

Autoreferat

(załącznik 3)

1. Imię i nazwisko: **Mariusz Kormanek**

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

2.1. Studia: Wydział Techniki i Energetyki Rolnictwa (1990 – 1995); dyplom: magister inżynier techniki rolniczej i leśnej, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, 1995 r.

2.2. Studia Uzupełniające Magisterskie: Wydział Zarządzania (1995 – 1998); dyplom: magister inżynier Zarządzania i Marketingu, Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, 1998 r.

2.3. Doktorat: doktor nauk leśnych w zakresie leśnictwa – mechanizacja leśnictwa; Wydział Leśny, Akademia Rolnicza im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, dnia 17.03.2004 r.

Tytuł rozprawy doktorskiej:

Techniczne i przyrodnicze aspekty oddziaływania kół pojazdów na wybrane gleby leśne

2.4. Studia podyplomowe:

Studium Pedagogiczne „*Pedagogika i Psychologia*” (1992 – 1995), Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie.

Studia podyplomowe „*Profesjonalny kierownik projektów badawczo – rozwojowych*” (2013/2014) na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

Od 1997 r. zatrudniony w Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie na Wydziale Leśnym w Zakładzie Mechanizacji Prac Leśnych, a następnie w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych. Po zmianie nazwy uczelni w 2008 r. zatrudniony w Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych. Od 01.09.2014 po restrukturyzacji zatrudniony w Instytucie Użytkowania Lasu i Techniki Leśnej w Zakładzie Mechanizacji Prac Leśnych.

3.1. 01.05.1997 – 30.09.2004 asystent naukowo - dydaktyczny

3.2. 01.10.2004 – nadal, adiunkt naukowo - dydaktyczny

4. Ogólna charakterystyka dorobku naukowego

Moje zainteresowania naukowe koncentrują się przede wszystkim na dwóch zagadnieniach. Pierwsze związane jest z szeroko rozumianym wpływem maszyn na środowisko leśne. Szczególnie interesują mnie przyczyny negatywnego oddziaływania układów jezdnych maszyn na podłoże, po którym maszyny się poruszają oraz skutki tego oddziaływania dla rosnących roślin. Drugie zagadnienie to badania związane z właściwościami trakcyjnymi pojazdów, które poruszają się w trudnych warunkach leśnych, po drogach nieutwardzanych.

Liczbowy wykaz osiągnięć przedstawiający mój rozwój w pracy naukowo - badawczej, obejmujący 135 opracowań, przedstawia tabela 1.

Na osiągnięcia w pracy naukowo - badawczej składa się 58 (w tym 8 przed doktoratem) samodzielnych lub współautorskich opublikowanych prac naukowych. Spośród 58 prac opublikowanych, 32 (w tym 1 przed doktoratem) ukazało się w języku angielskim, a 4 ukazały się w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports: *Tree Physiology*, *European Journal o Forest Engineering*, *Silva Fennica*, *International Agrophysics*.

Publikacje ukazały się ponadto w czasopismach krajowych: *Sylvan*, *Electronic Journal of Polish Agriculture University*, *Leśne Prace Badawcze*, *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, *Acta Agrophysica*, *Inżynieria Rolnicza*, *Episteme*, *Ecological Questions*, oraz jako rozdziały w monografiach tematycznych międzynarodowych i krajowych.

Opublikowane przeze mnie prace stanowią oryginalne prace naukowe o charakterze rozpraw (24 w tym 5 przed doktoratem), monografii (1) i rozdziałów w monografiach (33, w tym 3 przed doktoratem). W zdecydowanej większości (45) są to prace, w których jestem głównym autorem (78%), zaś 15 prac (26%) to rozprawy naukowe, w których jestem jedynym autorem.

Brałem czynny udział w 42 konferencjach naukowych (w tym 7 przed doktoratem), z których 29 było konferencjami międzynarodowymi.

Wykonałem 68 prezentacji (w tym 10 przed doktoratem) wyników badań w ramach 29 konferencji międzynarodowych i 14 krajowych oraz 1 wykład w jednostce naukowej (Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences, Praga). Większość (55) były to wygłoszone referaty pozostałe w postaci prezentacji posterów (13).

Jestem autorem 4 zgłoszeń (jestem ich jedynym twórcą) do Urzędu Patentowego RP (2 zgłoszeń patentowych i 2 wzorów użytkowych), z których 1 uzyskał ochronę prawną na

rozwiązanie patentowe, 2 ochronę prawną na wzór użytkowy, zaś 1 zgłoszenie patentowe jest w trakcie rozpatrywania.

Byłem wykonawcą w jednym krajowym projekcie badawczym finansowanym przez KBN pt. *Techniczno - eksploatacyjne aspekty oddziaływania kół pojazdów na glebę leśną*, wykonanym w latach 2001 – 2003. Kierowałem jednym projektem badawczym finansowanym z funduszu własnego Wydziału Leśnego UR w Krakowie, pt. *Wpływ nacisku jednostkowego wywieranego na glebę, na jakość odnowienia wybranych gatunków drzew leśnych* (2009 - 2010) oraz dwoma projektami badawczymi finansowanymi z funduszu Rektora UR w Krakowie, pt. *„Odwzorowanie metodą bezkontaktową powierzchni styku napędowego koła ogumionego z podłożem odkształcalnym”* (2008) i *„Wyznaczenie wpływu zagęszczenia gleby na kielkowanie i wzrost siewek buka pospolitego w warunkach laboratoryjnych”* (2011). Aktualnie jestem wykonawcą w dwóch projektach finansowanych przez PGL Lasy Państwowe.

Pierwszy to projekt, pt. *„Monitoring szkółki leśnej w Rzeczycy Małej – kontrola biochemicznych właściwości gleb oraz właściwości fizycznych”* (2015-2016), którego kierownikiem jest dr inż. Ewa Błońska, adiunkt w Katedrze Gleboznawstwa Leśnego, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział leśny UR Kraków. Celem projektu jest ocena gleb pod kątem produkcyjnym na nowo zakładanej szkółce leśnej. W projekcie zajmuję się określeniem właściwości fizyczno - mechanicznych gleby, na której w przyszłości ma być założona leśna szkółka gruntowa.

Drugi to projekt pt. *„Optymalizacja produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w wybranych szkółkach kontenerowych”* (2014 – 2017), którego kierownikiem jest dr hab. inż. Stanisław Małek, Prof. UR, w Zakładzie Ekologii Lasu i Rekultywacji, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział Leśny UR Kraków. W projekcie zajmuję się optymalizacją parametrów fizyczno – mechanicznych substratu szkółkarskiego na bazie torfu wysokiego, przez dobór zagęszczenia substratu do zasypywania kaset Hiko V 120SS oraz Hiko V 265 BCC.

Aktualnie, jako kierownik, realizuję projekt badawczy, pt. *Monitoring zmian erozyjnych na wybranych szlakach zrywkowych i turystycznych w Gorczańskim Parku Narodowym* (2015-2016), wspólnie z dr inż. Januszem Gołębem, adiunktem w Zakładzie Inżynierii Leśnej, Instytutu Ochrony Ekosystemów Leśnych, Wydziału Leśnego UR w Krakowie. Projekt powstaje na zapotrzebowanie Gorczańskiego Parku Narodowego i dotyczy porównania wpływu konnej i ciągnikowej zrywki drewna, jak również intensywności ruchu turystycznego na powierzchnie leśne, znajdujące się na terenie GPN.

W czasie pracy na Uniwersytecie Rolniczym otrzymałem dwukrotnie stypendia z funduszu Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na realizację tematu badawczego.

W roku 2014 byłem finalistą konkursu „Eureka! DGP – odkrywamy polskie wynalazki” organizowanym przez Dziennik Gazeta Prawna.

Recenzowałam artykuły w czasopismach naukowych, indeksowanych w bazie JCR (*International Agrophysics, Acta Physiologiae Plantarum*) oraz nieindeksowanych (*Journal of Forest Science*). Jestem stałym recenzentem w nowo powstałym czasopiśmie Reforesta.

Przed doktoratem (2002 rok) odbyłem długoterminowy (5 - cio miesięczny) staż naukowy w Department of Soil Science, w University of British Columbia w Vancouver w Kanadzie.

Po doktoracie (2014 rok) odbyłem krótkoterminowy (10 - cio dniowy) staż naukowy w ramach programu CEEPUS w Department of Forest Harvesting, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Science.

Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego:

PUBLIKACJE ORAZ WSKAŹNIKI ROZWOJU NAUKOWEGO

Liczba punktów według wykazu czasopism ogłoszonego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, impact factor publikacji naukowej według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania:

- A. Liczba wszystkich publikacji (w tym 1 monografia): **58;**
- B. Liczba publikacji po uzyskaniu stopnia doktora (w tym 1 monografia): **50;**
- C. Liczba publikacji w czasopismach z bazy Journal Citation Reports: **4;**
- D. Łączna liczba punktów za wszystkie publikacje (bez zgłoszeń patentowych i uzyskanych wzorów użytkowych): **420;**
- E. Łączna liczba punktów za publikacje po uzyskaniu stopnia doktora (bez zgłoszeń patentowych i uzyskanych wzorów użytkowych): **391;**
- F. Łączna liczba punktów za wszystkie publikacje (ze zgłoszeniami patentowymi i uzyskanymi wzorami użytkowymi): **473;**
- G. Łączna liczba punktów za publikacje po uzyskaniu stopnia doktora (ze zgłoszeniami patentowymi i uzyskanymi wzorami użytkowymi): **444;**
- H. Łączna liczba punktów za publikacje w czasopismach z bazy JCR: **140;**
- I. Impact Factor wszystkich publikacji: **8,337;**
- J. Łączna liczba cytowań wg Web of Sciences (na dzień 28.02.2016): **2;**
- K. Łączna liczba cytowań wg bazy Google Scholar (na dzień 28.02.2016): **33;**

L. Index Hirscha wg Web of Sciences (na dzień 28.02.2016): **1**;

Ł. Index Hirscha wg bazy Google Scholar (na dzień 28.02.2016): **3**.

Wśród prac naukowych po uzyskaniu tytułu doktora 15 prac opublikowałem samodzielnie, 21 z jednym współautorem i 22 z więcej niż jednym współautorem. Głównym autorem byłem w 44 pracach (w tym w 4 przed doktoratem).

PRACE NAUKOWE I TWÓRCZE PRACE ZAWODOWE

Tabela 1.

	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Publikacje w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports	0	4	4
Publikacje w czasopismach niebędących w bazie Journal Citation Reports*	5	15	20
Rozdziały w monografiach	3	30	33
Monografia*	0	1	1
Prezentacja wyników badań na konferencjach międzynarodowych	5	36	41
Prezentacja wyników badań na konferencjach krajowych	5	22	27
Wykłady, prezentacje wyników badań	0	1	1
Przygotowane zgłoszenia do Urzędu Patentowego RPModification of the tree root electrical capacitance method under laboratory conditions	0	4	4
Uzyskane wzory użytkowe na podstawie decyzji Urzędu Patentowego RP	0	1	1
Uzyskane patenty na podstawie decyzji Urzędu Patentowego RP	0	2	2
Wykonane ekspertyzy	0	1	1
Razem	18	117	135

* monografia, (p. 1) osiągnięcie zgodne z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Szczegółowy wykaz moich osiągnięć naukowych (z procentowym udziałem) podano w załączniku 5.

5. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego: **„Relacja między mechanicznie zagęszczoną glebą a cechami biometrycznymi i jakością hodowlaną jednorocznych siewek sosny zwyczajnej *Pinus sylvestris* L. oraz buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L.”**, (załącznik nr 7).

