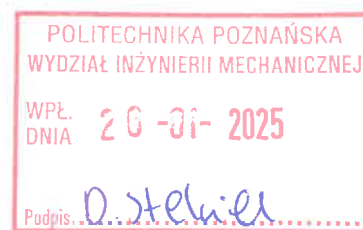


Poznań, 20. 01. 2026 r.

Prof. dr hab. inż. Czesław Rzeźnik
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej



Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Michała Szarolety

pt. ***Wpływ konstrukcji i działania zespołu sadzącego na proces sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym***

Podstawa opracowania recenzji: pismo Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej dr hab. inż. Bartosza Gapińskiego prof. PP z dnia 04.12.2025 r. oraz umowa o dzieło.

1. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa została wykonana na Wydziale Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej w ramach Programu Doktorat Wdrożeniowy, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego realizowanego w latach 2020–2024, umowa nr DWD/5/0354/2021.

Opiekunami pracy są prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko prof. h. c. – promotor oraz dr inż. Justyna Trojanowska – promotor pomocniczy. Składa się ona ze 145 stron maszynopisu, 152 rysunków, 10 tabel i spisu literatury zawierającego 130 pozycji. Uzupełnia ją dokumentacja techniczna konstrukcyjna, instrukcja obsługi oraz montażu opracowanego narzędzia sadzącego.

2. Ocena rozprawy

Procesy technologiczne w leśnictwie realizowane są z wykorzystaniem różnorodnych maszyn. Znaczący udział mają w nich prace wykonywane ręcznie dominując, między innymi, w procesach sadzenia drzewek. Postęp w tych obszarach następuje w dwóch kierunkach.

Pierwszy, to stosowanie nowych maszyn, które zastępują prace wykonywane dotychczas ręcznie, co powoduje wzrost wydajności, poprawę jakości, zmniejszenie uciążliwości itp. Duży postęp odnotowano w pozyskiwaniu i transporcie drewna. Jest on wieloetapowy, począwszy od ścinki drzewa (harwestarami) przez zrywkę (ciągnięcie do miejsca składowania maszynami forwarder, skidder), aż po finalny wywóz z lasu specjalnymi samochodami z żurawiami HDS. Producentami tych maszyn są duże firmy, szczególnie z krajów skandynawskich.

Drugi kierunek, to doskonalenie istniejących oraz budowa nowych zespołów roboczych maszyn, które w sposób ciągły reagują na zmieniające się warunki realizacji procesów technologicznych w leśnictwie i potrzeby w tym zakresie. Zwiększa się wydajność, efektywność, i jakość procesów, co pozwala na wyeliminowanie lub ograniczenie uciążliwych prac ręcznych, negatywnego wpływu na środowisko naturalne, poprawę efektywności energetycznej procesów.

Szeroko jest tu wykorzystywana inżynieria mechaniczna, także mechatronika. Opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych zespołów, zastosowane technologie ich wykonania oraz nowe materiały prowadzą do praktycznych rozwiązań, ale generują też problemy naukowe. Trafnie dostrzega to Doktorant i w tym zakresie realizuje rozprawę doktorską. Rozwiązuje je wykorzystując inżynierię mechaniczną przy znajomości podstaw leśnictwa.

W rozdziale 1 zawarto wprowadzenie i genezę pracy, uzasadniono wybór tematu oraz wskazano jego atrakcyjność komercyjną. Zamieszczono także opis prototypu robota do sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym, na którym będzie montowane i badane opracowywane w rozprawie narzędzie. Jest to zwarte i w pełni wystarczające wprowadzenie czytelnika w tematykę rozprawy.

Rozdział 2, to analiza stanu zagadnienia w świetle literatury. Obejmuje on 29 stron, co stanowi około 20% z ogólnej liczby 145 stron merytorycznych rozprawy. W części pierwszej (str.10 – 22) przedstawiono aktualny stan wiedzy z zakresu sadzenia drzewek, który obejmował kształt narzędzia, energochłonność jego zagłębiania, jakość pracy itp. Następnie (str. 22 – 38) Autor dokonał przeglądu sadzarek, wykorzystujących różne narzędzia sadzące porównując ich konstrukcję i funkcjonalność. Przegląd literatury kończy tabela 2.3, w której zestawiono omawiane metody i technologie sadzenia, podając ich liczbowe charakterystyki, co ułatwia ich analizy i porównania.

