AUTOREFERAT

Dr inż. Mariusz Bembenek

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Wydział Leśny i Technologii Drewna

Katedra Użytkowania Lasu

Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

Poznań, 2022

SPIS TREŚCI

1. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE 3

2. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH 3

3. OSIĄGNIĘCIE BĘDĄCE PODSTAWĄ UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO 4

4. OMÓWIENIE CELU NAUKOWEGO PRAC ZGŁOSZONYCH DO POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKÓW 5

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIEĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM ISTOTNEJ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ 20

5.1. ISTOTNA AKTYWNOŚĆ NAUKOWA REALIZOWANA W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGÓLNOŚCI ZAGRANICZNEJ 21

5.1.1. TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (NIEMCY) 21
5.1.2. UNIVERSITY OF CANTERBURY, SCHOOL OF FORESTRY (NOWA ZELANDIA) 23

5.2. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH INNYCH NIŻ TE WSKAZANE JAKO PODSTAWA UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA .. 24

5.2.1. WIELOASPEKTOWA ANALIZA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH POZYSKIWANIA DREWNA. 24
5.2.2. SUROWIEC DRZEWNY I JEGO JAKOŚĆ NA PNIU ORAZ PO POZYSKANIU. 27
5.2.3. POZYSKIWANIE DREWNA LIŚCIASTEGO 31

6. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ ORGANIZACYJNYCH I DYDAKTYCZNYCH 35

7. PODSUMOWANIE DOTYCHCZASOWEJ DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ 36

1. POSIADANE DYPLOMY, STOPNIE NAUKOWE

19.07.2004 **doktor nauk leśnych w zakresie leśnictwa**
Wydział Leśny Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
Promotor: prof. dr hab. Dieter Franciszek Giefing
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Ekologiczne aspekty pozyskiwania drewna w przedrębnych drzewostanach świerkowych".

16.06.2000 **magister inżynier leśnictwa**
Wydział Leśny Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu
Promotor: prof. dr hab. Dieter Franciszek Giefing
Tytuł pracy magisterskiej: „Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna pod względem ilości wycofywanych pierwiastków w drzewostanach sosnowych IV klasy wieku".

2. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Użytkowania Lasu, ul. Wojska Polskiego 71a, 60-625 Poznań;

01.10.2005 – obecnie	adiunkt
01.10.2004 – 30.09.2005	asystent

3. OSIĄGNIĘCIE BĘDĄCE PODSTAWĄ UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO

Zmechanizowane pozyskiwanie drewna harwesterem zostało opracowane z myślą o jego efektywnym zastosowaniu w rębnych drzewostanach iglastych, głównie świerkowych. Z czasem powstała potrzeba stosowania harwesterów w drzewostanach przedrębnych iglastych, a następnie w drzewostanach liściastych, mieszanych i w terenach górskich. Wyjście poza gatunki iglaste w dostępnych drzewostanach nizinnych wykazało możliwe, występujące ograniczenia. Postęp w udoskonalaniu głowic harwesterowych do pozyskiwania drewna, a także poprawa właściwości trakcyjnych maszyn pozwalały na próby efektywnego pozyskiwania drewna w drzewostanach z udziałem gatunków liściastych. Określenie zakresu ich efektywnego stosowania, wpływu harwesterów na otrzymywane sortymenty oraz na pozostający drzewostan pozostało kwestią otwartą.

Jako osiągniecie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1. pkt 2b. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668) będące podstawą do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego wskazuję cykl pięciu oryginalnych publikacji, przedstawiających wyniki badań **pozyskiwania drewna** z zakresu **użytkowania lasu** pod tytułem: ***Efektywność zmechanizowanego pozyskiwania drewna w zależności od składu gatunkowego i wieku drzewostanów przedrębnych.*** Przedstawione publikacje opisują warunki w jakich zastosowanie systemu drewna krótkiego z wykorzystaniem harwestera (cut-to-length technology) ma uzasadnienie ekonomiczne, z zachowaniem minimalnego, negatywnego wpływu na środowisko.

Mederski P.S, **Bembenek M.**, Karaszewski Z., Łacka A., Szczepańska-Álvarez A., Rosińska M. 2016. Estimating and modelling harvester productivity in pine stands of different ages, densities and thinning intensities. Croatian Journal of Forest Engineering 37(1): 27-36. **IF_{2016}: 1,415/Pkt $MNiSW_{2016}$: 20**

Bembenek M., Giefing D.F, Karaszewski Z., Łacka A., Mederski P.S., 2013. Strip road impact on selected wood defects of Norway spruce (*Picea Abies* (L.) H. Karst). Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 56(190): 63-76. **IF_{2013}: 0,200/Pkt $MNiSW_{2013}$: 15**

Bembenek M., Mederski P.S., Karaszewski Z., Łacka A., Grzywiński W., Węgiel A., Giefing D.F., Erler J. 2015. Length accuracy of logs from birch and aspen harvested in thinning operations. Turk. J. Agric. For. 39: 845-850. **IF_{2015}: 1,311/Pkt $MNiSW_{2015}$: 25**

Bembenek M., Tsioras P.A., Karaszewski Z., Zawieja B., Bakinowska E., Mederski P.S., 2020: Effect of Day or Night and Cumulative Shift Time on the Frequency of Tree Damage during CTL Harvesting in Various Stand Conditions. Forests 11(7): 743. **IF_{2020}: 2,221/Pkt $MNiSW_{2020}$: 100**

Bembenek M., Karaszewski Z., Kondradzki K., Łacka A., Mederski P.S., Skorupski M., Strzeliński P., Sułkowski S., Węgiel A. 2014. Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 57(192): 133-142. **IF_{2014}: 0,171/Pkt $MNiSW_{2014}$: 15**

4. OMOWIENIE CELU NAUKOWEGO PRAC ZGŁOSZONYCH DO POSTĘPOWANIA HABILITACYJNEGO I OSIĄGNIĘTYCH WYNIKOW

„Efektywność zmechanizowanego pozyskiwania drewna w zależności od składu gatunkowego i wieku drzewostanów przedrębnych"

Wzrost wielkości pozyskania drewna z lasów gospodarczych wraz ze wzrastającym kosztem pracy wpływają na dynamiczny rozwój zmechanizowanego pozyskiwania drewna. Obecnie szacuje się, iż w Polsce jest ok. 950 harwesterów użytkowanych w pozyskiwaniu ok. 45% drewna. W porównaniu z rokiem 2013 jest to wzrost dwukrotny. Harwestery, które dotychczas wykonywały zadania pozyskiwania drewna głównie w rębnych lub blisko rębnych drzewostanach iglastych, obecnie również kierowane są do drzewostanów młodszych klas wieku, a także mieszanych i liściastych.

Rosnąca świadomość społeczeństwa, jak również społeczna i ochronna funkcja jaką pełnią lasy w obowiązującym w Polsce wielofunkcyjnym modelu leśnictwa, powoduje, iż przeznaczone do wykonania zadań gospodarczych i pozyskania drewna drzewostany dostępne są w ograniczonym czasie (np. ze względu na funkcje ochronne). Taka sytuacja wymusza zwiększanie efektywności pozyskiwania drewna, w szczególności zwiększonej wydajności i zwiększonego wykorzystania w ciągu roku. Z punktu widzenia ekonomii, poszukiwanie czynników zwiększających wydajność harwesterów jest zatem jednym z najistotniejszych elementów użytkowania lasu. Ważne jednak w tym kontekście są również aspekty środowiskowe, które w pozyskiwaniu drewna w trzebieżach, odnoszą się m.in. do zachowania możliwie najniższego poziomu uszkodzenia drzewostanu pozostającego.

Jakkolwiek zwiększona wydajność harwestera zmniejsza koszty 1 m^3 pozyskanego drewna, istnieje szereg mniej oczywistych czynników wpływających na wydajność harwestera: średnia wielkość pierśnicy pozyskiwanego drzewa, intensywność trzebieży i związane z wymienionymi czynnikami zagęszczenie drzewostanu.

Wprowadzenie zmechanizowanego pozyskiwania drewna nieodzownie związane jest z koniecznością udostępnienia drzewostanów w postaci szlaków. Wprowadzanie szlaków nie wpływa zasadniczo na zmianę jakości i występowanie specyficznych cech na drzewach w całym drzewostanie, a pozwala na wykonanie wydajnego zabiegu o zmniejszonej liczbie uszkodzeń.

Zastosowanie harwesterów do trzebieżowych drzewostanów liściastych czy mieszanych, znacząco zwiększa wykorzystanie tych maszyn. Ma to korzystny wpływ na zwiększenie użycia maszyny w cyklu rocznym, a także obniża to koszty przejazdów transportowych pomiędzy wydzieleniami (możliwość pozyskiwania drewna w drzewostanach mieszanych czy liściastych położonych pomiędzy wydzieleniami drzewostanów iglastych). W drzewostanach liściastych występuje ponadto ograniczenie w efektywnym wyrabianiu sortymentów z koron drzew. Należy zaznaczyć, iż efektywne wyrabianie sortymentów w górnych partiach drzew liściastych może być możliwe jedynie wówczas, gdy proces okrzesywania zostanie zatrzymany na większej średnicy górnej, co ostatecznie spowoduje pozostawienie większej części korony, z której nie zostanie wyrobiony sortyment. Wierzchołkowa część może być jednak przeznaczona na cele energetyczne.

Każdy zabieg pozyskiwania drewna powoduje powstawanie uszkodzeń pozostających drzew. Istotne staje się wykazanie, czy przy intensywnym (w ograniczonym czasie) pozyskiwaniu drewna mogą powstawać sytuacje niekorzystnie wpływające na poziom uszkodzeń drzew szczególnie w kontekście intensywności zbiegu i klasy wieku. W niniejszym zestawieniu prac z zakresu efektywności, przedstawiono wpływ pory dnia (dzień/noc) na poziom uszkodzeń drzewostanu pozostającego po wykonaniu trzebieży. Przeprowadzone badania mają szczególne znaczenie ze względu na fakt, iż są badaniami innowacyjnymi, podejmującymi nowy czynnik wpływający na stan drzewostanu po wykonaniu trzebieży.

Zwiększanie efektywności pozyskiwania drewna poprzez wzrost wydajności harwestera i intensywności zabiegu trzebieży oraz konieczność udostępniania szlakami operacyjnymi prowadzi do powstawania drzewostanów o mniejszym zagęszczeniu drzew. Zgodnie z uzyskanymi wynikami, zasobność silnie trzebionych drzewostanów (o małym zagęszczeniu drzew) nie różni się (statystycznie) od zasobności drzewostanów o większym zagęszczeniu drzew (=mniejszej intensywności trzebieży), a co za tym idzie, większej czasochłonności (=mniejszej wydajności) i wyższej kosztochłonności wykonania zabiegu trzebieży. Zwiększanie intensywności trzebieży prowadzi zatem do zmniejszenia liczby drzew na jednostce powierzchni, co jednakże powoduje zwiększenie przyrostu pojedynczych drzew. Finalnie, mniejsza liczba pni o większych miąższościach (klasach grubości sortymentów) daje zbliżoną zasobność drzewostanu, ale o wyższej wartości drewna.

Głównym celem naukowym wykazanych publikacji jako osiągnięcie habilitacyjne było wskazanie czynników wpływających na efektywność zastosowania zmechanizowanego pozyskania drewna w drzewostanach gospodarczych na terenach nizinnych. Wskazane czynniki to elementy, za pomocą których można dokonać korekty organizacji pracy, która następnie prowadzi do zwiększenia efektywności (zwiększenia wydajności i obniżenia kosztów pozyskiwania) przy jednoczesnym zachowaniu trwałych, stabilnych drzewostanów oraz dostarczeniu na rynek optymalnej i akceptowalnej jakości surowca drzewnego.

Zrealizowane w ramach osiągnięcia naukowego badania znacząco powiększają stan wiedzy z zakresu efektywności zmechanizowanego pozyskiwania drewna w drzewostanach przedrębnych, kompleksowo uwzględniając intensywność i wydajność [1], udostepnienie drzewostanu [2], jakość pozyskanych sortymentów [3], uszkodzenia drzewostanu[4] oraz finalną wartość i zasobność drzewostanów[5].

[1] Mederski P.S, Bembenek M., Karaszewski Z., Łacka A., Szczepańska-Álvarez A., Rosińska M. 2016. Estimating and modelling harvester productivity in pine stands of different ages, densities and thinning intensities. Croatian Journal of Forest Engineering 37(1): 27-36.
[2] Bembenek M., Giefing D.F, Karaszewski Z., Łacka A., Mederski P.S., 2013. Strip road impact on selected wood defects of Norway spruce (Picea Abies (L.) H. Karst). Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 56(190): 63-76
[3] Bembenek M., Mederski P.S., Karaszewski Z., Łacka A., Grzywiński W., Węgiel A., Giefing D.F., Erler J. 2015. Length accuracy of logs from birch and aspen harvested in thinning operations. Turk. J. Agric. For. 39.
[4] Bembenek M., Tsioras P.A., Karaszewski Z., Zawieja B., Bakinowska E., Mederski P.S., 2020: Effect of Day or Night and Cumulative Shift Time on the Frequency of Tree Damage during CTL Harvesting in Various Stand Conditions. Forests 11(7): 743.
[5] Bembenek M., Karaszewski Z., Kondradzki K., Łacka A., Mederski P.S., Skorupski M., Strzeliński P., Sułkowski S., Węgiel A. 2014. Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 57(192): 133-142.

Szczegółowy opis wyników badań przedstawionych w poszczególnych publikacjach:

Mederski P.S, **Bembenek M.,** Karaszewski Z., Łacka A., Szczepańska-Álvarez A., Rosińska M. 2016. Estimating and modelling harvester productivity in pine stands of different ages, densities and thinning intensities. Croatian Journal of Forest Engineering 37(1): 27-36.

Publikacja dotyczy szacowania i modelowania wydajności harwestera w przedrębnych drzewostanach sosnowych o różnym wieku, gęstości i intensywności trzebieży. Badania nad krzywymi wydajności harwetserów dla polskich warunków ma duże znaczenie, gdyż liczba harwesterów od 1987 roku, kiedy w Polsce rozpoczęto użytkowanie pierwszego egzemplarza, znacznie wzrosła (Mederski i in. 2014). Z tego powodu konkurencja między wykonawcami prac leśnych jest bardzo duża, co prowadzi do obniżenia cen pozyskania drewna ustalanych w ramach otwartych przetargów. Dlatego zarówno **w interesie przedsiębiorców jak i właścicieli lasów zlecających usługi jest ustalenie, jaka intensywność trzebieży jest akceptowalna przy zachowaniu satysfakcjonującej dla obu stron ceny za pozyskanie 1 m^3 drewna. Ustalanie możliwych wydajności harwestera to podstawowy krok w kierunku kalkulacji kosztów prac leśnych.** Dotychczasowe badania uwzględniały różne czynniki, które mają bezpośredni wpływ na produktywność harwestera. Czynniki te można podzielić na cztery główne grupy: warunki drzewostanu, cechy drzew, warunki terenowe, umiejętności operatora.

