów przepuszczanych i

generowało rozpraszanie nadwyżki ciśnienia w porach gruntów w czasie. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii w stosunku do prezentowanych wyników. Rysunki 8.3, 8.4, 8.5 nie posiadają legendy kolorów prezentowanych krzywych, wyjaśnienia nie znajdujemy także w tekście. Wyniki pomiarów zawarte w podrozdziałach 8.4 i 8.5 pozwoliły autorowi na wyciągnięcie wniosków i uwzględnienie ich w interpretacji uzyskanych i korygowanych wyników badań CBR.

W rozdziale dziewiątym doktorant zaprezentował praktyczne wykorzystanie wyników własnych badań CBR. Wskazał na konieczność korekty uzyskiwanych wyników i ich wpływ na wymiarowanie konstrukcji nawierzchni lotniskowych. W tabeli 9.1 autor podał grubości nawierzchni bez dokonanej korekty i po dokonaniu korekty. Wykazał poważne różnice w grubości dochodzące do 40 cm. Niedoścignienie właściwej grubości nawierzchni mogłoby doprowadzić w krótkim czasie do nadmiernych deformacji uniemożliwiających jej bezpieczne użytkowanie.

W rozdziale 10 autor zaproponował zmiany w metodyce interpretacji wyników badań CBR oraz przedstawił propozycje zmian w istniejących normach.

Rozdział 11 stanowi podsumowanie i prezentację wniosków końcowych.

W rozdziale 12 doktorant przedstawił dalsze kierunki rozwoju. Z mojej strony zaproponowałbym doktorantowi rozszerzenie badań CBR o próbki przygotowane na sucho, a następnie z wilgotnościami zwiększającymi się co 2%, przy utrzymaniu stałego ciężaru objętościowego szkieletu gruntowego. Następnie wykonania serii badań także na próbkach nasączonych. Umożliwiłoby to sprawdzenie prezentowanego w pracy zjawiska widocznego na krzywych z badań CBR, w stosunku do prawdopodobnie bez zakłóceń efektu wybrzuszenia krzywej CBR próbki przygotowanej na sucho i następnie wykazanie progresu „wybrzuszenia” się krzywej (efektu generowania się nadwyżki ciśnienia wody w porach) do poziomu prezentowanego obecnie w pracy np. na rysunku 7.20. Mogłoby to mocniej uwiarygodnić dotychczasowe wnioski i podaną propozycję korekty krzywej penetracji. Mogłoby to także pomóc w poszukiwaniu punktu połączenia krzywej skorygowanej do krzywej uzyskanej z badań w obszarze obniżenia po osiągnięciu piku. Jest to moja propozycja, wzbogaciłoby to także warsztat miar statystycznych niezbędnych w tego typu interpretacjach. Proszę doktoranta o komentarz do mojej propozycji.

Całość rozprawy napisana jest ogólnie ujmując poprawnie. Zasadniczym osiągnięciem w pracy jest opracowanie metodyki weryfikacji uzyskanych wyników Kalifornijskiego Wskaźnika Nośności, opracowanie autorskie modyfikacji stanowiska badawczego poprzez umożliwienie pomiarów ciśnienia wody w porach podczas przygotowywania próbek do badań

oraz w trakcie ich wykonywania, zaproponowanie zmian do obowiązującej obecnie w normach metodyki badawczej. Wymienione powyżej elementy pracy traktuję w kategoriach ważnych osiągnięć własnych autora.

Co prawda, doktorant nie ustrzegł się drobnych błędów edytorskich, co jest rzeczą naturalną w tak obszernej pracy. Należy podkreślić, że rozprawa doktorska opatrzona jest licznymi rysunkami, schematami, fotografiami i tabelami, które znacząco podnoszą walory pracy i przyczyniają się do przejrzystego wyjaśnienia czasami trudnych zagadnień.

Wszelkie uwagi krytyczne merytoryczne i edytorskie, wymagające w mojej opinii wyjaśnienia zamieściłem w tekście recenzji i oczekuję od doktoranta ustosunkowania się do nich w trakcie obrony.

Przed przygotowaniem materiału do publikacji proponuję usunąć usterki w tekście, poprawić błędne spacje lub ich brak (w wielu miejscach), literówki, a także błędy interpunkcyjne - w tym głównie brak lub nadmiar przecinków, co zaburza płynność tekstu i łamie główną myśl zawartą w danym zdaniu.

5. Ocena końcowa

Podsumowując, przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską oceniam jako wartościową. Autor wykazał się dobrym przyswojeniem ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie Inżynieria lądowa i transport (obecnie Inżynieria lądowa, geodezja i transport). Dowiódł też umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej poprzez zaplanowanie badań, opracowanie modyfikacji stanowiska badawczego, stworzenie wiarygodnej bazy danych, przeprowadzenie analizy danych i właściwe opracowanie wyników.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe argumenty, pomimo kilku formalnych, drobnych zastrzeżeń mających w pewnej mierze charakter subiektywnej oceny recenzenta, stwierdzam, że przedłożona do recenzji praca doktorska mgr inż. Damiana Waliszewskiego zatytułowana „Weryfikacja metodyki oceny podłoża wątpliwego dla nawierzchni lotniskowych i drogowych”, stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego oraz spełnia wymogi art. 14 ust. 2 pkt 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity Dz. U. z 2017 r., poz. 1789) w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669), a stopień doktora może być nadany w dziedzinie i dyscyplinie określonej w przepisach wydanych na podstawie art. 5 ust. 3 tej ustawy.

W związku z powyższym, przedstawiam Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie, wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Damiana Waliszewskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wojciech Sas
.....
Dr hab. inż. Wojciech Sas, prof. SGGW