

Streszczenie

Zasadniczym celem pracy było zaproponowanie uproszczonego sposobu prognozowania naprężeń granicznych, będących podstawą oceny nacisków jednostkowych wywieranych na glebę przez koła pojazdów i maszyn rolniczych, na potrzeby przeciwdziałania dalszemu zagęszczaniu warstwy podornej.

Zaproponowany, uproszczony sposób prognozowania naprężenia granicznego gleby ma postać serii równań regresji. Dane niezbędne do modelu pozyskano wykonując badania polowe i laboratoryjne. Obiektem badań były wybrane gleby plastyczne z obszaru Niziny Szczecińskiej. Materiał badawczy pobrano z warstwy podornej do głębokości 60 cm.

Realizując cel pracy dokonano wyboru metody wyznaczania naprężenia granicznego oraz wyodrębniono zbiór wielkości zmiennych niezależnych, co wiązało się z wykonaniem szeregu eksperymentów na próbkach modelowych oraz na próbkach o tzn. nienaruszonej strukturze, pobranych z wybranych gleb.

Wyniki uzyskane na próbkach modelowych pozwoliły na wyznaczenie relacji pomiędzy rezultatami zagęszczania materiału glebowego, prowadzonego za pomocą testu Proctora i jednoosiowego ściskania, a także ustalenie zależności pomiędzy wynikami obu testów oraz opracowanie modelu empirycznego do prognozowania nacisku jednostkowego niezbędnego do wytworzenia określonego zagęszczenia próbki gleby. Wymagało to przyjęcia sposobu jednoosiowego odkształcania próbek. Na podstawie porównania rezultatów testu jednoosiowego z naciskami jednostkowymi wywieranymi przez koła pojazdów i maszyn rolniczych na glebę, opisanymi w literaturze przedmiotu, wybrano możliwą boczną rozszerzalność gleby. Analiza wyników uzyskanych na próbkach modelowych pozwoliła także na zaproponowanie uproszczonej metody wyznaczania naprężenia granicznego gleby. Metoda ogranicza subiektywny wpływ badacza na wynik obliczeń, ponieważ naprężenie graniczne równe jest naciskowi niezbędnemu do zwiększenia początkowego zagęszczenia próbki o przyjętą wartość, tj. o $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Wyniki jednoosiowego odkształcania próbek o tzw. nienaruszonej strukturze pozwoliły na opracowanie modelu empirycznego do prognozowania wartości naprężenia granicznego gleby, który uwzględnia różnice pomiędzy wytrzymałością próbek o tzw. nienaruszonej strukturze a próbkami wytwarzanymi w warunkach laboratoryjnych.

dr inż. S. Smęga

Abstract

The main aim of the thesis was to suggest a simplified method to predict pre-compaction stress, which is the basis for evaluating a unit stress on the soil caused by the wheels of a car or farming vehicles in order to prevent a further subsoil compaction.

The suggested, simplified method to predict pre-compaction stress is presented in a series of regression equations. All data was collected by conducting a field and laboratory research. The selected plastic soils collected from the area of the Szczecin Lowlands were the subject of this study. The sample was taken from subsoil at the depth of 60 centimeters.

In the course of the research, a method was selected a pre-compaction stress and a set of independent variables were selected which meant a series of testing on model samples and on samples with the so-called intact structure collected from selected soils.

The results of the model samples allowed to set a relation between the results of soil compaction, obtained from Proctor Test and uniaxial test moreover, a correlation between the results of both tests was established and an empirical model for predicting a unit stress was created. This is essential to produce a set of a soil compaction sample. Based on the comparison of the uniaxial test results with the unit pressure exerted by the wheels of vehicles and agricultural machines on the soil, described in the literature on the subject, the possible lateral expansion of the soil was selected. The analysis of the results obtained from model samples also allowed to introduce a simplified method of pre-compaction stress. The method restricts a subjective impact of a reasercher on the outcome of calculations as the pre-compaction stress equals the stress essential to increase the initial compaction of a sample by assumed value, i.e. by $0.05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

The results of single-axis deformation of the samples with the so-called intact structures allowed to set an empirical model for predicting a value of pre-compaction soil stress which includes differences between sample strength of the so-called intact structures and the ones produced in a laboratory.

Kinga Śnieg

Dr hab. inż. Jarosław Pytka, profesor uczelni

Katedra Pojazdów Samochodowych

Wydział Mechaniczny

Politechnika Lubelska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Kingi Śnieg z Zachodniopomorskiego

Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

1. Podstawa prawna – Pismo z dnia 29.12.2021, L. dz. WIMiM/725/2021 a także Umowa o dzieło, zawarta pomiędzy prof. Dr hab. inż. Jackiem Przepiórskim, Prorektorem ds. nauki ZUT a niżej podpisanym.
2. Krótka charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została napisana przez mgr inż. Kingę Śnieg, promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Dariusz Błażejczak, prof. ZUT. Rozprawa została podzielona na 5 rozdziałów, dodatkowo zawiera bibliografię, streszczenie w języku polskim a także w języku angielskim (*Abstract*), ponadto „Cykl Publikacji”, na który składają się 4 publikacje współautorskie Doktorantki. Do rozprawy dołączono również „Oświadczenie o wkładzie autora w powstanie poszczególnych artykułów”, sygnowane przez współautorów.