Spośród czynników wpływających na wydajność w pozyskiwaniu drewna najczęściej analizowana jest miąższość pojedynczego drzewa. Wpływ wielkości drzewa na wydajność określa zasada „pice-size law" (Visser R., Spinelli R. 2012) zakładająca dodatnią korelację pomiędzy rozmiarem ścinanego drzewa a wydajnością harwestera. Należy jednak wspomnieć, że w pewnym momencie zbyt duża objętość drzewa może negatywnie wpłynąć na wydajność i zmienić korelację na ujemną. Biorąc pod uwagę powyższe czynniki, **postawiono hipotezę, iż wydajność harwestera będzie wzrastać wraz: 1) ze wzrostem wieku drzewostanu (będą grubsze drzewa o większej miąższości), 2) ze zmniejszaniem liczby drzew do wycięcia przy stałej ich łącznej objętości i intensywności zabiegu, 3) ze wzrostem intensywności zabiegu trzebieży.** Biorąc pod uwagę, że wszystkie te trzy czynniki będą związane w mniejszym lub większym stopniu z zasadą „pice-size law" za cel pracy przyjęto poznanie różnic wydajności w litych drzewostanach sosnowych charakteryzujących się wzrastającym: wiekiem (1), zagęszczeniem drzew przed zabiegiem (2), liczbą drzew do wycięcia (3), intensywnością trzebieży (4), ponieważ wszystkie te czynniki wpływają na średnią pierśnicę ściętych drzew.

Badanie zależności wydajności od tak wielu czynników istotnych dla wydajności wymagało założenia eksperymentu na dużej liczbie powierzchni badawczych z zachowaniem niezmiennych pozostałych warunków doświadczenia takich jak: gleba, siedlisko i pogoda, udostepnienie drzewostanu, pracujące maszyny i operatorzy. Do doświadczenia wybrano lite drzewostany sosnowe w nadleśnictwie Drawno na których wytypowano niespotykaną do tej pory w badaniach nad pozyskiwaniem drewna sieć 56 powierzchni próbnych (odpowiednio 17 w III, 19 w IV i 20 w V klasie wieku). Do trzebieży wykorzystano harwester Komatsu 931.1, który obsługiwało dwóch operatorów w wieku 39 i 44 lata, obaj z 7-letnim doświadczeniem. Obaj operatorzy pracowali na różnych zmianach na losowo wybranych powierzchniach próbnych. Na wszystkich powierzchniach próbnych pozyskiwano ten sam sortyment: kłody 2,85 i 2,50 m oraz wałki 2,45 m.

Przeprowadzone badania dowiodły, że:

- w każdej klasie wieku wydajność maleje wraz ze wzrostem zagęszczenia drzew w drzewostanie przed wykonaniem zabiegu,
- najniższą wydajność osiąga się w III klasie wieku (18,57 $m^3 h^{-1}$) i różni się ona statystycznie istotnie od wydajności uzyskanej w IV i V klasie wieku (odpowiednio 22,24 i 22,60 $m^3 h^{-1}$),
- wydajność maleje wraz ze wzrostem liczby drzew do pozyskania w III i V klasie wieku, zależności tej nie obserwuje się w IV klasie wieku,
- wydajność wzrasta wraz ze wzrostem intensywności trzebieży,
- wzrastająca intensywność trzebieży koreluje dodatnio z wydajnością w IV i V klasie, nie obserwuje się tejże zależności w III klasie wieku,
- modelowanie wydajności pozyskiwania drewna w nizinnych sosnowych drzewostanach trzebieżowych poza główną zmienną jaką jest pierśnica musi być rozpatrywane w połączniu z liczbą drzew do pozyskania, które zależą od klasy wieku i intensywności trzebieży uwzględnianych jako dodatkowe zmienne w modelu.

Badania wykazały, że zastosowanie harwestera do trzebieży w trzech różnych klasach wieku skutkowało różną wydajnością. Drzewostany III klasy wieku ze znacznie większą liczbą drzew zarówno w drzewostanie przed zabiegiem, jak i liczbą drzew do usunięcia dawały niższą wydajność w porównaniu ze starszymi drzewostanami IV i V klasy wieku. Interesujące jest to, że w III klasie wieku zwiększona intensywność trzebieży nie zwiększa wydajności. Na tym etapie rozwoju drzewostanu drzewa do wycięcia miały niewielką pierśnicę, która w tym przypadku miała średnio 17,5 cm, ale zaczynała się już od 13,2 cm, a średnia miąższość pozyskanego drzewa wyniosła 0,14 m^3. W tym przypadku nie tylko zasada „pice-size law" miała największy wpływ na uzyskane wyniki, ale również fakt, że w drzewostanie o dużym zagęszczeniu, manewrowanie żurawiem i pozycjonowanie głowicy zajmuje więcej czasu niż w drzewostanach o mniejszym zagęszczeniu.

Podsumowując wydajność harwestera rosła wraz ze wzrostem wieku drzewostanu i zmniejszeniem zagęszczenia drzew w drzewostanie przed zabiegiem. Można zatem stwierdzić, że **modelowanie wydajności pozyskiwania drewna w nizinnych sosnowych drzewostanach trzebieżowych będzie zależeć gównie od pierśnicy drzewa. Ponadto jako kolejne zmienne powinny być brane pod uwagę: 1) liczba drzew na jednostkę powierzchni (im więcej drzew – tym więcej drzew cieńszych, a więc mniejsza wydajność harwestera) oraz 2) intensywność trzebieży** - im wyższa, tym większa wydajność harwestera.

Bembenek M., Giefing D.F, Karaszewski Z., Łacka A., Mederski P.S., 2013. Strip road impact on selected wood defects of Norway spruce (*Picea Abies* (L.) H. Karst). Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 56(190): 63-76.

Publikacja naświetla problematykę gospodarowania surowcem drzewnym w lesie wielofunkcyjnym, co wiąże się z koniecznością udostępnienia drzewostanu do zmechanizowanego pozyskiwania drewna za pomocą szlaków operacyjnych. Szlaki są kluczowe dla efektywnej i zrównoważonej gospodarki leśnej. **Omawiane badania istotnie zwiększają wiedzę na temat wpływu założenia szlaków operacyjnych w na wybrane wady drewna, aspekt do tej pory nie analizowany w nizinnych drzewostanach świerkowych na terenie Polski.** Założenie szlaku jest ingerencją w ekosystem, mogącą prowadzić do powstawania efektu brzegowego charakteryzującego się zmianą mikroklimatu oraz zaburzeniami we wzroście i rozwoju drzew (Delgado i in. 2007), a nawet powodować przerwanie integralności drzewostanu (Buckley i in. 2003). W konsekwencji może prowadzić to do produkcji surowca drzewnego o odmiennej jakości niż wewnątrz drzewostanu (Macdonald, Hubert 2002). Postępująca mechanizacja pozyskiwania drewna nieuchronnie wiąże się z koniecznością udostępniania drzewostanów siecią szlaków operacyjnych. Szlaki w drzewostanach nizinnych można zakładać w różnych etapach: 1) podczas pierwszych czyszczeń późnych z pozyskaniem miąższości lub też 2) w trzebieżach wczesnych (Bembenek et al. 2011; 2013). Reakcja drzew na założenie szlaków może być różna w zależności od wieku igatunku, szczególnie w zakresie powstawania wad drewna na drzewach przy szlakach. Naturalną reakcją drzew na korzystniejsze warunki świetlne jest odkładanie szerszych przyrostów, co może prowadzić do powstawania wady budowy: nadmiernego przeciętnego przyrostu rocznego. **Jednostronne zwiększenie oświetlenia i miejsca do wzrostu może generować pojawianie się dodatkowej wady: rdzenia mimośrodowego czego ostateczną konsekwencją może być też ujawnianie się wady towarzyszącej mimośrodowości, czyli spłaszczenia. W oparciu o przesłanki wskazujące na wpływ zwiększonej dostępności światła na kształt pni, przyjęto hipotezę, że u drzew przy szlaku dochodzić będzie do powstawania wskazanych wad, w przeciwieństwie do drzew w zwartym drzewostanie.** Badania miały na celu określenie wpływu założenia szlaku operacyjnego w 34 letnim drzewostanie świerkowym na powstawanie wybranych wad budowy oraz wady kształtu – zbieżystości.

Przeprowadzone badania dowiodły, że:

- dopiero w trzecim roku po wycięciu szlaku zwiększającego przestrzeń życiową u drzew rosnących na jego skraju stwierdzono statystycznie istotne zwiększone przyrosty roczne ujawniając najmniejszy poziom interakcji na wysokości pierśnicy, większy u podstawy korony, natomiast największy w połowie sztuki,
- w okresie pięciu lat od założenia szlaków nie zaobserwowano istotnie statystycznych zmian w położeniu rdzenia i mimośrodowości pnia, jedynie w krążkach pochodzących z podstawy korony zaobserwowano przesunięcie rdzenia w przeciwną stronę do luki utworzonej przez szlak,
- zbieżystość kłód wymanipulowanych z drzew wyrosłych przy szlaku w pięć lat po jego wycięciu nie różni się od zbieżystości kłód z drzew z wnętrza drzewostanu,
- w okresie pięciu lat od założenia szlaków nie stwierdza się różnic w spłaszczeniu pnia u drzew z obu analizowanych lokalizacji, zarówno u drzew rosnących przy szlakach jak i wewnątrz drzewostanu rozmiary spłaszczenia były bardzo małe, a pnie zachowały kształt zbliżony do koła.

Badania wykazały, że reakcja przyrostowa świerka na założenie szlaku, mimo, że statystycznie istotna, jest nieznaczna. Jest ona również o mniejszym znaczeniu niż cytowana w literaturze (Isomäki, Kallio 1974) reakcja na rany powstałe wskutek zmechanizowanego pozyskiwania drewna. Rany te mogą powodować spadek przyrostu w okresie 5 lat od powstania uszkodzenia o 10-50%. Początkowy brak ukierunkowanych zmian w przyroście drzew po wycięciu szlaków można uznać za oczekiwany. Zmiany mogą przebiegać w pierwszych latach w ograniczonym zakresie i rozmiarze z powodu czasu jaki potrzebuje drzewo na rozbudowanie korony w kierunku nowopowstałej luki. Wyznaczenie początku reakcji przyrostowej jest zadaniem skomplikowanym i wymaga dłuższego przedziału czasu. Reasumując, stwierdzić można, że jeśli świerki rosnące przy szlakach operacyjnych utrzymają zwiększony przyrost w kolejnych latach, to ich drewno może ulegać pogorszeniu. Nierównomierne usłojenie zwiększa skłonność tarcicy do pękania i paczenia. Cechy te wraz ze zwiększonym średnim przyrostem podlegają ocenie wg obowiązującej normie PN-EN 1927-1. Na wszystkich przekrojach stwierdzono występowanie mimośrodowości, jednakże analiza statystyczna nie potwierdziła istotności różnic między pozycją biosocjalną a rozmiarami tej wady w drzewach ze szlaku i wnętrza drzewostanu. Analiza graficzna przedstawiająca kierunek przesunięcia rdzenia w stosunku do geometrycznego środka przekroju ujawnia pewną prawidłowość upodstawy korony, gdzie w blisko 90% przypadków rdzeń jest przesunięty w kierunku drzewostanu (w przeciwną stronę do luki utworzonej przez szlak). Porównanie kłód z drzewostanu z kłodami ze szlaku nie wykazało statystycznie istotnych różnic w zakresie zbieżystości. Brak różnic dotyczy wszystkich badanych odcinków drewna, niezależnie od lokalizacji i pozycji biosocjalnej. Zaobserwowano jednak statystycznie istotne różnice pomiędzy zbieżystością kłód odziomkowych a kłodami środkowymi z drzew rosnących przy szlaku. Jedną z przyczyn wystąpienia tej różnicy mógł być istotnie większy przyrost radialny w połowie wysokości drzew. Również w przypadku spłaszczenia na podstawie

przeprowadzonych badań nie stwierdzono różnicy u drzew z obu analizowanych lokalizacji. Zarówno przy szlaku jak i wewnątrz drzewostanu rozmiary spłaszczenia były bardzo małe, a pnie zachowały kształt zbliżony do koła. Założona hipoteza, wskazująca, iż zwiększenie dostępności światła wynikające z założenia szlaków operacyjnych spowoduje powstawanie wad kształtu i budowy nie została potwierdzona. Jedną z przyczyn uzyskanego wyniku mógł być prawdopodobnie krótki okres jaki upłynął od zmiany tychże warunków. **W pięć lat po wycięciu szlaków w 34-letnim drzewostanie świerkowym nie zaobserwowano istotnych różnic w mimośrodowości, zbieżystości i spłaszczeniu.** Rozmiar tych wad był niższy od ich dopuszczalnego poziomu zawartego w normie dla klasy A [PN-EN 1927-1 2008]. **Nieznaczne zmiany morfologii pni wskazują na zasadność mechanizacji pozyskiwania drewna i zakładania szlaków operacyjnych w drzewostanach świerkowych II klasy wieku.** Niemniej jednak zaobserwowane tendencje do zwiększonych przyrostów dla drzew przy szlakach (szczególnie w połowie pnia) oraz wzrost zbieżystości kłód środkowych wyrobionych z nich manipulowanych. Dlatego konieczne jest kontynuowanie badań w tym zakresie, tym bardziej, że omówione wady mają odzwierciedlenie w normach zalecanych do stosowania w obrocie drewnem wewnątrz UE.

Bembenek M., Mederski P.S., Karaszewski Z., Łacka A., Grzywiński W., Węgiel A., Giefing D.F., Erler J. 2015. Length accuracy of logs from birch and aspen harvested in thinning operations. Turk. J. Agric. For. 39.