Prezentowany przegląd obejmuje wartościowe i aktualne pozycje literatury (jedenaście, to współautorskie prace Doktoranta), na podstawie których wykazał się dobrą znajomością procesów sadzenia drzewek w leśnictwie, stosowanych maszyn, technologii oraz tendencji rozwojowych w tym zakresie itp.

Autor dostrzega potrzebę „poprawy kształtu i sposobu zagłębiania w glebie narzędzia do sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym”, co jest podstawą do sformułowania problemu naukowego i celu pracy.

W pełni autorską i najważniejszą część rozprawy doktorskiej zawiera rozdział 3. Problem naukowy przedstawiony na str. 39 w brzmieniu „Problemem naukowym jest relacja między postacią konstrukcyjną zespołu sadzącego, w tym przede wszystkim narzędzia sadzącego, a poprawnością procesu sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym, określaną za pomocą odpowiednich przyjętych parametrów”. Tak sformułowany problem ma charakter naukowy i może stanowić temat pracy doktorskiej. Dodatkowo podjęcie badań z tego zakresu uzasadnia fakt, że procesy sadzenia drzewek są bardzo pracochłonne i wymagają ciągłej poprawy jakości. Każdy postęp ma duże znaczenie praktyczne. Aby skutecznie rozwiązać postawiony problem naukowy Autor

wytycza cel i formułuje tezę pracy w brzmieniu „konstrukcja i działanie narzędzia sadzącego mają wpływ na przebieg procesu sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym”, która jest dość oczywista i niewiele wnosi do pracy. Sprecyzowanie, że chodzi o autorskie narzędzie opracowane w rozprawie i potencjalnie pozytywne skutki jego pracy może być wartościową hipotezą.

W oparciu o studia literaturowe i własne analizy Autor dochodzi do wniosku, że rozwiązanie problemu powinno nastąpić na drodze badań empirycznych. Działanie to jest w pełni uzasadnione, ponieważ w literaturze brak dostatecznie dokładnych matematycznych modeli pozwalających na modelowanie i badania symulacyjne dynamicznych procesów sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym.

Metodykę badań zamieszczono w rozdziale 4, a w rozdziale 5 projekt nowego narzędzia sadzącego. Kolejność tych rozdziałów budzi moje wątpliwości. Najpierw należało przedstawić koncepcję nowego narzędzia, a następnie zaproponować metodykę jego badania. W metodyce przedstawiono wytrzymałościowe modele obliczeniowe układu sadzącego dla różnych wariantów obciążeń. Badania empiryczne zaplanowano w dwóch etapach. Będą to badania laboratoryjne, następnie polowe. Na każdym etapie zostaną porównywane dwie wersje narzędzia sadzącego. Doktorant wykazał się dobrą znajomością metod badawczych i stosowania nowoczesnej aparatury, umiejętnością pracy zespołowej. Zaowocowało tu Jego doświadczenie pracy w zespołach badawczych udokumentowane cytowanymi w rozprawie publikacjami.

W rozdziale 5 przedstawiono autorski projekt nowej konstrukcji sadzącej, w której zastosowano stożkową końcówkę wgłębną wyposażoną w rurę o większym przekroju poprzecznym. Autor przedstawia genezę pomysłu, analizuje dotychczasowy proces sadzenia, dokonuje obserwacji i podejmuje kroki w kierunku jego usprawnienia poprzez zmiany konstrukcyjne zespołu sadzącego. Spostrzegawczość, pomysłowość i kreatywność, to cenne umiejętności Doktoranta, szczególnie ważne w pracy naukowej. Następnie Autor wskazuje potencjalne korzyści zastosowania tego rozwiązania, które zweryfikuje podczas badań. Wymagania technologiczne i materiałowe do produkcji zaproponowanego narzędzia są takie same jak w innych rozwiązaniach narzędzi sadzących. Wykonano także analizę wytrzymałościową narzędzia i nie stwierdzono przekroczenia naprężeń określonych w kryteriach oceny konstrukcji.

Parametry wpływające na poprawność procesu sadzenia przedstawiono w rozdziale 6 gdzie wymieniono oraz omówiono istotne wielkości charakteryzujące proces sadzenia, które będą oceniane w badaniach laboratoryjnych i polowych. Zebrano je w dwie grupy dotyczące geometrii ostrza i parametrów jego pracy. Ocena tych wielkości w badaniach umożliwi kompleksową i obiektywną ocenę przydatności opracowanego narzędzia.