2.1 Tematyka, cel i zakres rozprawy

W rozprawie podjęto temat związany z problemem zagęszczania gleb rolniczych przez elementy jezdne pojazdów i maszyn rolniczych. Ze względu na stale rosnące obciążenia działające poprzez elementy jezdne na glebę a wynikające z tendencji wzrostowej jeśli chodzi o mechanizację prac polowych w rolnictwie, istnieje ciągłe ryzyko degradacji gleb rolniczych wskutek odkształceń postaciowych struktury gleb, które stanowią w większości procesy nieodwracalne, powodujące niekorzystne zmiany w ekosystemie glebowym. Sprzeczność interesów jest w tym przypadku bardzo wyraźna i wszelkie wysiłki w zakresie badań i rozwoju, prowadzące do przeciwdziałania wyżej wspomnianych, niekorzystnych zjawisk, bądź minimalizacji ich skutków są uzasadnione. W świetle powyższego, recenzent uznaje, że tematyka rozprawy jest aktualna i ważna z punktu widzenia rozwoju dyscypliny naukowej.

Celem rozprawy było „zaproponowanie uproszczonego sposobu prognozowania naprężeń granicznych, będących podstawą oceny nacisków jednostkowych wywieranych na glebę...”.

W zakres rozprawy wchodzi: analiza stanu wiedzy, identyfikacja właściwości warstw podornych wybranych gleb oraz ocena aktualnego stanu zagęszczenia w odniesieniu do gęstości objętościowej szkieletu glebowego oznaczanego metodą Proctora, określenie warunków odkształcania próbek, opracowanie modelu empirycznego prognozowania nacisku jednostkowego niezbędnego do

wytworzenia określonego zagęszczenia oraz modelu empirycznego prognozowania wartości naprężenia granicznego na podstawie wyznaczonego nacisku jednostkowego.

2.2 Metodyka badań własnych

W części opisowej nie scharakteryzowano szczegółowo metod badawczych, jedynie zasygnalizowano ogólne warunki pobierania materiału badawczego z warstwy podornej profili glebowych.

Wspomniano, że metodą badawczą będzie test jednoosiowego ściskania z jednoczesnym pomiarem odkształcenia. Natomiast w artykułach stanowiących integralną część rozprawy metodyka badawcza została przedstawiona i opisana szczegółowo.

Konfrontację uzyskiwanych wyników testu jednoosiowego ściskania z naciskami jednostkowymi wywieranymi przez koła pojazdów i maszyn, przewidziano z wykorzystaniem wyników zawartych w literaturze przedmiotu.

2.3 Wyniki i wnioski

Rozdział 4 rozprawy „Omówienie wyników badań przedstawionych w cyklu publikacji” zawiera omówienie wyników przedstawionych w publikacjach, przy czym omówiono uzyskane wyniki w aspekcie zastosowanych metod badawczych.

Rozdział 5 rozprawy „Podsumowanie i wnioski” zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski, które zaprezentowano oddzielnie dla każdego z artykułów, wchodzących w skład cyklu publikacji.

3. Merytoryczna ocena rozprawy

3.1 Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie podjętego problemu naukowego przeprowadzone w oparciu o własne badania a także analizy wyników tych badań. Doktorantka wykazała szeroką wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna a także udowodniła posiadanie umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Dowodem tego są załączone cztery prace naukowe Doktorantki, które zostały opublikowane w recenzowanych, renomowanych czasopismach naukowych, w oparciu o recenzje wydawnicze, co gwarantuje wymagany poziom naukowy badań oraz ich wyników. Jak już wcześniej wspomniano, wybrana tematyka rozprawy jest wciąż aktualna i ważna a przedstawione w rozprawie wyniki oraz wnioski stanowią oryginalny oraz istotny wpływ na rozwój dyscypliny.

3.2 Podejście Doktorantki jest ciekawe i oryginalne. *In plus* przemawia ogólna prostota uzyskanych modeli, gdyż do wyznaczenia parametru naprężenia granicznego dla danej gleby wymagana jest znajomość wilgotności oraz gęstości objętościowej szkieletu glebowego, co w porównaniu do innych modeli, znanych z literatury, jest wygodnym ułatwieniem, szczególnie w praktyce badań polowych a także w zastosowaniach typowo terramechanicznych, gdzie często występuje problem szybkiego określenia warunków przejezdności pojazdu lub maszyny roboczej.

3.3 Opracowanie modeli zostało poprzedzone propozycją uproszczonego sposobu wyznaczania naprężenia granicznego gleby - ogranicza subiektywny wpływ badacza na wynik pomiaru (obliczeń), ponieważ naprężenie graniczne równe jest naciskowi jednostkowemu niezbędnemu do zwiększenia początkowego zagęszczenia próbki o przyjętą wartość, tj. o $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

- 3.4 Uzyskane modele zostały otrzymane na podstawie bogatego materiału badawczego, uzyskanego na drodze intensywnych, długotrwałych badań doświadczalnych a także analizy wyników z użyciem nowoczesnych narzędzi i metod analitycznych.
- 3.5 Recenzent zwraca uwagę na wysoką wartość naukową uzyskanych wyników badań doświadczalnych, szczególnie w aspekcie zgromadzonej bogatej bazy danych, które mogą posłużyć do prowadzenie szeregu dalszych prac naukowych. W pracy nie znaleziono elementów, które budziłyby jakiegokolwiek merytoryczne wątpliwości.
- 3.6 Wyniki zawarte w rozprawie doktorskiej mg inż. Kingi Śnieg posiadają znaczenie aplikacyjne, głównie dzięki prostocie uzyskanych modeli. Możliwe jest na przykład zaimplementowanie modeli prognozujących naprężenie graniczne w glebie do komputera pokładowego ciągnika rolniczego, w celu optymalizacji algorytmów sterujących w układzie napędowym.