W omawianym artykule przedstawiono wyniki badań nad dokładnością długości sortymentów liściastych okrzesywanych, manipulowanych i wyrzynanych przez głowicę harwestera. **Badania te, istotnie zwiększyły wiedzę na temat dokładności wyrabiania sortymentów przez głowicę harwestera podczas zabiegach trzebieżowych nizinnych drzewostanów liściastych w Polsce.** Przesłanką do przeprowadzenia tego doświadczenia były badania wykazujące możliwości zastosowanie harwesterów do pozyskiwania drewna w drzewostanach liściastych (Mederski 2008) pozwalające nawet uzyskać wyższe wydajności (Mederski i in. 2011) niż w drzewostanach iglastych (Mederski 2006) przy akceptowalnym poziomie uszkodzeń pozostającego drzewostanu (Mederski i in. 2011) są na akceptowalnym poziomie, pozwalając na ograniczanie wad w docelowych sortymentach. Celem badań było sprawdzenie dokładności wyrzynki wałków o długości 2,50 m w zależności od gatunku (brzoza vs. osika) oraz średnicy środkowej sortymentów (do 14 i powyżej 14 cm), czyli w zależności od tego, czy sortyment pochodzi z dolnej czy górnej części pnia. Kalibrując głowicę zadano tolerancję na długości (okienko pomiarowe) w przedziale od 2,46 do 2,54 m, niezależnie od gatunku i średnicy. Pozyskiwanie realizowano w ramach zabiegu trzebieżowego z wykorzystaniem harwestera UTC 150-6LS wyposażonego w prototypową głowicę CTL 40HW zaprojektowaną do drzew liściastych. Charakteryzowała się mniejszą niż przeciętnie wysokością, jedną parą noży

okrzesujących oraz ruchomym, sterowanym hydraulicznie nożem górnym. Przyjęto hipotezę, iż gatunek drzewa będzie wpływał na dokładność wyrabiania sortymentów na długość. Jednocześnie założono, że długość wyrabianych sortymentów będzie zależała od części pnia, z której zostały wymanipulowane. Założono, że sortymenty o średnicy środkowej powyżej 14 cm, pochodzące z odziomkowej i środkowej części pnia, będą obarczone mniejszą odchyłką niż sortymenty o średnicy do 14 cm, pochodzące z wierzchołkowej, ugałęzionej części pnia z krzywiznami.

Przeprowadzone badania dowiodły, że:

- średnia długość sortymentów brzozowych była większa niż sortymentów osikowych, a najbardziej zbliżoną do oczekiwanej średnią długość uzyskano z odziomkowych części pni brzozowych,
- wałki pochodzące z rozkroju dolnej części pnia (średnia środkowa powyżej 14 cm) w ponad 80% zarówno dla brzozy jak i osiki osiągają docelową długość (2,50 ± 0,05 m),
- wałki pochodzących z rozkroju górnej części pnia (średnia środkowa poniżej 14 cm) w 70% dla brzozy i 50 % dla osiki osiągają docelową długość (2,50 ± 0,05 m),
- zastosowanie harwestera z głowicą CTL 40HW jest efektywną alternatywą pozyskiwania drewna brzozowego i osikowego z drzewostanów III klasy wieku,
- w celu uzyskania większych dokładności sortymentów wierzchołkowych (cieńszych) należy zastosować inne tolerancje długości niż dla sortymentów odziomkowych ale wymaga to poszerzenia badań,
- w przypadku trudności uzyskania przez harwester sortymentów z wierzchołkowych części pni brzozy i osiki, materiał ten można przeznaczyć na surowiec energetyczny.

Wyniki badań wykazały maksymalne odchyłki o długości od -80 do +40 cm, co stanowi odpowiednio -32 oraz +16% zadanej długości. O ile w niniejszych badaniach nad osiką i brzozą występowanie sortymentów zbyt długich można wytłumaczyć błędami występującymi na krzywiznach (wynikającymi z braku kontaktu koła pomiarowego z pobocznicą pnia), o tyle przyczyny wyrabiania zbyt krótkich wałków (w skrajnych przypadkach aż o 80 cm) nie są oczywiste. Należy zaznaczyć, iż operator wyrabiał sortymenty z pnia zgodnie z obowiązującymi normami do 5 cm w górnym końcu bez kory, czyli również z górnej części korony, gdzie pojawiają się rozwidlenia i gałęzie, których okrzesanie było utrudnione. W takim przypadku operator odcinał sortyment, usuwał napotkaną przeszkodę i kontynuował wyrabianie kolejnego wałka. Potwierdzeniem tego spostrzeżenia jest mniejszy udział zbyt krótkich wałków – zarówno dla brzozy, jak i osiki – w sortymentach pochodzących z dolnej części pnia (o średnicach środkowych powyżej 14 cm). **W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano istotne różnice pomiędzy długością sortymentów brzozowych (dłuższych) i osikowych**

(krótszych). Przyczyn tego zjawiska można upatrywać w pozycji biosocjalnej i morfologii drzew pochodzących z analizowanego drzewostanu. W przypadku osiki pozyskiwano najczęściej drzewa I i II klasy Krafta. Większość tych drzew posiadała nisko osadzoną koronę, co było głównym powodem wykazanych różnic – średnia wysokość podstawy korony u osiki wyniosła 8,5 m, u brzozy znacznie więcej: 11,2 m. Analiza całości materiału wskazuje, iż **w przypadku sortymentów o średnicy powyżej 14 cm (zarówno w przypadku brzozy jak i osiki) ponad 80% wałków spełniało wymagania ramowych warunków technicznych.** Przy odrzuceniu sortymentów zbyt krótkich (jako pozostałości potrzebieżowych), wyrobiona partia materiału jedynie w przypadku osiki spełniłaby stosowane w Polsce kryteria norm natomiast w przypadku brzozy partia materiału mogłaby zostać odrzucona w całości przez nabywcę. Różnica w występowaniu sortymentów niezgodnych z wymaganiami wskazuje na konieczność przeprowadzenia doświadczeń z częstością kalibracji lub ustalaniem różnych (i optymalnych) okienek pomiarowych w zależności od pozyskiwanego gatunku.

Podkreślić należy fakt, że sortymenty drewna średniowymiarowego ogólnego przeznaczenia krótsze niż oczekiwane nie dyskwalifikują go w dalszym przerobie (np. w przemyśle papierniczym). Wałki te po przygotowaniu w korowarkach bębnowych mogą zostać rozdrobnione i skierowane do dalszego procesu technologicznego. Inaczej jest podczas wykorzystania do przerobu tartacznego gdzie zbyt krótkie sortymenty uniemożliwiają uzyskanie po przetarciu materiału o pożądanej długości. Wada ta powoduje wyeliminowanie tych sortymentów z dalszych etapów procesu technologicznego przerobu drewna. Zastosowanie głowicy CTL 40HW pozwala wyrabiać sortymenty z grubszych, odziomkowych fragmentów pni z dużą dokładnością. Konieczne jest jednak prowadzenie dalszych badań nad ustaleniem optymalnych odchyłek długości dla poszczególnych gatunków i części pni (odziomkowe, wierzchołkowe). Mając na uwadze trudności z wyrabianiem wierzchołkowych sortymentów brzozowych w III klasie wieku (Mederski 2013) oraz uzyskane znaczne błędy pomiarowe na cieńszych sortymentach brzozowych w niniejszej pracy, można założyć, iż pozyskiwanie brzozy harwesterem należy kończyć na średnicy 12-14 cm w cieńszym końcu. Pozostawione wierzchołki można wówczas przeznaczyć na surowiec energetyczny, wypełniający niedobór odnawialnych źródeł energii.

Bembenek M., Tsioras P.A., Karaszewski Z., Zawieja B., Bakinowska E., Mederski P.S., 2020: Effect of Day or Night and Cumulative Shift Time on the Frequency of Tree Damage during CTL Harvesting in Various Stand Conditions. Forests 11(7): 743.

W artykule przedstawiono wpływ pory dnia (dzień/noc) pracy operatora harwestera na występowanie uszkodzeń pozostającego drzewostanu. Dotychczasowe badania z zakresu uszkodzeń drzew podczas pozyskiwania drewna najczęściej dotyczyły ich ilościowego i jakościowego rozkładu w zależności od zastosowanej technologii, sposobu udostepnienia drzewostanu, wieku, składu gatunkowego lub pory roku.

Omawiany artykuł zawiera **nowy, nieopisywany dotąd w literaturze przedmiotu aspekt wpływu oświetlenia dziennego i sztucznego (a w konsekwencji zmęczenia operatora) na prawdopodobieństwo powstawania ran na drzewach** w wyniku pracy harwestera w drzewostanach poddawanych zabiegowi trzebieży. Dodatkowym atutem badań jest **wykonanie doświadczenia w trzech klasach wieku o zróżnicowanym zagęszczeniu drzew. Do pozyskiwania zastosowano jednolity schemat procesu technologicznego z wykorzystaniem tych samych maszyn i operatorów, wyrabiania tych samych sortymentów oraz identycznego sposobu udostępnienia drzewostanu szlakami operacyjnymi**. Eksperyment naukowy przeprowadzono w zachodniej Polsce na terenie Nadleśnictwa Drawno, gdzie wyodrębniono **53 powierzchnie badawcze** na siedlisku boru świeżego. Wyznaczono 15 powierzchni w drzewostanach III klasy wieku (o zagęszczeniu od 563 do 1603 drzew na 1 ha), 18 powierzchni w drzewostanach IV klasy wieku (o zagęszczeniu od 323 do 868 drzew na 1 ha oraz 20 powierzchni w V klasie wieku (o zagęszczeniu od 476 do 836 drzew na 1 ha). Celem badań było ustalenie, czy istnieje wpływ: (1) rodzaju zmiany roboczej (świt/dzień/zmierzch/noc) oraz (2) skumulowanego czasu w zmianie roboczej na prawdopodobieństwo uszkodzenia drzewa w drzewostanach sosnowych o różnym wieku, gęstości i intensywności trzebieży W tym kontekście postawiono hipotezę, że wydłużanie czasu zmiany roboczej może wpłynąć na poziom uszkodzeń drzew pod koniec tejże zmiany. Ponadto wysunięto hipotezę, że praca w ciemności (o zmierzchu, w nocy lub o świcie) może spowodować większy poziom uszkodzeń niż praca w ciągu dnia. **W trakcie badań przebadano łącznie 15 794 drzew. Podczas zabiegu trzebieży wycięto 4254 drzewa, a 625 zostało uszkodzonych. W całym doświadczeniu pozyskano 1816 m3 grubizny (bez kory).**

Przeprowadzone badania dowiodły, że:

- całodobowe zastosowanie harwestera do trzebież litych drzewostanów III, IV i V klasy wieku wiąże się z prawdopodobieństwem uszkodzeń 5,41 % drzew w pozostającym drzewostanie (minimalne 1,12 % i maksymalne 10,92),
- wraz z upływem przepracowanych przez operatora harwestera godzin podczas zmiany roboczej obserwowany jest wzrost prawdopodobieństwa uszkodzenia drzew przyjmując największe wartości w wyższych zagęszczeniach drzew obserwowanych w młodszych drzewostanach,
- spośród czterech rodzajów zmian roboczych (noc, świt, dzień, zmierzch) największe prawdopodobieństwo powstania uszkodzeń występuję podczas zmierzchu w drzewostanach III klasy wieku o największym zagęszczeniu,
- pomimo tego samego doświadczenia zawodowego i zbliżonych wydajności operatorzy mogą w różnym stopniu wpływać na częstotliwość i wielkość uszkodzeń drzew.

Badania dowiodły, że warunki drzewostanu, takie jak klasa wieku i zagęszczenie drzewostanu, a także intensywność trzebieży, liczba ściętych drzew i wydajność mają różny wpływ na prawdopodobieństwo powstawania uszkodzeń. Wyniki mogą usprawnić

planowanie zmian roboczych operatorów w drzewostanach o różnym wieku i zagęszczeniu, pozwalając na utrzymanie satysfakcjonującej wydajności harwestera przy jednoczesnym wyrządzaniu możliwie najniższego poziomu szkód. **Uzyskane wyniki wskazują, że największe prawdopodobieństwo uszkodzenia wystąpiło w zwartym i młodym drzewostanie III klasy wieku o zmierzchu**. Badania wskazują, że część doby w której wykonuj się pracę jak i skumulowany czas zmiany roboczej mają wpływ na częstość występowania uszkodzonych drzew w pozostałym drzewostanie. W prezentowanych badaniach wykazano, że więcej uszkodzeń można było zaobserwować w mniej sprzyjających warunkach oświetleniowych lub przy sztucznym oświetleniu, zwłaszcza o zmierzchu oraz w młodszych lub gęstszych drzewostanach. Informacje te mogą być wykorzystane przez przedsiębiorców leśnych podczas **logistyki procesów pozyskania** i planowania **wykonania prac w najtrudniejszych drzewostanach (najmłodsze i najbardziej zagęszczone) na początku zmiany roboczej i w ciągu dnia, natomiast prace przy oświetleniu sztucznym wykonywać w drzewostanach IV i V klasy wieku o mniejszym zagęszczeniu.** Takie dopasowanie powierzchni pozwoli na utrzymanie wysokich wydajności a zarazem zmniejszy prawdopodobieństwo powstawania uszkodzeń w drzewostanie pozostającym. Jeśli jednak z innych przyczyn nie jest to możliwe sugeruje się, aby operator robił krótkie przerwy przed rozpoczęciem pracy w wydzieleniach gdzie spodziewane jest większe prawdopodobieństwo uszkodzenia: o zmierzchu i pod koniec zmiany.

Bembenek M., Karaszewski Z., Kondradzki K., Łacka A., Mederski P.S., Skorupski M., Strzeliński P., Sułkowski S., Węgiel A. 2014. Value of merchantable timber in Scots pine stands of different densities. Drewno. Pr. Nauk. Donies. Komunik. 57(192): 133-142.

W publikacji przedstawiono wpływ zgęszczenia drzew w drzewostanie na wartość wyprodukowanych sortymentów. Do badań wybrano drzewostany sosnowe, gdyż mają one największy udział powierzchniowy w Polsce oraz występuje na ich terenie najintensywniejsze zastosowanie zmechanizowanego pozyskiwania drewna w cięciach przedrębnych. **Podczas doświadczenia przeanalizowano łącznie 6432 drzewa pochodzące z 20 drzewostanów charakteryzujących się zagęszczeniem od 476 do 836 drzew na hektar.** Zwiększona intensywność zabiegów gospodarczych wykorzystujących zmechanizowane pozyskiwanie drewna oraz czynniki naturalne powodujące wydzielanie się drzew (wiatr, grzyby, owady) prowadzą do uzyskania w wieku rębności drzewostanów o różnym zagęszczeniu drzew. Dzieje się tak pomimo tej samej więźby sadzenia. **Celem wykonanych badań była szczegółowa analiza wpływu zagęszczenia drzew na wartość drewna uzyskanego z drzewostanów o różnym zagęszczeniu.** Wartość drewna zależy nie tylko od jakości, ale również od grubości: im grubsze drewno tym wyższa wartość. Mając na uwadze tę przesłankę, przyjęto hipotezę, iż z drzewostanów o mniejszym zagęszczeniu można uzyskać grubsze i droższe drewno. Założono również, iż w takich samych warunkach siedliskowych

możliwości produkcyjne są takie same, tzn. produkcja biomasy (łącznej miąższości drewna) będzie podobna. Przyjęto zatem, iż w postępowaniu hodowlanym uzyskamy: 1) większą liczbę drzew na jednostkę powierzchni, ale o małych miąższościach lub 2) mniejszą liczbę drzew o większych miąższościach. Niemniej jednak, sumaryczna miąższość grubizny uzyskana w dwóch różnych postępowaniach hodowlanych nie będzie się różnić.