5.2. Autor: **Mariusz Kormanek**

5.3. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników

Wstęp

Współcześnie, w polskich lasach większość typowych prac leśnych została już zmechanizowana lub jest możliwa do zmechanizowania. Maszyny używane są dość powszechnie do przygotowania podłoża, siewu i sadzenia, podczas zabiegów pielęgnacyjnych we wszystkich stadiach rozwoju drzewostanów, jak i przy ich odnawianiu. Zwiększony został również zakres stosowania nowoczesnych technologii pozyskania surowca w drzewostanach, w różnych fazach rozwoju. To zwiększenie zakresu mechanizacji prac leśnych musi iść w parze z minimalizacją wpływu na środowisko leśne. W mechanizacji leśnictwa, podobnie zresztą jak w mechanizacji rolnictwa, od wielu już lat utrzymuje się trend dotyczący wzrostu ciężaru oraz mocy maszyn. W przypadku leśnictwa dotyczy to szczególnie prac pozyskaniowych. Niestety maszyny pracujące w lesie, szczególnie te duże, nie zawsze odpowiadają ekologicznym wymaganiom [Lukáč 2003, Ampoorter i in. 2007, Neruda 2008]. Zagrożenia wynikające z wykonywania w lesie prac maszynami zostały ujęte przez FAO już w 1996 r. w tzw. Modelowym Kodeksie Praktyk Pozyskaniowych, który dotyczył szczególnie zrywki drewna jako operacji trudnej i często niebezpiecznej, powodującej znaczne szkody w ekosystemach leśnych. Wymieniono trzy główne zagrożenia wynikające z pracy maszyn: zaburzenia oraz zagęszczenia gleby, szkody w odniesieniu do drzew pozostających na pniu i innej roślinności, szkody dotyczące cieków wodnych [Gil 2000, Dawidowski i Walczykova 2013]. Z wymienionych zagrożeń najbardziej kłopotliwe bywają te związane z glebą, albowiem trudno je zidentyfikować, mają również największy rozmiar, a ich skutki są trudne lub wręcz niemożliwe do zrekompensowania [Więsik 1996, Neruda 2008].

Zgodnie z definicją podaną w literaturze przedmiotu, dotyczącej rolnictwa i leśnictwa, wzrost ciężaru objętościowego gleby, redukcja porowatości czy wzrost wytrzymałości gleby

wywołany działaniem sił zewnętrznych, przekraczających wytrzymałość gleby, określa się mianem ugniatania lub kompaktacji (ang. soil compaction) [Byszewski i Haman 1977, Lipiec i in. 2003a, Šušnar i in. 2006, Bartholomew i Williams 2010]. Kompaktacja spowodowana przez człowieka ma związek z jednej strony z procesem uprawy gleby, a z drugiej z przejazdami maszyn po terenie [Piccio i in. 2012]. Kompaktacja gleby to określenie czysto jakościowe, albowiem samo w sobie nic nie mówi o skutkach jego wystąpienia dla przyrody, nie opisuje wpływu na przykład na wegetację roślin [Zisa i in. 1980].

Jednym z podstawowych czynników, które determinują zakres oddziaływania maszyny na glebę w lesie i może powodować kompaktację to nacisk jednostkowy, jaki wywierają elementy układu jezdnego na glebę. Preferowane naciski jednostkowe maszyn, które poruszają się w lasach, powinny wynosić zaledwie 30–40 kPa [Neruda 2008], niestety tylko nieliczne maszyny spełniają to kryterium. W związku z powyższym za dopuszczalne dla układów jezdnych gąsienicowych przyjęto naciski jednostkowe dochodzące do 70 kPa, zaś dla układów jezdnych kołowych do 150 kPa [Więsik 1996]. W praktyce, jak podaje Więsik [1996], maszyny kołowe wywierają średnie naciski jednostkowe na podłoże leśne w zakresie 50–150 kPa, choć używane są również te z naciskami dochodzącymi do 250 kPa. Z kolei Neruda [2008] podaje, że maszyny kołowe z szerokimi oponami, z reguły wywierają naciski jednostkowe w granicach od 100 do 280 kPa, zaś zakres nacisków jednostkowych dla układów kołowych to 50–300 kPa, a za wielkość progową, powyżej której poważnie należy traktować skutki nacisku, powinno się przyjąć wartości od 70 do 100 kPa. Jak podaje Suwała [2007], bardzo trudno ustalić wartości progowe nacisku jednostkowego maszyn na grunt, ponieważ nie są znane skutki uszkodzenia gleby na przyrost drzew. Skutki te znane są tylko częściowo w odniesieniu do niektórych gatunków, ale w dalszym ciągu trudno określić sam proces oddziaływania i jego parametry. Jak podaje Suwała [2007], przy nacisku jednostkowym do 50 kPa, gleba i drzewostan pozostają bez zmian, przy nacisku w zakresie od 50 do 100 kPa następują wprawdzie uszkodzenia gleby, ale drzewostan pozostaje bez zmian, dopiero nacisk powyżej 100 kPa powoduje zarówno szkody w glebie, jak i uszkodzenia drzewostanu wyrażone zmniejszeniem przyrostu drzew. Niewątpliwie, podstawowym zaleceniem jest, aby tam, gdzie gleba ulega łatwemu zagęszczeniu, stosować – jeśli to tylko możliwe – maszyny, które wywierają jak najmniejszy nacisk jednostkowy [Adams 1981, Więsik 1996, Ampoorter i in. 2010].

Innym aspektem gospodarki leśnej, który wiąże się z wpływem maszyn na podłoże glebowe jest produkcja szkółkarska jednorocznych lub kilkuletnich sadzonek drzew i krzewów leśnych [Gunia 1991, Niski 1991, 1992]. W literaturze polskiej i światowej znaleźć

można wiele opracowań zajmujących się wpływem maszyn czy przygotowaniem podłoża na glebę uprawną w rolnictwie. Większość prac jest skoncentrowana na określeniu optymalnego zagęszczenia gleby, które pozwoli na uzyskanie jak najlepszych plonów. Wyniki badań bywają niestety bardzo rozbieżne, a mimo wzrostu wiedzy w tym zakresie trudno wysnuć z nich wnioski, które mogłyby tworzyć ogólne zasady. Nadal więc występuje niedostatek wiedzy, który nie pozwala na wyjaśnienie zachodzących zależności [Sztukowski i Błaszkiwicz 2002]. Można jednak także dzisiaj stwierdzić za Byszewskim i Hamanem [1977], że dla każdej rośliny w rolnictwie (a z pewnością i w leśnictwie) tę samą glebę należy uprawiać w inny sposób, tak by uzyskać odpowiednie (optymalne) dla niej zagęszczenie.

Bardzo skąpa jest literatura odnosząca się do zagadnień oddziaływania różnych poziomów zagęszczenia gleby, wywołanych przez maszyny, czy inne czynniki na rośliny produkowane w szkółkach leśnych. Natomiast odpowiednie gospodarowanie glebą w szkółce pozwala w maksymalny sposób na wykorzystanie możliwości potencjalnych gleby, zaś nadmierne jej zagęszczenie spowodowane jest głównie przez nieodpowiednie zarządzanie gruntami [Miatkowski 2001, Durkowski i Wesołowski 2002]. Podsumowując dokonany w pracy przegląd literatury, dotyczący wpływu nadmiernego zagęszczenia gleby na sadzonki drzew leśnych, można stwierdzić, że:

- problematyka wpływu zagęszczenia gleby na środowisko w warunkach leśnych, jak i w warunkach szkółki leśnej jest bardzo istotna,
- podstawowy identyfikowany czynnik wywołujący nadmierne zagęszczenia gleby wiąże się z oddziaływaniem przejeżdżających po glebie maszyn,
- parametrem charakteryzującym układ jezdny maszyn, ważnym z punktu widzenia wywołania nadmiernego zagęszczenia (kompakcji) gleby, jest nacisk jednostkowy wywierany przez elementy układów jezdnych maszyn,
- relacja między zagęszczeniem gleby a wartością wywartego nacisku jednostkowego jest skomplikowana,
- niewiele jest informacji czy prac dotyczących:
 - zależności zagęszczenia gleby od wartości wywartego nacisku jednostkowego w warunkach terenowych w lesie i w warunkach szkółki,
 - wpływu nadmiernego zagęszczenia gleby w lesie czy w szkółce na sadzonki drzew leśnych rosnące z nasion,
 - zakresu zagęszczenia gleby, który sprzyja lub hamuje wzrost młodych sadzonek różnych gatunków drzew leśnych, rosnących w lesie czy w szkółce.

Cel pracy

Celem pracy była – na podstawie doświadczenia powtarzanego przez trzy kolejne lata – analiza ilościowa cech biometrycznych i jakości hodowlanej jednorocznych siewek dwóch gatunków lasotwórczych: sosny zwyczajnej i buka zwyczajnego, hodowanych na mechanicznie zagęszczonej glebie, w różnych warunkach:

- w lesie, pod okapem drzewostanu, w warunkach naturalnych,
- w szkółce leśnej, na podłożu, na kwaterze produkcyjnej.

Zagęszczenie gleby założono wywołać przez wywarcie na nią nacisków jednostkowych z zakresu, który odpowiada tym, z jakimi z reguły oddziałują elementy układów jezdnych maszyn, gdy poruszają się po powierzchniach w lesie lub w szkółce leśnej, tj. od 50 do 250 kPa.

Metodyka przygotowania doświadczenia w lesie

Doświadczenie w lesie wykonywano w latach 2011, 2012 i 2013 na trzech kolejnych powierzchniach leśnych, zlokalizowanych w kulisach szkółki leśnej w Kłaju, w Nadleśnictwie Niepołomice. Ze względu na trudności metodyczne związane z wywołaniem kontrolowanego zagęszczenie gleby, co uzasadniono w przeglądzie literatury w pracy, do realizacji założonego celu pracy zaprojektowano oraz wykonano ciągnikowe urządzenie do kontrolowanego wywierania nacisku na podłoże. W dniu 24.05.2011 urządzenie zgłoszono do Urzędu Patentowego RP (zgłoszenie W 120048) z wnioskiem o ochronę wzoru użytkowego. Dnia 05.11.2013 urządzenie otrzymało prawo ochronne na wzór użytkowy o nr 066822 pt. „*Urządzenie ciągnikowe do wywierania kontrolowanego nacisku na grunt*”. Badania terenowe w wariancie na glebie leśnej poprzedzono doświadczeniem pilotażowym, wykonanym w 2010 r. Doświadczenie zasadnicze założono w różnych lokalizacjach, podobnych co do ukształtowania terenu oraz typu siedliskowego lasu i rodzaju gleby, co potwierdzano za każdym razem pobieranymi próbkami gleby. Na dwóch stanowiskach zdiagnozowano typ gleby jako rdzawa brunatna, zaś na trzecim jako rdzawa właściwa, zaś gatunek gleby na wszystkich stanowiskach to piasek gliniasty na piasku luźnym. Typ siedliskowy lasu na podstawie gleby, drzewostanu oraz rozpoznania fitosocjologicznego określono jako las mieszany świeży LMśw. Na tereny badawcze wybierano powierzchnie płaskie z niewielkim zwarcie drzew, które umożliwiały wjazd ciągnika uniwersalnego MF 235. Jako stempel do przygotowania poletek badawczych, zastosowano płaską drewnianą prostokątną płytę. Doświadczenie rozpoczynano w kwietniu każdego roku. W każdej serii pomiarowej na powierzchniach doświadczalnych wytyczano 3 bloki pomiarowe, na których przygotowano po 3 poletka dla pięciu wariantów nacisku jednostkowego (50, 100, 150, 200