4. Uwagi krytyczne:

- 4.1 Cel pracy został zarysowany zbyt ogólnie. Jest to pewna niedogodność w odniesieniu do części opisowej natomiast w publikacjach, cele zostały zdefiniowane szczegółowo.
- 4.2 Brak dokładnego opisu metodyki badań. Owszem, szczegóły metodyczne przedstawiono w załączonych publikacjach, jednak dla przejrzystości i łatwiejszego czytania, korzystnie byłoby przedstawić te informacje w części opisowej. Np. informacja o wymiarach cylinderków pomiarowych pojawia się dopiero na stronie 35, w podsumowaniu. Brak jest przede wszystkim schematów, rysunków.
- 4.3 Brak jest również ogólnej dyskusji równań, będących w istocie zasadniczym wynikiem pracy. Oczekiwaniem recenzenta byłoby przedyskutowanie wyników omawianych w pracy z dorobkiem innych badaczy w rozpatrywanym zakresie tematycznym, tym bardziej, że podjęta przez Doktorantkę tematyka jest często uprawiana w różnych ośrodkach naukowych, zarówno w kraju jak i zagranicą.

5. Uwagi szczegółowe, dyskusja

- 5.1 Strona 13, „Założono, że (...) podstawą rozważań powinna być analiza wartości nacisków jednostkowych...” - zdaniem recenzenta, należało raczej analizować przebiegi, nie wartości, przy czym, jeśli przyjąć, że przeprowadzona analiza dotyczy wszystkich wartości, to taki zapis można uważać za prawidłowy.
- 5.2 Strona 15, „... w rozstępie wartości granic”, należało użyć terminu „w rozrzutach wartości granicy”. Dlaczego w tym zdaniu Autorka pracy użyła słowa „prawdopodobnie”?
- 5.3 Strona 16, należy zdefiniować oznaczenie „J”, pomimo, iż termin pojawia się w spisie oznaczeń. Podobnie, „W”.
- 5.4 Strona 27, na jakiej podstawie Autorka twierdzi, że „Większe wartości nacisku Ppdp dla próbek o większej początkowej gęstości objętościowych szkieletu można tłumaczyć większymi oporami przemieszczania cząstek glebowych poza strefę bezpośredniego oddziaływania stempla oraz większymi oporami ścinania gleby przez jego krawędź”. Jest to raczej luźna hipoteza, bez dowodów.

5.5 Jak Autorka pracy tłumaczy różnice współczynników uzyskanych równań w tabeli A2-4 oraz A3 – 4? Chodzi np. o współczynniki przy ws, które w pierwszej tabeli wynoszą ok. -40...-53 dla obiektu NP. Szkoda, że nie przedyskutowano otrzymanych wyników – równań, w kontekście uwzględniania lub nieuwzględniania wartości gęstości szkieletu glebowego raz, jako parametr, innym razem, jako zmienna.

6. Ocena opracowania redakcyjnego

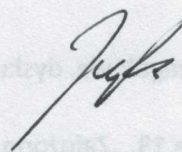
Zastosowany układ rozprawy powoduje, że niektóre ważne elementy np. metodyka badawcza są podane w artykułach, nie występują natomiast w części opisowej. Utrudnia to czytanie i analizę rozprawy. Jest to tym bardziej niezrozumiałe, że, przykładowo, analiza stanu wiedzy jest w części opisowej potraktowana bardzo szeroko. Ponadto, niepotrzebne jest umieszczenie w części opisowej tabel zawierających szczegółowe dane, wyniki pomiarów. W tym miejscu należało raczej zawrzeć syntetyczne tabele porównawcze, wykresy zbiorcze, itd. Brak jest również syntetycznego zbioru równań, będących w istocie zasadniczym wynikiem pracy.

Przytoczone w tym miejscu uwagi co do opracowania redakcyjnego rozprawy nie umniejszają walorom naukowym ocenianej pracy. Sugestią recenzenta jest uwzględnienie tych uwag w przypadku zamiaru opublikowania rozprawy w formie np. monografii.

7. Podsumowanie i wnioski końcowe

Stwierdza się, że przedstawiona do recenzji praca doktorska pani mgr inż. Kingi Śnieg spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 4 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. Ustaw nr 65 poz. 595 z późn. zm.). Niżej podpisany wnioskuje o dopuszczenie Doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jarosław Pytka





Wrocław, 31.01.2022 r.

Dr hab. inż. Krzysztof Pieczarka, profesor uczelni
Zakład Inżynierii Systemów Agrotechnicznych i Bezpieczeństwa Pracy
Instytut Inżynierii Rolniczej

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Kingi Śnieg
pt. „Analiza jednostkowych nacisków kół pojazdów i maszyn rolniczych na glebę w
aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem”.**

Recenzja została wykonana na zlecenie Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie na podstawie pisma (L. dz. WIMiM/726/2021) z dnia 29.12.2021 roku.

Podstawa prawna §6.3 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26.09.2016 roku w *sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o badanie tytułu profesora – Rozdz. 1 – Szczegółowy tryb przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich (Dz.U. z dn. 30.09.2016 r., poz.1586) oraz Ustawy z dnia 03.07.2018 r. – Przepisy wprowadzające Ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce art. 179.*

Praca doktorska została wykonana na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa w Katedrze Agroiżynierii pod kierunkiem dr. hab. inż. Dariusza Błażejczaka, prof. ZUT.