Rozdział 7 zawiera szczegółowy opis badań laboratoryjnych i polowych. Zostały one dobrze przeprowadzone metodycznie i merytorycznie. Konstrukcja i wykonanie nowego narzędzia sadzącego, to sprawdzian umiejętności inżynierskich Autora. Ważną cechą narzędzia jest możliwość jego agregowania, nie tylko z robotami przeznaczonymi do sadzenia drzewek, ale także z różnymi typami ciągników.



W celu przeprowadzenia badań Doktorant zestawił niezbędną aparaturę naukową. Następnie wykonał badania porównawcze narzędzia sadzącego z ostrzem stożkowym (pomysł Doktoranta) i ostrzem klinowym dotychczas powszechnie stosowanym. Przebieg badań laboratoryjnych i polowych jest przedstawiony na około 30 rysunkach (fotografiach), na które Autor powołuje się ogólnie tylko w jednym zdaniu, na str. 84. Rysunki 4.29 na str. 60 i 7.4 na str. 85 są identyczne. Dokumentowanie badań można było częściowo zastąpić kilkoma schematami lub rysunkami inżynierskimi, których wartość informacyjna byłaby większa w porównaniu z fotografiami.

Wyniki badań i ich analizę zamieszczono w rozdziale 8. Mierzono zagłębienie, ciśnienie w układzie hydraulicznym, siłę oporu gleby, głębokość względną w różnych wariantach pracy dla obydwu porównywanych narzędzi klinowego i stożkowego. Uzyskane wyniki, po ich opracowaniu statystycznym pozwoliły na rzeczywistą ocenę pracy obydwu narzędzi i wykonanie ich analizy porównawczej. Wynika z niej, że ostrze stożkowe uzyskuje istotnie większe wartości zagłębienia i mniejsze wartości oporu gleby w porównaniu z narzędziem klinowym, w tych samych warunkach, pomimo zwiększonej średnicy rury przelotowej. Efekty te zostały osiągnięte przy zachowaniu cech funkcjonalnych i jakości pracy. Przygotowanie badań empirycznych, ich metodykę, przeprowadzenie oraz otrzymane wyniki oceniam pozytywnie.

Uzyskane wyniki badań upoważniają do podjęcia działań wdrożenia do praktyki stożkowego narzędzia opracowanego w rozprawie, co zawarto w rozdziale 9. Narzędzie może być wdrożone jako moduł opracowanego robota przedstawionego w pracy 105 spisu literatury, lub jako narzędzie niezależne agregatowane z ciągnikiem rolniczym. Dla narzędzia została wykonana dokumentacja konstrukcyjna zamieszczona w załączniku 2 pracy. Następnie Autor analizuje według podstawowych kryteriów, możliwości i sposoby wdrożenia. Ośrodek Techniki Leśnej w Jarocinie jest zainteresowany wdrożeniem, co potwierdził odpowiednią informacją zamieszczoną w załączniku rozprawy.

W rozdziale 9 przedstawiono wnioski wynikające z realizacji pracy. Wnioski poznawcze są udokumentowane wynikami badań i korespondują z problemem naukowym oraz celami pracy. Studia literaturowe i realizacja pracy pozwoliły na wskazanie kierunków dalszych badań. Duże nadzieje w tym zakresie Autor pokłada konstrukcji samego narzędzia z wykorzystaniem osiągnięć inżynierii mechanicznej i materiałowej.

Przedstawiona analiza rozprawy pozwala na sformułowanie jej ogólnej oceny. Podjęty temat pracy jest aktualny, ważny metodycznie, naukowo oraz praktycznie i został opracowany w sposób właściwy. Na szczególne wyróżnienie zasługuje metodyka pracy, przeprowadzone badania i opracowanie ich wyników. Tu Doktorant wykazał się dobrą znajomością metod badawczych, aparatury pomiarowej oraz praktycznego ich zastosowania do złożonych procesów z pogranicza inżynierii mechanicznej i leśnictwa. Otrzymane wyniki badań mają wysoką wartość poznawczą i praktyczną. Wykazano, że proces sadzenia drzewek, można usprawnić, zmniejszyć jego energochłonność, zagrożenie dla środowiska naturalnego itp. korzystając z metod inżynierii mechanicznej.