i 250 kPa) i wariantu kontrolnego bez nacisku. W każdym z bloków układ 3 poletek randomizowano. Łącznie w każdym roku przygotowano 54 poletka. Na dwóch wysiewano ręcznie nasiona sosny zwyczajnej oraz buka zwyczajnego. Na trzecim poletku w czasie wysiewu określano parametry fizyko-mechaniczne gleby. Wykonywano pomiary zwięzłości do głębokości ok. 35 cm, za pomocą penetrometru stożkowego, a następnie pobierano próbki gleby do cylinderków miarowych. W trakcie analiz laboratoryjnych próbek gleb pobranych z poletek badawczych określano wilgotność, gęstość objętościową chwilową oraz gęstość objętościową w stanie suchym. W celu określenia zwięzłości zastosowano penetrometr stożkowy własnej konstrukcji. Jest to przenośne urządzenie wyposażone w znormalizowany stożek pomiarowy o kącie rozwarcia 30° i średnicy podstawy 1,27 cm (0,5 cala), wciskany do gleby przy pomocy pręta wprowadzającego przez wywieranie siły na ramiona wprowadzające. Wartość przyłożonej siły mierzy czujnik tensometryczny ze wzmacniaczem, zaś informacja o sile przekazywana jest do mikroprocesorowej karty pomiarowej połączonej z przenośnym komputerem. W 2011 r. do Urzędu Patentowego RP zgłoszono wniosek o ochronę patentową rozwiązania konstrukcyjnego penetrometru, które 09.02.2016 r. uzyskało ochronę prawną na rozwiązanie patentowe o nr P-397565 pt. *”Przenośny ręczny penetrometr stożkowy z zapisem elektronicznym”*. Po wysiewie nasion w trakcie całego cyklu wegetacyjnego nie ingerowano w warunki wzrostu roślin. W październiku 2011, 2012 i 2013 roku rośliny wykopano, pobierając je wraz z bryłką ziemi tak, aby nie uszkodzić systemu korzeniowego, a następnie przewożono do laboratorium. Ziemię z bryłki korzeniowej wypłukiwano ostrożnie wodą, a potem korzenie siewek osuszano przy pomocy ręczników papierowych.

Metodyka przygotowania doświadczenia w szkółce

Doświadczenie w szkółce wykonywano w latach 2011, 2012 i 2013 na produkcyjnej kwaterze, zlokalizowanej na terenie szkółki leśnej w Kłaju, w Nadleśnictwie Niepołomice. Badania na kwaterze poprzedzone były doświadczeniami pilotażowymi, wykonanymi w 2009 i 2010 r. Badania zasadnicze wykonano w trzech seriach pomiarowych, w każdym przypadku do badań wybrano świeżo przygotowaną pod zasiew grzędę, na której zdiagnozowano typ gleby jako gleba rdzawa brunatna, zaś gatunek gleby jako piasek gliniasty na piasku luźnym. W kwietniu każdego roku na kwaterze przygotowano poletka, przez wywarcie na glebę stemplem o tych samych wymiarach i w tych samych wariantach nacisku, co w doświadczeniu w lesie. W trakcie całego cyklu wegetacyjnego kontrolowano wzrost siewek. W razie potrzeby siewki okrywano cieniówką, podlewano, kilkakrotnie wykonywano

również pielenie. W październiku każdego roku doświadczenia, rośliny wykopywano w ten sam sposób, jak w wariacie w lesie.

Po pozyskaniu siewek z doświadczeń z lasu i ze szkółki do analiz statystycznych pobrano z każdego wariantu nacisku jednostkowego, powtórzenia w bloku oraz roku wykonania doświadczenia (lokalizacji) siewki w jednakowej liczbie próbie. Siewki poddano pomiarom: długości korzenia głównego, grubości w szyjce korzeniowej oraz po wysuszeniu określano suchą masę pędu, suchą masę systemu korzeniowego, suchą masę liści lub igieł.

Dla każdej z mierzonych cech (parametrów) siewek we wszystkich wariantach pomiarowych opracowano statystyki opisowe. W celu rozpoznania liczbowej siły, kierunku oraz kształtu powiązania poziomu zagęszczenia gleby wywołanego wywartym naciskiem jednostkowym (reprezentowanego przez zwięzłość i gęstość objętościową gleby) i zmierzonych parametrów siewek, zastosowano analizę wariancji, korelacji i regresji. Analizy korelacji i regresji poprzedzono analizami zależności korelacyjnych pomiędzy naciskiem jednostkowym a gęstością objętościową gleby oraz naciskiem jednostkowym a zwięzłością gleby dla trzech poziomów profilu glebowego 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm. Analizy zależności parametrów sadzonek od parametrów gleby dokonywano jedynie w przypadku, gdy parametry gleby były skorelowane z wywartym naciskiem jednostkowym. Analizę regresji parametrów sadzonek od parametrów gleby wykonano jedynie dla dwóch modeli regresji: funkcji liniowej oraz funkcji kwadratowej, pozostałe modele odrzucono na etapie wstępnym przygotowywania opracowania. Po weryfikacji modeli, dla modeli regresji o równaniu kwadratowym, określono parametry gleby sprzyjające lub hamujące wzrost siewek.

W pracy dokonano również oceny jakości hodowlanej siewek pozyskanych z poletek na które wywarto nacisk o różnej wartości, w obu wariantach pomiarowych (las, szkółka) stosując metodę opracowaną przez Schmidt-Vogta [Tyszkiewicz 1968]. Metoda ta bazuje na liniowej zależności średnicy w szyi korzeniowej i wysokości siewek, a klasyfikuje siewki na dwie kategorie dobrej oraz słabej jakości. Dla wariantu doświadczenia w szkółce leśnej dokonano również oceny jakości siewek na podstawie Polskiej Normy dotyczącej siewek (sadzonek) wyhodowanych w warunkach szkółki leśnej gruntowej [PN-R-67025], w której kryterium oceny stanowią przede wszystkim cechy wzrostowe sadzonek: długość pędu i korzeni oraz grubość w szyjce korzeniowej. Ocena klasyfikuje siewki na I i II klasy oraz pozaklasowe.

Podsumowanie wyników badań

Na podstawie pomiarów parametrów gleby stwierdzono, że zagęszczenie gleby, charakteryzowane przez gęstość objętościową oraz zwięzłość jest statystycznie istotnie skorelowane z wywartym naciskiem jednostkowym, szczególnie w warstwie gleby do 10 cm (korelacje bardzo silne). Wraz ze wzrostem wartości wywartego nacisku jednostkowego wzrastała zarówno zwięzłość, jak i gęstość objętościowa gleby. Wzrastające zagęszczenie gleby wpłynęło na parametry siewek obu gatunków, w obu wariantach pomiarowych, tj. na glebie w lesie, jak i na glebie w szkółce. W wariantcie na glebie w lesie, kompaktacja szczególnie mocno wpłynęła na zmniejszenie średnicy w szyjce korzeniowej, długość całkowitą siewek, długość korzenia głównego, jak również suchą masę całkowitą siewek sosny zwyczajnej. Z kolei u buka zmniejszeniu uległy długość całkowita siewek, długość pędu oraz długość korzenia głównego. W wariantcie na glebie w szkółce kompaktacja mocno wpłynęła na zmniejszenie długości korzenia głównego, długości pędu, całkowitej długości siewek, suchej masy całkowitej siewek i suchej masy aparatu asymilacyjnego siewek sosny zwyczajnej, zaś dla siewek buka wzrost zagęszczenia gleby najbardziej wpłynął na zmniejszenie długości korzenia głównego.

Dla siewek sosny zwyczajnej, które rosły w lesie na piasku gliniastym, na siedlisku LMśw w warstwie gleby do 10 cm można wskazać najbardziej sprzyjające (optymalne) wartości zwięzłości 0,92–1,02 MPa i gęstości objętościowej ok. $0,98 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, dla których parametry długości pędu, długości całkowitej siewek i sucha masa całkowita siewek były najwyższe. Dla siewek buka zwyczajnego, rosnących w lesie, nie udało się ustalić parametrów zagęszczenia gleby sprzyjających lub niesprzyjających wzrostowi siewek tego gatunku (ekstremów funkcji regresji) w badanym zakresie zagęszczeń. Może to wskazywać, że siewki buka najlepiej rozwijają się na glebie w stanie naturalnym (jak na poletkach kontrolnych, na które nie wywierano nacisku) lub, że badany zakres uzyskanego w doświadczeniu zagęszczenia był zbyt wąski.

Dla siewek sosny zwyczajnej rosnących na kwaterze w szkółce leśnej, na piasku gliniastym w warstwie do 10 cm można wskazać najbardziej sprzyjające (optymalne) wartości zwięzłości 0,65–1,23 MPa, dla których parametry takie jak: długość pędu, średnica w szyjce korzeniowej i sucha masa systemu korzeniowego są najwyższe. Z kolei zwięzłość gleby z przedziału 1,35–1,37 MPa może powodować pogorszenia parametrów siewek, takich jak: długość korzenia głównego i długość całkowita siewek.

Dla buka w wariantcie w szkółce leśnej, w warstwie gleby do 10 cm, długość korzenia głównego oraz sucha masa całych siewek były najwyższe dla zwięzłości od 0,92–1,02 MPa.

Najważniejsze nowatorskie osiągnięcia przedstawione w rozprawie, stanowiące istotny wkład w rozwój nauki:

- określenie zależności korelacyjnej między wywartym naciskiem jednostkowym a parametrami charakteryzującymi zagęszczenie gleby (zwięzłość, gęstość objętościowa) w lesie i w szkółce,
- określenie zależności korelacyjnych między wybranymi cechami biometrycznymi siewek sosny zwyczajnej oraz buka zwyczajnego, wyhodowanych na glebie w lesie i na kwaterze w szkółce, a gęstością objętościową i zwięzłością gleby,
- określenie zależności regresyjnych między wybranymi cechami biometrycznymi siewek sosny zwyczajnej oraz buka zwyczajnego, wyhodowanych na glebie w lesie i na kwaterze w szkółce, a gęstością objętościową i zwięzłością gleby,
- określenie sprzyjających i niesprzyjających parametrów zwięzłości i gęstości objętościowej gleby w lesie i na kwaterze w szkółce, które wpływają na cechy biometryczne siewek sosny zwyczajnej oraz buka zwyczajnego,
- określenie wpływu wywartego nacisku jednostkowego na glebę w lesie i na kwaterze w szkółce, na jakość hodowlaną siewek sosny zwyczajnej oraz buka zwyczajnego.

Literatura

Adams P.W. 1981. *Compaction of forest soils*. Pacific Northwest Extension publication, 217, 14.

Ampoorter E., Goris R., Cornelis W.M., Verheyen K. 2007. *Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils*. Forest Ecology and Management, 241, 162–174.

Ampoorter E., Van Nevel L., De Vos B., Hermy M., Verheyen K. 2010. *Assessing the effects of initial soil characteristics, machine mass and traffic intensity on forest compaction*. Forest Ecology and Management, 260, 1664–1676.

Bartholomew P.W., Williams R.D. 2010. *Effects of soil bulk density and strength on seedling dimension of annual ryegrass and tall fescue in controlled environment*. Grass and Forage Science, 65, 348–357.

Byszewski W., Haman J. 1977. *Maszyna – gleba – roślina*. PWN, Warszawa.

Dawidowski J.B., Walczykova M. 2013. *Techniczne i eksploatacyjne metody zapobiegania nadmiernemu zagęszczeniu gleb rolniczych i leśnych*. [W:] Współczesna Inżynieria Rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania. T. 1. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, 105–155.

Durkowski T., Wesołowski P. 2002. *Zmiany właściwości fizyczno-wodnych płytkich gleb organicznych i plonowanie roślin uprawnych pod wpływem orki agromelioracyjnej*. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 2, 95–108.

Gil W. 2000. *Naziemna zrywka drewna skiderami w ujęciu kodeksu praktyk pozyskaniowych*. Sylwan, 1, 59–73.