Ocena problematyki badawczej i celu pracy

Prowadzenie działalności rolniczej w tym głównie produkcji roślinnej wiąże się nieodzownie z wykorzystaniem mechanizacji zabiegów agrotechnicznych. Mechanizacja ta wiąże się z kolei z wykorzystaniem ciągników i maszyn rolniczych. Analizując kierunki rozwoju mechanizacji zabiegów agrotechnicznych, wskazać należy niewątpliwie ciągłe dążenie do zwiększenia ich wydajności jako ten dominujący. Zwiększenie wydajności zdefiniowanej jako iloczyn szerokości roboczej oraz prędkości możliwe jest zatem poprzez zwiększenie tych czynników. Zwiększenie prędkości roboczej w przypadku większości zabiegów osiąga ekstremum, którego przekroczenie nie jest możliwe, zatem czynnikiem wpływającym na wzrost wydajności jest szerokość robocza agregatu. Jednak zwiększenie szerokości roboczej agregatu wiąże się ze zwiększeniem mocy uciągu współpracującego z nim ciągnika stanowiącego źródło tej mocy. Producenci ciągników aby sprostać rosnącej konkurencji i wyjść naprzeciw tym oczekiwaniom wprowadzają do swojej oferty maszyny charakteryzujące się coraz to większymi mocami silników. Aktualnie każdy z wiodących producentów posiada w swojej ofercie ciągniki których moc silnika znajduje się w przedziale 650÷700 KM. Jednak o ile konstruowanie silników spalinowych o większych mocach silnika nie stanowi dla konstruktorów większego wyzwania to należy wziąć pod uwagę fakt, że aby ta moc była skutecznie wykorzystana w postaci mocy uciągu takiego ciągnika wymagane jest zastosowanie odpowiedniego układu jezdnego. Kolejnym aspektem jest fakt, że zwiększenie mocy silnika a co za tym idzie mocy uciągu wiąże się nieodzownie ze zwiększeniem masy

Strona | 1



takiego ciągnika. Biorąc pod uwagę, że ciągnik taki pracuje na podłożu odkształcalnym jakim jest gleba stanowiąca ośrodek składający się z trzech faz: stałej, ciekłej oraz gazowej zbadanie i opisanie zjawisk jakie zachodzą na styku układu jezdnego ciągnika oraz podłoża po jakim się porusza nie jest kwestią łatwą. W literaturze przedmiotu pierwsze prace naukowe poświęcone tej tematyce pojawiły się w latach pięćdziesiątych dwudziestego wieku. Jednak problematyka ta jest w dalszym ciągu przedmiotem badań wielu naukowców na całym świecie. Wynika to z faktu, że owe dążenie do zwiększenia wydajności wymusza wprowadzenie na pola maszyn o coraz większych masach, a z drugiej strony gleba to przede wszystkim ośrodek który stanowić ma dla roślin optymalne warunki do kiełkowania, wzrostu i plonowania roślin. Mamy tu zatem do czynienia z pewną sprzecznością bo z jednej strony dążymy do uzyskania maksymalnych wydajności wykonywanych zabiegów agrotechnicznych z drugiej jednak strony zależy nam by te środki techniczne nie oddziaływały negatywnie na glebę, po której się poruszają. Ten negatywny wpływ przejawia się głównie nadmiernym zagęszczeniem gleby przez układy jezdne ciągników i maszyn co prowadzi do niszczenia optymalnej dla wzrostu roślin struktury gleby. Wypada tu również wspomnieć o dużej zmienności gleb w aspekcie ich składu granulometrycznego oraz wilgotności, która może określać podatność danego ośrodka glebowego na zagęszczanie. Dysponując ciągnikiem o określonych parametrach techniczno-eksploatacyjnych i określonym układzie jezdnym nieodzownym jest zatem uwzględnienie aktualnych parametrów glebowych panujących na polu i takie planowanie zabiegów agrotechnicznych by ich wykonanie nie wiązało się z negatywnym i nierzadko nieodwracalnym oddziaływaniem na ośrodek glebowy co z kolei skutkować będzie obniżeniem plonowania roślin. Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzić należy, że pomimo wielu badań przeprowadzonych w tej tematyce poszukiwanie prostej i jednoznacznej metody pozwalającej wyznaczyć granicę, po przekroczeniu której możemy mówić o negatywnym wpływie układu jezdnego na glebę jest wciąż aktualne.

Dlatego też podjęte przez mgr inż. Kingę Śnieg badania dotyczące analizy nacisków jednostkowych wywołanych przez układy jezdne ciągników i maszyn rolniczych na glebę w aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem uważam za bardzo aktualne i uzasadnione z punktu naukowego i użytecznego.

Ogólna charakterystyka pracy doktorskiej

Przedłożona do oceny praca doktorska została przygotowana w formie powiązanych tematycznie 4 oryginalnych artykułów naukowych poświęconych tematyce nacisków jednostkowych wywołanych przez układy jezdne ciągników i maszyn rolniczych na glebę w aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem.

1. Śnieg K., Błażejczak D. 2017. Evaluation of subsoil of plastic soils. *Agricultural Engineering*, 21(1), 85-94.
2. Błażejczak D., Śnieg K., Słowik M. 2018. Comparison of Proctor and uniaxial compression tests for selected soils. *Agricultural Engineering*, Vol. 22(1), 5-13.
3. Śnieg K., Błażejczak D., Słowik M. 2018. Predicting unit pressure for generation of specific compaction of a soil sample. *Agricultural Engineering*, vol. 22(3), 85-92.