Przeprowadzone badania dowiodły, że:

- drzewostany sosnowe na siedlisku boru świeżego o zagęszczeniu od 476 do 836 drzew na hektar nie wykazują istotnych statystycznie różnic w ich zasobności,
- potencjał siedliska boru świeżego prowadzi ostatecznie do produkcji zbliżonej miąższości grubizny, na którą mogą składać się różne liczby i miąższości drzew,
- średnia wartość 100 m^3 grubizny na siedlisku boru świeżego wynosi 4870 EUR jednakże w ramach wydzielonych grup zagęszczeń występują statystycznie istotne różnice,
- wartość 100 m^3 grubizny w drzewostanach najmniej zagęszczonych wyniosła 5119 EUR i była o 7% większa niż w drzewostanach o przeciętnym zagęszczeniu (4842 EUR) i o 12 % większa niż w drzewostanach o największym zagęszczeniu (4566 EUR).

Otrzymane wyniki badań wykazują, iż z punktu widzenia producenta drewna okrągłego wskazane jest w końcowej **fazie wzrostu drzewostanu (IV-V klasa wieku) utrzymywanie mniejszego zagęszczenia drzewostanu dla osiągnięcia zwiększonego przychodu z drzewostanu rębnego. Jednocześnie takie postępowanie pozwoli na uzyskanie większego przychodu z intensywniejszych cięć przedrębnych. Ponadto, pozyskiwanie drewna harwesterem w drzewostanach o mniejszej liczbie drzew, ale o większej miąższości pojedynczego drzewa – jest bardziej wydajne („piece-size law").** Należy mieć jednak na uwadze lokalne uwarunkowania wpływające na wzrost i rozwój drzewostanów: żyzność siedliska, warunki klimatyczne oraz fenotyp. Trzeba również zaznaczyć, iż wartość surowca w niniejszych badaniach ustalano na podstawie manipulowania grubizny w postaci 10 metrowych dłużyc. Zastosowanie kłodowania mogłoby prowadzić do wzrostu udziału droższych sortymentów (2 i 3 klasy grubości) i w konsekwencji dalszego wzrostu wartości drewna o 6-15%. Wskazuje to również na dodatkowy potencjał do wykorzystania w przypadku hodowli drzew o większych pierśnicach z drzewostanów prowadzonych mniejszym zagęszczeniu. Uzyskane wyniki wskazują, iż zabiegi pielęgnacyjne w drzewostanach sosnowych na siedlisku bór świeży powinny prowadzić do uzyskania ok. 550 drzew na hektar w drzewostanach wchodzących do V klasy wieku. Taka liczba drzew pozwala na zachowanie stabilności drzewostanu, a zarazem wpływa na wzrost wartości drewna. **Większa liczba drzew na hektar nie zwiększa zasobności drzewostanu, prowadzi natomiast do obniżenia wartości grubizny.** Większa wartość drewna z rzadszych drzewostanów nie wynika z uzyskania większej zasobności na hektar, lecz z większej grubości pojedynczych drzew, na które jest większy popyt i cena wynikające ze zwiększonych możliwości jego przerobu.

Reasumując wyniki z przedstawionego cyklu publikacji znacząco powiększają stan wiedzy z zakresu kompleksowego ujęcia czynników wpływających na efektywność zastosowania zmechanizowanego pozyskania drewna w trzebieżach drzewostanów nizinnych.

Do najważniejszych z nich zaliczam:

- potwierdzenie zależności wzrostu wydajności harwestera wraz ze wzrostem wieku drzewostanu pod warunkiem **jednoczesnego zmniejszania zagęszczenia drzew** w drzewostanie przed zabiegiem oraz wykazanie, że modelowanie wydajności harwestera podczas trzebieży nizinnych drzewostanów sosnowych poza główną zmienną jaką jest pierśnica - **musi być rozpatrywane w połączniu z liczbą drzew do pozyskania, które zależą od klasy wieku, oraz z uwzględnieniem intensywności trzebieży**,

- wykazanie, że **w pięć lat po wycięciu szlaków** podczas zmechanizowanego zbiegu trzebieży wczesnej w 34-letnim nizinnym drzewostanie świerkowym **nie zaobserwowano istotnych różnic w mimośrodowości, zbieżystości i spłaszczeniu u drzew przy szlaku i wewnątrz drzewostanu** a rozmiar tych wad był niższy od ich dopuszczalnego poziomu zawartego w normach europejskich,

- udokumentowanie, że **nieznaczne zmiany w morfologii pni wskazują na zasadność mechanizacji pozyskiwania drewna i zakładania szlaków operacyjnych w drzewostanach świerkowych II klasy wieku** z zastrzeżeniem, że zaobserwowane tendencje do zwiększonych przyrostów dla drzew przy szlakach (szczególnie w połowie pnia) oraz wzrost zbieżystości kłód środkowych wskazują na konieczność kontynuacji pomiarów w dłuższym okresie,

- potwierdzenie możliwości **efektywnego użycia harwestera w trzebieży nizinnych drzewostanów liściastych** pozwalające na wymanipulowanie **sortymentów z dolnej części pnia spełniających w ponad 80% wymagania ramowych warunków technicznych** z jednoczesnym wskazaniem konieczności zagospodarowania wierzchołkowych części pnia na cele energetyczne,

- **wskazanie nowego, istotnego czynnika, jakim jest część dnia (dzień, zmierzch, noc, świt), wpływającego na prawdopodobieństwo powstawania uszkodzeń** drzewostanu podczas zmechanizowanego pozyskiwania drewna w drzewostanach przedrębnych różnych klas wieku,

- wykazanie **największego prawdopodobieństwa powstawania uszkodzeń** w mniej sprzyjających warunkach oświetleniowych lub przy sztucznym oświetleniu, zwłaszcza **o zmierzchu oraz w młodszych lub gęstszych drzewostanach**. Informacje te mogą być wykorzystane przez przedsiębiorców leśnych podczas **logistyki procesów pozyskania** planując **wykonanie prac w najtrudniejszych drzewostanach (najmłodsze i najbardziej zagęszczone) na początku zmiany roboczej i w ciągu dnia, natomiast prace przy oświetleniu sztucznym wykonując w drzewostanach IV i V klasy wieku o mniejszym zagęszczeniu,**

- udokumentowanie, że zmniejszone zagęszczenie drzew, które może być wynikiem intensywnego a zarazem wydajnego zastosowania harwestera w drzewostanie trzebieżowym, nie prowadzi do zmniejszenia zasobności w porównaniu do drzewostanów bardziej zagęszczonych. **Mniejsza liczba drzew na hektar nie redukuje zasobności drzewostanu, prowadzi natomiast do zwiększenia wartości grubizny.** Większa wartość drewna z rzadszych drzewostanów nie wynika z uzyskania większej zasobności na hektar, lecz z większej grubości pojedynczych drzew, na które jest większy popyt i cena wynikające ze zwiększonych możliwości jego przerobu.

Wnioski wynikające z wyników badań prezentowanych w cyklu publikacji posiadają również znaczenie utylitarne wskazując na kluczowe elementy w efektywnym planowaniu zmechanizowanych procesów pozyskiwania drewna w przedrębnych drzewostanach nizinnych. Optymalizacja polegająca na zwiększeniu wydajności przy jednoczesnej redukcji kosztów może być wykonywana poprzez korekty organizacji pracy biorące pod uwagę wykazane zależności pierśnic, zagęszczeń drzew i intensywności zabiegu trzebieżowego. Prawidłowe udostępnianie drzewostanów nizinnych szlakami dla technologii zmechanizowanych nie wykazuje szczególnie negatywnego wpływu na jakość drzew i pozwala na całodobowe wykorzystanie maszyn, jednakże istotny z punku widzenia uszkodzeń drzew wpływających na trwałość i stabilność drzewostanów jest dobór czasu (w ciągu doby) wykonania zabiegu. Finalnym elementem efektywnego zmechanizowanego pozyskiwania drewna są drzewostany o niepomniejszonej zasobności, lecz o zredukowanym zagęszczeniu drzew co ostatecznie wpływa na zwiększenie wartości grubizny.

Literatura:

Bembenek M., Mederski P.S., Erler J., Giefing D.F. 2011: Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10 [3]: 5–14

Bembenek M., Giefing D.F., Karaszewski Z., Mederski P.S., Szczepańska-Álvarez A. 2013: Uszkodzenia drzew w następstwie trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych. Sylwan 157 [10]: 747–753

Buckley D.S., Crow T.R., Nauertz E.A., Schulz K.E. 2003: Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. Forest Ecology and Management 175: 509–520

Delgado J.D., Arroyo N.L., Arévalo J.R., Fernández-Palacios J.M. 2007: Edge effects of roads on temperature, light, canopy cover, and canopy height in laurel and pine forests (Tenerife, Canary Islands). Landscape and Urban Planning 81: 328–340

Isomäki A., Kallio T. [1974]: Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Acta Forestalia Fennica 136: 1–25

Macdonald E., Hubert J. 2002: A review of effects of silviculture on timber quality of Sitka spruce. Forestry 75 [2]: 107–138

Mederski P.S., Karaszewski Z., Rosińska M., Bembenek M. 2016. Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie. Sylwan 160 (10): 795-804

Mederski P.S., Bembenek M., Erler J., Giefing D.F. 2011. Effects of innovative thinning operation in a birch stand. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(4): 29-38.

Mederski P.S., Bembenek M., Mendow N., Jakubowski M., Giefing D.F. 2008: Pozyskiwanie buka harwesterem z głowicą do drzew liściastych CTL 40HW. W: Różański, H., Jabłoński, K. (red.). Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. Kat. Techn. Leśn. UP, Poznań: 56-62.

Mederski P.S. 2006: A comparison of harvesting productivity and costs in thinning operations with and without midfield. For. Ecol. Manag. 224: 286-296.

Mederski P.S., Bembenek M., Erler J., Giefing D.F. 2011. Effects of innovative thinning operation in a birch stand. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(4): 29-38.

Visser, R., Spinelli, R., 2012: Determining the shape of the productivity function for mechanised felling and felling- processing. Journal of Forest Research 17(5): 397–402.

5. OMOWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIEC NAUKOWO-BADAWCZYCH ZE SZCZEGOLNYM UWZGLĘDNIENIEM ISTOTNEJ AKTYWNOSCI NAUKOWEJ REALIZOWANEJ W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGOLNOSCI ZAGRANICZNEJ

Moje zainteresowanie naukowymi aspektami użytkowania lasu rozpoczęło się w trakcie studiów na Wydziale Leśnym Akademii Rolniczej w Poznaniu im. Augusta Cieszkowskiego. Studia te zakończyłem w 2000 roku broniąc z wynikiem bardzo dobrym Pracę magisterską przygotowaną pod opieką **prof. dr hab. Dietera F. Giefinga pod tytułem: „Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna pod względem ilości wycofywanych pierwiastków w drzewostanach sosnowych IV klasy wieku"**. Realizując badania do pracy magisterskiej zostałem jednocześnie, jeszcze jako student a następnie jako doktorant, wykonawcą w Projekcie Badawczym nr 24/98 finansowanym przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych: „Badania zmierzające do opracowania optymalnych technologii pozyskiwania drewna w przedrębnych drzewostanach iglastych.

Doświadczenia zdobyte podczas realizacji projektu badawczego oraz pisania pracy magisterskiej skłoniły mnie do podjęcia decyzji o kontynuowaniu pracy naukowej w Katedrze Użytkowania Lasu i rozpoczęcia stacjonarnych studiów doktoranckich na Wydziale Leśnym w Poznaniu. Promotorem mojej rozprawy doktorskiej był podobnie jak w pracy magisterskiej również prof. dr hab. Dieter F. Giefing. **Pracę doktorską pod tytułem: „Ekologiczne aspekty pozyskiwania drewna w przedrębnych drzewostanach świerkowych"** złożyłem i obroniłem w 2004 roku.

W trakcie studiów doktoranckich opublikowałem 1 pracę popularną a moja aktywność koncentrowała się na głownie na uczestnictwie w zagranicznych konferencjach i seminariach naukowych na których miałem 3 wystąpienia. Podczas konferencji „Human and Nature Safety", która odbyła się w 2001 roku w Kownie (Litwa) zaprezentowałem jako współautor wyniki badań nad bilansem energetycznym pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych IV klasy wieku. W roku 2002 podczas konferencji „Treffen der Sektion Forsttechnik des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsnstalten" organizowanej w Sopronie (Węgry) prezentowałem referat dotyczący wpływu doboru technologii pozyskiwania drewna na poziom emisji substancji toksycznych w zabiegach trzebieżowych. W roku 2003 wspólnie z promotorem prof. Dieterem F. Giefingiem przygotowałem referat dotyczący wybranych aspektów gospodarki leśnej na pograniczu Polski, Niemiec i Czech w ramach seminarium „Dialog zu Zustand und Trends der forstpolitischien und forstökonomischen Entwicklung in Polen, Tschechien und Deutschland seit 1990". Referat ten został przygotowany na podstawie danych zebranych przeze mnie podczas odbytego w czasie studiów doktoranckich rocznego staż naukowego na Wydziale Leśnym w Tharandtcie. Szczegóły tej aktywności opisane są poniżej w rozdziale 5.1.1.