- Gunia S. 1991. *Gospodarka szkółkarska*. [W:] Poradnik leśniczego. Wydawnictwo Świat, Warszawa, 172–181.
- Lipiec J., Arvidsson L., Murer E. 2003. *Review of modelling crop dimension, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction*. Soil & Tillage Research, 73, 15–29.
- Lukáč T. 2003. *Ťažebno – dopravné technológie v lesnom hospodarstve*. UVVP – LVH, Zvolen.
- Miatkowski Z. 2001. Wpływ zabiegów agromelioracyjnych na właściwości fizyczno-wodne gleb zwięzłych oraz ukorzenianie i plon roślin. Biblioteczka Wiadomości IMUZ, 99, 1–107.
- Neruda J. 2008. *Determination of damage to soil and root system of forest trees by the operation of logging machines*. [W:] Mendel University of Agriculture and Silviculture, Brno, 140.
- Niski A. 1991. *Gospodarka szkółkarska*. [W:] Poradnik leśniczego. Wydawnictwo Świat, 170–186.
- Niski A. 1992. *Produkcja sadzonek na powierzchni otwartej*. [W:] Szkółkarstwo leśne. Wydawnictwo Świat, 51–87.
- Piccio R., Neri F., Petrini E., Verani S., March E., Cerini G. 2102. *Machinery-induced soil compaction in thinning two pine stands in central Italy*. Forest Ecology and Management, 285, 38–43.
- PN-R-67025. *Polska Norma*. Sadzonki drzew i krzewów do upraw leśnych i na plantacje, materiał sadzeniowy.
- Šušnar M., Horvat D., Seselj J. 2006. *Soil compaction in timber skidding in winter condition*. Croatian Journal of Forest Engineering, 27, (1), 3–15.
- Suwała M. 2007. *Wpływ uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych w trzebieżach późnych na przyrosty drzew*. Leśne Prace Badawcze, 3, 99–116.
- Sztukowski P., Błaszkiwicz Z. 2002. *Zagęszczenie i opory penetracji gleby przy stosowaniu siewu buraka cukrowego w mulcz i bezpośrednio*. Biuletyn instytutu hodowli i aklimatyzacji roślin, 222, 303–308.
- Tyszkiewicz S. 1968. *Nowy sposób oceny sadzonek leśnych*. Sylwan, 112(3), 35–39.
- Więsik J. 1996. *Możliwości doboru maszyn przyjaznych dla środowiska leśnego*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 1, 13–15.
- Zisa R.P., Halverson H.G., Stout B.B. 1980. *Establishment and early dimension of conifers on compact soils in urban areas*. USDA Forest Service Radnor PA, NE–451.

6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych:

Moje zainteresowania naukowe koncentrują się na dwóch obszarach badawczych i obejmują następujące zagadnienia i związane z tym osiągnięcia: problematyka związana z właściwościami trakcyjnymi pojazdów pracujących w lesie oraz problematyka związana z wpływem maszyn na środowisko leśne ze szczególnym uwzględnieniem podłoża.

6.1 Problematyka związana z właściwościami trakcyjnymi pojazdów pracujących w lesie

6.1.1 Problematyka wyznaczania parametrów trakcyjnych i nośności gleb leśnych

Tematyka badań trakcyjnych w moich zainteresowaniach badawczych pojawiła się po rozpoczęciu pracy na Uniwersytecie Rolniczym (wówczas Akademii Rolniczej) w Krakowie. Badania z tego zakresu wykonywałem z zastosowaniem dwóch przyrządów pomiarowych, tj. bewametry płytkowego oraz bewametry kołowego, które skonstruowałem w ramach grantu KBN, pt. „*Techniczno-eksploatacyjne aspekty oddziaływania kół pojazdów na glebę leśną*” wykonanego w latach 2001 – 2003. Przyrządy te pozwalają na określenie zależności naprężeń poziomych (ścinających) w funkcji deformacji poziomej gleby (bewametr kołowy) oraz naprężeń pionowych (zgniatających) w funkcji zagłębienia wgłębnika w glebę (bewametr płytkowy). Przebieg uzyskanych zależności zgodnie z koncepcją Bekkera [1956], daje możliwość scharakteryzowania gleb przez zestaw parametrów trakcyjnych (K , K_1 , K_2 , k_c , k_ϕ , n). Na podstawie tych parametrów można z kolei określić podstawowe siły (opór toczenia, siła jazdy, siła uciągu), które występują dla danego układu jezdnego (kołowy, gąsienicowy), gdy pracuje na danej glebie. Zwieńczeniem tych badań była praca doktorska i publikacje. Najważniejsze osiągnięcia z tego zakresu to wyznaczenie parametrów trakcyjnych charakteryzujących naprężenia ścinające gleb (K , K_1 , K_2) oraz naprężenia zgniatające gleb (k_c , k_ϕ , n) czterech typów siedliskowych lasu: boru mieszanego świeżego (BMśw), lasu mieszanego świeżego (LMśw), lasu wilgotnego (Lw), boru mieszanego bagiennego (BMB), jak również określenie podobieństwa między właściwościami trakcyjnymi badanych gleb wykonane na podstawie statystycznej analizy skupień.

Wyniki badań zaprezentowano i opublikowano w:

Walczyk J., Kormanek M., Walczykova M. 2001. *Zastosowanie bewametry kołowego na glebie leśnej* [W:] Trends of wood working, forest and environmental technology development and its applications in manufacturing process. TU Zvolen, 431 -437.

Walczykova M., Walczyk J., Kormanek M. 2002. *Determination of forest soil traction parameters*. Electronic Journal of Polish Agricultural University. Forestry section, 5(2).

Kormanek M., Walczykova M. 2003. *Zastosowanie komputerowej karty pomiarowej w badaniach parametrów trakcyjnych podłoży odkształcalnych*. Inżynieria Rolnicza, 11 (53), 105 – 113.

Kormanek M. 2003. *Techniczne i przyrodnicze aspekty oddziaływania kół pojazdów na wybrane gleby leśne*. Praca doktorska. Maszynopis. 1- 196.

Kormanek M., Walczykova M. 2005. *Characteristics of horizontal deformation of some forest soils*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Forestry section, 8(4).

Kormanek M., Walczykova M. 2006. *Characteristic of vertical deformation of some forest soils*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Forestry section, 9(4).

Kormanek M., Walczykova M. 2007. *Wyznaczanie parametrów trakcyjnych ciągników zrywkowych*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Inżynieria Rolnicza, 552 (4), 29-35

Walczyk J., Kormanek M., Walczykova M. 2009. *Measurement of traction parameters on deformable surfaces*. [W:] Krajina, les a lesni hospodářstvi Česká zemědělská univerzita v Praze, 285 – 291.

Na podstawie pomiarów wykonanych w ramach grantu KBN określono również nośność badanych siedlisk w oparciu o konstrukcję graficzno - analityczną zaproponowaną przez Casagrande [Dawidowski i in. 2000]. Najważniejsze osiągnięcia z tego zakresu to wyznaczenie nośności gleb w różnych wariantach wilgotności, dla czterech typów siedliskowych lasu: boru mieszanego świeżego (BMśw), lasu mieszanego świeżego (LMśw), lasu wilgotnego (Lw), boru mieszanego bagiennego (BMb).

Na podstawie analizy wyników stwierdzono, że:

- nośność warstw gleby spadała, przy wzroście poziomu wilgotności gleby,
- najniższe wartości nośności miały gleby na siedlisku BMb, jak również na Lw, gdy gleba miała wysoki poziom wilgotności,
- dla badanych gleb nośność była niższa, gdy nie posiadały wierzchniej warstwy organicznej, zaś gleba miała dużą zawartość gliny i iłu,
- dla gleb, w których wyraźne było zróżnicowanie poszczególnych warstw w profilu i było ono powiązane z wilgotnością, należało wyznaczać nośność dla każdej warstwy osobno.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Walczykova M. 2006. *Methodical aspects of determination of the threshold layer strength of forest silos*. [W:] Trendy lesniczej, drewnarskiej a environmentalnej techniki a jej aplikacie vo vyrobnom procese. FEVT Zvolen, 103- 109.

6.1.2 Problematyka wyznaczania parametrów powierzchni styku pneumatycznego koła ogumionego z podłożem odkształcalnym

W trakcie wykonywania pomiarów i analiz wyników badań do pracy doktorskiej uwidoczniał się znaczny problem z prawidłowym określeniem rzeczywistej powierzchni kontaktu ogumionego koła pneumatycznego z podłożem odkształcalnym. Zazwyczaj przyjmuje się tę powierzchnię jako płaską nie uwzględniając zagłębienia, jakie powstaje w glebie. Zagadnienie jest skomplikowane, albowiem w trakcie oddziaływania koła na glebę odkształca się zarówno gleba jak i opona pneumatyczna, zaś wpływ na te odkształcenia ma wiele czynników. Dokładność określenia tej powierzchni wpływa z kolei na prawidłowe wyznaczenie parametrów trakcyjnych, które charakteryzują glebę oraz prawidłowe określenie nacisku jednostkowego jaki wywiera opona pneumatyczna na glebę. Nacisk jednostkowy to parametr, który jest uznawany za ważny przy analizie oddziaływania maszyn na podłoże, po którym się poruszają. W lesie przyjmuje się, iż pojazd gąsienicowy nie powinien wywierać nacisku jednostkowego większego od 70 kPa, zaś dla pojazdu kołowego większego od 150 kPa [Więsik 1996], jednak trudno przestrzegać zaleceń, jeśli wyznaczenie wartości wywieranego nacisku jednostkowego nie jest pewne.

Zgłębiając zagadnienie wykonałem na początku badania nad określeniem powierzchni nacisku koła ogumionego pneumatyczną oponą na powierzchnię twardą z zastosowaniem metod wideo - komputerowych. Badania polegały na odciskaniu śladów protektora koła ogumionego oponą pneumatyczną (diagonalną 7,5 – 16,0, 6PR, AN3; radialną 165/70 R13; niskociśnieniową 26 x 12,0 – 12 NHS, 4PR) posmarowanego tuszem na papierze, a następnie fotografowaniu powstałych odcisków. Na podstawie fotografii dokonywałem określenia powierzchni nacisku za pomocą programu do analizy obrazu, jak również przez dopasowanie prostych figur geometrycznych do obrysu powierzchni kontaktowej. Następnym etapem badań nad zagadnieniem były pomiary laboratoryjne odcisków wykonanych kołem z oponą pneumatyczną na podłożu odkształcalnym w wannie glebowej, jak również na glebie w warunkach terenowych. Fotografowane od góry odcisnięte ślady odwzorowywałem za pomocą płaskich figur geometrycznych, ale również za pomocą rzeczywistej powierzchni przestrzennej. W celu uzyskania tej powierzchni stosowałem profilomierz prętowy własnej konstrukcji, z pionowymi, ruchomymi prętami oraz ekranem, na którym, odwzorowywany był profil pionowy badanej powierzchni. Profilomierz przykładałem, co określoną odległości, do odcisku w glebie jaki wykonało koło i fotografowałem ekran profilomierza a uzyskane obrazy analizowałem.

Najważniejsze wyniki uzyskane dla tego zakresu zagadnień:

- stosowanie do wyznaczania powierzchni styku koła z podłożem, metod wideo - komputerowych w warunkach terenowych jest problematyczne ze względu na znaczny

błąd obróbki uzyskanych obrazów, związany z subiektywną oceną obszaru oddziaływania koła przez osobę wykonującą obróbkę obrazu,

- wyznaczone w terenie na podłożu odkształcalnym (gleba) płaskie powierzchnie styku (bez uwzględnienia zagłębienia w podłoże) opon pneumatycznych z glebą były większe od wyznaczonych na podłożu nieodkształcalnym (beton) o 86,7 – 119,6%, dla koła ogumionego oponą radialną i o 84,6 – 101,8% dla opony szerokiej niskociśnieniowej,
- współczynniki przeliczeniowe między powierzchnią uproszczoną (płaską) styku opony z glebą, a powierzchnią rzeczywistą (w przestrzeni) dla opony diagonalnej wynosiły od 1,26 – 1,33, zaś dla opony niskociśnieniowej od 1,2 – 1,4.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Walczyk J. 2005. *Zastosowanie metod wideo - komputerowych do uzyskanie trój - wymiarowego odwzorowania powierzchni kontaktu opony z podłożem odkształcalnym w warunkach laboratoryjnych*. Inżynieria Rolnicza, 10 (70), 199-209.