4. Śnieg K., Błazejczak D. 2019. Prediction of pre-compression stress of soil with uniaxial test. *Agricultural Engineering*, vol. 23(1), 95-103.

Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe Pani mgr inż. Kingi Śnieg ukazały się w latach 2017-2019. Wyniki badań zostały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym nieposiadającym współczynnika wpływu tj. *Agricultural Engineering*. Są to prace wieloautorskie, przy czym liczba autorów wynosi od dwóch do trzech a Doktorantka jest autorem wiodącym z dominującym udziałem 50-55%. W przypadku trzech z czterech publikacji Doktorantka jest pierwszym autorem.

Łączna liczba punktów dokumentujących osiągnięcie naukowe wynosi 50 pkt. (według MNiSW). Udział Doktorantki w powstawaniu wymienionych publikacji dotyczył przygotowania projektu badań, prowadzenia badań oraz zbierania danych, przeprowadzenia analizy statystycznej, interpretacji wyników, opracowania manuskryptu oraz wyszukiwania literatury. Ten wiodący wkład został potwierdzony przez współautorów (oświadczenie współautorów o wkładzie autora w powstanie poszczególnych artykułów-załącznik nr 1).

Osiągnięcie naukowe wraz z artykułami stanowiącymi jednotematyczny cykl publikacji liczy 103 strony i składa się z rozdziałów: (1) Wstęp i cel pracy, (2) Analiza stanu zagadnienia w świetle literatury, (3) Założenia badawcze i zakres pracy, (4) Omówienie wyników badań przedstawionych w cyklu publikacji, (5) Podsumowanie i wnioski, Bibliografia, Streszczenie, Abstract, Cykl Publikacji, Załącznik 1.

Tytuł rozprawy został generalnie sformułowany poprawnie i we właściwy sposób oddaje treści zawarte w wykazie powiązanych artykułów ujętych w rozprawie doktorskiej. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że układy jezdne maszyn i pojazdów rolniczych oddziałują na glebę czego efektem jest wystąpienie nacisków jednostkowych w strefie oddziaływania tego układu, temat rozprawy powinien brzmieć: „Analiza jednostkowych nacisków kół pojazdów i maszyn rolniczych wywieranych na glebę w aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem”.

Merytoryczna ocena pracy doktorskiej

Podjęty temat będący przedmiotem rozprawy doktorskiej Doktorantka przedstawia już we Wstępie wskazując nadmierne zagęszczenie gleby przez mechanizmy jezdne maszyn i pojazdów rolniczych jako jeden z istotnych problemów współczesnego rolnictwa. Wskazuje również w tym kontekście dopasowanie nacisków wynikających z charakterystyki zastosowanego pojazdu do aktualnego wytrzymałościowego stanu gleby jako jedną z możliwości ograniczenia ujemnego oddziaływania mechanizmów jezdnych na glebę.

Osiągnięcie tego celu jest jednak możliwe tylko gdy dysponować będziemy prostą i szybką metodą pozwalającą określić aktualne naprężenie graniczne gleby i taki też cel postawiła sobie doktorantka. Co istotne i warte podkreślenia Doktorantka swoją uwagę skupiła na warstwie podornej czyli tej, w której zwyczajowo nie prowadzi się zabiegów spulchniających.

W rozdziale Analiza stanu zagadnienia w świetle literatury Doktorantka bardzo wnikliwie i szczegółowo przedstawia zagadnienia związane z współpracą układu jezdnych pojazdów i maszyn rolniczych z podłożem odkształcalnym jakim jest gleba. Położyła także nacisk na takie zagadnienia jak: problem nadmiernego zagęszczenia, obciążenia kół i naciski jednostkowe



wywierane na glebę, dopuszczalne obciążenia kół i naciski jednostkowe wywierane na glebę a naprężenia w jej warstwie podornej oraz rozkład naprężeń w glebie a naprężenia graniczne. Dokonany przez Doktorantkę przegląd literatury przedmiotu jest bardzo szczegółowy i zawiera poglądy znanych i uznanych w tej dziedzinie zarówno krajowych jak i zagranicznych badaczy. Doktorantka powołuje się na 122 pozycje aktualnej literatury ściśle związanej z tematyką pracy w tym w zdecydowanej większości obcojęzycznej co zasługuje niewątpliwie na wyróżnienie. W świetle dokonanego przeglądu literatury Doktorantka wskazuje istnienie wielu metod pozwalających prognozować naprężenia graniczne gleby akcentuje jednak trudności związane z ich złożonością, a co za tym idzie ich niską przydatnością dla dobrych praktyk rolniczych. Przyjęty cel pracy w aspekcie dokonanego przeglądu literatury uznaję za prawidłowy i wartościowy akcentując jednocześnie jego niewątpliwą użyteczny charakter.