5.1. ISTOTNA AKTYWNOSC NAUKOWA REALIZOWANA W WIĘCEJ NIŻ JEDNEJ UCZELNI, INSTYTUCJI NAUKOWEJ W SZCZEGOLNOSCI ZAGRANICZNEJ

5.1.1. TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (NIEMCY)

W roku 2000, dzięki wcześniej realizowanym we współpracy z Technische Universität Dresden projektom naukowym przez mojego promotora prof. dr hab. Dietera F. Giefinga, nawiązałem kontakty z naukowcami z tego ośrodka. Rozpoczęło to moją współpracę naukową z prof. Albrechtem Bemmannem, czego konsekwencją było zrealizowanie rocznego (**lipiec 2000 – czerwiec 2001**) stażu naukowego w **Institut Institut für Internationale Forst- und Holzwirtschaft** na Wydziale Leśnym w Tharandtcie. Pobyt i badania w ramach stażu zagranicznego zostały sfinansowane poprzez fundację Altana AG, w ramach programu wspierającego młodych naukowców z państw przystępujących do Unii Europejskiej: Herbert-Quandt-Förderprogramm. Celem stażu było zapoznanie się i udział w działalności badawczej Instytutu Międzynarodowego Leśnictwa i Drzewnictwa poprzez wykonywanie zadań naukowych w ramach projektu badawczego pt.: „**Forstpolitische Folgeabschätzung einer EU-Erweiterung für die Grenzregion zwischen Sachsen, Tschechien und Polen** (oszacowanie skutków rozszeszenia Unii Europejskiej w zakresie polityki leśnej w przygranicznym regionie Saksoni, Czech i Polski)". Rezultatem stażu zagranicznego było opracowanie i opublikowanie w 2004 roku wyników części badań w czasopiśmie Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Forestry. W wyniku przeprowadzonych badań opisano rozmiar zróżnicowania poziomu wynagrodzeń, wskazujące na kierunki przepływu usług na powstającym, otwartym europejskim rynku pracy. Z drugiej zaś strony, biorąc pod uwagę nakłady ponoszone przez leśnictwo, wykazano możliwości transferu zaawansowanych technologicznie zakładów usługowych z Niemiec lub Czech na rynek pracy w Polsce. Wyniki projektu wykazały w jakich zakresach i w jak znacznym stopniu występują różnice pomiędzy państwami kandydującymi (Czechami i Polską) oraz członkiem Unii Europejskiej (Niemcami) w gospodarce leśnej. Wykazano miejsca o znacznym potencjalnym konflikcie interesów dla obu stron. Ostatecznie wyniki dostarczyły informacji niezbędnych do negocjacji przedakcesyjnych.

Giefing, D.F., **Bembenek, M.** 2004. The comparison of some selected aspects of forest economy in frontier regions of Poland, the Czech Republic and Germany. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Forestry Volume 7 Issue 1.

Roczny pobyt na Wydziale Leśnym w Tharandtcie zaowocował również nawiązaniem współpracy z pracownikami tamtejszego Instytutu Użytkowania Lasu i Techniki Leśnej. Moje doświadczenie zdobyte podczas tworzenia rozprawy doktorskiej związane z problematyką wieloaspektowej oceny procesów technologicznych realizowanej w mojej macierzystej Katedrze Użytkowania Lasu przyczyniło się do współpracy z prof. Jörnem Erlerem w ramach kierowanego przez niego projektu

FORSTINNO pt. **„Development of ecologically compatible, highly productive method of timber harvesting for Central European forestry**" (COOP-CT-2005-512681). Był to projekt badawczy finansowany w 6 Programie Ramowym Unii Europejskiej w latach 2005-2007. W projekcie tym jako główny wykonawca osobiście odpowiadałem za koordynację pomiarów i opracowanie danych dotyczących uszkodzeń drzew i gleby podczas pozyskiwania drewna na powierzchniach doświadczalnych zlokalizowanych w pięciu krajach: Francja, Litwa, Niemcy, Polska i Węgry. Przyjęte i opracowane przeze mnie wspólnie z prof. Jörnem Erlerem **oryginalne metody przeprowadzenia eksperymentu wymagały skoordynowania badań w pięciu krajach,** w okresie przedwiośnia przy braku pokrywy śnieżnej, przed rozpoczęciem okresu wegetacji. Z uwagi na charakter badań wymagający użycia tych samych maszyn obsługiwanych przez tych samych operatorów w najtrudniejszych trakcyjnie warunkach terenowych, a zarazem wyeliminowanie wpływu okresu wegetacji na różnicowanie poziomu uszkodzeń drzew. W związku z tym przez 80 dni uczestniczyłem w specyficznym doświadczeniu badawczym podczas którego pozyskiwanie drewna rozpoczęto 20 stycznia 2007 roku w Allondans, wysuniętej najbardziej na zachód powierzchni badawczej (E:6°45'29'') we Francji a zakończono 30 marca 2007 roku w Kėdainiai (E:23° 49' 12") na Litwie. Pozwoliło to na zachowanie zbliżonych warunków temperaturowych (od -2 do +4°C) i porównywalność wyników w analizach statystycznych. Utylitarnym efektem końcowym projektu była ocena prototypu głowicy do drzew liściastych CTL 40 HW i wskazanie punktów krytycznych wymagających zmian lub udoskonaleń oraz opublikowanie 6 prac spośród których jedna stanowi również część niniejszego osiągnięcia naukowego.

Bembenek M., Mederski P.S., Karaszewski Z., Łacka A., Grzywiński W., Węgiel A., Giefing D.F., Erler J. 2015. Length accuracy of logs from birch and aspen harvested in thinning operations. Turk. J. Agric. For. 39: 845-850, DOI: 10.3906/tar-1406-39.

Mederski, P.S., **Bembenek, M.,** Erler, J., Giefing, D.F., 2011. Effects of innovative thinning operation in a birch stand. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(4), 29-38.

Bembenek, M., Mederski, P.S., Erler, J., Giefing, D.F., 2011. Results of large-size timber extraction with a grapple skidder. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(3), 5-14.

Mederski P. S., **Bembenek M.,** Erler J., Giefing D.F., Karaszewski Z. 2010. The enhancement of skidding productivity resulting from changes in construction: grapple skidder vs rope skidder. W: Cavalli R., Grigolato S. (eds.), Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment. Formec 2010, Padova, ss. 1-6

Bembenek, M., Mederski, P.S., Stuhlmann, C., Giefing, D.F., 2008. Wpływ zrywki drewna skiderem chwytakowym na glebę w rębnych drzewostanach bukowych. W: Różański, H., Jabłoński, J. (Red.), Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. UP – KTL, Poznań, ss. 135-142.

Mederski, P.S., **Bembenek, M.,** Mendow, N., Giefing, D.F., Jakubowski, M., 2008. Pozyskiwanie buka harwesterem z głowicą do drzew liściastych CTL 40HW. W: Różański, H., Jabłoński, J. (Red.), Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. UP – KTL, Poznań, ss. 56-62

Doświadczenie zdobyte podczas realizacji projektu FORSTINNO oraz badania prowadzone przeze mnie w Katedrze Użytkowania Lasu we współpracy z partnerami zagranicznymi i krajowymi wpłynęły na kontynuację prac nad optymalizacją technologii pozyskiwania drewna w drzewostanach liściastych i minimalizowaniem ich wpływu na środowisko leśne z jednoczesnym uwzględnieniem zarządzania finalnym produktem pozyskiwania drewna, jakim są sortymenty drzewne. W konsekwencji tego zostałem członkiem zespołu powołanego w Technische Universität Dresden i składającego się z naukowców oraz konstruktorów, którego celem było stworzenie nowej koncepcji głowicy do pozyskiwania drzew liściastych. **Wnioskowanie o patent rozpoczęto w roku 2016 i ostatecznie po 5 latach patent głowicy do ścinki i okrzesywania został finalnie nadany 09 grudnia 2021 w Niemieckim Urzędzie Patentowym i opublikowany jako DE102016114579A1 - głowica harwestera do drewna liściastego przez Europejski Urząd Patentowy – Espacenet**. Mój wkład w powstanie patentu obejmował współpracę w przygotowaniu koncepcji określającej wartości brzegowe dla konstrukcji podzespołów okrzesujących głowicy w odniesieniu do istotnych biometrycznych parametrów drzew liściastych i ich wpływu na sukces w okrzesywaniu.

Knobloch Ch., Erler J., Kurde S., Kurde M., **Bembenek M.**, Mederski. P.S. 2021. Harvesterkopf für die Holzernte und Messeranordnung. Deutsches Patent - und Markenamt. Published as DE102016114579A1 Harvesterkopf für Laubholz. European Patent Office - Espacenet

5.1.2. University of Canterbury, School of Forestry (Nowa Zelandia)

Moje aktywne uczestnictwo w cyklicznie odbywających się konferencjach FORMEC, które obecnie są największą na świecie platformą do wymiany poglądów pomiędzy naukowcami, dydaktykami i praktykami z zakresu użytkowania lasu i inżynierii leśnej pozwoliło na nawiązanie kontaktów z prof. Rienem Visserem z University of Canterbury, School of Forestry, College of Engineering w Nowej Zelandii. Konsekwencją tego był krótkoterminowy staż naukowy (**09-20 kwietnia 2018 roku**), którego celem było zapoznanie się z działalnością naukową prowadzoną w School of Forestry University of Canterbury, a także innowacyjnymi operacjami leśnymi w Nowej Zelandii oraz metodami badań stosowanymi w tej jednostce. Porównanie miejscowych eksperymentów z zakresu operacji leśnych z doświadczeniami w Polsce ma być podstawą potencjalnej wymiany lub współpracy dyplomantów z obu jednostek poprzez współpracę badawczą i rozwiązywanie zbieżnych zagadnień naukowych. Restrykcje związane z pandemią COVID spowodowały czasowe wstrzymanie tego projektu naukowego, jednak zakłada się dalszą współpracę po zakończeniu pandemii, która może być zakończona również wspólnymi publikacjami.

5.2. OMOWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘC NAUKOWO-BADAWCZYCH INNYCH NIŻ TE WSKAZANE JAKO PODSTAWA UBIEGANIA SIĘ O STOPIEŃ DOKTORA HABILITOWANEGO PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA

Moja aktywność naukowa po uzyskaniu stopnia naukowego doktora skupiała się w następujących obszarach badawczych użytkowania lasu:

1. Wieloaspektowa analiza pozyskiwania drewna
2. Surowiec drzewny i jego jakość na pniu oraz wyrobionych sortymentów.
3. Pozyskiwanie drewna liściastego harwesterem

5.2.1. WIELOASPEKTOWA ANALIZA PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH POZYSKIWANIA DREWNA.

Moja działalność naukowa związana z wieloaspektową analizą pozyskiwania drewna obejmowała zagadnienia dotyczące **ekonomicznych i środowiskowych konsekwencji wykonywania cięć w dominujących na terenie Polski przedrębnych nizinnych drzewostanach sosnowych** i związana była początkowo z projektami badawczymi promotora mojej pracy doktorskiej **prof. dr. hab. Dietera F. Giefinga** oraz sformułowaną przez niego koncepcją „3E" dotyczą oceny procesów technologicznych pozyskiwania drewna (Giefing et al. 2012). W wyniku przeprowadzonych badań wykazano konieczność rozszerzania aspektu ekologicznego w pracach dotyczących oceny pozyskiwania drewna. Otrzymane wyniki wskazały również na celowość prowadzenia wieloaspektowych doświadczeń oraz potencjalne korzyści mogące płynąc z pełnej mechanizacji operacji pozyskiwania drewna. Kontynuacją badań w drzewostanach sosnowych była analiza wpływu trzech metod pozyskiwania ze zrywką ciągnikiem rolniczym Ursus C-360 na uszkodzenia drzewostanów w II, III i IV klasie wieku (Karaszewski et al. 2013). **Wyniki badań wykazały najmniejsze uszkodzenia w przypadku zastosowania metody drewna krótkiego. Poziom uszkodzeń w przypadku tej metody malał wraz z klasą wieku i osiągał najniższa wartość 5% w drzewostanach najstarszych.** Największymi uszkodzeniami charakteryzowała się metoda drewna długiego, gdzie niezależnie od klasy wieku odnotowano uszkodzenia na poziomie 9% drzew w pozostającym drzewostanie.

Konieczność mechanizacji prac podczas pierwszych zabiegów z pozyskiwaniem drewna w drzewostanach sosnowych i ich konsekwencje ekonomiczne oraz ekologiczne były również przedmiotem moich zainteresowań (Mederski et al. 2018). Zagadnienie to jest szczególnie ważne z praktycznego punktu widzenia, ponieważ odpływ siły roboczej jako pierwsze dotyka najmłodsze drzewostany, gdzie wydajność ręczno-maszynowych technologii jest najmniejsza natomiast zastosowanie harwestera stawia szereg wyzwań. Celem doświadczenia było **wskazanie optymalnej technologii pozyskiwania z uwzględnieniem kosztu wykonania zabiegu, poziomu uszkodzeń drzew oraz odległości pomiędzy szlakami podczas wykonywania zabiegu trzebieży wczesnej** harwesterem Vimek 404 (z żurawiem o długości 4,6 m) oraz forwarderem

Vimek 606 TT w 31-letnim drzewostanie. Pozyskanie realizowana w wariantach: z międzypolem i z jednym przejazdem harwestera (1); pozyskanie z międzypolem i z dwoma przejazdami harwestera (2) oraz bez międzypola z jednym przejazdem harwestera (3). Najtańszy i najmniej uszkadzający drzewa (1,5%) okazał się wariant bez międzypola z kosztem całkowitym 13.73 EUR m^{-3}, zaś najdroższym i najbardziej uszkadzającym drzewostan (2,1%) wariant z międzypolem z kosztem całkowitym 15.51 EUR m^{-3}. Należy jednak zaznaczyć, że wariant bez międzypola wymagał podwojonej sieci szlaków w stosunku do pozostałych opcji, dlatego **mając na uwadze wszystkie analizowane aspekty należy rekomendować w pierwszym zabiegu trzebieży wczesnej wykorzystanie międzypola oraz pojedynczy przejazd harwestera.** Konsekwencją zastosowania harwestera podczas pierwszego zabiegu trzebieżowego w omawianym wcześniej 31 letnim drzewostanie sosnowym były badania nad wykorzystaniem procesowanych strzał na sortymenty oraz ich jakością (Mederski et al. 2019). Uzyskanie wysokiej wydajności harwestera w młodych drzewostanach sosnowych podczas trzebieży wczesnej może napotykać na wiele problemów. Jedna z trudności polega na osiągnięciu optymalnego wykorzystania pnia drzewa na sortymenty i uzyskaniu zadowalającej jakości drewna. Celem badań było ustalenie jak znaczna część pnia może zostać przeprocesowana przez głowicę harwestera w celu wymanipulowania wałków oraz zweryfikowanie jakości sortymentów pod względem dokładności długości i jakości okrzesywania. Pozyskanie wykonano harwesterem Vimek 404 5T z głowicą Keto Forst Silver dedykowaną do zbiegu trzebieży wczesnej. W drzewostanie utworzono osiemdziesiąt powierzchni próbnych do szczegółowej analizy sortymentów. Zmierzono długość całkowitą sortymentów z każdego drzewa oraz minimalną średnicę wierzchołka bez kory. Dodatkowo mierzono długości dolnych, środkowych i górnych wałków oraz wysokość sęków po okrzesywaniu. **W wyniku przeprowadzonych badań ustalono, że średnio 70% całkowitej wysokości drzew wykorzystano na sortymenty, a wałki wyrabiano do średniej średnicy podstawy wierzchołka 5,3 cm bez kory.** Odnotowano bardzo wysoką dokładność na długości, gdyż 90% kłód miało oczekiwaną długość. Po okrzesywaniu sęki osiągały maksymalnie 2 cm wysokości.

Podsumowując doświadczenia zrealizowane w drzewostanach sosnowych mając na uwadze wieloaspektową ocenę procesów technologicznym bez względu na poziom utechnicznienia sugerowane jest stosowanie procesów technologicznych z wykorzystaniem metody drewna krótkiego w trzebieżach każdej klasy wieku. Brak siły roboczej do wykonywania pierwszych zabiegów trzebieżowych w drzewostanach sosnowych może być zastępowany harwesterami dedykowanymi do takich zabiegów, które mogą skutecznie i wydajnie procesować pnie ściętych drzew oraz uzyskiwać akceptowalne jakościowo sortymenty.

W moim dorobku naukowym znajdują się także trzy prace dotyczące **uszkodzeń drzew powstałych w wyniku procesów pozyskiwania drewna w nizinnych drzewostanach świerkowych**. Badania te są szczególnie istotne dla gospodarki leśnej,

gdyż w wyniku zmian klimatycznych objawiających się wyższymi temperaturami i redukcją opadów szczególnie na niżu obserwowane jest osłabienie drzewostanów świerkowych i zwiększona podatność na gradacje co skłania do poszukiwań procesów technologicznych pozyskiwania drewna o zwiększonym priorytecie ekologicznym. Koncentrując się na minimalizacji uszkodzeń drzew, które dodatkowo pogarszałyby kondycje już osłabionych drzewostanów przeprowadziłem badania z podziałem na trzebieże wczesne (Bembenek et al. 2013a). oraz trzebieże późne (Bembenek et al. 2013b) ostatecznie ustalając prawdopodobieństwo powstania uszkodzenia z wykorzystaniem modeli Logit i Probit (Bakinowska et al. 2016). W artykule dotyczącym trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych rozpatrywano zarówno procent uszkodzonych drzew, jak i ważony współczynnik uszkodzeń drzew WDI. Analizie poddano procesy technologiczne w oparciu o trzy metody: drewna krótkiego, drewna długiego i całych drzew. **Podobnie jak w przypadku drzewostanów sosnowych najmniejszy poziom uszkodzeń stwierdzono podczas zastosowania metody drewna krótkiego zarówno pod względem wskaźnika WDI jak i procentowego udziału drzew uszkodzonych.** Nie stwierdzono natomiast różnicy w uszkodzeniu drzewostanu podczas stosowania metody drewna długiego i całego drzewa. Dodatkowo zaobserwowano również, że w trzebieżach wczesnych ponad 50% uszkodzeń stanowią otarcia kory na pniu. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w rodzaju uszkodzenia oraz miejscu położenia uszkodzenia w zależności od zastosowanej metody pozyskiwania drewna. Badania wykonane podczas trzebieży późnych miały na celu ilościowe i jakościowe porównanie uszkodzeń drzew w nizinnych drzewostanach świerkowych podczas stosowania trzech różnych metod pozyskiwania drewna z podziałem na technologie ręczno-maszynowe i zmechanizowane. Przyjęto hipotezę, iż ze wzrostem długości zrywanego drewna będzie wzrastać poziom uszkodzeń drzew pozostających. W badaniu uwzględniono częstość występowania uszkodzeń, ich rodzaj oraz miejsce położenia na drzewie. Wyniki doświadczenia potwierdziły, że podczas trzebieży późnej w nizinnych drzewostanach świerkowych najmniejsze uszkodzenia drzew obserwuje się po zastosowaniu technologii drewna krótkiego. Są one istotnie rzadsze niż w ręczno-maszynowych procesach technologicznych w oparciu o metody całego drzewa i drewna długiego. **W nizinnych drzewostanach świerkowych wskazane zatem jest stosowanie harwesterów i forwarderów wyrabiających i zrywających drewno krótkie oraz poruszających się po zaplanowanej sieci szlaków operacyjnych.** Stwierdzono częstsze występowanie uszkodzeń kory w technologii całego drzewa oraz częstsze występowanie uszkodzeń łyka w technologii drewna krótkiego niż w pozostałych metodach. Uszkodzenia korzeni występowały częściej w technologii całego drzewa niż w technologii drewna długiego, natomiast uszkodzenia pnia częściej w technologii drewna długiego niż w technologii całego drzewa. Przeprowadzanie doświadczeń i zebranie stworzenie bazy danych uszkodzeń drzew podczas pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych i późnych drzewostanów świerkowych pozwoliło na sprawdzenie równoległego wykorzystania tych modeli liniowych (logit i probit) do zweryfikowania różnic w uszkodzeniu drzewostanu świerkowego w wyniku trzebieży z wykorzystaniem metod: całego drzewa, drewna długiego i drewna krótkiego.

W szczególności celem badań było ustalenie prawdopodobieństwa ogólnego uszkodzenia spowodowanego przez metody pozyskiwania drewna oraz szczególne prawdopodobieństwo wystąpienia danej klasy szkód w każdej metodzie. Do obliczenia ogólnego prawdopodobieństwa uszkodzenia wykorzystano model logitowy. Model probitowy natomiast wykazał lepsze dopasowanie do danych szczegółowo rozważających dziewięć klas uszkodzeń drzew, gdzie uzyskane wyniki prezentowały dokładniejsze informacje na temat prawdopodobieństwa wystąpienia danej klasy uszkodzenia dla każdej metody pozyskiwania. **W wyniku przeprowadzonych analiz rekomendujemy równoległe rozpatrywanie modelu probit i logit w celu uzyskania najlepszego dopasowania i uzyskania dokładnych informacji dotyczących prawdopodobieństwa rozkładu klas uszkodzeń w drzewostanach świerkowych.**

Bakinowska E., Szczepańska-Álvarez A., Mederski P.S., Karaszewski Z., **Bembenek M**. 2016. Parallel application of two probability models, logit and probit, for accurate analysis of spruce timber damage due to thinning operations. Drewno 59 (197): 49-59.

Bembenek M., Giefing D. F., Karaszewski Z., Mederski P. S., Szczepańska-Álvarez A. 2013a. Uszkodzenia drzew w następstwie trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych. Tree damage in lowland spruce stands caused by early thinnings. Sylwan 157 (10): 747–753

Bembenek M., Giefing D. F., Karaszewski Z., Mederski P. S., Szczepańska-Álvarez A. 2013b. Uszkodzenia drzew w nizinnych drzewostanach świerkowych podczas zabiegu trzebieży późnej. Tree damage in lowland spruce stands because of late thinning. Sylwan 157(12): 892–898

Giefing D. F., **Bembenek M.,** Gackowski M., Grzywiński W., Karaszewski Z., Klentak I., Kosak J., Mederski P.S., Siewert S. 2012. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych. Metodologia badań. Nauka Przyroda Technologia 6(3), #59

Karaszewski Z., Giefing D. F., Mederski P. S., **Bembenek M.,** Dobek A., Stergiadou A. 2013. Charakterystyka uszkodzeń drzewostanu w zależności od metody pozyskiwania drewna ze zrywką ciągnikiem. Leśne Prace Badawcze 74 (1): 27-3

Mederski PS., Venanzi R., **Bembenek M.,** Karaszewski Z., Rosińska M., Pilarek Z., Luchenti I., Surus M. 2018. Designing Thinning Operations in 2nd Age Class Pine Stands—Economic and Environmental Implications. Forests 9(6), 335.

Mederski, P. S., Werk, K., **Bembenek, M.,** Karaszewski, Z., Brunka, M., Naparty, K. 2019. Harvester efficiency in trunk utilisation and log quality of early thinning pine trees. *Forest Research Papers*, *80*(1), 45-53.

5.2.2. Surowiec drzewny i jego jakość na pniu oraz po pozyskaniu.

W moim dorobku naukowym znajdują się również badania nad surowcem drzewnym. W pracach badawczych z tego zakresu koncentrowałem się w dwóch obszarach. Pierwszy z nich dotyczył **jakości drzewostanów na pniu** ze szczególnym uwzględnieniem zasobności i wartości tych drzewostanów (Węgiel et al. 2018), objętości drzew w zależności od pozycji biosocjalnej (Werz et al. 2020), udziału wad w surowcu (Karaszewski et al. 2013), gęstości drewna i jego właściwości mechanicznych (Mederski et al. 2015) oraz sekwestracji węgla (Bembenek et al. 2014). Drugi obszar zainteresowań wynikający ze współpracy **z dr hab. Zbigniewiem Karaszewskim z Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Technologii Drewna koncentruje się na wadach wtórnych**

wynikających z pozyskiwania surowca drzewnego harwesterem z uwzględnieniem sezonu pozyskiwania jak i zróżnicowania procesowanych gatunków drewna oraz możliwości wyrabiania sortymentów cennych (Karaszewski et al. 2018, 2016a, 2016b).

Ustalenia czy drzewostany sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) o mniejszym zagęszczeniu produkują drewno o wyższej wartości niż drzewostany o większym zagęszczeniu i cieńsze dokonano na 20 powierzchniach doświadczalnych położonych w Nadleśnictwie Drawno. Uzyskane dane wykorzystano do symulacji wycinki drzew na 2,5-metrowe kłody lub wierzchołki drzew, które sklasyfikowano w pięciu klasach jakości drewna a objętość każdego asortymentu została obliczona na podstawie jego wymiarów oraz wyceniona w EUR. Stwierdzono, że korelacja między gęstością drzewostanu a wartością ogólną drewna była bardzo słaba i nieistotna statystycznie. Jednak biorąc każdy asortyment z osobna, wartości drewna tartacznego, papierówki i drewna energetycznego były istotnie skorelowane z zagęszczeniem drzewostanu. **Dowiedziono, że mniejsze zagęszczenie jest bardziej opłacalne w produkcji drewna tartacznego, podczas gdy wyższe zagęszczenie może być korzystniejsze w produkcji biomasy**.

Uzyskane wyniki skłoniły do podjęcia dalszych badań analizujących związki pomiędzy objętością produkowanej biomasy w drzewostanie a pozycją biosocjalną drzew. Badania przeprowadzono w pięciu przedrębnych i pięciu rębnych drzewostanach sosnowych, rosnących na siedlisku boru świeżego. Wybrane drzewostany próbne charakteryzowały się różnym zagęszczeniem drzew. W każdym drzewostanie próbnym wybrano i pozyskano 10 drzew reprezentujących różną pozycję biosocjalną, zgodnie z klasyfikacją Schädelina. Łączna analiza 100 drzew (dla których określono suchą biomasę pnia, gałęzi żywych i martwych, igieł i szyszek) wykazała, że **zagęszczenie drzewostanu miało wpływ tylko na frakcję biomasy gałęzi**, ale nie na frakcje pni i igieł, natomiast **pozycja biosocjalna miała wpływ na wszystkie frakcje. Drzewa panujące i współpanujące oraz te z rozwiniętymi koronami miały mniejszy udział pnia i wyższy udział gałęzi w porównaniu z drzewami o niższej pozycji biosocjalnej.**

Analiza jakości tartacznego drewna bukowego była kompleksową weryfikacją udziału klas jakości z trzech klas bonitacji oraz częstotliwości występowania wad. Sklasyfikowano 1389 kłód bukowych (1029,32 m^3) na 15 powierzchniach badawczych. Najczęściej występującą klasą jakości drewna była WC0, a następnie WD, WB0 i WA0 w proporcjach 15:10:4:1. Bardzo podobny rozkład klas miał miejsce we wszystkich analizowanych klasach bonitacji. **Sęki, a wśród nich sęki zdrowe były najczęściej występującą wadą drewna powodującą obniżenie klasy jakości. Udział sęków zdrowych do nadpsutych i zepsutych oraz guzów wyniósł 7:3:2.** Krzywizna, fałszywa twardziel oraz zabitki wystąpiły na podobnym poziomie częstości, ok. 20%. Wielordzenność, pęknięcia, zgnilizna, zbyt mała średnica w cieńszym końcu oraz skręt włókien mają mniejszy wpływ na klasyfikację tartacznego drewna bukowego stanowiąc razem ok. 10% wszystkich stwierdzonych wad obniżających klasę jakości drewna. Stwierdzono zróżnicowany wpływ klas bonitacji na występowanie krzywizn oraz zabitek. Rozmiar krzywizn w I klasie bonitacji był statystycznie większy, niż w pozostałych klasach. W przypadku zabitek stwierdzono istotnie częstsze występowanie tej wady w III klasie bonitacji.

Rosnący popyt i ceny surowca drzewnego oraz jego ograniczona podaż na krajowym rynku były przesłankami do podjęcia badań nad surowcem drzewnym pochodzącym z plantacji nasiennych. W będących przedmiotem badań plantacjach

drzewa rosną w dużych odstępach, z większym dostępem do światła słonecznego, a konkurencja między drzewami jest mniej intensywna, co powoduje większe słoje roczne i ograniczony wzrost wysokości. Celem badań było określenie gęstości i właściwości mechanicznych drewna sosny zwyczajnej (Pinus sylvestris L.) wyrosłego na plantacji nasiennej oraz wskazanie najbardziej odpowiedniego wykorzystania tego drewna. W wyniku przeprowadzonych badań ustalono średnią gęstości drewna na poziomie 327 kg m^{-3}, wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien 32 MPa, wytrzymałość na zginanie w poprzek włókien 59 MPa, współczynnik wytrzymałości jakościowej 0,10. Zaobserwowano, że gęstość nie zależała od pierśnicy ani średniej szerokości słojów rocznych. Jednocześnie właściwości mechaniczne silnie zależały od gęstości drewna. We wszystkich przypadkach wartości **właściwości drewna sosny zwyczajnej z plantacji nasiennych były niższe w porównaniu z opublikowanymi dla sosny zwyczajnej uprawianej w normalnych warunkach drzewostanu co sugeruje na ograniczone możliwości jego wykorzystania w przemyśle papierniczym.**

W moim dorobku naukowym znajduje się również publikacja, której celem badań było określenie zawartości węgla w drewnie młodocianym i dojrzałym sosny w wieku 103 lat wyrosłej na gruntach porolnych. Próby zostały pobrane z wysokości pierśnicy. Skład chemiczny określono dla 48 próbek pochodzących z 4 i 5 przyrostu rocznego liczonego od rdzenia (drewno młodociane) oraz z 4 i 5 przyrostu rocznego liczonego od obwodu krążka (drewno dojrzałe). Procentowa przeciętna zawartość węgla w suchej masie wyniosła 47,54±0,47%. Zawartość węgla w drewnie młodocianym wyniosła 48,15±1,15%, podczas gdy w drewnie dojrzałym zawartość węgla była mniejsza i wyniosła 46,94±0,33%. **Średnia zawartość węgla w drewnie sosnowym była ujemnie skorelowana z miąższością koron: im większa miąższość koron tym mniejsza zawartość węgla w drewnie** (-0,6306).

Wzrost znaczenia zmechanizowanego pozyskiwania oraz konieczności zabezpieczenia stałych dostaw drewna w ciągu roku do odbiorców była przedmiotem badań nad wpływem pory roku i obrotów silnika na uszkodzenia sortymentów przez walce podające głowicy harwestera. Celem badań było ujawnienie potencjalnych różnic w uszkodzeniach surowca sosnowego (Pinus sylvestris L.) spowodowanych kolcami głowicy harwestera w różnych porach roku oraz przy różnych obrotach silnika i wskazanie możliwych konsekwencji dla przerobu drewna. Badania przeprowadzono w czterech porach roku: w lutym (zimą), kwietniu (wiosną), wrześniu (latem) i listopadzie (jesienią) porównując pracę na różnych obrotach silnika harwestera – obroty niższe (1600 obr./min) i obroty wyższe (1750-1800 obr./min). W czasie badań drewno krótkie o długości 2,50 m pozyskano harwesterem Ponsse Beaver z głowicą H60e kalibrowaną każdorazowo przed rozpoczęciem badań. W efekcie przeprowadzonych prac badawczych zaobserwowano, że średnia głębokość uszkodzenia drewna przez kolce głowicy harwestera dla wszystkich pomiarów wyniosła 4,1 mm, a maksymalna ich głębokość wyniosła 5,3 mm. **Głębokość uszkodzeń okazała się być największa w lecie, przy niższych obrotach i na wałkach wierzchołkowych (średnia głębokość=6,0 mm, maksymalna głębokość=7,2 mm). Najpłytsze uszkodzenia stwierdzono zimą i jesienią przy wyższych obrotach, dla różnych wałków (średnia głębokość uszkodzeń wyniosła 3,0 i 3,1 mm, zaś maksymalne głębokości uszkodzeń odpowiednio 4,7 i 3,9 mm).** Różnice były istotne statystycznie, jednak różnica głębokości uszkodzeń wynosiła średnio tylko 1 mm. Głębsze uszkodzenia drewna stwierdzono przy niższych obrotach silnika. Głębokość uszkodzeń drewna była

zróżnicowana osiowo, a najmniejsze uszkodzenia stwierdzono w kłodach dolnych. Różnice w głębokościach uszkodzeń na poziomie 1,0-1,5 mm mogą dla większości odbiorców drewna nie mieć większego znaczenia. Praktyka pokazuje, że uwzględnia się tę wadę w warunkach technicznych na surowiec średniowymiarowy w szeregu krajów europejskich, dopuszczając uszkodzenia po harwesterze łącznie do 2 cm.

Odmienna budowa i pokrój drzew iglastych i liściastych, a także różnice w grubości kory były powodem podjęcia badań głębokości uszkodzeń surowca drzewnego od kolców walców podających trzech gatunków: olsza czarna (*Alnus glutinosa)*, sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) i świerk pospolity (*Picea abies* (L.) H. Karst). Analizowane gatunki charakteryzują się zbliżonym pokrojem oraz powszechnie występują i są pozyskiwane w Europie Środkowej jednakże wykazują odmienne właściwości fizyczne i mechaniczne drewna, przy czym olsza charakteryzuje się grubszą korą oraz wyższą gęstością drewna. Głównym celem doświadczeń było zbadanie wpływu pozyskiwanego gatunku drewna na rozmiar uszkodzenia surowca drzewnego. Badania prowadzono na drewnie średniowymiarowym w postaci wałków o długości 2,40 m (drewno iglaste) lub 2,50 m (drewno liściaste) pozyskanym harwesterem Valmet 911.4 z głowicą 360.2.. Ważnym elementem metodycznym niniejszej pracy było zbadanie trzech gatunków drewna pozyskanego przez jednego operatora, tą samą maszyną i z zastosowaniem tej samej głowicy. Porównanie uszkodzeń u trzech gatunków wykazało, że wraz ze wzrostem grubości kory zmniejszała się głębokość uszkodzeń drewna. **Uszkodzenia wałków olszowych w postaci wgnieceń i wyżłobionych włókien drewna były płytkie przyjmując wartości od 1,7 do 3,7 mm i znacznie mniejsze niż w przypadku wałków iglastych. W przypadku świerka uszkodzenia wynosiły od 3,9 do 5,6 mm natomiast największe odnotowano na sośnie: od 5,9 do 7,8 mm.** Należy zaznaczyć, że uszkodzenia wałków środkowych i wierzchołkowych dla każdego gatunku były podobne, a głębokość mało zróżnicowana na całej długości wyrabianych sortymentów. Badania dowiodły, że uszkodzenia tylko nieznacznie obniżyły jakość drewna średniowymiarowego a zastosowanie harwestera Valmet 911.4 powoduje mniejsze uszkodzenia drewna olszowego (charakteryzującego się grubszą korą) niż iglastego (sosna i świerk).

Obiecujące wyniki badań nad jakością średniowymiarowego drewna olszowego po pozyskaniu harwesterem skłoniły do ich rozszerzenia i zweryfikowania w cennym surowcu sklejkowym. W tym przypadku szczególnie uszkodzenie pobocznicy od walców podających głowicy harwestera może wpływać na potencjalne obniżenie wydajności materiałowej poprzez uszkodzenie najcenniejszych zewnętrznych warstwy surowca łuszczarskiego. W tym celu określono głębokości uszkodzeń od walców podających pobocznicy drewna oraz ustalono straty w miąższości drewna, które w przypadku nieszkodzenia mogłoby stanowić sortyment łuszczarski. Wyróbkę, okrzesywanie i manipulację sortymentów sklejkowych wykonano za pomocą harwestera Valmet 911.4 z głowicą 360.2. W wyniku przeprowadzonych badań wykazano uszkodzenie sortymentu łuszczarskiego kolcami walców podających oznaczające redukcję szerokości ścianki użytkowej i zmniejszenie pełnego wykorzystania cennego surowca. **Ubytek miąższości potencjonalnego surowca łuszczarskiego wyniósł od 2 do 4%. Należy jednak zaznaczyć, że uszkodzenia olszowego surowca łuszczarskiego kształtowały się na zbliżonym poziomie do głębokości uszkodzeń obserwowanych we wcześniejszych badaniach na drewnie średniowymiarowym.** Utylitarnym efektem badań jest propozycja modyfikacji procesu technologicznego pozyskiwania drewna sklejkowego

harwesterem. Po zakończonej ścince i obalaniu drzewa harwester nie rozpoczyna automatycznie jego okrzesywania i zamiast tego pozycjonuje głowicę do ugałęzionego fragmentu pnia, odcinając pień pozbawiony gałęzi a następnie okrzesuje i przerzyna sortymenty z korony drzewa. Dzięki temu odziomkowa część pnia nie ulega uszkodzeniu przez walce. Następnie odbierający drewno winien dokonać manipulacji części odziomkowej, która w zależności od jakości i przeznaczenia zostanie rozcięta na sortymenty przez harwester bądź pilarza.

Bembenek M. Jelonek T., Woszczyk M., Giefing D. F., Karaszewski Z., Kruszyk R., Tomczak A., Mederski P. S. 2015. Carbon Content in Juvenile and Mature Wood of Scots Pine (Pinus sylvestris L.). Baltic Forestry 21 (2): 279-284

Karaszewski Z., **Bembenek M**., Mederski P.S., Szczepańska-Alvarez A., Byczkowski R., Kozłowska A., Michnowicz K., Przytuła W., Giefing D.F. 2013. Identifying beech round wood quality distributions and the influence of defects on grading. Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty (56) 189: 39-54.

Karaszewski Z., Łacka A., Mederski P.S, Noskowiak A., **Bembenek M**. 2016a. Damage caused by harvester head feed rollers to alder, pine, and spruce. Drewno 59 (197): 77-88

Karaszewski Z., Łacka A., **Bembenek M.,** Mederski P.S. 2016b. Rozmiar uszkodzeń i strat olszowego drewna łuszczarskiego pozyskiwanego harwesterem Valmet 911.4 z głowicą 360.2. Sylwan 160(12): 1002-1009

Karaszewski Z**.,** Łacka A., Mederski PS., **Bembenek M**. 2018. Impact of season and harvester engine RPM on pine wood damage from feed roller spikes. Croatian Journal of Forest Engineering 39(2): 41-49

Mederski P.S., **Bembenek M.,** Karaszewski Z., Giefing D.F., Sulima E., Gierszewska M. 2015. Density and mechanical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from a seedling seed orchard. Drewno 58 (195): 117-124.

Węgiel, A., **Bembenek, M.,** Łacka, A., Mederski, P.S., 2018: Relationship between Scots pine stand density and value of timber assortments. New Zealand Journal of Forestry Science 48(12): 1-9

Wertz, B., **Bembenek, M.,** Karaszewski, Z., Ochał, W., Skorupski, M., Strzeliński, P., Mederski, P. S. 2020. Impact of Stand Density and Tree Social Status on Aboveground Biomass Allocation of Scots Pine Pinus sylvestris L. *Forests*, *11*(7), 765

5.2.3. Pozyskiwanie drewna liściastego

Możliwość aktywnego uczestnictwa w latach 2005 – 2007 w międzynarodowym projekcie badawczym Forstinno (Development of… 2005) pozwoliła na rozszerzenia mojego warsztatu badawczego z zakresu zmechanizowanego pozyskiwania drewna w drzewostanach liściastych. Konsekwencją tego było opublikowanie prac z zakresu wpływu na środowisko (Bembenek et al. 2008, Bembenek et al. 2011) i wydajności (Mederski et al. 2010) technologii ręczno-maszynowych. Badania dotyczyły procesów technologicznych pozyskiwania drewna w rębniach bukowych a w szczególności porównania zrywki tradycyjnym skiderem linowym i nowoczesnym skiderem chwytakowym oraz wskazania różnic w wydajności oraz uszkodzeniach gleby i odnowienia naturalnego. Badania dowiodły, że **zastosowanie skidera chwytakowego zwiększa istotnie wydajność zrywki a jednocześnie pomimo większych rozmiarów maszyny redukuje poziom uszkodzeń odnowień naturalnych jak również zmniejsza negatywny wpływ na glebę poprzez ograniczenie powierzchni kolein**

jedynie do zaprojektowanej sieci szlaków zrywkowych. Zaobserwowano jednak, że użycie w procesie technologicznym większego skidera chwytakowego prowadzi do wzrostu zagęszczenia gleby jak również jej zwięzłości, szczególnie na poziomie 10 i 20 cm. Mając na uwadze wyniki przeprowadzonego eksperymentu z uwagi na duże zmiany właściwości gleb **należy w drzewostanach liściastych tworzyć stałe szlaki gospodarcze, które będą minimalizowały obszar uszkodzeń a zarazem pełniły funkcje hodowlane i ochronne**.

Rosnący udział drzewostanów liściastych w Unii Europejskiej oraz malejący rynek robotników leśnych był przyczynkiem do przeprowadzenia pionierskich badań nad wykorzystaniem harwestera w drzewostanach bukowych (Mederski et al. 2018) i brzozowych (Mederski et al. 2011). Badania te wykonano w międzynarodowym zespole pod kierownictwem prof. Jörna Erlera w ramach projektu Forstinno. Harwester został wyposażony w prototypową głowicę CTL 40 HW, której pewne elementy jak skrócona rama, udoskonalony docisk walców podających oraz ruchomy nóż okrzesujący pozwoliły na efektywne pozyskiwanie i manipulację sortymentów. **W toku przeprowadzonych prac ustalono wydajność operacyjną, która wyniosła dla buka 10,10 m3 h^{-1}, natomiast w przypadku brzozy była jeszcze większa osiągając 13,4 m3·h^{-1}.** Zarówno dla buka jak i dla brzozy jakość pozyskanych sortymentów wielkowymiarowych była zadowalająca, natomiast wałki z wierzchołkowych części drzew charakteryzowały się niedokładnościami na długości oraz gorszą jakością okrzesywania. Analiza wpływu technologii na środowisko leśne wykazała nie przekraczający 7% poziom uszkodzeń drzew w pozostałym po zabiegu drzewostanie oraz wzrost gęstości gleby o 0,16-0,21 g·cm^{-3} na szlakach operacyjnych.

Badania nad możliwością pozyskiwania drewna i jego niektórymi właściwościami z drzewostanów odroślowych są związane z moim zaangażowaniem w projekt Eurocoppice, gdzie pełniłem rolę członka zarządzającego. Badania dotyczyły odroślowych drzewostanów dębowych i olszowych uznawanych za drzewostany o pogorszonej jakości technicznej, głównie z powodu występujących wad kształtu, w tym krzywizny, napływów korzeniowych i zgrubienia odziomkowego (Karaszewski et al. 2017). **Celem badań była dokładność wyrzynki średniowymiarowego drewna olszowego i dębowego pochodzącego z lasów odroślowych w II i III klasie wieku.** Dodatkowym elementem rozróżniającym było pozyskanie w trakcie i poza sezonem wegetacyjnym. Uzyskano wysokie dokładności wyrzynki dla obu gatunków. Drewno olszowe zostało wyrobione z dokładnością 252,4 cm zarówno latem jak i zimą. Drewno dębowe w trakcie sezonu zostało wyrobione ze średnią długością 252,0 cm, natomiast poza sezonem z mniejszą dokładnością i średnią długością 253,8 cm. Dla obu gatunków lepsza dokładność wyrzynki obserwowana była podczas sezonu wegetacyjnego. Większość sortymentów uzyskała długość zgodną z warunkami technicznymi a sortymenty nie spełniające warunków najczęściej za długie. **Uzyskana jakość sortymentów jest poprawna i pozwala na zmechanizowanie pracy w dębowych**

i olszowych drzewostanach odroślowych II i III klasy wieku pod warunkiem przeznaczenia pozyskanego surowca na przerób płytowy lub papierniczy.