Kormanek M. 2007. *Zastosowanie metod video komputerowych w celu wyznaczenia pola powierzchni styku koła z podłożem*. [W:] *Użytkowanie Maszyn Rolniczych i Leśnych*. PAU Kraków, 9, 71- 78.

Ze względu na to, iż stosowanie profilomierza i metod video - komputerowych jest problematyczne (skomplikowana i czasochłonna obróbka wyników pomiaru), w roku 2007 zastąpiłem profilomierz prętowy przyrządem pomiarowym własnej konstrukcji. Był to automatyczny bezkontaktowy skaner powierzchni z dalmierzem laserowym, pracujący w oparciu o komputerowe sterowanie numeryczne (CNC). Skanowanie polegało na odwzorowaniu badanej powierzchni od góry, za pomocą siatki punktów o trzech współrzędnych. Przyrząd ten pozwolił na wykonanie badań w warunkach laboratoryjnych i terenowych na podłożach odkształcalnych. W badaniach z zastosowaniem skanera odwzorowywałem powierzchnię kontaktową (w przestrzeni), jaka powstała na glebie po oddziaływaniu koła z zamontowanymi oponami pneumatycznymi, tych samych typów, co w badaniach wcześniejszych (diagonalna, radialna, niskociśnieniowa). Na podstawie odwzorowań dokonywałem wyznaczania rzeczywistych powierzchni kontaktu oraz objętości powstałego zagłębienia za pomocą autorskiej metodyki obliczeniowej. Powierzchnię całkowitą wyznaczałem jako sumę powierzchni składowych obliczonych metodą wyznaczników z punktów w przestrzeni, zaś objętość całkowitą jako sumę objętości składowych graniastosłupów ściętych ograniczonych przez siatkę punktów w przestrzeni. Wprowadziłem również do badań wariant z obrotem koła badawczego (przy nieruchomym podłożu), a przez to symulację pracy koła z poślizgiem. Na podstawie uzyskanych wyników

określiłem współczynniki przeliczeniowe między powierzchnią kontaktu w ujęciu płaskim i w ujęciu przestrzennym oraz wyznaczyłem rzeczywiste naciski jednostkowe, jakie wywierają badane opony pneumatyczne przy różnych wariantach obciążenia i poślizgu koła oraz różnych ciśnieniach pompowania opony.

Najważniejsze wyniki z tego zakresu badań:

- 15% poślizg koła pneumatyczną z szeroką niskociśnieniową oponą powodował 1,3 - krotny wzrost rzeczywistej (z uwzględnieniem zagłębienia koła) powierzchni kontaktu opony z podłożem, w stosunku do powierzchni gdy poślizg nie występował, dla opony diagonalnej wzrost 1,7 - krotny. Dla objętości zagłębienia odpowiednio przyrost 1,1 - krotny dla opony niskociśnieniowej i 2,1 - krotny dla opony diagonalnej,
- przy 25% poślizgu koła, błąd wyznaczania powierzchni przy stosowaniu metody uproszczonej (bez uwzględnienia zagłębienia opony w glebę) sięgał 40,9%, dla koła ogumionego oponą diagonalną i 23,5% dla ogumionego oponą niskociśnieniową,
- dla koła z oponą diagonalną poślizg na poziomie 25% powodował średnio 2 - krotny wzrost objętości powstałego zagłębienia w glebie, zaś powierzchni kontaktowej wzrost średnio 2,3 - krotny,
- przy 25% poślizgu błąd wyznaczania nacisków jednostkowych przy wyznaczaniu ich w sposób uproszczony (przy założeniu, że jest to płaska powierzchnia styku) dla opony diagonalnej sięgał 30 kPa, zaś dla opony niskociśnieniowej 20 kPa.

Wyniki badań laboratoryjnych opublikowano w:

Kormanek M. 2005. *Określenie powierzchni styku opon z podłożem w warunkach laboratoryjnych.* [W:] Mobilne energetyczne prostriedky – hydraulika – zivotne prostriede – ergonomia mobilnych strojom Zvolen, 114-122.

Kormanek M. 2007. *Wyznaczanie powierzchni styku koła napędowego z podłożem odkształcalnym w warunkach laboratoryjnych* [W:] Użytkowanie Maszyn Rolniczych i Leśnych. PAU Kraków, 9, 63-70.

Kormanek M. 2007. *Measurement of contact area between pneumatic tyre and soil with use of laser distance meter.* [W:] Logging and wood processing in central Europe. CULS Prague, 48-51. ISBN 978-80-213-1652-2.

Kormanek M. 2007. *Zastosowanie laserowego pomiaru odległości do wyznaczania pola powierzchni styku koła ogumionego z podłożem odkształcalnym w warunkach laboratoryjnych.* [W:] Technika i technologia w leśnictwie polskim. SGGW Warszawa, 39-45.

Metodykę opracowaną i przetestowaną w laboratorium zastosowałem również w trakcie badań terenowych, dla tych samych trzech typów opon (radialnej, diagonalnej i niskociśnieniowej), które pracowały przy różnych wariantach obciążenia, poślizgu koła i ciśnieniach pompowania opony.

Najważniejsze wyniki z tego zakresu badań to:

- uproszczone metody obliczeń pola powierzchni styku opony z podłożem w terenie, wykonane na podstawie zmierzonej długości i szerokości śladu, były obarczone dużym błędem sięgającym 19% dla koła pneumatycznego pracującego z poślizgiem do 25%,
- przy poślizgu w zakresie od 25% do 100% pole powierzchni styku opony diagonalnej przewyższało pole powierzchni styku opony niskociśnieniowej, co było spowodowane mocnym zagłębianiem się w glebę i powstaniem głębokiej koleiny,
- napędowe koło ogumione powodowało miejscowe wybrzuszanie i zapadanie się powierzchni gleby w znacznej odległości do 0, 25 m od krawędzi śladu.

Wyniki tych badań opublikowano w:

Kormanek M., Mateusiak Ł. 2008. *Określanie w warunkach terenowych parametrów śladu koła ogumionego z zastosowaniem laserowego skanera powierzchni*. [W:] Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. Poznań, 9-19.

Kormanek M. 2008. *Wyznaczanie parametrów śladu ogumionego koła napędowego w warunkach terenowych* [W:] Integrated logging technology. Technická Univerzita vo Zvolene, 87-94.

Kormanek M. 2008. *Wyznaczanie parametrów śladu koła ogumionego w warunkach terenowych*. [W:] Těžebně dopravní technologie a stavební úpravy v kalamitních těžbách. Česká zemědělská univerzita v Praze, 90-97.

Kormanek M. 2009. *Scanner with laser distance meter use in soil- wheel contact surface research*. [W:] International symposium on forestry mechanization FORMEC. CULS Prague, 237-244.

Dalszym etapem badań nad tym zagadnieniem było określenie powierzchni kontaktu z glebą koła pneumatycznego, które wykonuje ruch obrotowy po przemieszczającym się podłożu (koło napędzane, toczone, hamowane). Dokonałem tego na nowo skonstruowanym stanowisku pomiarowym, które pozwala na symulowanie ruchu koła z założonym kontrolowanym poślizgiem po glebie wypełniającej ruchomą wannę glebową. Badania pozwoliły określić rzeczywiste powierzchnie oraz naciski jednostkowe, jakie wywierają badane koła napędowe (te same typy opon, parametrów ciśnienia napompowanie i obciążenia pionowego kół, co w badaniach wcześniejszych), jak również wyliczyć parametry trakcyjne przykładowego podłoża z uwzględnieniem poprawionych wartości wywieranych nacisków jednostkowych. Jedno z doświadczeń nad tym zagadnieniem było realizowane w ramach projektu badawczego, pt. „*Odwzorowanie metodą bezkontaktową powierzchni styku napędowego koła ogumionego z podłożem odkształcalnym*” (2008) finansowanego z funduszu własnego Rektora AR w Krakowie.

Najważniejsze wyniki z tego zakresu badań to:

- poślizg koła na poziomie 6% powodował przyrost objętości koleiny o 30%, w stosunku do koła toczącego bez poślizgu, zaś poślizg na poziomie 25%, przyrost objętości koleiny o 90%,
- zastosowanie koła pneumatyczną z szeroką, niskociśnieniową oponą powaliło na uzyskanie wyższych sił napędowych, przy niższych wartościach poślizgu koła w porównaniu z wąską oponą diagonalną o zbliżonej średnicy,
- redukcja ciśnienia napompowania opony o 15% wpłynęło na zwiększenie współczynnika wykorzystania przyczepności dla koła z oponą diagonalną o 46%, a niskociśnieniową o 11%,
- określenie maksymalnej siły napędowej na podstawie parametru trakcyjnego gleby K , z uproszczonego modelu, było obarczone dużym błędem sięgającym 37% przy poślizgu koła na poziomie 12%, zaś do 20% przy poślizgu na poziomie 25%,
- wyznaczony parametr trakcyjny K pozwolił z wystarczającą dokładnością określić przebieg sił napędowych układu jezdnego dla przykładowych pojazdów poruszających się w danych warunkach terenowych.

Wyniki badań laboratoryjnych opublikowano w:

Kormanek M. 2009. *Wyznaczanie wybranych parametrów trakcyjnych gleby leśnej w warunkach laboratoryjnych*. Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji rolniczej i leśnej. Zeszyty Postępu Nauk Rolniczych PAN, 543, 149-156.

Kormanek M. 2009. *Determination of rut parameters made by pneumatic tyre wheel in laboratory conditions*. [W:] Mobilne energetické prostriedky – hydraulika – zivotne prostriede – ergonomia mobilnych strojov. Technická Univerzita vo Zvolene, 55-63. Kormanek M. 2010. *Wyznaczanie siły napędowej w funkcji poślizgu wytworzonej przez ogumione koło napędowe na podłożu odkształcalnym w warunkach laboratoryjnych*. [W:] Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych. PAU Kraków, 14 (II), 73-82.

Kormanek M. 2011. *Determination of average unit pressures exerted by the pneumatic drive wheel in various variants of slip in laboratory conditions*. [W:] Utilization of Agricultural and Forest Machinery in Research and Teaching. PAU Kraków, 15 (3), 99-108.

Kormanek M. 2013. *Determination of rut parameters at various levels of slip of a pneumatic drive wheel – laboratory research*. Inżynieria Rolnicza, 4 (148), 71-81.

Prace doświadczalne nad określeniem parametrów już nie tylko powierzchni styku koła z podłożem, czy koleiny, ale również deformacji szlaku zrywkowego, rozpocząłem w warunkach terenowych. W tym celu dokonałem modyfikacji skanera powierzchni tak, aby możliwe było określenie profilu całej szerokości szlaku zrywkowego. Uzyskałem to przez rozbudowę skanera z dalmierzem laserowym o dodatkową ramę o szerokości 3,5 m, którą można ustabilizować poprzecznie nad powierzchnią badanego szlaku. Przyrząd zgłosiłem do Urzędu Patentowego RP w dniu 19.12.2011 (zgłoszenie W 120597), a w dniu 14.07.2014 Urząd Patentowy RP, po badaniu zgłoszenia, nadał prawo ochronne nr 067271 na wzór

użytkowy, pt. „*Urządzenie do monitorowania profilu lub powierzchni terenu, zwłaszcza drogi gruntowej*”.