W rozdziale Założenia badawcze i zakres pracy przedstawione zostały przyjęte przez Doktorantkę założenia jak również zakres przeprowadzonych badań i analiz z podziałem na publikacje stanowiące jednotematyczny cykl. Wśród przyjętych założeń wymienić można:

- Uproszczony sposób prognozowania naprężenia granicznego gleby będzie miał postać równań regresji.
- Badania zostaną przeprowadzone na glebach umożliwiających uzyskiwanie wysokich plonów i jednocześnie zagrożonych nadmiernym zagęszczeniem w warunkach ich intensywnego użytkowania.
- Zaproponowana metoda wyznaczenia naprężenia granicznego będzie wynikała z badań laboratoryjnych próbek modelowych odzwierciedlających wilgotnością oraz gęstością aktualne warunki polowe.
- Materiał badawczy pobrany zostanie z warstwy podornej profili glebowych o zróżnicowanym uziarnieniu.
- Przeprowadzenie testu jednoosiowego ściskania wymagać będzie odniesienia do warunków osiągnięcia przez daną glebę maksymalnej podatności na jej zagęszczenie.
- Podstawą rozważań powinna być analiza wartości nacisków jednostkowych wywieranych stemplem na próbkę gleby i odpowiadające im wartości odkształceń, odniesionych do stosowanych w teście Proctora wilgotności gleby i uzyskiwanych poziomów jej zagęszczenia.
- Wyniki prac na próbkach modelowych powinny odnosić się do rezultatów uzyskiwanych w warunkach terenowych.
- Uzyskane wartości nacisków jednostkowych w teście jednoosiowym powinny być konfrontowane z naciskami jednostkowymi wywieranymi przez koła pojazdów i maszyn rolniczych na glebę opisanymi w literaturze przedmiotu.
- Model do prognozowania wartości naprężenia granicznego powinien uwzględniać różnice pomiędzy wytrzymałością próbek o nienaruszonej strukturze a próbkami wytwarzanymi w warunkach laboratoryjnych.

Przyjęte przez Doktorantkę założenia uznaję za jak najbardziej prawidłowe i co również warte podkreślenia ich realizacja wiąże się z bardzo dużą ilością badań polegających na



pobieraniu próbek w warunkach polowych jak również bardzo dużą ilością badań przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych.

Zakres pracy przyjęty przez Doktorantkę, przedstawiony w publikacjach stanowiących jednotematyczny cykl publikacji oznaczonych od A1 do A4, obejmował:

- A1 Identyfikację właściwości warstw podornych wybranych gleb i ocenę ich aktualnego stanu zagęszczenia na tle gęstości objętościowej szkieletu glebowego oznaczonej metodą Proctora.
- A2 Określenie warunków odkształcania próbek, dla potrzeb wyznaczenia relacji pomiędzy rezultatami zagęszczania materiału glebowego, prowadzonego za pomocą testów Proctora i jednoosiowego ściskania, a także ustalenie zależności pomiędzy wynikami obu testów.
- A3 Opracowanie modelu empirycznego do prognozowania nacisku jednostkowego niezbędnego do wytworzenia określonego zagęszczenia próbki gleby.
- A4 Opracowanie modelu empirycznego do prognozowania wartości naprężenia granicznego na podstawie wyznaczanego nacisku jednostkowego na glebę, zwiększającego początkowe zagęszczenie próbki glebowej o założoną wartość.

Analizując zakres przyjętych przez Doktorantkę badań i analiz stwierdzam, że przedstawiony jednotematyczny zbiór publikacji jest spójny tematycznie jak również kolejna publikacja bazuje na wynikach i analizach poprzedniej i stanowi jej rozwinięcie.

Pierwsza wymieniona w wykazie publikacja oznaczona A1 nosi tytuł „Evaluation of subsoil compaction of plastic soils”. Celem badań prezentowanych w tej publikacji była ocena zagęszczenia gleby w jej warstwie podornej za pomocą wybranych wskaźników oraz wyznaczenie relacji pomiędzy nimi, ze szczególnym uwzględnieniem wyników uzyskanych metodą Proctora. W publikacji tabelarycznie zestawiono średnie wartości cech własnych gleb dla poszczególnych obiektów badawczych oraz warstw pomiarowych takich jak: grupa granulometryczna, zawartość węgla wapnia, gęstość właściwa, odczyn, zawartość próchnicy, granica plastyczności oraz granica płynności. Materiał badawczy został pobrany z sześciu różnych obiektów badawczych w warunkach polowych dla czterech przedziałów głębokości warstwy podornej. Pewien niedosyt w kontekście metodyki badań tej publikacji budzi brak podania technologii uprawy jaka była stosowana jak również następstwa roślin w płodozmianie. Na podstawie cech własnych gleb Doktorantka i współautor dowiedli, że gleby były zróżnicowane głównie pod względem uziarnienia oraz zawartości próchnicy i węgla wapnia co z pewnością znalazło odzwierciedlenie w rozstępie wartości granic plastyczności i płynności. W ramach analizy wyników dokonano również oceny zagęszczenia w oparciu o metody zaproponowane przez Iancu oraz Wojtasika jak również wskazano ich ewentualną przydatność. Największą liczbę przypadków przekroczenia gęstości objętościowej szkieletu gleby stwierdzono dla gleb o uziarnieniach glina piaszczysto-ilasta, glina ilasta oraz pył ilasty przy czym zgodzić należy się z argumentacją, że zaproponowane metody dotyczą warstwy uprawowej a nie podornej. Doktorantka i współautor na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że glebę można uważać za nadmiernie zagęszczonej jeżeli spełnia łącznie wymogi procedur Iancu oraz Wojtasika jak również gdy wartość ilorazu gęstości objętościowej



szkieletu i maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu oznaczonej metodą Proctora przekracza 0,87. Jeżeli wartość tego ilorazu mieści się w przedziale $0,87 \div 0,77$ stan zagęszczenia gleby uznać należy za podwyższony natomiast gdy wartość ilorazu jest mniejsza od 0,77 gleba nie jest nadmiernie zagęszczona.