W ostatnim czasie obserwowany postęp w rozwoju konstrukcji głowic do pozyskiwania drewna skłonił mnie do udziału w badaniach nad pozyskiwaniem dęba (Mederski et al. 2018) oraz brzozy (Rosińska et al. 2022) głowicami przeznaczonymi w standardzie do drzew iglastych. Celem badań w przypadku drzewostanów dębowych było określenie dokładności wyrzynki wałków pochodzących z odziomkowej, środkowej i wierzchołkowej części drzew. Badanie przeprowadzono w 61-letnim drzewostanie dębowym używając harwestera Ponsse Ergo z głowicą H7. Analizie poddano 280 wałków, w tym po 69 odziomkowych i wierzchołkowych oraz 142 środkowe. Najwięcej **sortymentów spełniających wymagania pochodziło z części środkowej pnia (93%), następnie z części odziomkowej (91%) oraz z części wierzchołkowej (88%).** Najwięcej zbyt krótkich wałków pochodziło z części wierzchołkowej (9%), podczas gdy wałki odziomkowe były najczęściej zbyt długie (6%). Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że **w celu ograniczenia niedokładności wyrzynki należy stosować różne ustawienia długości wałków (w oknach pomiarowych) w zależności od strefy pnia**. Celem kompleksowych badań w przypadku brzozy było określenie wydajności harwestera ze szczególnym uwzględnieniem procesowania wałków z wierzchołkowej części drzewa. Badania przeprowadzono podczas trzebieży nizinnych drzewostanów liściastych i mieszanych zlokalizowanych w północnej Polsce, zakładając 21 powierzchni próbnych w 16 lokalizacjach. Do prac wykorzystano 9 harwesterów, które pozyskiwały drzewa o średniej średnicy 23,7 cm i średniej wysokości 21,7 m. **Wydajność wynosiła średnio 21,98 m^3 h^{-1} a maksymalnie nawet 44,66 m^3 h^{-1}** i zależała głównie od wielkości pozyskiwanych drzew. Potwierdzono również zależność pomiędzy górnej średnicą ostatniego wałka a pierśnicą. **Opracowany na podstawie tychże wyników model może być wykorzystany do predykcji objętości biomasy użytkowej z drzewostanów brzozowych w przypadku wykorzystania harwesterów do trzebieży.**

Dotychczas przeprowadzone z moim udziałem doświadczenia z zakresu pozyskiwania drewna liściastego wielokrotnie były przedmiotem dyskusji na branżowych konferencjach i miały istotny wpływ na nawiązanie współpracy z naukowcami wiodących europejskich ośrodków badawczych specjalizujących się w problematyce zmechanizowanego pozyskiwania drewna pozyskiwania. Efektem tego jest przeglądowa **publikacja opisująca aktualny stan wykorzystania harwesterów oraz skuteczność zmechanizowanych procesów pozyskiwania drewna w drzewostanach liściastych i mieszanych w Europie, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów wydajności i jakości surowca drzewnego** (Mederski et al. 2022). Dodatkowym celem artykułu było zidentyfikowanie największych aktualnie trudności związanych z pozyskiwaniem drzew liściastych oraz wskazanie przyszłych wyzwań i obszarów wymagających poprawy. Analizując dotychczasowe wyniki badań z tego zakresu zaobserwowano, że głowice harwesterów opracowane do tej pory dla gatunków drzew liściastych były stosowane głównie w Europie Środkowej, gdzie duża

częstość występowania gatunków drzew liściastych i ich szczególne cechy morfologiczne (grube gałęzie i wymiatanie) są głównym wyzwaniem dla technologii.

Rozpoczęte w 2005 roku i jedne z kluczowych dla mojego rozwoju naukowego badania nad pozyskiwaniem drewna liściastego połączone ze współpracą w międzynarodowym zespole naukowców, konstruktorów i przedstawicieli przemysłu maszynowego uwieńczone zostały **opatentowaniem głowicy do ścinki i okrzesywania finalnie nadanym 09 grudnia 2021 w Niemieckim Urzędzie Patentowym i opublikowanym jako DE102016114579A1 - głowica harwestera do drewna liściastego** przez Europejski Urząd Patentowy – Espacenet (Knobloch et al. 2021). Mój wkład w powstanie patentu obejmował: współpracę w przygotowaniu koncepcji określającej wartości brzegowe dla konstrukcji podzespołów okrzesujących głowicy w odniesieniu do istotnych biometrycznych parametrów drzew liściastych i ich wpływu na sukces w okrzesywaniu.

Bembenek, M., Mederski, P.S., Stuhlmann, C., Giefing, D.F., 2008. Wpływ zrywki drewna skiderem chwytakowym na glebę w rębnych drzewostanach bukowych. W: Różański, H., Jabłoński, J. (Red.), Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. UP – KTL, Poznań, ss. 135-142.

Bembenek, M., Mederski, P.S., Erler, J., Giefing, D.F., 2011. Results of large-size timber extraction with a grapple skidder. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(3), 5-14.

COST Action FP1301 Eurocoppice Innovative management and multifunctional utilization of traditional coppice forests - an answer to future ecological, economic and social challenges in the European forestry sector. Program finansowany przez Komisję Europejską w ramach European Concerted Research Action – COST, członek Komitetu Zarządzającego projektem (2013-2017).

Development of ecologically compatible, highly productive method of timber harvesting for Central European forestry FORSTINNO (COOP-CT-2005-512681). Projekt badawczy finansowany w 6 Programie Ramowym Unii Europejskiej, kierownik projektu: prof. dr hab. Jörn Erler, Technische Universität Dresdenn (2005-2007).

Karaszewski Z., **Bembenek M.,** Mederski PS., Rosińska M., Tsioras PS. 2017. Bucking accuracy of alder and oak logs harvested in coppice stands during and after growing season. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 100: 66-71

Knobloch Ch., Erler J., Kurde S., Kurde M., **Bembenek M.**, Mederski. P.S. 2021. Harvesterkopf für die Holzernte und Messeranordnung. Deutsches Patent - und Markenamt. Published as DE102016114579A1 Harvesterkopf für Laubholz. European Patent Office - Espacenet

Mederski P. S., **Bembenek M**., Erler J., Giefing D.F., Karaszewski Z. 2010. The enhancement of skidding productivity resulting from changes in construction: grapple skidder vs rope skidder. W: Cavalli R., Grigolato S. (eds.), Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment. Formec 2010, Padova, ss. 1-6

Mederski, P.S., **Bembenek, M.,** Mendow, N., Giefing, D.F., Jakubowski, M., 2008. Pozyskiwanie buka harwesterem z głowicą do drzew liściastych CTL 40HW. W: Różański, H., Jabłoński, J. (Red.), Tendencje i problemy techniki leśnej w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. UP – KTL, Poznań, ss. 56-62

Mederski, P.S., **Bembenek, M.,** Erler, J., Giefing, D.F., 2011. Effects of innovative thinning operation in a birch stand. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10(4), 29-38

Mederski P.S., Karaszewski Z., **Bembenek M.,** Łacka A. 2018. Investigation of Log Length Accuracy and Harvester Efficiency in Processing of Oak Trees. Croatian Journal of Forest Engineering 39 (2): 173:181

Mederski, P. S., Schweier, J., Đuka, A., Tsioras, P., Bont, L. G., **Bembenek, M**. 2022: Mechanised Harvesting of Broadleaved Tree Species in Europe. *Current Forestry Reports*, 1-19.

Rosińska, M., **Bembenek, M**., Picchio, R., Karaszewski, Z., Đuka, A., Mederski, P. S. 2022: Determining Harvester Productivity Curves of Thinning Operations in Birch Stands of Central Europe. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, *43*(1), 1-12.

6. OMOWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘC ORGANIZACYJNYCH I DYDAKTYCZNYCH

Podczas mojego zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu brałem udział w działalności organizacyjnej Uczelni. Od roku 2014 do 2020 byłem członkiem Wydziałowej Komisji Wyborczej, natomiast w roku 2017 byłem członkiem Uczelnianej Komisji Rekrutacyjnej. W latach 2013-2017 uczestniczyłem jako członek w Komisji Dyscyplinarnej dla Doktorantów. W czasie zatrudnienia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu, w 2019 roku, uczestniczyłem w pracach komisji w dwóch przewodach doktorskich. Moja praca i działalność naukowa na Uczelni została 6-krotnie (w latach: 2006, 2007, 2009, 2014, 2019, 2020) doceniona nagrodami zespołowymi JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, za oryginalne i twórcze osiągniecia naukowe udokumentowane publikacjami.

W październiku 2004 roku rozpocząłem jako nauczyciel akademicki realizować ćwiczenia kameralne i terenowe z przedmiotu pozyskiwanie drewna. W roku 2005 zostałem powołany na kierownika tego przedmiotu i do dziś realizuję w jego ramach również autorskie wykłady. Dodatkowo prowadzę ćwiczenia terenowe oraz ćwiczenia kameralne z przedmiotów użytkowanie lasu oraz surowce leśne.

Rozpoczęta podczas mojego stażu naukowego w roku 2001 współpraca z naukowcami z **Technische Universität Dresden** zaowocowała w latach 2006-2009 przeprowadzeniem przeze mnie w języku niemieckim 20 godzin **wykładów „Wirtschaft und Forstwirtschaft Osteuropas – Polen"** zamawianych na tamtejszej uczelni. Kontynuacją tejże współpracy było 25 godzin **wykładów „Forest management and wood sector in Poland"** przeprowadzonych w latach 2010-2013 w ramach programu LPP Erasmus. W roku 2015 zrealizowałem 5 godzin **wykładów „Forest operations in Poland, forest management and wood sector in Poland"** na wydziale Leśnym **Universität für Bodenkultur Wien**. Zajęcie te realizowane były również w ramach projektu LPP Erasmus.

Dotychczas podczas mojej pracy naukowo-dydaktycznej w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu byłem promotorem obronionych 85 prac dyplomowych, w tym 37 prac magisterskich i 48 prac inżynierskich.

7. PODSUMOWANIE DOTYCHCZASOWEJ DZIAŁALNOSCI NAUKOWEJ

W moim dorobku naukowym znajdują się **54 publikacje** oraz jeden **patent**, w tym 53 publikacje oraz patent zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia naukowego doktora. **Wśród nich 24 artykuły opublikowane zostały w czasopismach indeksowanych przez Journal Citation Report.** W tym w czasopismach z pierwszego (Q1) 5 prac, drugiego (Q2) kwartyla 5 prac, trzeciego (Q3) kwartyla 8 prac, czwartego (Q4) kwartyla 6 prac. Sumaryczny współczynnik wpływu (*Impact Factor*) opublikowanych prac w roku opublikowania wynosi **IF = 39,245** (Tabela 1). Suma punktów za prace opublikowane **po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 1104** (444 punkty do 2018 roku oraz 660 punktów w latach 2019-2022), **indeks Hirscha wg bazy Web of Science wynosi H = 10**, a sumaryczna liczba cytowań wynosi 260, w tym 192 bez cytowań własnych.

Wyniki realizowanych przeze mnie badań, jako autor lub współautor, zostały zaprezentowane 8 razy w formie posteru oraz 51 razy w formie wygłoszonego referatu (Tabela 2) na kilkudziesięciu konferencjach naukowych, w tym również na prestiżowych, międzynarodowych konferencjach w Polsce (IUFRO/EFI, Warszawa 2007), Japonii (IUFRO, Sapporo 2008), Włoszech (FORMEC, Padwa 2010), Rosji (St Petersburg 2013), Francji (FORMEC/FEC 2014), Austrii (FORMEC, Gratz 2015) i Nowej Zeladii (FEC, Rotorua 2018). Próby podejmowanych badań, poddane krytyce na wymienionych konferencjach, miały istotny wpływ na ostateczne opracowanie i przygotowanie publikacji wchodzących w skład osiągniecia naukowego pt: „**Efektywność zmechanizowanego pozyskiwania drewna w zależności od składu gatunkowego i wieku drzewostanów przedrębnych**".

Odbyłem dwa staże zagraniczne: dwutygodniowy w Nowej Zelandii oraz roczny w Niemczech. Jedną z konsekwencji stażu naukowego na Wydziale Leśnym w Tharandtcie było rozpoczęcie współpracy z Katedrą Techniki Leśnej, kierowaną przez Profesora Jörna Erlera. Zaowocowało to powołaniem mnie na głównego wykonawcę zadań w międzynarodowym projekcie ForstInno (Development of ecologically compatible, highly productive method of timber harvesting for Central European forestry) finansowanym w 6 Programie Ramowym Unii Europejskiej. Uczestnictwo w tym projekcie pozwoliło mi na nawiązanie kontaktów z praktykami i naukowcami z całej Europy specjalizującymi się w najnowszych technologiach pozyskiwania drewna, i miało ważne znaczenie dla rozwoju moich dalszych zainteresowań.

Zarówno staż naukowy jak i udział w projekcie badawczym finansowanym w 6 Programie Ramowym Unii Europejskiej, pozwoliły na kontakt z naukowcami ważnych europejskich ośrodków badawczych. **Wynikiem tego są wspólne publikacje z pracownikami naukowymi najważniejszych ośrodków europejskich specjalizujących się w użytkowaniu lasu**: Technische Universität Dresden (Niemcy), Aristotle University of Thessaloniki (Grecja), Tuscia University (Włochy), Technological Institute FCBA (Francja), University of Zagreb (Chorwacja), Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (Szwajcaria).

Tabela 1. Liczba publikacji, punktów MNiSW oraz Impact factor za publikacje przed i po uzyskaniu stopnia doktora

	Przed uzyskaniem stopnia doktora			Po uzyskaniu stopnia doktora				Razem		
	N	IF	MNiSW	N	IF	MNISW do 2018	MNISW od 2019	N	IF	MNiSW
Publikacje naukowe w czasopismach z JRC	0	0	0	24	39,245	320	640	24	39,245	960
Publikacje naukowe w recenzowanych czasopismach spoza JRC	0	0	0	27	0	124	20	27	0	144
Publikacje popularno-naukowe	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0
SUMA	**1**	**0**	**0**	**53**	**39,245**	**444**	**660**	**54**	**39,245**	**1104**

Tabela 2. Komunikaty konferencyjne przed i po uzyskaniu stopnia doktora

		Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Razem
Konferencje międzynarodowe	Referat	3	29	32
	Plakat	0	8	8
Konferencje krajowe	Referat	1	18	19
	Plakat	0	0	0
SUMA		**4**	**55**	**59**

PODPIS ZAUFANY
MARIUSZ
BEMBENEK
30.06.2022 14:05:33 [GMT+2]
Dokument podpisany elektronicznie podpisem zaufanym

Poznań, 29 czerwca 2022 Mariusz Bembenek