Narzędzie skonstruowane i zbadane w pracy zostało przygotowane do wdrożenia. Przeprowadzono analizę rynku oraz wskazano warianty jego praktycznych zastosowań. Przyjęto model komercjalizacji jako udzielenie licencji na wyniki doktoratu wdrożeniowego.

Na podstawie lektury pracy stwierdzam, że Doktorant jest przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych w zakresie inżynierii mechanicznej i ich praktycznych zastosowań. Przemawiają za tym następujące fakty:

- W rozprawie dostrzeżono, sformułowano i rozwiązano problem naukowy o dużym znaczeniu poznawczym, metodycznym i praktycznym;
- Zastosowano do tego celu właściwe metody, w tym oryginalne pomysły Autora;
- W oparciu o uzyskane wyniki pozytywnie zweryfikowano tezę i tym samym zrealizowano cel pracy.

3. Uwagi dyskusyjne i szczegółowe

Lektura rozprawy rodzi pewne problemy dyskusyjne i pytania, które wymagają omówienia i wyjaśnień.

W pracy zamieszczono rysunki poglądowe (fotografie) przedstawiające skonstruowane narzędzie i jego obciążenia, rys. 4.4 – 4.8. Brak natomiast kinematycznego schematu pracy narzędzia wraz ze wskazaniem sił na nie działających, oporów pracy itp. Stąd trudno o interpretację takich pojęć, jak „opór targania”, str. 47. Opór wleczenia jest opisany jako ciągła funkcja czasu, obciążanie narzędzia przy wbijaniu w glebę jest funkcją ciągłą głębokości zagłębiania, a częstotliwość zagłębiania jest funkcją dyskretną czasu procesu sadzenia. Proszę o sprecyzowanie tych wielkości na schemacie narzędzia.

Podłoże, w którym umieszczano sadzonki nazywane jest ziemią (np. str. 13, 45, 49), glebą (np. str. 16, 64) i gruntem (np. str. 114) Czy stosowanie różnych terminów jest koniecznością merytoryczną, czy niedopatrzeniem?

Badania autorskiego narzędzia stożkowego wykonano porównując je z narzędziem klinowym. Dlaczego i w oparciu o jakie kryteria do porównań wybrano narzędzie klinowe?

Do badań użyto dwóch narzędzi z ostrzem klinowym i stożkowym. W tekście pracy str. 48, rys 4.9, określono narzędzie w wersji pierwszej (w domyśle klinowe) i w wersji drugiej (w domyśle stożkowe), czy tak to należy rozumieć?

W pracy, oprócz średnicy rury przelotowej nie podano innych wielkości geometrycznych narzędzia stożkowego i klinowego, jak np. wysokość, kąt wierzchołkowy. Są to ważne parametry wpływające na opory i jakość pracy narzędzia. Może sterując nimi uzyska się poprawę efektywności energetycznej, jakości pracy narzędzia itp.?

Czy narzędzie sadzące w postaci stożkowej zgłoszono do opatentowania?, bo jak wynika z treści rozprawy jest to oryginalne rozwiązanie Autora.

Skonstruowane oraz przebadane narzędzie sadzące, pozwala na istotne zmniejszenie obciążeń w porównaniu z narzędziem klinowym. We wnioskach 11.4. str. 129 Autor „sugeruje prowadzenie dalszych badań z zastosowaniem innego kształtu narzędzia i/lub



układu sadzącego ze zmienioną kinematyką pracy”, do których można wykorzystać stosowaną w rozprawie metodykę. Jakie możliwości widzi Doktorant w tym obszarze korzystając z własnych doświadczeń?

Tytuł rozprawy „Wpływ konstrukcji i działania zespołu sadzącego na proces sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym” nie informuje precyzyjnie o głównym celu rozprawy, którym było „opracowanie i badania nowej wersji narzędzia sadzącego”, str. 39. Jest to praca z inżynierii mechanicznej, a opracowanie oryginalnego, nowego narzędzia stanowi jej cel, natomiast badania, ważne merytorycznie, służą do oceny jego przydatności.

W rozprawie zamieszczono dużą liczbę fotografii prezentujących badane narzędzie stożkowe, dokumentujące przebieg badań, głównie polowych, co ją dodatkowo uwiarygodnia. Jednak wartość informacyjna niektórych z tych fotografii jest znikoma, np. rys 7.8 i 7.9 na str. 87. Na rysunki od 7.4 – 7.33 (łącznie 29) powołano się w tekście pracy tylko jednym zdaniem, że „przedstawiają układ pomiarowy zamontowany na ciągniku wraz z narzędziem sadzącym wyposażonym w ostrze klinowe oraz stożkowe podczas realizacji kolejnych etapów doświadczenia polowego”. Zastąpienie części fotografii, rysunkami i schematami oraz szersze odwołanie się do nich w tekście pracy byłoby bardziej komunikatywne dla czytelnika.

Wysadzanie sadzonki odbywa się grawitacyjnie i jego skuteczność oraz jakość zależy od średnicy rury przelotowej, z kolei wzrost oporów sadzenia jest wprost proporcjonalny do tej średnicy. Czy stosowane jest wymuszone wysuwanie sadzonki z rury? Byłoby to szczególnie przydatne dla sadzonek drzew liściastych.

Po statystycznym opracowaniu wyników badań Autor na str. 115 stwierdza, że „Fakt sadzenia, lub nie sadzonek, nie miał wpływu na osiągnięte zagłębienie w ziemi lub osiąganą wartość oporu gleby”. Czym się kierowano podejmując takie badania?

W załączniku 1 „Dokumentacja techniczna” gdzie zamieszczono rysunki wykonawcze ostrza w wersji stożkowej, brak jest rysunku złożeniowego kompletnego ostrza.

Pod względem językowym i redakcyjnym praca wykonana jest poprawnie. Oto kilka uwag ogólnych i redakcyjnych.

Struktura rozprawy jest rozbudowana, składa się z 11 rozdziałów, ponad 30 podrozdziałów, niekiedy dwa podrozdziały są na jednej stronie (str. 80; 122; 125). Jej przejrzystość można poprawić zmniejszając liczbę podrozdziałów.

W pracy spotyka się drobne błędy językowe, redakcyjne, które zaznaczyłem w tekście pracy, oto niektóre z nich:

- Powołując się na rysunki w tekście Autor stosuje dużą literę, np. Rys. 1.1 str. 7; Rys. 4.11 str. 49 itd. Dotyczy to także tabel, str. 108, wiersz piąty od dołu, str. 114, wiersz trzeci od dołu. Tu powinny być małe litery.
- Na str. 47 napisano „...dwóch wersji ostrza przygotowanych w metalu ze stali typu S355”. Określenie „w metalu” jest zbędne, to żargon warsztatowy, a dodatkowo stal nie jest metalem.

- W pracy spotyka się rysunki, które są kopią z prac źródłowych i wykonane zostały technikami właściwymi dla czasu ich publikacji, należało poprawić ich jakość oraz ujednolicić oznaczenia (rys. 2.8; 4.1).
- Autor niekiedy stosuje określenia, np. „na rysunkach poniżej”, str. 39, lub „poniżej zamieszczono dwie tabele”, str. 108. W takich sytuacjach podajemy tylko numer rysunku, bądź tabeli.
- Na str. 39 napisano „rozbicie głównego problemu na elementarne kroki”. Moim zdaniem problem można podejmować, formułować, rozwiązywać, dzielić itp., ale nie rozbijać.

Przedstawione uwagi mają charakter dyskusyjny, porządkowy i wymagają wyjaśnienia podczas obrony pracy. Nie wpływają znacząco na moją pozytywną ocenę rozprawy. Można je wykorzystać w dalszych badaniach i publikacjach.

4. Wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa jest oryginalnym osiągnięciem naukowym mgr inż. Michała Szarolety i stanowi znaczący wkład w rozwój inżynierii mechanicznej. Wyniki pracy zostały przygotowane do wdrożenia. Na podstawie dokonanych analiz stwierdzam, że rozprawa mgr inż. Michała Szarolety pt. *„Wpływ konstrukcji i działania zespołu sadzącego na proces sadzenia drzewek z zakrytym systemem korzeniowym”*, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące w tym względzie aktualne przepisy i może stanowić podstawę do nadania jej Autorowi stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *Inżynieria mechaniczna* a tym samym być dopuszczona do publicznej obrony.