Kolejna z wymienionych w wykazie prac oznaczona A-2 nosi tytuł „Comparison of Proctor and uniaxial compression tests for selected soils”. Celem badań prezentowanych w tej publikacji było porównanie rezultatów zagęszczania materiału glebowego, prowadzonego za pomocą testów Proctora i jednoosiowego ściskania, ukierunkowane na poszukiwanie zależności pomiędzy parametrami i wynikami obu metod, na potrzeby ochrony gleb przed nadmiernym ich zagęszczaniem kołami maszyn i pojazdów rolniczych. W ramach tej pracy Doktorantka i współautorzy poszukiwali odpowiedzi na następujące pytania:

1. W jakich warunkach (możliwa lub niemożliwa rozszerzalność boczna gleby) należy odkształcać glebę w teście jednoosiowym, aby można było poszukiwać zależności pomiędzy wynikami obu testów?
2. Czy stosując test jednoosiowy z możliwą boczną rozszerzalnością gleby można określić zmianę stanu zagęszczenia gleby pod stemplem na podstawie jego przemieszczenia?
3. Czy nacisk jednostkowy stempla na próbkę w teście jednoosiowego ściskania zależy istotnie od wilgotności gleby i uzyskiwanego jej zagęszczenia w teście Proctora?

W ramach tej pracy Doktorantka i współautorzy dowiedli, że wartości nacisku jednostkowego niezbędne do wytworzenia zagęszczenia równoważnego gęstości objętościowej uzyskiwanej w aparacie Proctora w zależności od wilgotności próbki przyjmują zróżnicowany przebieg dla zastosowanych średnic stępla. Wykazali ponadto, że dla celów porównania wyników testów jednoosiowego ściskania z rezultatami zagęszczania gleby w aparacie Proctora, w kontekście badania procesu jej zagęszczania układami jezdnyymi maszyn i pojazdów rolniczych, jednoosiowe odkształcanie próbek należy wykonywać w warunkach możliwej ich bocznej rozszerzalności. W pełni zgadzam się z argumentacją Doktorantki i współautorów, że takie odkształcanie będzie tożsame z ugniataniem przez układy jezdne gdzie zachodzi przemieszczanie gleby poza strefę bezpośredniego kontaktu. Niezwykle wartościowe w aspekcie tej publikacji jest przeprowadzenie analizy regresji liniowej i zaproponowanie równań do prognozowania nacisku jednostkowego niezbędnego do wytworzenia zagęszczenia równoważnego gęstości objętościowej szkieletu gleby uzyskiwanego w teście Proktora w funkcji wilgotności. Uzyskane wysokie współczynniki determinacji potwierdzają przydatność tych równań jednak jak przyznaje Doktorantka i współautorzy mają one zastosowanie dla próbek modelowych o jednorodnej początkowej gęstości objętościowej. Niezwykle cenne w kontekście tej publikacji są zatem zalecenia by zbadać wpływ gęstości początkowej próbki na prognozowaną wartość nacisku jednostkowego niezbędnego do wytworzenia określonego stanu zagęszczenia gleby.

Trzecia z wymienionych w wykazie prac oznaczona A-3 nosi tytuł: „Predicting unit pressure indispensable for generation of specific compaction of a soil sample”. Celem badań prezentowanych w tej publikacji było opracowanie modelu empirycznego do prognozowania nacisku jednostkowego niezbędnego do wytworzenia określonego zagęszczenia próbki gleby



w zależności od jej wilgotności i gęstości objętościowej szkieletu. W ramach tej pracy Doktorantka i współautorzy poszukiwali odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy zagęszczenie początkowe próbki ma wpływ na wyznaczany nacisk jednostkowy niezbędny do wytworzenia w teście jednoosiowym jej gęstości objętościowej o wartości równej tej uzyskiwanej w aparacie Proctora?
2. Jaki jest zakres zmian gęstości gleby uzyskiwanej w aparacie Proctora podczas zagęszczania materiału glebowego o zawartości wody w przedziale pomiędzy wilgotnością optymalną a granicą plastyczności?
3. Jak można opisać zależność nacisku jednostkowego, niezbędnego do wytworzenia w teście jednoosiowym gęstości objętościowej szkieletu próbki o wartości równej tej uzyskiwanej w aparacie Proctora, od stanu początkowego próbki gleby?

Doktorantka i współautorzy stwierdzili większe wartości nacisku jednostkowego w teście jednoosiowego ściskania dla próbek o większej początkowej gęstości objętościowej co tłumaczy większymi oporami przemieszczania cząstek glebowych poza strefę bezpośredniego oddziaływania stempla oraz większymi oporami ścinania gleby przez jego krawędź – w pełni zgadzam się z taką argumentacją. Zakres zmian wartości gęstości uzyskiwanych w aparacie Proctora w przedziale pomiędzy wilgotnością optymalną a granicą plastyczności okazał się znaczący i przekraczał $0,1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ natomiast wyznaczone wartości nacisków jednostkowych niezbędne do wytworzenia maksymalnej gęstości oraz gęstości dla określonej wilgotności były zbliżone. Najbardziej wartościowe w kontekście tej publikacji jest przeprowadzenie analizy regresji w wyniku której, Doktorantka oraz współautorzy oceniając zmienne niezależne stwierdzili, że nacisk jednostkowy w teście jednoosiowego ściskania zależy istotnie od wilgotności i gęstości objętościowej szkieletu. Obliczone średnie wartości błędów względnych prognozy były mniejsze od 6% co potwierdziło dużą przydatność zaproponowanych równań regresji do prognozowania nacisku. Jednocześnie godnym podkreślenia jest fakt, że uzyskane równania skonfrontowano z wynikami innych badaczy i sformułowano wniosek aby w kolejnych badaniach zweryfikować rezultaty dla warunków polowych tj. wykorzystać próbki o nienaruszonej strukturze.