Przyrząd ten był również wykorzystany w badaniach z drugiego obszaru moich zainteresowań.

6.2 Problematyka związana z wpływem maszyn na środowisko leśne ze szczególnym uwzględnieniem podłoża

6.2.1 Problematyka określania skutków przejazdów maszyn na podłoże leśne

Badania z tego zakresu tematycznego prowadziłem, od początku podjęcia pracy na UR (wówczas AR), równoległe z badaniami nad właściwościami trakcyjnymi pojazdów pracujących w lesie. Skoncentrowałem się na określeniu wpływu różnych typów pojazdów do pozyskania drewna (skider, forwarder, ciągnik uniwersalny przystosowany do zrywki, harwester) na podłoża leśne. Wykorzystałem w tym celu z reguły aparaturę własnej konstrukcji lub istniejącą ale ulepszoną przeze mnie. Na początku wykonałem modyfikację ścinarki glebowej skrzydełkowej, która służy do wyznaczania naprężeń ścinających w glebie, o pomiar siły ścinania za pomocą czujnika tensometrycznego oraz fotooptyczny czujnik kąta obrotu skrzydełek ścinających.

Opis modyfikacji ścinarki glebowej opublikowano w:

Kormanek M., Walczyk J. 2000. *Zastosowanie pomiaru tensometrycznego w glebowych ścinarkach obrotowych*. Inżynieria Rolnicza, 6 (17), 159 – 164.

Następnie zająłem się budową penetrometrów do wyznaczania zwięzłości gleby. Na początku był to penetrometr statyczny o napędzie mechanicznym, którego byłem współautorem, a następnie penetrometr statyczny ręcznie wciskany w glebę, którego byłem konstruktorem i wykonawcą prototypu. Przyrząd ten w dniu 27.12.2011 zgłosiłem do Urzędu Patentowego RP, z wnioskiem o ochronę patentową rozwiązania. W roku 2014 zaproponowane rozwiązanie penetrometru brało udział w konkursie „*EUREKA! – poznajemy polskie wynalazki*”, który był organizowany przez Dziennik Gazeta Prawna, i znalazło się wśród finalnie wybranych najlepszych rozwiązań. W dniu 09.02.2016 Urząd Patentowy RP przyznał prawo ochrony na rozwiązanie patentowe P 397565 pt. „*Przenośny ręczny penetrometr stożkowy z zapisem elektronicznym*”. W roku 2012 skonstruowałem i wykorzystuję również w swoich badaniach penetrometr uderzeniowy zbudowany w oparciu o rozwiązanie zaprezentowane przez Heric i Jones [2002].

Kormanek M., Lasota J. 2014. *Soil compaction studies of selected forest habitats using the dynamic cone penetrometer* [W:] Trendy leśniczej a environmentalnej techniki a jej aplikacje vo výrobnom procese. TU Zvolen, 48- 56.

Ze względu na to, iż w badaniach nad wpływem maszyn na glebę istnieje problem z określeniem rzeczywistego ciężaru przypadającego na elementy układów jezdnych maszyn w warunkach terenowych, skonstruowałem i wykonałem prototyp terenowej wagi hydraulicznej, którą zgłosiłem do Urzędu Patentowego RP (zgłoszenie nr P. 407832) z wnioskiem o ochronę patentową rozwiązania, pt. „Przenośna terenowa waga hydrauliczna” dnia 08.04.2014. Aktualnie wniosek jest w fazie badań i oceny.

Badania z zastosowaniem przedstawionych powyżej przyrządów pomiarowych, jak również opisywanego w podpunkcie 6.1.2 rozwiązania konstrukcyjnego, pt. „Urządzenie do monitorowania profilu lub powierzchni terenu, zwłaszcza drogi gruntowej” były wykorzystywane przeze mnie do określenia wpływu pojazdów na glebę leśną. Wykonywałem pomiary dla następujących maszyn służących pozyskaniu drewna (wymieniono w kolejności chronologicznej od rozpoczęcia pracy na UR): forwarder MKT (prototypowe rozwiązanie Uniwersytetu w Pradze), forwarder Timberjack 1010, skider Timberjack 240B, skider LKT 81 turbo, harwester gąsienicowy MHT 8002HV, ciągnik uniwersalny Zetor 7245H przystosowany do zrywki.

Najważniejsze wyniki z tego zakresu badań dla badanych maszyn:

Forwarder kołowy MKT (masa maszyny 0,75 t):

- pomimo niskich nacisków jednostkowych wynoszących do 70 kPa, po 10 cyklach roboczych pracy maszyny (przejazd z ładunkiem tam i z powrotem) występował równomierny przyrost zagęszczenia gleby na głębokości do 0,525 m,
- wzrost zagęszczenia gleby wywołany przejazdem maszyny zwiększał jej uwilgotnienie, największe na głębokości do 0,3 m.

Skider kołowy Timberjack 240B (masa maszyny 10,06 t):

- w wariancie bez ładunku koła przednie tego ciągnika wywierały nacisk jednostkowy 1,5 – krotnie, wyższy od kół tylnych,
- przy pracy z ładunkiem następowało przeciążenie kół tylnych, a mierzone w trakcie badań terenowych naciski kół tylnych, w zależności od wielkości ładunku, wynosiły od 73 kPa, aż do 140 kPa, tj. do wartości, która jest blisko uznawanej za szkodliwą dla środowiska,
- wielokrotny przejazd tym samym śladem skidera Timberjack 240 B powodował przerwanie warstwy organicznej i powstanie głębokich kolein,
- na skutek przejazdu ciągnika wystąpiły wyraźne zmiany zwięzłości, naprężeń ścinających, gęstości objętościowej, które sięgały do głębokości 0,3 m,

- jednokrotny przejazd ciągnika z ładunkiem powodował ponad 40% wzrost zwięzłości w warstwie gleby do 0,105 m, zaś po 2 i 3 - krotnym przejeździe wyraźna zmiana wystąpiła do głębokości 0,28 m,
- analiza wariancji wykazała, że na ogół 2 i 3 krotny przejazd oraz obciążenie ładunkiem powodowało statystycznie istotne zmiany zagęszczenia w stosunku do powierzchni kontrolnych.

Forwarder kołowy Timberjack 1010 (masa maszyny 11,0 t):

- w wariancie bez ładunku koła przednie dla tego typu maszyny wywierały 1,6 – krotnie wyższy nacisk na glebę niż koła tylne,
- przy ładunku bliskim maksymalnemu, naciski jednostkowe wywierane przez koła na glebę nie przekraczały 87 kPa, a rozkład nacisków był korzystny, wartości dla przednich i tylnych kół były zbliżone,
- jednokrotny przejazd bez ładunku nie powodował znacznych zmian zwięzłości, dopiero po 2 i 3 – krotnym przejeździe wystąpił wzrost zwięzłości i naprężeń ścinających,
- przy wielokrotnym przejeździe wzrost zwięzłości w stosunku do kontroli był średnio 2 – krotny w warstwach przypowierzchniowych, zaś do ok 40% na głębokości 0,35 m,
- analiza wariancji wykazała istotny wpływ krotności przejazdu oraz wariantu pracy (z ładunkiem, bez ładunku) na zmiany zwięzłości, gęstości objętościowej, naprężeń ścinających.

Skider kołowy LKT 81 turbo (masa maszyny 7,15 t):

- przy obciążeniu ładunkiem rozkład ciężaru na kołach ciągnika był wyrównany,
- naciski jednostkowe wywierane na glebę przez koła skidera z ładunkiem dochodziły do 150 kPa,
- niewielkie pochylenie terenu (6°) powodowało znaczny wzrost obciążenia na kołach skidera poruszającego się odskokowo wzdłuż warstwy. Dla wariantu bez ładunku wzrost obciążenia na tych kołach dochodził do 18%, a z ładunkiem do 22%,
- koła jadące wzdłuż warstwy po stronie odstokowej, wygniatały koleinę ponad czterokrotnie większą od kół jadących dostokowo,

Harwester gąsienicowy Neuson MHT 8002HV (masa maszyny 9,2 t):

- niewielkie pochylenie terenu (4,5%) powodowało, iż koleina powstała pod gąsienicą harwestera, jadąc odstokowo po warstwy, była ponad 1,3 - krotnie głębsza od gąsienicy jadącej dostokowo,

- wielokrotny przejazd harwestera nie powodował znacznych pionowych deformacji gleby, choć zauważalne było ścinanie i zrywanie wierzchniej warstwy gleby, jak również odsłanianie korzeni drzew, szczególnie w miejscach manewrowania maszyny, Ciągnik uniwersalny Zetor 7245 H przystosowany do zrywki drewna (masa maszyny 4,18 t):

- statyczne naciski jednostkowe wywierane na glebę dla ciągnika z ładunkiem o masie 0,7 masy maksymalnego zrywanego ładunku tym ciągnikiem nie przekraczały 134,2 kPa dla kół przednich, zaś 87,6 kPa dla kół tylnych, tym samym były niższe od dopuszczalnych dla ciągników zrywkowych z kołowym układem jezdny,
- jednokrotny przejazd ciągnika z ładunkiem spowodował wzrost zwięzłości gleby mierzonej penetrometrem stożkowym tylko w warstwie gleby do 0,10 m, zaś 3 – krotny i 6 – krotny w warstwie gleby do 0,30 m,
- zmiany wilgotności gleby na skutek wykonywanej zrywki wystąpiły w warstwie gleby do 0,10 m, przy czym w miejscach bezpośredniego oddziaływania kół ciągnika i ładunku nastąpiło obniżenie wilgotności,

Wyniki badań zaprezentowano w pracach:

Walczyk J., Kormanek M., Walczyk J., Koreń J. 2000. *Oddziaływanie małego kołowego transportera na glebę podczas zrywki drewna*. Inżynieria Rolnicza, 6 (17), 305-312.

Kormanek M., Walczyk J. 2000. *Oddziaływanie kół ciągników zrywkowych na glebę leśną*. Inżynieria Rolnicza, 7 (18), 77-84.

Walczyk J., Kormanek M., Walczykova M. 2001. *Analiza pracy ciągnika Timberjack 240 B i jego wpływ na glebę na zrębie*. [W:] Użytkowanie maszyn leśnych. PAU Kraków, 3, 169-178.

Kormanek M., Walczykova M., Walczyk J. 2006. *Oddziaływanie forwardera Timberjack 1010 na zwięzłość i naprężenia ścinające gleby leśnej*. [W:] Perspektivy vyvoja tazbovodopravného procesu a využitia biomasy v lesnom hospodárstve. Zvolen, 121- 126.

Kormanek M., Walczyk M., Walczyk J. 2008. *Wpływ obciążenia i liczby przejazdów ciągników zrywkowych na zwięzłości wybranych gleb leśnych*. Sylwan, CLII, 10, 48- 55.

Walczyk J., Kormanek M., Walczykova M. 2009. *Video-computer technique in determining of the skidding tractors soil- wheel contact area*. [W:] Krajina, les a lesní hospodářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, 292- 299.

Kormanek M., Gołąb J. 2012. *Określenie deformacji szlaku zrywkowego przy pomocy laserowego urządzenia do pomiaru przekroju lub ukształtowania powierzchni terenu*. Inżynieria Rolnicza, 4 (139), 157-169.

Kormanek M., Gołąb J. 2013. *Analysis of soil surface deformation and physical changes of soil after logging by means of the skidder* [W:] Utilization of Agricultural and Forest Machinery. PAU Kraków, 18 (4), 135- 148.

Kormanek M., Duszyński Ł., Dvořák J. 2013. *Determination of the operating trail deformation caused by crawler harvester Mht 8002HV, with the use of a laser device for*

measuring cross-section or lie of land. [W:] Mobile energy systems- hydraulics- environment-ergonomics of mobile machines. TU Zvolen, 79- 88.

Kormanek M., Duszyński Ł., Dvořák J. 2013. *Określenie deformacji szlaku zrywkowego wywołanego wielokrotnym przejazdem harwestera gąsienicowego MHT 8002HV.* Inżynieria Rolnicza, 4 (147), 139-151.

Kormanek M., Sowa P. 2015. *Charakterystyka zmian wybranych parametrów fizycznych gleby na szlaku zrywkowym po wykonaniu zrywki ciągnikiem Zetor 7245 H (horal system)* [W:] Problemy leśnictwa w górach i rejonach przemysłowych. UR Kraków, 217-235.

Aktualnie z tego zakresu zagadnień realizuję projekt badawczy, pt. *Monitoring zmian erozyjnych na wybranych szlakach zrywkowych i turystycznych w Gorczańskim Parku Narodowym* (2015-2016) jako kierownik projektu. Jest on realizowany wspólnie z dr inż. Januszem Gołębiem, adiunktem w Zakładzie Inżynierii Leśnej, Instytutu Ochrony Ekosystemów Leśnych, Wydziału Leśnego UR w Krakowie, na zapotrzebowanie Gorczańskiego Parku Narodowego. Projekt dotyczy porównania wpływu zrywki konnej, ciągnikowej, i ruchu turystycznego na powierzchnie leśne znajdujące się na terenie GPN.

6.2.2 Problematyka wpływu zagęszczenia podłoża na wzrost siewek różnych gatunków drzew leśnych

Przez ostatnich kilka lat szczególnie intensywnie zajmuję się badaniami zależności między zagęszczeniem podłoża (gleb, substratu na bazie torfu), a wzrostem siewek różnych gatunków drzew leśnych. Zainteresowanie tą problematyką wywodzi się z badań nad oddziaływaniem maszyn na podłoże w trakcie wykonywania przez nie pracy w lesie. Przejazd maszyn może powodować zagęszczenie gleby i w ten sposób wpływać na wzrost roślin. Badania nad tym zagadnieniem prowadziłem zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i terenowych (w lesie, w szkółce gruntowej), zaś ostatnio również w szkółce kontenerowej. Z reguły doświadczenia w tym zakresie prowadziłem w oparciu o autorską metodykę oraz z wykorzystaniem aparatury, którą skonstruowałem. W doświadczeniach laboratoryjnych z tego zakresu wykorzystywałem komorę klimatyczną własnej konstrukcji (kontrola oświetlenia, temperatury, wilgotności, nawadniania).

W komorze hodowane były siewki, które wznosiły się na glebie pobranej z kwatery szkółkarskiej lub z lasu. Gleba w doświadczeniach była zagęszczana za pomocą stempla, w specjalnie przygotowanych cylindrach (wazonach) wykonanych z PCV. Zagęszczenie odbywało się do założonych poziomów gęstości objętościowej lub przez wywarcie na powierzchnię gleby nacisku jednostkowego o określonej wartości. Wariant doświadczenia, w którym glebę zagęszczano stemplem wywierającym nacisk jednostkowy o założonej

wartości był realizowany w ramach projektu badawczego finansowanego z funduszu własnego Rektora UR, pt. „Wyznaczenie wpływu zagęszczenia gleby na kielkowanie i wzrost siewek buka pospolitego w warunkach laboratoryjnych” (2011). W doświadczeniach laboratoryjnych badałem siewki buka zwyczajnego, dębu szypułkowego i dębu bezszypułkowego.

Najważniejsze wyniki z tych badań:

Buk zwyczajny *Fagus sylvatica*:

- dla siewek buka zwyczajnego rosnących na glebie, o gęstości objętościowej aktualnej w zakresie od 1,0 - 1,8 g·cm⁻³, niski poziom gęstości objętościowej 1,0 g·cm⁻³, jak i wysoki 1,5 - 1,7 g·cm⁻³, wpłynął na skrócenie długości sytemu korzeniowego i długości całkowitej siewek, zaś wzrost całkowitej powierzchni liści. Długość korzenia głównego i długość całkowita siewek była silnie skorelowana z gęstością objętościową gleby ($r = -0,618$), zaś słabiej skorelowana ze średnicą w szyjce korzeniowej ($r = -0,192$) i powierzchnią liści ($r = 0,179$),
- dla siewek buka zwyczajnego rosnących na glebie, na którą wywarto nacisk jednostkowy stemplem w zakresie od 50 do 300 kPa, wzrost wartości nacisku wpłynął na zmniejszenie średnicy w szyjce korzeniowej ($r = -0,161$), suchej masy systemu korzeniowego ($r = -0,156$) i suchej masy całej sadzonki ($r = -0,151$),

Dąb szypułkowy *Quercus robur*:

- dla siewek dębu szypułkowego wzrost gęstości objętościowej aktualnej gleby w zakresie od 1,0 g·cm⁻³ do 1,9 g·cm⁻³ wpłynął na obniżenie wysokości siewek oraz suchej masy części nadziemnej siewek, zaś na wzrost liczby wykształconych liści na siewkach,
- spadek parametrów wzrostowych przy wzroście wartości gęstości objętościowej gleby nie wpłynął istotnie na obniżenie jakości siewek, które oceniano na podstawie kryteriów obowiązujących w szkółkarstwie. 95,5% wyhodowanych siewek spełniało kryterium jakościowe normy branżowej.

Dąb bezszypułkowy *Quercus petraea*:

- dla siewek dębu bezszypułkowego zmiana gęstości objętościowej suchej gleby w zakresie od 0,81 do 1,32 g·cm⁻³ istotnie wpłynęła na rozwój systemu korzeniowego siewek, całkowitą wysokość siewek i suchą masę całkowitą siewek,
- przy wzroście zagęszczenia gleby statystycznie istotnie zmalała zarówno długość korzenia głównego, sucha masa całkowita systemu korzeniowego, całkowita

powierzchnia i długość korzeni. Wzrost gęstości objętościowej wpłynął na liczby korzeni w poszczególnych przedziałach średnicy, których mniej się wykształciło, najbardziej na korzenie o średnicy mniejszej od 0,2 mm.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Banach J. 2011. *Influence of soil compaction on the growth of pedunculate oak seedlings bred in laboratory conditions*. [W:] Utilization of Agricultural and Forest Machinery in Research and Teaching. PAU Kraków, 15 (3), 109-118.

Kormanek M., Banach J., Leńczuk D. 2013. *Determination of the impact of soil compaction on growth performance and quality of seedlings of european beech *Fagus sylvatica* L. grown in the laboratory conditions*. [W:] Mobile energy systems – hydraulics - environment-ergonomics of mobile machines. TU Zvolen, 67-78.

Kormanek M. 2013. *Determination of the impact of soil compaction on germination and seedling growth parameters of common beech in the laboratory conditions*. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar., 12 (1), 15-27.

Kormanek M., Głąb T., Banach J., Szewczyk G. 2015. *Effects of soil bulk density on sessile oak *Quercus petraea* Liebl. seedlings*. Eur. J. Forest. Res., 134, 969–979.

Drugim wariantem doświadczenia nad problematyką wpływu zagęszczenia podłoża na wzrost siewek różnych gatunków drzew leśnych były badania terenowe prowadzone w lesie i w szkółce. Ze względu na trudności w zasymulowaniu kontrolowanego zagęszczenia gleby w lesie i w szkółce, zaprojektowałem oraz wykonałem prototyp urządzenia, które umożliwia wywarcie na glebę za pomocą stempla nacisku jednostkowego o kontrolowanej wartości. W dniu 24.05.2011 zgłosiłem wniosek do Urzędu Patentowego RP o ochronę wzoru użytkowego (zgłoszenie W 120048). Dnia 05.11.2013 urządzenie otrzymało prawo ochronne na wzór użytkowy o nr 066822, pt. „*Urządzenie ciągnikowe do wywierania kontrolowanego nacisku na grunt*”. Budowa urządzenia została zrealizowana w ramach grantu badawczego, którego byłem kierownikiem, pt. *Wpływ nacisku jednostkowego wywieranego na glebę, na jakość odnowienia wybranych gatunków drzew leśnych (2009 - 2010)* finansowanego przez Wydział Leśny, UR w Krakowie. Grant ten realizowałem wraz dr inż. Jackiem Banachem, adiunktem w Zakładzie Genetyki, Nasiennictwa i Szkółkarstwa Leśnego, Instytutu Ekologii i Hodowli Lasu UR w Krakowie. Doświadczenie dotyczyło badań nad wpływem zagęszczenia gleby w lesie na wzrost siewek sosny zwyczajnej, buka zwyczajnego i dębu szypułkowego. Urządzenie wykorzystano również w roku 2010 w doświadczeniu przygotowanym na kwaterze szkółkarskiej, przy badaniu sosny zwyczajnej i buka zwyczajnego oraz w roku 2014 przy badaniu jodły pospolitej. Wyniki badań z doświadczeń przeprowadzonych w latach 2009 i 2010 potraktowałem jako doświadczenia pilotażowe dla doświadczeń opisanych w monografii (osiągnięcie naukowe, załącznik 7), w których również

wykorzystałem to urządzenie. Badania pilotażowe posłużyły sprawdzeniu działania urządzenia, dopracowaniu metodyki, uzyskaniu wstępnych wyników badań.

Najważniejsze wyniki z tych badań to:

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris*:

- nacisk jednostkowy w zakresie od 50 do 250 kPa wywarty na glebę w lesie, wpłynął na obniżenie długości korzenia głównego siewek, grubości w szyjce korzeniowej, suchej masy systemu korzeniowego, współczynniki korelacji były niskie, ale istotne,
- wzrost gęstości objętościowej gleby na kwaterze w szkółce wywołany wywartym naciskiem jednostkowym w zakresie od 50 do 250 kPa, był ujemnie skorelowany z długością i suchą masą systemu korzeniowego siewek, zaś dodatnio skorelowany ze średnicą w szyjce korzeniowej,

Buk pospolity *Fagus sylvatica*:

- nacisk jednostkowy w zakresie od 50 do 250 kPa wywarty na glebę w lesie, wpłynął na wzrost długości systemu korzeniowego siewek, suchej masy systemu korzeniowego i suchej masy części nadziemnej, co sugeruje możliwość lepszego odnawiania się tego gatunku na bardziej zbitym podłożu, współczynniki korelacji były niskie, ale istotne,
- wzrost gęstości objętościowej gleby na kwaterze w szkółce, wywołany wywartym naciskiem jednostkowym w zakresie od 50 do 250 kPa, był ujemnie skorelowany z długością całkowitą siewek i suchą masą całkowitą siewek.

Jodła pospolita *Abies alba*:

- wzrost wartości wywartego na glebę nacisku jednostkowo w zakresie od 50 do 250 kPa na kwaterze szkółkarskiej wpłynął na znaczny wzrost zwięzłości gleby do 0,15 m głębokości, co mogło wpłynąć na zahamowanie wzrostu systemu korzeniowego siewek. Wystąpiła statystycznie istotna ujemna korelacja między wzrostem zwięzłości a długością korzenia głównego siewek ($r = -0,46$), długością całkowitą siewek ($r = -0,35$) i suchą masą systemu korzeniowego ($r = -0,29$), zaś dodatnia korelacja z długością pędu ($r = 0,32$) i suchą masą pędu ($r = 0,26$).

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Banach J. 2011. *Tractor devices to controlled exerting pressure on the soil - building and use*. [W:] Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika - Životné prostredie - Ergonómia mobilných strojov. TU Zvolen, 123-130.

Kormanek M., Banach J. 2012. *Wpływ nacisku jednostkowego wywieranego na glebę, na jakość odnowienia wybranych gatunków drzew leśnych*. Acta Agrophysica, 19 (1), 51-64.

Kormanek M., Banach J., Tylek P., Owoc D. 2013 *The effect of soil density on growth parameters of forest tree seedlings*. [W:] Utilization of Agricultural and Forest Machinery. PAU Kraków, 18 (4), 121-133.

Kormanek M., Banach J., Sowa P. 2015. *Effect of soil bulk density on forest tree seedlings* Int. Agrophys., 29, 67–74.

Kormanek M., Banach J., Leńczuk D. 2015. *Influence of soil compaction on the growth of silver fir (Abies alba Mill.) under a forest canopy*. Ecological Questions, 22, 47-54.

Trzeci wariant doświadczeń związanych z problematyką wpływu zagęszczenia podłoża na wzrost siewek różnych gatunków drzew leśnych realizowany był we współpracy z dr inż. Jackiem Banachem. Przygotowano doświadczenie dotyczące określenia wpływu zagęszczenia substratu na bazie torfu z dodatkiem perlitu, na wzrost siewek sosny zwyczajnej hodowanych w kontenerach styropianowych Hiko HV50

Najważniejsze wyniki z tych badań:

- w wariantach z zagęszczonym substratem wykiełkowało mniej siewek sosny,
- poziom zagęszczenia substratu wpłynął istotnie na parametry wyrosłych siewek,
- w wariantach z zagęszczonym substratem długość całkowita oraz długość systemu korzeniowego siewek była mniejsza, zaś średnica w szyjce korzeniowej siewek, masa aparatu asymilacyjnego i sucha masa całych siewek była większa.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M. Banach, J., Ryba M., 2013. *Wpływ zagęszczenia podłoża w kontenerach szkółkarskich na parametry wzrostowe sadzonek sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.)*. Leśne Prace Badawcze, 74 (4), 307–314.

Doświadczenie z zagęszczeniem gleb poszerzyłem następnie o ściślejsze dokonanie charakterystyk stosunków powietrzno - wodnych w glebach, jako tych, które wpływają istotnie na wzrost roślin.

Najważniejsze wyniki z tego zakresu badań:

- wzrost gęstości objętościowej gleby w zakresie od 0,68 do 1,41 g · cm⁻³ wpłynął na obniżenie polowej pojemności wodnej z 37,1% do 29,5%.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Wanic T. 2015. *Determination of the effects of different soil compaction on the pF water retention curves with the use of sand apparatus* [W:] Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika - Životné prostredie - Ergonómia mobilných strojov. TU Zvolen, 43-50.

Zainteresowanie wspomnianą tematyką spowodowało podjęcie przeze mnie, jako wykonawcy, dwóch projektów badawczych, które są aktualnie realizowane.

Pierwszy z nich to projekt finansowany przez PGL Lasy Państwowe pt. „*Monitoring szkółki leśnej w Rzeczycy Małej – kontrola biochemicznych właściwości gleb oraz właściwości fizycznych*” (2015-2016), którego kierownikiem jest dr inż. Ewa Błońska adiunkt w Katedrze Gleboznawstwa Leśnego, Instytut Ekologii i Hodowli Lasu, Wydział leśny UR Kraków. Celem projektu jest ocena gleb pod kątem produkcyjnym na nowo zakładanej szkółce leśnej. W projekcie tym zajmuję się określaniem właściwości fizyczno - mechanicznych gleby, na której w przyszłości ma być założona leśna szkółka gruntowa.

Częstkowe wyniki badań opublikowano jako rozdział w monografii:

Kormanek M., Wanic T., Lasota J., Błońska E. 2015. *The issue of subsoiling in nurseries* [W:] Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika - Životné prostredie - Ergonómia mobilných strojov. TU Zvolen, 51-58.

Drugi projekt jest realizowany w ramach grantu finansowanego również przez PGL Lasy Państwowe, pt. „*Optymalizacja produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w wybranych szkółkach kontenerowych*” (2014-2017), którego kierownikiem jest dr hab. inż. Stanisław Małek Prof. UR w Zakładzie Ekologii Lasu i Rekultywacji, Wydział leśny UR Kraków. W projekcie zajmuję się optymalizacją parametrów fizyczno - mechanicznych podłoża szkółkarskiego na bazie torfu wysokiego, przez dobór zagęszczenia substratu, na linii produkcyjnej BCC AB Sveden, do zasypywania substratem kaset Hiko V 120SS oraz Hiko V 265 BCC.

Dotychczasowe początkowe wyniki badań prowadzonych w ramach projektu opublikowano w:

Dudek K., Małek S., Barszcz J., Banach J., Durło G, Jagiełło -Leńczuk K., Kormanek M. 2015. *Zmiany zawartości węgla i azotu w sadzonkach sosny (*Pinus sylvestris* L.) i świerka (*Picea abies* (L.) H. Karst.) w sezonie wegetacyjnym w szkółce kontenerowej w Nadleśnictwie Rudy Raciborskie*. Episteme, 75-84.

Jagiełło -Leńczuk K., Durło G., Banach J., Kormanek M., Małek S., Dudek K., Barszcz J. 2015. *Zawartość chlorofilu w liściach sadzonek dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) oraz buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica* L.) produkowanych w technologii kontenerowej*. Episteme, 85-94.

W trakcie badań nad wpływem zagęszczenia podłoża na systemy korzeniowe siewek różnych gatunków drzew leśnych napotkałem dużo problemów z prawidłowym pobieraniem (oddzielenie systemu korzeniowego od gleby czy substratu torfowego), jak również z analizą systemów korzeniowych. Od wielu lat poszukiwane są metody nieinwazyjnego badania systemów korzeniowych. Jedną z nich jest metoda, która opiera się o pomiary pojemności elektrycznej (electrical capacitance -EC) systemów korzeniowych [Chloupek 1972]. Niestety zastosowanie tej metody jest dość problematyczne ze względu na wątpliwości metodyczne, co

do prawidłowego wykonywania pomiaru (m.in. rodzaj, wielkość, kształt, sposób zamocowania stosowanych elektrod, parametry prądu elektrycznego użytego do pomiaru). Zainteresowanie tą metodą spowodowało, że wykonałem doświadczenie, mające na celu określenie wpływu na wyniki pomiaru parametrów systemów korzeniowych buka zwyczajnego (*Fagus sylvatica*) wielkości oraz kształtu zastosowanych elektrod pomiarowych.

Najważniejsze wyniki badań nad tym zagadnieniem:

- kształt i powierzchnia elektrod istotnie wpływa na uzyskane wyniki pomiaru pojemności elektrycznej (EC) dla badanych systemów korzeniowych,
- model szeregowo połączonych kondensatorów z dwoma dielektrykami lepiej odwzorowywał uzyskane wyniki badań pojemności elektrycznej (EC) dla badanych systemów korzeniowych,
- modyfikacja kształtu elektrody prawdopodobnie pozwoli na zastosowanie metody pomiaru pojemności elektrycznej (EC) do określenia innych parametrów, które charakteryzują systemy korzeniowe roślin.

Wyniki badań opublikowano w:

Kormanek M., Głab T., Klimek – Kopyra A. 2016. *Modification of the tree root electrical capacitance method under laboratory conditions*. Tree Physiology, 36 (1), 121-127.

Literatura wykorzystana w opisie

Bekker M. G. 1960. *Off-the-road locomotion*. Ann Arbor. University of Michigan Press, 1- 200.

Chloupek O. (1972) *The relationship between electric capacitance and some other parameters of plant roots*. Biologia Plantarum (Praha), 14 (3), 227–230.

Dawidowski J. B., Nowowiejski R., Błażejczak D., Śnieg M. 2000. *Dopuszczalne naciski kół na glebę w funkcji jej naprężenia granicznego*. Inżynieria Rolnicza, 6, 119-124.

Herrick J., E. and Jones T., L. 2002 *A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance*. Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 1320-1324.

Więsik J. 1996. *Możliwości doboru maszyn przyjaznych dla środowiska leśnego*. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 1, 13–15.

7. Działalność popularyzatorska i dydaktyczna

Od 1997 roku prowadzę, w pełnym wymiarze pensum dydaktycznego obowiązującego na Uniwersytecie Rolniczym, ćwiczenia kameralne i terenowe z przedmiotu: *Maszynoznawstwo leśne* oraz kameralne z przedmiotów: *Fizyka, Konserwacja i eksploatacja maszyn, Mechanizacja w leśnictwie, Systemy eksploatacji maszyn*.

W pracy dydaktycznej wykorzystywałem wielokrotnie wyniki badań własnych, m.in. wprowadziłem do programu *Maszynoznawstwa leśnego* na kierunku *Leśnictwo* dla

specjalności *Ochrona Zasobów Leśnych* zagadnienia związane z wpływem maszyn na środowisko leśne (opis stosowanych metod badawczych oraz wyniki badań własnych na tle badań światowych), jak również w ramach przedmiotu *Konserwacja i eksploatacja maszyn* dla specjalności *Gospodarka Leśna* na kierunku *Leśnictwo* zagadnienia związane z wykorzystywaniem nowoczesnych rozwiązań systemów sterowania i systemów informatycznych w maszynach roboczych. W przedmiocie *Systemy eksploatacji maszyn* na kierunku *Leśnictwo* dla specjalności *Gospodarka Leśna* wprowadziłem zagadnienia związane z trakcją maszyn w warunkach terenowych (terramechanika).

Od roku 2006 prowadzę na kierunku *Leśnictwo* dla specjalności *Gospodarka Leśna* (studia stacjonarne i niestacjonarne) i *Ochrona Zasobów Leśnych* (studia stacjonarne) autorski elektyw pt. „*Marketing w technice leśnej*”.

Od uzyskania stopnia naukowego doktora byłem promotorem 25 prac inżynierskich i 16 prac magisterskich oraz recenzentem 50 prac inżynierskich.

8. Charakterystyka dorobku w zakresie działalności organizacyjnej

W czasie pracy na Uniwersytecie byłem członkiem komitetów organizacyjnych sześciu konferencji międzynarodowych, czterech konferencji krajowych oraz sekretarzem organizacyjnym jednej konferencji międzynarodowej.

Jestem członkiem:

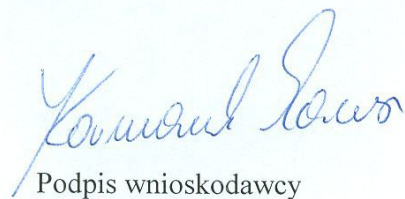
- Polskiego Towarzystwa Agrofizycznego od 1998 r.,
- Polskiego Stowarzyszenia Filmu Naukowego od 2001 roku (od 2004 skarbnikiem oddziału w Krakowie),
- Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego od 2013 r.

Moja aktywność w pracy na rzecz Uniwersytetu wyraziła się w pełnieniu następujących funkcji:

- z- ca sekretarza Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2004/2005,
- członek Komisji Rektorskiej d/s wdrażania systemu internetowej rejestracji kandydatów na studia na rok akad. 2005/2006,
- sekretarz Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2005/2006,
- członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2008/2009,

- z- ca sekretarza Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2004/2005,
- członek Komisji Rektorskiej d/s wdrażania systemu internetowej rejestracji kandydatów na studia na rok akad. 2005/2006,
- sekretarz Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2005/2006,
- członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej Wydziału Leśnego na rok akad. 2008/2009,
- członek Rady Wydziału Leśnego w kadencji 2012 - 2016,
- członek Komisji Skrutacyjnej Rady Wydziału Leśnego w kadencji 2012 - 2016,
- członek Zespołu d/s Promocji Wydziału Leśnego w kadencji 2012 - 2016,
- członek Wydziałowej Komisji ds. Oceny Kadry Wydziału Leśnego, od 2015 - do chwili obecnej.

Kraków, 28.02.2016



Podpis wnioskodawcy