Ostatnia z wymienionych w wykazie prac oznaczona A-4 nosi tytuł: „Prediction of pre-compression stress of soil with uniaxial test”. Celem badań prezentowanych w ramach tej pracy było opracowanie modelu empirycznego do prognozowania wartości naprężenia granicznego na podstawie wyznaczanego nacisku jednostkowego na glebę, zwiększającego początkowe zagęszczenie próbki glebowej o założoną wartość. W ramach tej pracy Doktorantka i współautorzy poszukiwali odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jak kształtuje się relacja pomiędzy wartościami nacisków jednostkowych zwiększających początkowe zagęszczenie próbki modelowej o wartość $0,05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ lub $0,1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ w odniesieniu do nacisków jednostkowych zastosowanych do uformowania próbek?
2. Jak kształtuje się relacja pomiędzy wartościami nacisków jednostkowych niezbędnych do zwiększenia początkowego zagęszczenia próbki glebowej o tzw. nienaruszonej



strukturze o wartość $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ lub $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w odniesieniu do nacisków jednostkowych wywieranych na glebę przez koła pojazdów i maszyn rolniczych?

3. Jak można prognozować wartości nacisków jednostkowych niezbędnych do zwiększenia początkowego zagęszczenia próbki o nienaruszonej strukturze o założoną wartość?

W ramach tej pracy Doktorantka oraz współautor stwierdzili, że nacisk niezbędny do zwiększenia początkowego zagęszczenia próbki modelowej o wartość $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ był większy od około 1,03 do 1,11 w stosunku do nacisku formowania próbki w przypadku zwiększenia o $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, wartości te mieściły się w przedziale od 1,42 do 1,93. W świetle przeprowadzonych analiz Doktorantka i współautor stwierdzili, że prognozowanie wartości naprężenia granicznego w warstwie podornej gleb w oparciu o naciski jednostkowe zwiększające początkowe zagęszczenie próbki modelowej o wartość $0,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ nie jest zasadne z uwagi na to, że były one większe od wyznaczonych średnich nacisków wywieranych na glebę przez koła pojazdów i maszyn rolniczych. Dalsze analizy były zatem prowadzone w oparciu o naciski jednostkowe zwiększające początkowe zagęszczenie próbki modelowej o wartość $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Taki tok rozumowania uważam za jak najbardziej prawidłowy i zasadny. Efektem badań i analiz uzyskanych wyników było zaproponowanie równań regresji dla poszczególnych zakresów gęstości objętościowej opisujących nacisk zwiększający początkowe zagęszczenie próbki o wartość $0,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ w funkcji wilgotności gleby zarówno dla próbek modelowych jak również po uwzględnieniu zaproponowanego przelicznika dla próbek o nienaruszonej strukturze. Obliczone wysokie współczynniki determinacji jak również średnie wartości błędów względnych prognozy mieszczące się w przedziale $7\div 26\%$ potwierdziły dużą przydatność zaproponowanych równań regresji do prognozowania nacisku.

W rozdziale Podsumowanie i wnioski Doktorantka zgodnie z założonym celem oraz zakresem pracy przedstawiła syntetyczne podsumowanie wynikające z powiązanych tematycznie 4 oryginalnych artykułów naukowych poświęconych tematyce analizy nacisków jednostkowych wywieranych na glebę przez układy jezdne maszyn i pojazdów rolniczych w aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem. Doktorantka cytuje ponadto wnioski zamieszczone w poszczególnych publikacjach, mają one charakter zarówno poznawczy jak i praktyczny.

Ocena formalna pracy

Przedstawiona do oceny praca przygotowana jest bardzo starannie brakuje w niej jedynie spisu rysunków oraz tabel.

Podsumowując, oceniana rozprawa doktorska jest zbiorem publikacji zawierających wyniki, które wnoszą nowe informacje i przyczyniają się do rozwoju badań w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Kingi Śnieg rozwiązuje problem naukowy przedstawiony w celu i zakresie pracy oraz przedstawia oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w celu ograniczenia ujemnego oddziaływania mechanizmów jezdnych pojazdów i maszyn rolniczych na glebę. Profesjonalne podejście Doktorantki do zagadnień, zarówno w kwestii przeglądu literatury, odpowiedniego doboru metod badawczych jak i organizacji badań, ich przeprowadzenia a także interpretacji wyników stanowi oryginalne rozwiązanie jasno sprecyzowanego problemu naukowego. Charakteryzuje się aktualnością tematu, oparta jest na najnowszej wiedzy a jej wyniki mogą mieć duże znaczenie użytkowe w dziedzinie współpracy układu jezdnych pojazdów i maszyn rolniczych z glebą. Podjęte badania uważam za bardzo wartościowe i uzupełniają wiedzę naukową w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Kingi Śnieg składająca się z czterech powiązanych tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem „Analiza jednostkowych nacisków kół pojazdów i maszyn rolniczych na glebę w aspekcie jej ochrony przed nadmiernym zagęszczeniem” spełnia wymagania określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku 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 dnia 21.06.2016 r., poz. 882).

W związku z powyższym, przedstawiam Senatowi Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Kingi Śnieg do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kinga Śnieg

UCHWAŁA NR 104
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 30 maja 2022 r.

w sprawie nadania mgr inż. Kindze Śnieg
stopnia doktora

Na podstawie art. 179 ust. 1 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwała się, co następuje:

§ 1.

Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr inż. Kindze Śnieg stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor

dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT