

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Izabela Burawska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

2015 – doktor nauk leśnych w dyscyplinie drzewnictwo (dyplom uznania przyznany Uchwałą Rady Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie z dnia 16.12.2015 r. za wyróżniającą pracę doktorską), tytuł rozprawy doktorskiej „Lokalne wzmocnienie drewna konstrukcyjnego sosnowego (*Pinus sylvestris* L.)”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna

2012 – magister inżynier budownictwa, tytuł pracy magisterskiej „Badania zmian wytrzymałości osłabionych drewnianych belek zginanych przy ich wzmocnieniu włóknem węglowym”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

2010 – inżynier budownictwa, tytuł pracy inżynierskiej „Możliwości wykorzystania gruntowych zasobników ciepła w budynkach jednorodzinnych na wybranych przykładach”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

2009 – magister inżynier technologii drewna, tytuł pracy magisterskiej „Analiza technologii wykonania oraz zasad projektowania dźwigarów klejonych warstwowo w firmie Andrewex w Cierpicach”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna

2008 – inżynier technologii drewna, tytuł pracy inżynierskiej „Koncepcja konstrukcji drewnianego budynku o powierzchni użytkowej 150 m² w systemie szkieletu kanadyjskiego”, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Technologii Drewna

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

2016 – obecnie – adiunkt w Katedrze Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym, Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

- 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej**

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Wzrost efektywności materiałowej jako implikacja systemowego doboru drewna okrągłego w kontekście produkcji sosnowej tarcicy konstrukcyjnej

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

- 1. Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Mańkowski P., Grześkiewicz M., Mazurek A. 2019: The influence of pine logs (*Pinus sylvestris* L.) quality class on the mechanical properties of timber. BioResources 14 (4), 9287-9297 (IF₂₀₁₉: 1,409/ Pkt MNiSW: 100)**

Mój wkład w realizację pracy polegał na współtworzeniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz współpracy przy wykonaniu badań niszczących drewna. Wyznaczyłam globalny moduł sprężystości przy zginaniu oraz wytrzymałość na zginanie statyczne, których wartości średnie wraz z podstawowymi danymi statystycznymi zostały przedstawione w tabeli 2 znajdującej się w manuskrypcie. Przygotowałam ostateczną wersję wykresów zależności między analizowanymi właściwościami drewna znajdujących się w manuskrypcie (rys. 3 – rys. 6). Ponadto przeprowadziłam statystyczną analizę wyników badań, których celem było określenie, czy klasa jakości kłód miała wpływ na kształtowanie się wartości właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy z nich pozyskanej. Dokonałam interpretacji wyników analizy statystycznej oraz współpracowałam nad szerszą analizą uzyskanych wyników badań. Opracowałam wstępną wersję manuskryptu, sformułowałam wnioski, współtworzyłam ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

- 2. Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Mańkowski P., Grześkiewicz M. 2020: Quality and bending properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sawn timber. Forests 11 (11), 1200 (IF₂₀₂₀ 2,634/ Pkt MNiSW: 100)**

Mój wkład w realizację pracy polegał na opracowaniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz współpracy przy wykonaniu badań niszczących drewna. Dodatkowo, przeprowadziłam obliczenia wartości skorygowanych zgodnie z wytycznymi normy EN 308 (tabela 2 w manuskrypcie) i charakterystycznych właściwości fizycznych i mechanicznych drewna (tabela 3 w manuskrypcie), które były podstawą dla dokonania przyporządkowania klasom sortowniczym stanowiących wynik sortowania wytrzymałościowego metodą wizualną

– klas wytrzymałości C (zgodnie z EN 338). Ponadto, przeprowadziłam statystyczną analizę wyników badań mającą na celu weryfikację, czy właściwości fizyczne i mechaniczne tarcicy przyporządkowanej do różnych klas sortowniczych różnią się w sposób istotny statystycznie. Dokonałam interpretacji wyników analizy statystycznej oraz współpracowałam nad dalszą analizą uzyskanych wyników badań. Opracowałam wstępną wersję manuskryptu, sformułowałam wnioski, współtworzyłam ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

3. **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P., Krzosek S. 2021: Mechanical properties of machine stress graded sawn timber depending on the log type. *Forests* 12 (5), 532 (IF₂₀₂₁ 3,282/ Pkt MNiSW: 100)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy przy opracowaniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz wykonaniu badań niszczących drewna. Otrzymane wyniki badań skorygowałam o wymagane normą EN 384 współczynniki, a następnie, w odniesieniu do tarcicy o określonej klasie wytrzymałości C, pochodzącej z danego rodzaju kłód, o obliczonych skorygowanych wartościach właściwości fizycznych i mechanicznych, określiłam procentowe spełnienie wymagań normy EN 338 (tabela 1 w manuskrypcie). Ponadto, opracowałam rozkłady właściwości fizycznych i mechanicznych w obrębie klas wytrzymałości (rysunki 3-5 w manuskrypcie). Wykonałam analizę statystyczną otrzymanych wyników badań celem ustalenia, czy rodzaj kłód i klasa wytrzymałości C tarcicy mają wpływ na kształtowanie się jej właściwości fizycznych i mechanicznych. Dokonałam interpretacji wyników analizy statystycznej oraz współpracowałam przy dalszej analizie wyników badań. Współtworzyłam wstępną i ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

4. **Burawska-Kupniewska I.**, Krzosek S., Mańkowski P. 2021: Efficiency of visual and machine strength grading of sawn timber with respect to log type. *Forests* 12 (11), 1467 (IF₂₀₂₁ 3,282/ Pkt MNiSW: 100)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy przy opracowaniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz wykonaniu badań niszczących drewna. Dokonałam korekty otrzymanych wyników badań (gęstości, globalnego modułu sprężystości, wytrzymałości na zginanie statyczne) zgodnie z zaleceniami zawartymi w EN 384. Dodatkowo, opracowałam wszystkie rysunki zawarte w manuskrypcie (rys. 1 – 5), w tym dotyczące rozkładu obliczonych wartości właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy w zależności od jej jakości. Wykonałam analizę statystyczną otrzymanych wyników badań (ANOVA) celem weryfikacji, czy rodzaj kłód oraz jakość tarcicy z nich otrzymanej, wyrażona klasą wytrzymałości C i klasą sortowniczą, mają wpływ na kształtowanie się wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne. Dokonałam interpretacji wyników analizy statystycznej oraz współpracowałam przy dalszej, szczegółowej analizie wyników badań.

Tworzyłam wstępną i współtworzyłam ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

5. Krzosek S., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P. 2021: Geographical origin and log quality influence on the mechanical properties of Scots pine sawnwood. *BioResources* 16 (1), 669-683 (IF₂₀₂₁ 1,747/ Pkt MNiSW: 100)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy w zakresie opracowania koncepcji, zakresu, metodyki badań oraz wykonaniu badań wytrzymałościowych tarcicy pochodzącej z trzech krain przyrodniczo-leśnych. Współpracowałam przy opracowaniu szczegółowej charakterystyki pochodzenia materiału badawczego. Otrzymane wyniki badań – wartości gęstości tarcicy, jej globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne, przedstawione w tabeli 4 manuskryptu, zostały przeze mnie skorygowane o wymagane normą EN 384 współczynniki. Współpracowałam przy określeniu współczynników korelacji między badanymi cechami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy. Ponadto, cechy te poddałam analizie statystycznej ANOVA i post hoc (tabele 6, 7, 8 w manuskrypcie), celem weryfikacji, czy kraina przyrodniczo-leśna, z której pozyskano kłody oraz ich klasa jakości, mają wpływ na kształtowanie się właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy z nich pozyskanej. Współpracowałam przy szczegółowej analizie wyników badań i współtworzyłam wstępną i ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

6. Krzosek S., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P. 2020: The influence of Scots pine log type (*Pinus sylvestris* L.) on the mechanical properties of lumber. *Forests* 11 (12), 1257 (IF₂₀₂₀ 2,634/ Pkt MNiSW: 100)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy przy opracowaniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz wykonaniu badań niszczących drewna celem określenia globalnego modułu sprężystości przy zginaniu oraz wytrzymałości na zginanie statyczne. Otrzymane wyniki badań skorygowałam o wymagane normą EN 384 współczynniki. Dodatkowo, wykonałam analizę statystyczną (ANOVA i post-hoc) uzyskanych wyników badań, by zweryfikować czy rodzaj kłód i region geograficzny ich pochodzenia, mają wpływ na kształtowanie się wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne tarcicy. Współpracowałam przy szczegółowej analizie wyników badań i współtworzyłam ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

7. Krzosek S., Grześkiewicz M., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P., Wieruszewski M. 2021: Mechanical properties of polish-grown *Pinus sylvestris* L. structural sawn timber from the butt, middle and top logs. *Wood Research* 66 (2), 231-242 (IF₂₀₂₁ 1,254/ Pkt MNiSW: 70)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy przy opracowaniu koncepcji, zakresu i metodyki badań oraz wykonaniu badań niszczących drewna celem określenia globalnego modułu sprężystości przy zginaniu oraz wytrzymałości na zginanie statyczne. Otrzymane wartości właściwości fizycznych i mechanicznych poddałam korekcie z uwagi na wytyczne zawarte w normie EN 384. Współpracowałam przy szczegółowej analizie uzyskanych wyników badań i współtworzyłam ostateczną wersję manuskryptu.

8. Mańkowski P., **Burawska-Kupniewska I.**, Krzosek S., Grześkiewicz M. 2020: Influence of pine (*Pinus sylvestris* L.) growth rings width on the strength properties of structural sawn timber. *BioResources* 15 (3), 5402-5416 (IF₂₀₂₀ 1,614/ Pkt MNiSW: 100)

Mój wkład w realizację pracy polegał na współpracy w zakresie opracowania koncepcji, zakresu pracy oraz metodyki badań. Dodatkowo, współpracowałam przy wykonaniu badań niszczących drewna celem wyznaczenia globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne. Na podstawie wytycznych normy EN 384 dokonałam korekty otrzymanych wyników. Ponadto, wykonałam analizę statystyczną ANOVA i post hoc, mającą na celu weryfikację, czy klasa jakości oraz rodzaj kłód mają wpływ na kształtowanie się właściwości fizycznych (gęstość, szerokość przyrostów rocznych) i mechanicznych (globalny moduł sprężystości, wytrzymałość na zginanie statyczne) tarcicy. Współpracowałam przy dalszej analizie otrzymanych wyników badań. Współtworzyłam wstępną i ostateczną wersję manuskryptu. Byłam autorem korespondencyjnym publikacji.

Sumaryczny IF: 17,856; Pkt MNiSW: 770

Osiągnięcie naukowe w postaci cyklu ośmiu publikacji stanowi podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego nauk leśnych w dyscyplinie drzewnictwo. Publikacje te są częścią prac w obrębie realizowanego w latach 2018-2022 projektu badawczo-rozwojowego w ramach programu sektorowego Biostrateg „Poprawa efektywności procesowej i materiałowej w przemyśle tartacznym”, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Oświadczenia współautorów prac wraz z określeniem ich indywidualnego udziału przedstawiono w załączniku nr 6. Żadna z przedstawionych prac nie była częścią monotematycznego cyklu prac w innym postępowaniu o nadanie stopnia doktora lub doktora habilitowanego, jak również nie stanowiła części wykazu dorobku w postępowaniu o nadanie tytułu profesora.

4.3. Wstęp do zagadnień poruszanych w ramach cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych

W ostatnich latach obserwuje się wzrastające zapotrzebowanie na drewno okrągłe przeznaczone do przerobu przemysłowego. Całkowita roczna produkcja drewna okrągłego w UE w 2020 r. wyniosła około 488 mln m³, co stanowi wzrost w stosunku do 2000 r. o 21%. Największy względny wzrost ilości pozyskanego drewna odnotowany został w Holandii (185%) i Czechach (126%). W Polsce, całkowita roczna produkcja drewna okrągłego w 2020 r. wyniosła 40,6 mln m³ (wzrost o 56% względem 2000 r.), z czego 35,9 mln m³ przeznaczone było do przerobu przemysłowego (EUROSTAT 2022).

W roku 2020 globalna produkcja tarcicy ogółem wyniosła 473 mln m³, co w porównaniu do 2000 roku stanowi wzrost o 23% (FAO 2022). Wydajna i efektywna produkcja tarcicy wymaga dostarczenia odpowiedniej jakości drewna okrągłego na poszczególne rynki, celem optymalizacji jego wartości i zapewnienia konkurencyjności rynku. Charakterystyczną cechą drewna, utrudniającą jego zastosowanie jako materiału konstrukcyjnego, jest zmienność właściwości mechanicznych i gęstości nawet w obrębie tego samego gatunku (Obede et al. 2012, Christoforo et al. 2015). Właściwości drewna są zależne m.in. od warunków wzrostu drzewa: rodzaju gleby, klimatu czy wieku drzewa (Zobel 1989, Savidge 2003, Mederski et al. 2015, Zeidler et al. 2018, Rocha et al. 2019), a nawet od miejsca pobrania na długości pnia (Teischinger i Patzelt 2006, Kraler i Maderebner 2012, Johansson i Kliger 2000, Haartveit i Flæte 2002). Rozpoznanie walorów użytkowych drewna pochodzącego z różnych typów drzewostanów ma szczególne znaczenie praktyczne, ponieważ zrównoważona gospodarka leśna i drzewna jest kluczowym czynnikiem efektywnej gospodarki i łagodzenia zmian klimatycznych (Eriksson et al. 2012; Canadell i Schulze 2014).

Klasyfikacja kłód w lesie stanowi pierwszą ocenę jakości technicznej drewna i jest punktem wyjścia dla kolejnych działań, również w zakresie handlu drewnem i jego dalszego przetarcia. Przez wieki drewno charakteryzowane było pod względem jakości wyłącznie poprzez kontrolę wzrokową (Lycken 2006, Berglund et al. 2015). W rzeczywistości wiele cech drewna jest skorelowanych, przez co możliwe jest przeprowadzenie stosunkowo prostych pomiarów w terenie i wytypowanie kłód o pożądanych cechach jakościowych, które następnie przekładać się będą na wysoką wydajność otrzymywanego materiału tartacznego (Tsehaye et al. 2000a, Tsehaye et al. 2000b, Roos et al. 2001). Badania wykazały, że prawidłowo prowadzona gospodarka leśna może wpłynąć na zwiększenie ilości pozyskanego drewna okrągłego o najlepszej jakości (klasa A) o 97%, o średniej jakości (klasa B) o 68% , co jest równoznaczne ze spadkiem ilości pozyskanego drewna klasy jakości C (Carvalho et al. 2009). W efekcie przetarcia drewna okrągłego o wyższej jakości uzyskuje się typowo większy udział tarcicy o wyższych klasach wytrzymałości (Diaconu et al. 2015, Reventlow et al. 2019).

Przemysł drzewny posiada obecnie bardzo silną pozycję na rynku, na którą wpływa strategia produkcji sprawdzonego drewna konstrukcyjnego przy jak najlepszym wykorzystaniu zasobów leśnych (International Advisory Council on Global Bioeconomy 2020, Luttenberger 2020). Istotą efektywnego, przejrzystego i rozsądnego wykorzystania zasobów leśnych jest

dobór surowca okrągłego pod kątem pozyskania tarcicy dla konkretnego zastosowania. Zasadne jest przy tym uwzględnienie pochodzenia geograficznego drewna okrągłego, jego klasy jakości (Zarządzenie nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 r. wraz z późniejszymi zmianami), rodzaju kłody czy właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy możliwych do uzyskania w wyniku jego przetarcia. Coraz większe zapotrzebowanie na tarcicę o precyzyjnie oszacowanych cechach wytrzymałościowych spowodował wzrost znaczenia poprawności i efektywności przyjmowanych zasad sortowania. Jako przykład można tu wskazać drewno konstrukcyjne, którego produkcja musi spełniać wymagania normy EN 14081.

W budownictwie, do celów konstrukcyjnych, ze względów bezpieczeństwa oraz zgodnie z obowiązującymi wymogami prawnymi w Polsce, jaki i w innych krajach Unii Europejskiej, można stosować wyłącznie tarcicę o gwarantowanej wytrzymałości czyli tarcicę sortowaną wytrzymałościowo. Sortowanie maszynowe tarcicy konstrukcyjnej umożliwia przyporządkowanie jej do obowiązującej w całej UE klasy wytrzymałościowej C, wprowadzonej normą EN 338. Przyporządkowanie klas sortowniczych stanowiących wynik sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą wizualną, realizowanego na podstawie obowiązujących w różnych krajach norm, do klas wytrzymałościowych C regulowane jest zapisami normy EN 1912. W Polsce od lat trwają badania mające na celu wprowadzenie klas sortowniczych KW, KS i KG do normy EN 1912 (Dzbeński 1995, Szukała i Szumiński 2003, Noskowiak i Szumiński 2006, Krzosek 2009, Noskowiak 2017). Mimo utworzonej do tej pory bazy dotyczącej charakterystyki polskiego surowca, polskie klasy sortownicze nie są jeszcze uwzględnione w normie EN 1912. Polska jest jedynym krajem w UE, który jeszcze nie wprowadził tarcicy konstrukcyjnej do tej ważnej dla branży drzewnej i budownictwa drewnianego normy.

4.4. Cel naukowy i zakres badań

Celem badań było uzupełnienie istniejącego stanu wiedzy w zakresie efektywności produkcji drewna konstrukcyjnego. W ramach realizacji celu głównego, dokonano próby optymalizacji wykorzystania surowca drzewnego poprzez określenie wpływu pochodzenia, rodzaju i jakości kłód sosnowych na jakość techniczną tarcicy z nich pozyskiwanej. Określono zależności między pochodzeniem, rodzajem i jakością drewna okrągłego a badanymi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy. Uzyskane wyniki pozwolą na racjonalizację wykorzystania drewna poprzez bardziej świadomy dobór drewna okrągłego, co bezpośrednio przełoży się na wzrost efektywności materiałowej przetarcia. Aspekt ten ma wymiar zarówno ekologiczny jak i ekonomiczny.

Celem ekonomicznym podjętych działań było wskazanie obszarów, w których zasadne byłoby wprowadzenie zmian w warunkach technicznych mających zastosowanie do pomiaru i klasyfikacji surowca drzewnego, jak również normach branżowych dotyczących oceny jakościowej tarcicy. Wprowadzenie korekt do tych dokumentów miałyby skutkować ograniczeniem deficytu bazy surowcowej w Polsce poprzez wzrost efektywności pozyskania

drewna konstrukcyjnego o wysokich klasach wytrzymałości. Zagadnienie to ma również duże znaczenie użytkowe, bowiem bezpośrednio przekłada się na utrzymanie wysokiej konkurencyjności prężnie rozwijającej się gałęzi przemysłu, jaką stanowi drzewnictwo.

Kolejnym, użytkowym aspektem realizacji badań było uzupełnienie krajowej bazy, zawierającej dane dotyczące charakterystyki polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej. Istnienie kompleksowej bazy jest kluczowe dla zgłoszenia polskiej propozycji do Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, celem uzupełnienia zapisów normy EN 1912. Polska jest jedynym krajem w UE, który jeszcze nie wprowadził klas sortowniczych do tej ważnej dla branży drzewnej i budownictwa drewnianego normy.

W wyniku prowadzonych prac:

- określono korelacje między właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy (prace nr 1, 2, 5, 6, 7, 8),
- wskazano, że istnieje możliwość zwiększenia pewności sortowania wytrzymałościowego dokonywanego na podstawie modeli uwzględniających korelacje między właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy m.in. poprzez zapewnienie większej jednorodności materiału badawczego (prace nr 1, 2, 5, 6, 7, 8),
- dokonano analizy wpływu klas jakości kłód sosnowych (A, B, C) na wydajność sortowania pozyskanej z nich tarcicy, przeprowadzonego metodą wizualną i metodą maszynową (prace nr 1, 5, 8),
- dokonano analizy wpływu rodzaju kłód sosnowych (odziomek, środek, wierzchołek) na wydajność sortowania pozyskanej z nich tarcicy, przeprowadzonego metodą wizualną i metodą maszynową (prace nr 3, 4, 6, 7, 8),
- dokonano analizy wpływu regionu pochodzenia drewna okrągłego (krainy przyrodniczo-leśne) na jakość tarcicy z niego pozyskanej (prace nr 5, 6),
- określono i porównano wybrane właściwości fizyczne i mechaniczne drewna sosnowego pochodzącego z różnych siedlisk Polski (prace nr 5, 6),
- dokonano przyporządkowania klas sortowniczych stanowiących wynik sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą wizualną do klas wytrzymałościowych C (praca nr 2),
- określono rozkład właściwości wytrzymałościowych tarcicy w obrębie klas sortowniczych i klas wytrzymałości C (prace nr 2, 3, 4, 7).

4.5. Omówienie osiągniętych wyników

Praca nr 1

Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Mańkowski P., Grześkiewicz M., Mazurek A. 2019: The influence of pine logs (*Pinus sylvestris* L.) quality class on the mechanical properties of timber. *BioResources* 14 (4), 9287-9297

Analizy podejście do klasyfikacji drewna prowadzi do bardziej efektywnego, przejrzystego i rozsądnego wykorzystania zasobów leśnych. Jakość drewna okrągłego

opisywana jest poprzez zestaw cech związanych z wybranymi atrybutami wpływającymi na przyszłe wykorzystanie materiału, tj. średnicę pnia, jego długość, zbieżystość, obszar wolny od sęków, czy wady budowy drewna. Według normy PN-D-95017 (1992) drewnu wielkowymiarowemu iglastemu można przyporządkować 4 klasy jakości: A (najwyższą), B, C i D. Klasa jakości D, odnosząca się do surowca najniższej jakości, w bardzo ograniczonym stopniu nadaje się do przerobu przemysłowego, wobec czego jest rzadko zamawiana przez tartaki w Polsce. Najwięcej drewna okrągłego w polskich lasach spełnia natomiast wymagania klasy C i jest to klasa najczęściej kupowana przez tartaki. W związku z wzrastającym zapotrzebowaniem na drewno okrągłe przeznaczone do przerobu przemysłowego, przy jednoczesnym ograniczeniu dostępu do surowca wysokiej jakości, celem pracy była analiza wpływu klas jakości kłód sosnowych (A, B i C) na kształtowanie się wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy z nich pozyskanej oraz weryfikacja zmienności tych właściwości w obrębie danej klasy jakości kłód.

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu tarcicy sosnowej pochodzącej ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Tarcica (210 sztuk) została pozyskana z kłód o klasie jakości A (17 sztuk), B (87 sztuk) i C (106 sztuk). Badania laboratoryjne wykazały dużą zależność między wartościami globalnego (statycznego) i dynamicznego modułu sprężystości tarcicy. **Dodatkowo przy uwzględnieniu klasy jakości kłód, z których tarcica została pozyskana stwierdzono, że tarcica pozyskana z kłód o klasie jakości A przejawia wyższą zależność między wspomnianymi cechami ($R^2=0,96$) w stosunku do tarcicy pozyskanej z kłód o klasie jakości B ($R^2=0,91$), czy klasie jakości C ($R^2=0,84$).** Na podstawie analizy literatury można stwierdzić, że dynamiczny moduł sprężystości jest silnie zależny od gęstości drewna, natomiast w mniejszym stopniu od prędkości rozchodzenia się dźwięku (Zhang et al. 2011) czy częstotliwości wzbudzonych drgań w drewnie (Ponneth et al. 2014). Analiza otrzymanych średnich wartości modułów sprężystości (globalnego i dynamicznego) wykazała, że w przypadku tarcicy pochodzącej z kłód o klasie jakości A, średnia wartość dynamicznego modułu sprężystości tarcicy jest o ok. 7% wyższa od średniej wartości globalnego modułu sprężystości. Analogiczna zależność w przypadku tarcicy pochodzącej z kłód o klasie jakości B wynosi ok. 9%, zaś C – ok. 10%. Zjawisko to może świadczyć o tym, że **globalny moduł sprężystości tarcicy jest właściwością materiałową bardziej wrażliwą na obecność wad drewna, związanych bezpośrednio z jakością materiału wyjściowego (klas jakości kłód) niż dynamiczny moduł sprężystości.**

Istnieją niewystarczające doniesienia literaturowe dotyczące wpływu klasy jakości drewna okrągłego na kształtowanie się zależności między właściwościami fizycznymi i/lub mechanicznymi tarcicy. Zależności te wykorzystywane są przy tworzeniu różnego rodzaju modeli umożliwiających przewidywanie wartości charakterystycznych parametrów wytrzymałościowych (de Vries i Gard 2008). Analiza uzyskanych wyników badań wykazała, że **w przypadku tarcicy pozyskanej z kłód o wyższej klasie jakości uzyskuje się wyższe korelacje między danymi właściwościami fizycznymi i mechanicznymi – gęstości tarcicy, dynamicznego modułu sprężystości, globalnego modułu sprężystości oraz wytrzymałości na zginanie statyczne.** W przypadku tarcicy pozyskanej z kłód o niższej klasie jakości –

zależności te są odpowiednio mniejsze. W związku z tym można stwierdzić, że **modele numeryczne i analityczne służące przewidywaniu klas wytrzymałości dla tarcicy pochodzącej z kłód o wyższej klasie jakości są bardziej wiarygodne.**

Analiza statystyczna uzyskanych wyników badań (ANOVA) wykazała, że **klasa jakości kłód sosnowych ma wpływ na kształtowanie się parametrów fizycznych i mechanicznych tarcicy z nich pozyskanej jedynie w ograniczonym zakresie.** Tarcica pochodząca z kłód o wysokiej klasie jakości - A oraz B wykazała brak istotnych statystycznie różnic ($p < 0,05$) w kształtowaniu się jej parametrów fizycznych i mechanicznych (gęstości, globalnego modułu sprężystości, dynamicznego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne). Jedynie w przypadku tarcicy pochodzącej z kłód o najniższej analizowanej klasie jakości – C, stwierdzono statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) w wartościach właściwości fizycznych i mechanicznych, zarówno w stosunku do tarcicy pochodzącej z kłód o klasie jakości A, jak i B. Planowana jest kontynuacja badań w celu rozszerzenia analiz odniesionych do tarcicy sosnowej pochodzącej z kłód z kolejnych krain przyrodniczo-leśnych Polski. Dzięki temu będzie możliwa weryfikacja otrzymanych zależności. Jeśli okaże się, że w przypadku tarcicy sosnowej pozyskanej z kłód o klasie jakości A i B, pochodzących z kolejnych krain przyrodniczo-leśnych, również nie będą występowały statystycznie istotne różnice ($p < 0,05$) we właściwościach fizycznych i mechanicznych, wówczas celowe i uzasadnione ekonomicznie będą prace nad korektą obowiązujących zasad klasyfikacji jakościowej drewna okrągłego.

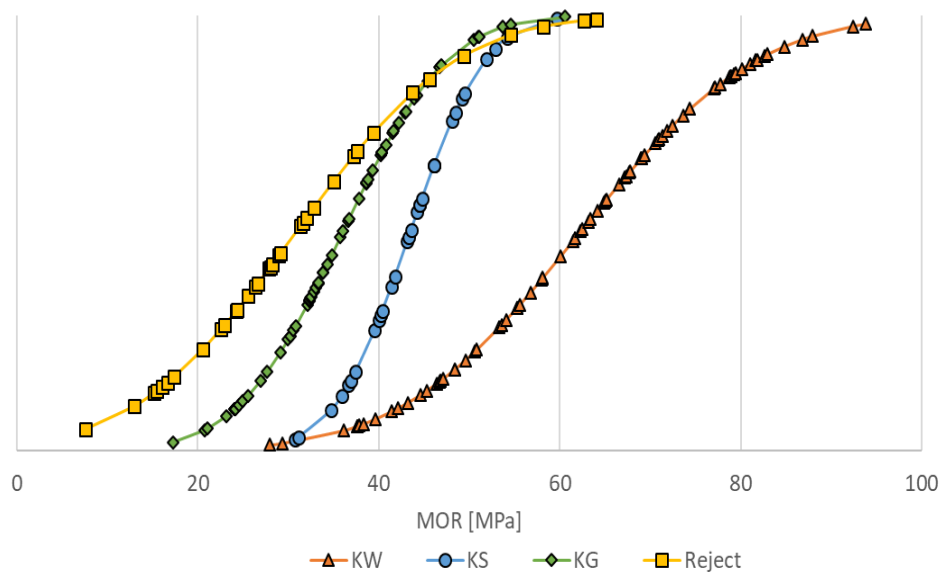
Praca nr 2

Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Mańkowski P., Grześkiewicz M. 2020: Quality and bending properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sawn timber. *Forests* 11 (11), 1200

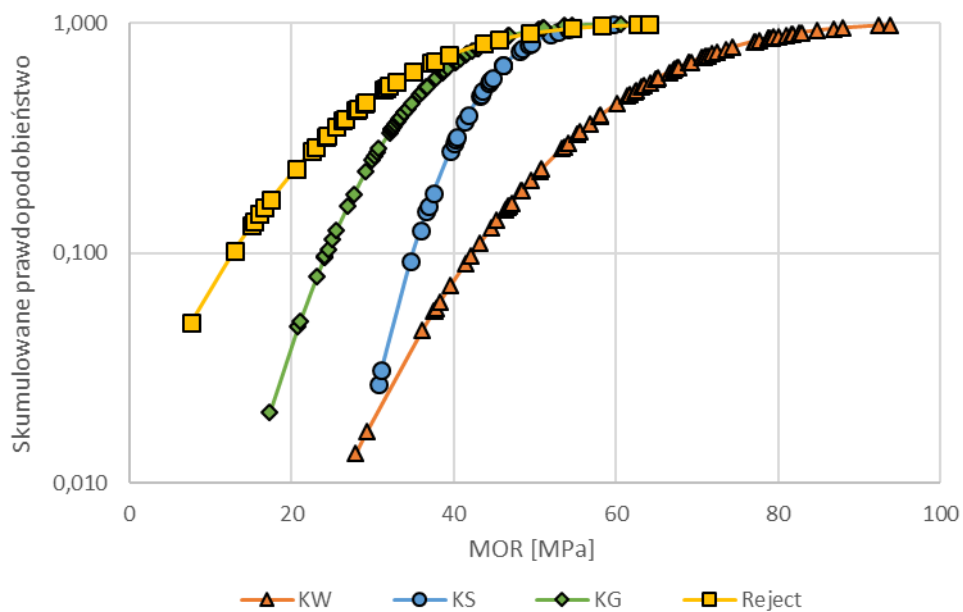
Potencjał polskiej bazy surowcowej do produkcji kwalifikowanego drewna konstrukcyjnego nie jest jeszcze dostatecznie rozpoznany. Wobec przyjętej strategii produkcji drewna konstrukcyjnego przy jak najbardziej efektywnym wykorzystaniu zasobów leśnych, celowe jest przeprowadzenie szeroko zakrojonych badań tarcicy konstrukcyjnej, uwzględniających określenie wydajności materiałowej surowca tartaczego, korzystnie w powiązaniu z jego pochodzeniem. Dodatkowo, celem użytkowym pracy było uzupełnienie istniejącego stanu wiedzy w zakresie przyporządkowania polskich klas sortowniczych tarcicy sosnowej do klas wytrzymałości C. Polska jest jedynym krajem w UE, który jeszcze nie wprowadził klas sortowniczych polskiej tarcicy konstrukcyjnej do normy EN 1912.

Badania wykonano przy wykorzystaniu tarcicy sosnowej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Tarcicę (210 sztuk) rozsortowano na klasy sortownicze KW, KS, KG i odrzut metodą wizualną według PN-D-94021 (2013). W efekcie sortowania partii tarcicy metodą wizualną, 83 sztuki zostały przypisane klasie KW (39.5% partii tarcicy), 31 sztuk klasie KS (14.8% partii tarcicy), 60 sztuk klasie KG (28.6% partii tarcicy), natomiast 36 sztuk (17,1%) zostało zaklasyfikowane jako odrzut.

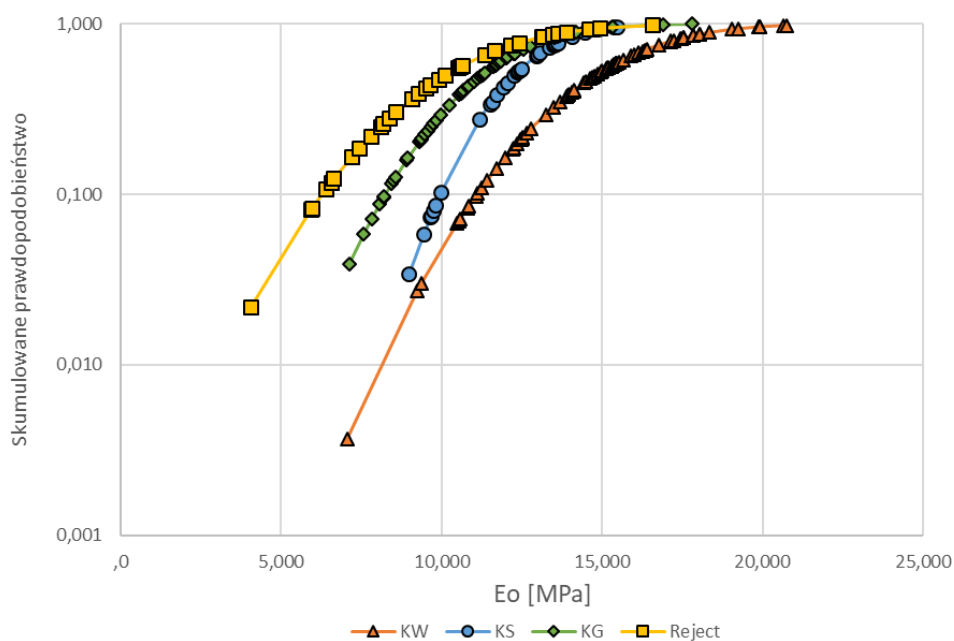
Na rysunku 1 przedstawiono skumulowane rozkłady wytrzymałości na zginanie statyczne tarcicy poszczególnych klas. W związku z tym, że skumulowany rozkład wytrzymałości utrudnia analizę wyników w dolnej i górnej części krzywej, na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wartości skumulowanego prawdopodobieństwa wystąpienia danej cechy (wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości wzdłuż włókien) w skali logarytmicznej. Analizując krzywe przedstawione na rysunkach 2 i 3 można zauważyć typowe przesunięcie względem siebie rozkładów wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości wzdłuż włókien, przedstawionych dla tarcicy zakwalifikowanej do poszczególnych klas sortowniczych (KW, KS, KG, odrzut). Większe wartości parametrów (wytrzymałości na zginanie statyczne oraz modułu sprężystości wzdłuż włókien) zostały osiągnięte przez tarcicę zakwalifikowaną w procesie sortowania wizualnego tarcicy do wyższych klas. Na rysunkach 2 i 3 zauważalna jest typowa, wysoka zmienność cechy w obrębie danej klasy sortowniczej. **Zmienność ta może zostać zredukowana poprzez staranniejszy dobór materiału badawczego, przykładowo, teoretycznie poprzez podział na podklasy w obrębie klas sortowniczych.** Inną z możliwości jest poprawa metod sortowniczych, w szczególności opracowanie modeli korelujących w większym stopniu cechy fizyczne i mechaniczne tarcicy z jej klasą sortowniczą oraz wytrzymałościową. **Mimo rozsortowania tarcicy (KW, KS, KG, odrzut), występuje wysoka zmienność badanych właściwości w obrębie klas sortowniczych (gęstość drewna, moduł sprężystości wzdłuż włókien, wytrzymałość na zginanie statyczne). Stanowi to dowód na niedoskonałość metody sortowania wizualnego tarcicy.**



Rys. 1 Skumulowany rozkład wytrzymałości na zginanie statyczne dla tarcicy sosnowej z uwzględnieniem klas sortowniczych



Rys. 2 Rozkład wytrzymałości na zginanie statyczne w obrębie klas sortowniczych tarcicy sosnowej w skali logarytmicznej



Rys. 3 Rozkład modułu sprężystości wzdłuż włókien w obrębie klas sortowniczych tarcicy sosnowej w skali logarytmicznej

Na podstawie wartości charakterystycznych gęstości, modułu sprężystości wzdłuż włókien oraz wytrzymałości na zginanie statyczne, tarcicy zakwalifikowanej do poszczególnych klas sortowniczych przyporządkowano klasę wytrzymałościową C, ze względu na minimalne wymagania stawiane przez normę EN 338 (2016). Zgodnie z tabelą 1, **tarcicy konstrukcyjnej pochodzącej ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej klasy KW została przyporządkowana klasa C35, klasy KS - C30, klasy KG – C20.** Stwierdzono, że badana tarcica sosnowa charakteryzuje się wysokimi parametrami fizycznymi i mechanicznymi,

co ma odzwierciedlenie w wysokich klasach C, do których przyporządkowana została tarcica klas KW, KS, KG.

Tab. 1 Wartości charakterystyczne parametrów fizycznych i mechanicznych dla poszczególnych klas jakości tarcicy (ρ_k – wartość charakterystyczna gęstości, $E_{o,mean}$ – wartość charakterystyczna modułu sprężystości wzdłuż włókien, $f_{m,k}$ – wartość charakterystyczna wytrzymałości na zginanie statyczne)

Wartość charakterystyczna	Klasa sortownicza wg PN-D-94021							
	KW	C	KS	C	KG	C	Odrzut	C
ρ_k [kg/m ³]	400	C40	402	C40	368	C27	362	C27
$E_{o,mean}$ [MPa]	13721	C35	12270	C30	10126	C22	8963	C16
$f_{m,k}$ [MPa]	35,1	C35	32,3	C30	21,7	C20	11,6	<C14
klasa C	C35		C30		C20		Odrzut	

Na podstawie badań prowadzonych dla tarcicy sosnowej przez inny zespół badawczy (Noskowiak et al. 2010), przyporządkowano klasę jakości KW – klasie C35, klasę KS – klasie C24 oraz klasę KG – klasie C20. W badaniach polskiej tarcicy sosnowej pochodzącej z pięciu różnych krain przyrodniczo - leśnych Polski (Krzosek 2009), dla całej partii badanej tarcicy, ze względu na moduł sprężystości i wytrzymałość na zginanie, stwierdzono że klasa KW odpowiada klasie C30, klasa KS – klasie C24, klasa KG – klasie C18; ze względu na kryterium gęstości klasa KW odpowiada klasie C45, klasa KS – klasie C40, klasa KG – klasie C30. Wobec zauważalnych różnic w przyporządkowaniu poszczególnych klas wytrzymałościowego sortowania tarcicy metodą wizualną do klas wytrzymałościowych C, w zależności od pochodzenia tarcicy, a tym samym jej parametrów fizycznych i mechanicznych, celowe jest przeprowadzenie badań wytrzymałościowych dla jak największego zbioru tarcicy, pochodzącego z różnych krain przyrodniczo-leśnych. Ostatecznym wynikiem takich badań byłoby uzupełnienie istniejącej bazy, dotyczącej charakterystyki polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej. Na tej podstawie byłoby możliwe bardziej kompleksowe zgłoszenie polskiej propozycji do Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, celem uzupełnienia zapisów normy EN 1912.

Praca nr 3

Burawska-Kupniewska I., Mańkowski P., Krzosek S. 2021: Mechanical properties of machine stress graded sawn timber depending on the log type. Forests 12 (5), 532

Badania mające na celu weryfikację wpływu rodzaju kłód (odziomkowa, środkowa, wierzchołkowa) na właściwości mechaniczne otrzymywanego z nich drewna konstrukcyjnego były podejmowane przez różne zespoły badawcze (Hanhijarvi et al. 2005; Hanhijarvi i Ranta-Maunus 2008). Generalnie obowiązująca jest zasada, że dla gatunków drewna, które posiadają większą gęstość w kierunku od rdzenia do obwodu, gęstość drewna maleje w kierunku od odziomka do wierzchołka, podobnie jak i inne cechy drewna skorelowane z gęstością,

tj. moduł sprężystości przy zginaniu i wytrzymałość na zginanie (Duchesne 2006, Stöd et al. 2016). Jednak w dalszym ciągu interesujące badawczo jest zagadnienie efektywności procesu wytrzymałościowego sortowania metodą maszynową tarcicy pozyskanej z różnych rodzajów kłód. Ponadto celem badań podejmowanych w pracy była weryfikacja przyporządkowanych w wyniku wytrzymałościowego sortowania tarcicy metodą maszynową klas C pod kątem jej rzeczywistej wytrzymałości na zginanie statyczne, uwzględniając pozyskanie z poszczególnych rodzajów kłód.

Badaniami objęto partię tarcicy sosnowej (*Pinus sylvestris* L.) o liczebności 510 sztuk, pozyskanej ze średniej wielkości tartaku w Polsce. Tarcicę pozyskano z trzech rodzajów kłód (po 170 sztuk tarcicy): odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych. Tarcica została przesortowana wytrzymałościowo metodą maszynową i poddana badaniu wytrzymałości na zginanie statyczne. Otrzymane wyniki badań przedstawiono w tabeli 2. W analizie pominięto 8 sztuk tarcicy, dla których niemożliwe było określenie dynamicznego modułu sprężystości, a tym samym przyporządkowanie klasy wytrzymałościowej C.

Z tabeli 2 wynika, że w wyniku sortowania wytrzymałościowego badanej partii tarcicy najwięcej sztuk zostało zakwalifikowanych do klas średniej wytrzymałości (C24 – 40% badanej partii, C30 – 26%), najmniej natomiast do klas najwyższej wytrzymałości (C35 – 18%, C40 – 6%) oraz najniższej (C18 – 8%, odrzut – 2%). W obrębie poszczególnych rodzajów kłód (odziomkowa, środkowa, wierzchołkowa), większą ilość tarcicy o wyższych klasach wytrzymałościowych otrzymano z kłód odziomkowych, natomiast o niższych klasach wytrzymałościowych z kłód wierzchołkowych. **Większą wydajność wyższych klas wytrzymałości C uzyskano dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych w porównaniu do kłód środkowych. Wydajność wyższych klas wytrzymałości C była najniższa dla tarcicy pochodzącej z kłód wierzchołkowych.** Taka prawidłowość ma związek z faktem, że kłody odziomkowe charakteryzują się mniejszą ilością lub całkowitym brakiem sęków, co skutkuje na ogół lepszymi parametrami jakościowymi tarcicy z nich pozyskanej. Natomiast typowe kłody wierzchołkowe posiadają sęki otwarte oraz dużo małych sęków, co przekłada się na gorsze parametry jakościowe pozyskanej z tych kłód tarcicy. **Faktyczne wartości gęstości i globalnego modułu sprężystości badanej tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych i środkowych przekraczały minimalne wartości graniczne wynikające z klasy wytrzymałości C, do której tarcica została przyporządkowana podczas sortowania wytrzymałościowego. Im wyższa klasa wytrzymałości C tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych i środkowych, tym większe procentowe wypełnienie wymaganych normą wartości.**

Tab. 2 Średnie wartości właściwości fizycznych i mechanicznych badanej tarcicy (odchylenie standardowe podane w nawiasie okrągłym), [procent spełnienia wymagań normy EN 338 podane w nawiasie kwadratowym], DEN – gęstość, MOE – globalny moduł sprężystości, MOE dyn – dynamiczny moduł sprężystości, MOR – wytrzymałość na zginanie statyczne; B – kłody odziomkowe, M – kłody środkowe, T – kłody wierzchołkowe

Klasa	Rodzaj	N		DEN	MOE	MOE_dyn	MOR
C	kłody	[-]		[kg/m ³]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
All	B	170	510	583 (54)	14,063 (2851)	13,580 (2397) *	54 (19)
	M	170		537 (49)	12,309 (2327)	11,947 (1922) *	42 (14)
	T	170		504 (37)	10,493 (1893)	10,390 (1658) *	36 (12)
C40	B	23	29 {6%}	654 (52) [136%]	18,046 (1652) [136%]	17,561 (936)	72 (14) [180%]
	M	6		636 (25) [133%]	16,936 (512) [127%]	17,604 (483)	50 (15) [125%]
	T	0		-	-	-	-
C35	B	60	91 {18%}	611 (43) [130%]	15,472 (1089) [125%]	15,492 (947)	64 (14) [183%]
	M	28		584 (37) [124%]	14,701 (1351) [119%]	15,018 (1018)	50 (13) [143%]
	T	3		561 (26) [119%]	14,011 (678) [113%]	14,537 (206)	53 (3) [151%]
C30	B	46	130 {26%}	560 (52) [122%]	13,221 (998) [116%]	13,316 (896)	52 (14) [173%]
	M	55		525 (27) [114%]	12,841 (922) [113%]	13,261 (790)	47 (12) [157%]
	T	29		532 (35) [116%]	12,903 (1347) [113%]	12,996 (617)	47 (14) [157%]
C24	B	23	200 {40%}	506 (47) [120%]	10,706 (877) [102%]	10,994 (684)	41 (13) [171%]
	M	69		486 (34) [116%]	10,734 (1085) [103%]	10,972 (783)	39 (12) [163%]
	T	108		477 (34) [114%]	10,276 (1046) [98%]	10,847 (858)	36 (11) [150%]
C18	B	9	43 {8%}	479 (20) [126%]	8867 (1130) [104%]	8793 (543)	23 (5) [128%]
	M	10		452 (41) [119%]	8615 (886) [101%]	8900 (321)	26 (9) [144%]
	T	24		461 (32) [121%]	8219 (1271) [96%]	8914 (425)	28 (8) [156%]
Odrzut	B	1	9 {2%}	470 (-)	8072 (-)	6625 (-)	21 (-)
	M	2		458 (-)	7490 (-)	7790 (-)	21 (-)
	T	6		434 (19)	7036 (1010)	7478 (749)	30 (9)

* dla 502 sztuk tarcicy {w nawiasie klamrowym procentowy udział tarcicy danej klasy wyznaczonej przy wykorzystaniu MTG}

Przeprowadzona analiza statystyczna (dwuczynnikowa ANOVA) potwierdziła istotny statystycznie wpływ ($p < 0,05$) przyporządkowanej klasy wytrzymałości C i rodzaju kłody na gęstość tarcicy oraz wytrzymałość na zginanie statyczne. Gęstość drewna stanowi jeden z podstawowych parametrów fizycznych branych pod uwagę podczas sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą maszynową. Klasa wytrzymałościowa tarcicy C została wyznaczona w oparciu o gęstość tarcicy, która miała bezpośredni wpływ na wartość dynamicznego modułu sprężystości, wpływającą w dalszej kolejności na zaklasyfikowanie do danej klasy wytrzymałości C. Analiza statystyczna ANOVA wykazała dodatkowo istotny statystycznie ($p < 0,05$) wpływ przyporządkowanej klasy wytrzymałości C na wartość globalnego modułu sprężystości tarcicy, wpływ pochodzenia tarcicy z poszczególnych rodzajów kłód okazał się nieistotny statystycznie ($p < 0,05$). Badania austriackie (Teischinger i Patzelt 2006) potwierdzają uzyskane wyniki badań - brak wpływu pochodzenia tarcicy z poszczególnych rodzajów kłód na wartość dynamicznego modułu sprężystości, który jest wysoce skorelowany z wartością globalnego modułu sprężystości (praca nr 1 – Burawska-Kupniewska et al. 2019). Znane są jednakże doniesienia literaturowe wskazujące na zależność globalnego modułu sprężystości tarcicy i rodzaju kłód, z których ją pozyskano (Antony et al. 2011, Mirski et al. 2020). Wobec powyższego, celowa jest kontynuacja badań w zakresie weryfikacji wpływu rodzaju kłód (odziomkowa, środkowa, wierzchołkowa) na właściwości mechaniczne otrzymywanego z nich drewna konstrukcyjnego.

Praca nr 4

Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Mańkowski P. 2021: Efficiency of visual and machine strength grading of sawn timber with respect to log type. Forests 12 (11), 1467

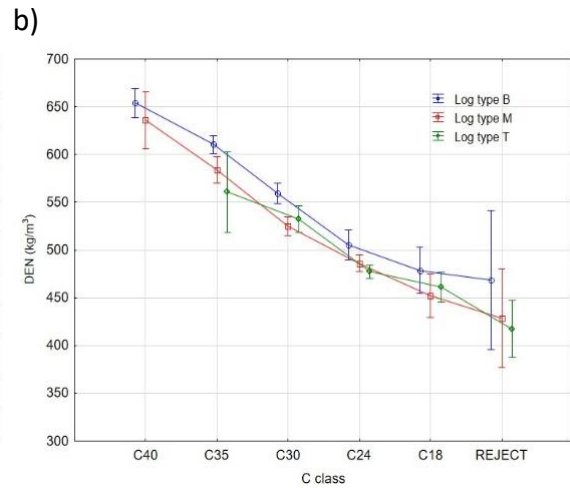
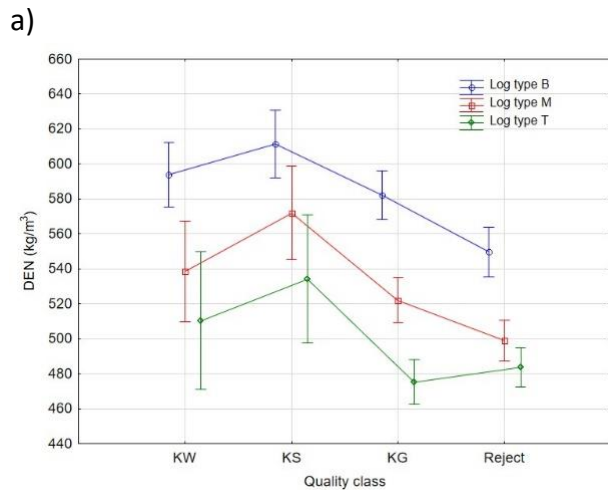
W wielu krajach europejskich, prowadzono badania porównawcze właściwości mechanicznych tarcicy sortowanej z wykorzystaniem urządzeń do wytrzymałościowego sortowania oraz sortowanej metodą wizualną (Hanhijarvi i Ranta-Maunus 2008, Krzosek 2009, Nocetti et al. 2010). Zaobserwowano regułę, że sortując metodą maszynową uzyskuje się znacznie większą wydajność tarcicy zakwalifikowanej do wyższych klas wytrzymałościowych i znacznie mniejszą ilość odrzutów w porównaniu do wyników sortowania tej samej partii tarcicy metodą wizualną. Dodatkowo, badania Gaunt et al. (1999) wykazały, że sortowanie wytrzymałościowe tarcicy metodą wizualną może skutkować znacznym odsetkiem błędnie zaklasyfikowanych sztuk tarcicy. Przyporządkowywanie tarcicy adekwatnej klasy jakości upatrywane jest natomiast w opracowaniu modelu uwzględniającego szereg danych wejściowych odnoszących się do drzewa i pochodzącej z niego tarcicy: pochodzenie geograficzne, rodzaj hodowli lasu (przerzedzanie, obsada, wielkość gałęzi itp.), wiek, genetykę (gęstość drewna, tempo wzrostu), formę i lokalizację kłód na długości pnia, rozmieszczenie gałęzi, itp. (Gaunt 2012). Opracowanie w pełni zintegrowanego modelu, uwzględniającego wszystkie powyższe dane wejściowe może być w rzeczywistości niemożliwe do osiągnięcia bez alokacji znacznych zasobów finansowych i rzeczowych.

Celem prezentowanych badań było rozwinięcie i uzupełnienie istniejącego stanu wiedzy w zakresie zależności między wydajnością sortowania przeprowadzonego metodą wizualną i metodą maszynową, przy uwzględnieniu rodzaju kłód, z których pochodziła badana tarcica (odziomek, środek, wierzchołek). Dodatkowym celem była ocena właściwości wytrzymałościowych drewna konstrukcyjnego zaklasyfikowanego do poszczególnych klas sortowniczych przy wykorzystaniu sortowania wytrzymałościowego metodą wizualną jak również określenie rozkładu cech wytrzymałościowych w obrębie klas wytrzymałości C. Wyniki badań mogą przyczynić się do bardziej racjonalnego doboru drewna okrągłego pod kątem przewidywanych zastosowań konstrukcyjnych.

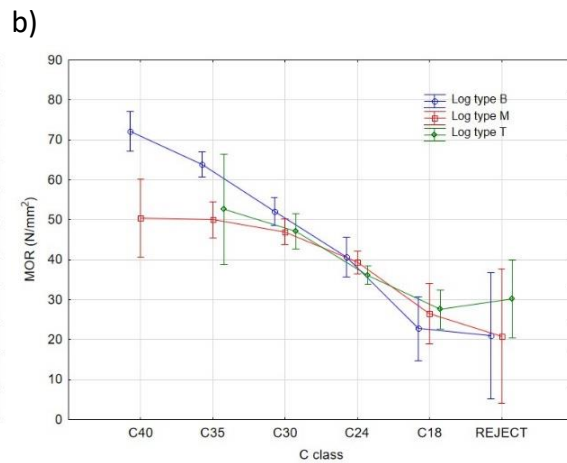
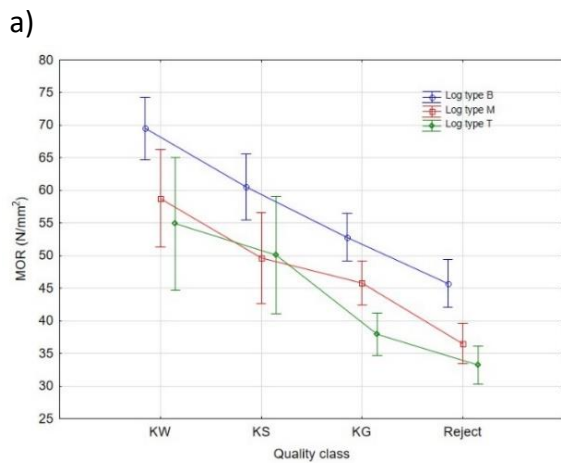
Badaniami objęto partię drewna sosnowego (*Pinus sylvestris* L.) o liczebności 510 sztuk, pozyskanego ze średniej wielkości tartaku w Polsce, z trzech rodzajów kłód: odziomkowych (170 sztuk tarcicy), środkowych (170 sztuk tarcicy) i wierzchołkowych (170 sztuk tarcicy). Tarcica została poddana wytrzymałościowemu sortowaniu metodą wizualną (PN-D-94021), a w dalszej kolejności przesortowana wytrzymałościowo na klasy C (EN 338). Na podstawie analizy wyników sortowania tarcicy metodą wizualną i maszynową można stwierdzić, że w wyniku sortowania tarcicy metodą maszynową uzyskuje się znacznie mniejszą ilość tarcicy zakwalifikowanej jako odrzut (3,3% badanej partii tarcicy) w stosunku do sortowania tarcicy metodą wizualną (42,7% badanej partii tarcicy). Sortowanie tarcicy metodą wizualną jest znacznie bardziej restrykcyjne, w związku z czym zapewnia duży margines bezpieczeństwa pod kątem ewentualnego wykorzystania tarcicy na cele konstrukcyjne. Sortując tarcicę metodą maszynową uzyskuje się wyższe wydajności wyższych klas sortowniczych w porównaniu do wyników sortowania tej samej partii tarcicy metodą wizualną, co przyczynia się do bardziej racjonalnej gospodarki drewnem i produkcji tarcicy budowlanej.

Rozpatrując wpływ pozyskania tarcicy z różnego rodzaju kłód na wyniki sortowania zauważono, że najwyższe wydajności tarcicy wyższych klas wytrzymałościowych (C40 i C35) uzyskano dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych. Dla tarcicy w klasie C30 najwyższą wydajność przy metodzie maszynowej uzyskano z kłód środkowych (55 sztuk, co stanowi 42,3% sztuk tarcicy w tej klasie) a najniższą wydajność uzyskano dla tarcicy z kłód wierzchołkowych (29 sztuk, co stanowi 22,3% sztuk tarcicy w tej klasie). Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że do pozyskiwania tarcicy konstrukcyjnej w wyższych klasach wytrzymałościowych (niezależnie od metody sortowania), najbardziej nadają się kłody odziomkowe. Porównując obie metody sortowania, niezależnie od miejsca pochodzenia tarcicy, zdecydowanie wyższe wydajności tarcicy wyższych klas wytrzymałościowych otrzymuje się przy zastosowaniu metody maszynowej.

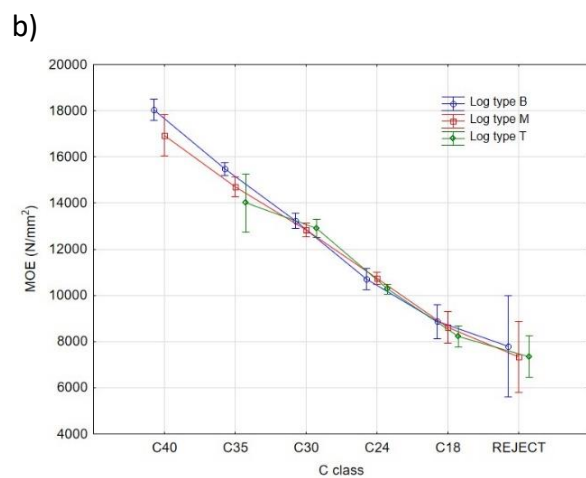
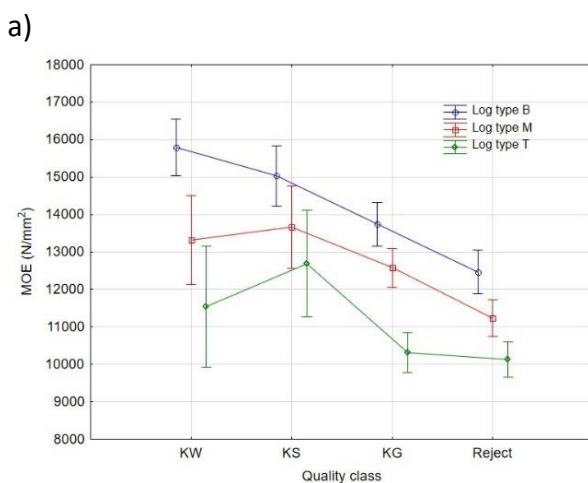
Na rysunkach 4-6 przedstawiono charakterystykę badanej tarcicy, uwzględniając pozyskanie tarcicy z danego rodzaju kłód (odziomkowych, środkowych, wierzchołkowych) oraz jakość tarcicy określoną klasą sortowniczą (KW, KS, KG, odrzut) i klasą wytrzymałości C.



Rys. 4 Rozkład gęstości tarcicy o różnej jakości, wyrażonej klasą sortowniczą (a) i klasą wytrzymałości C (b)



Rys. 5 Rozkład wytrzymałości na zginanie statyczne tarcicy o różnej jakości, wyrażonej klasą sortowniczą (a) i klasą wytrzymałości C (b)



Rys. 6 Rozkład globalnego modułu sprężystości tarcicy o różnej jakości, wyrażonej klasą sortowniczą (a) i klasą wytrzymałości C (b)

Analizując wyniki badań laboratoryjnych badanej tarcicy stwierdzono (rys. 4), że najwyższe średnie wartości gęstości uzyskano dla tarcicy z kłód odziomkowych a najniższe dla tarcicy pochodzącej z kłód wierzchołkowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej ANOVA potwierdzono, że zarówno rodzaj kłody (odziomkowa, środkowa, wierzchołkowa), jak również jakość tarcicy (wyrażana klasą wytrzymałości C i klasą sortowniczą), wpływa w sposób istotny statystycznie ($p < 0,05$) na średnie wartości gęstości. Analogiczną zależność wykazał Jelonek et al. (2012), który dla drewna sosny zwyczajnej pobranego z wysokości pierśnicy (odpowiednik kłód odziomkowych) uzyskał najwyższe wartości gęstości, a w przypadku drewna pobranego z wysokości korony drzewa (odpowiednik kłód wierzchołkowych) – najniższe.

Na podstawie analizy rysunku 5 można stwierdzić, że najwyższą wytrzymałość na zginanie statyczne osiągnęła tarcica pochodząca z kłód odziomkowych, a najniższą tarcica pochodząca z kłód wierzchołkowych. Przeprowadzona analiza statystyczna ANOVA wykazała również bezpośrednią zależność między wartością wytrzymałości na zginanie statyczne a rodzajem kłody oraz klasą wytrzymałości C, jako niezależne oddziaływanie obu czynników, jak i w przypadku obu czynników działających równocześnie. Na podstawie badań przeprowadzonych na drewnie sosnowym potwierdzono, że im miejsce pobrania próbek do badań jest bardziej oddalone w kierunku od odziomka do wierzchołka drzewa, tym uzyskuje się większy spadek wartości wytrzymałości na zginanie statyczne (Machado i Cruz 2005). Również w przypadku globalnego modułu sprężystości (rys. 6) najwyższe średnie wartości uzyskano dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych a najniższe dla tarcicy z kłód wierzchołkowych. Analiza statystyczna ANOVA wykazała wpływ rodzaju kłody na globalny moduł sprężystości tarcicy jedynie w ograniczonym zakresie. W przypadku drewna sortowanego wytrzymałościowo metodą wizualną, istnieje istotny wpływ rodzaju kłody na globalny moduł sprężystości tarcicy, jednakże w przypadku drewna sortowanego wytrzymałościowo metodą maszynową, wpływu tego nie zaobserwowano ($p < 0,05$). Niemniej jednak istnieje wiele doniesień literaturowych w zakresie wpływu rodzaju kłody na wartość globalnego modułu sprężystości. Przykładowo, Mirski et al. (2020) w badaniach tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych uzyskał średnią wartość globalnego modułu sprężystości większą o prawie 27% od globalnego modułu sprężystości drewna pochodzącego z kłód wierzchołkowych. Analogiczne tendencje wykazał dla drewna sosny Anthony et al. (2011).

W przypadku sortowania tarcicy metodą wizualną zaobserwowano statystycznie istotny ($p < 0,05$) wpływ rodzaju kłody na średnie wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne tarcicy. W przypadku sortowania wytrzymałościowego metodą maszynową uzyskano statystycznie istotny wpływ rodzaju kłody na średnią gęstość i wytrzymałość na zginanie statyczne. W przypadku obu metod klasyfikacji wytrzymałościowej (wizualnej i maszynowej) zaobserwowano statystycznie istotny wpływ jakości drewna (klasa sortownicza/klasa wytrzymałości C) na średnie wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne.

Praca nr 5

Krzosek S., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P. 2021: Geographical origin and log quality influence on the mechanical properties of Scots pine sawnwood. *BioResources* 16 (1), 669-683

Różnice właściwości drewna w obrębie tego samego gatunku są zależne w dużym stopniu od warunków siedliskowych (glebowych) i klimatycznych. Znajomość wpływu miejsca pochodzenia tarcicy na jej właściwości mechaniczne ma szczególne znaczenie w przypadku zastosowań konstrukcyjnych. Terytorium Polski ze względu na czynniki klimatyczno-glebowe jest podzielone na 8 obszarów nazywanych krainami przyrodniczo-leśnymi. Jakość techniczną drewna sosny pospolitej w zależności od położenia geograficznego i siedliska badał Paschalis (1980), który stwierdził, że spadek jakości technicznej drewna sosnowego, wyrażonej między innymi modułem sprężystości przy zginaniu, występuje w miarę przemieszczania się z północy na południe i ze wschodu na zachód Polski. Bardziej globalnie, wykazano, że średnia gęstość drewna sosny zwyczajnej zmniejsza się na wyższych szerokościach geograficznych. Informacja ta jest istotna, biorąc pod uwagę, że w przyszłości, w środkowej i południowej Europie, przy cieplejszym klimacie, wyższych temperaturach i mniejszych opadach w okresie wegetacji (Maracchi et al. 2005), średnia gęstość drewna prawdopodobnie wzrośnie, a jego wartość techniczna zmniejszy się.

Celem niniejszej pracy było określenie i porównanie wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych drewna sosnowego pochodzącego z różnych siedlisk Polski. W tym kontekście celem szczegółowym było określenie, czy cechy drewna sosnowego będą zależały od charakterystyki siedliska i pochodzenia geograficznego oraz jakości kłód, z których pozyskano tarcicę.

Materiał badawczy stanowiła tarcica sosnowa (*Pinus sylvestris* L.) pozyskana z kłód pochodzących z trzech krain przyrodniczo-leśnych Polski: Śląskiej (kraina 1/ Nadleśnictwo Olesno, Leśnictwo Sternalice oddział 14d, współrzędne geograficzne 50°53'55.1''N, 18°25'26.1''E), Wielkopolsko-Pomorskiej (kraina 2/ Nadleśnictwo Wymiarki, Leśnictwo Lutynka, oddział 23c i 23d, współrzędne geograficzne 51°55'35.7''N, 15°06'04.9''E) i Bałtyckiej (kraina 3/ Nadleśnictwo Kalisz Pomorski, Leśnictwo Cybowo, oddział 526k, współrzędne geograficzne 53°29'72.8''N, 15°84'11.9''E). W tabeli 3 przedstawiono dokładną charakterystykę siedlisk, z których pozyskano kłody sosnowe w ramach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych. Tarcica z każdej krainy pozyskana została z surowca tartaczego w wieku ok. 120 lat, z kłód klas jakości A, B, C (PN-D-95017). Liczebność każdej partii tarcicy wynosiła 150 sztuk.

Tab. 3 Charakterystyka siedliska i pochodzenia geograficznego kłód sosnowych

Kraina przyrodniczo-leśna (Nadleśnictwo)	Klimat	Rodzaj lasu	Gleba	Udział sosny [%]	Zasobność [m ³ /ha]	Inne gatunki	Jakość techniczna
Śląska (Olesno)	podgórnym nizin i kotlin	las mieszany wilgotny	piaski, gleby torfowe, gleby gliniaste i ility, rędziny i lessy	94	156	świerk buk	2*
Wielkopolsko-Pomorska (Wymiarki)	wielkich dolin, względnie łagodny i ciepły	las mieszany wilgotny	gleby typu polodowcowego, przeważają gleby piaszczyste i gliniaste	87	136	dąb olcha	2*
Bałtycka (Kalisz Pomorski)	Pojezierza Pomorskiego	las mieszany świeży	gleby bielcowe wytworzone z piasków słabo gliniastych i gliniastych	69	159	świerk buk	3**

* **Jakość techniczna 2** odpowiada drzewostanowi na ogół dostosowanemu do siedliska, o dość dobrej dynamice rozwojowej, o zdrowych, prostych dość gonych strzałach, dość dobrze oczyszczonych, z którego spodziewane jest osiągnięcie dobrego materiału tartaczno-

****Jakość techniczna 3** - odpowiada drzewostanowi na ogół zdrowemu i dostosowanemu do siedliska, o miernej dynamice rozwojowej, o strzałach i koronach częściowo wadliwych, niezbyt prostych, nieco zbieżnych i sękatych, przeważnie słabo oczyszczonych, z którego spodziewane jest osiągnięcie materiału tartaczno-

Analizując regionalne zróżnicowanie pochodzenia drewna (tab. 3) i jego wpływ na badane właściwości tarcicy stwierdzono, że tarcica pochodząca ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej (kraina 1) posiadała najwyższą jakość (najwyższa średnia wartość gęstości - 537 kg/m³, globalnego modułu sprężystości - 12800 MPa, wytrzymałości na zginanie statyczne - 47,7 MPa). Najniższą jakością charakteryzowała się tarcica pochodząca z Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej (kraina 3) (najniższa średnia wartość gęstości - 503 kg/m³, globalnego modułu sprężystości - 11000 MPa, wytrzymałości na zginanie statyczne - 39,4 MPa). Analiza statystyczna (ANOVA, p < 0,05) wykazała, że klasa jakości kłód, z których pozyskano tarcicę ma wpływ na badane właściwości tarcicy. Niezależnie od geograficznego miejsca pochodzenia tarcica pochodząca z kłód klasy B charakteryzowała się najwyższymi średnimi wartościami gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne. Najniższymi wartościami średnimi badanych właściwości charakteryzowała się tarcica pochodząca z kłód klasy C. Analiza szczegółowa w obrębie klas jakości kłód z których pozyskano tarcicę (test post hoc) wykazała, że brak jest istotnych różnic (p < 0,05) między średnimi wartościami gęstości, globalnego modułu sprężystości oraz wytrzymałości na zginanie statyczne dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy A oraz B. Istotne różnice między średnimi wartościami tych właściwości występowały w zakresie porównań właściwości tarcicy

pochodzącej z kłód o klasie jakości A w stosunku do kłód klasy jakości C oraz analogicznie z kłód o klasie jakości B w stosunku do kłód klasy jakości C. **Analiza wyników, rozwinięta o analizę statystyczną wskazuje na zasadność korekty obowiązujących zasad klasyfikacji jakościowej drewna okrągłego.**

Analiza szczegółowa dotycząca pochodzenia kłód z krain przyrodniczo-leśnych (test post hoc) wykazała, że w obrębie średnich wartości gęstości tarcicy brak jest istotnych różnic w przypadku materiału badawczego pochodzącego ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej oraz Wielkopolsko-Pomorskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Istotnie statystycznie różnice ($p < 0,05$) między średnimi wartościami gęstości występowały w zakresie porównań właściwości tarcicy pozyskanej z kłód pochodzących ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej w stosunku do kłód pochodzących z Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej oraz analogicznie z kłód pochodzących z Wielkopolsko-Pomorskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej w stosunku do kłód pochodzących z Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Zależności te można tłumaczyć różnicami w jakości technicznej drzewostanu, z którego pozyskano kłody w ramach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych. W przypadku Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej oraz Wielkopolsko-Pomorskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej jakość techniczna drzewostanu została określona jako 2, natomiast w przypadku Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej – 3. Wobec powyższego można stwierdzić, że **jakość techniczna drzewostanu ma wpływ na gęstość badanej tarcicy i wysoko skorelowany z nią globalny moduł sprężystości.** Dla całej partii tarcicy najwyższą wartość współczynnika korelacji zaobserwowano dla zależności gęstość/globalny moduł sprężystości - 0,75 natomiast, uwzględniając pochodzenie geograficzne najwyższą wartość współczynnika gęstość/globalny moduł sprężystości uzyskano dla tarcicy ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej - 0,77.

Praca nr 6

Krzosek S., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P. 2020: The influence of Scots pine log type (*Pinus sylvestris* L.) on the mechanical properties of lumber. *Forests* 11 (12), 1257

Dokładna znajomość właściwości drewna ma kluczowe znaczenie dla jego zrównoważonego wykorzystania w przemyśle. Ze względu na fakt, że sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.) jest gatunkiem dominującym w Polsce, ważne jest poznanie regionalnego zróżnicowania właściwości fizycznych i mechanicznych drewna (zwłaszcza stosowanego jako materiał budowlany). Znajomość właściwości tarcicy w zależności od rodzaju kłody, z której została ona pozyskana może przyczynić się do bardziej racjonalnego wykorzystania tego deficytowego surowca. Celem pracy była weryfikacja wpływu pochodzenia geograficznego oraz rodzaju kłód (odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych), na wybrane właściwości fizyczne i mechaniczne tarcicy z nich pozyskanej.

Materiał badawczy stanowiła tarcica sosnowa pozyskana z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych, pochodzących z trzech krain przyrodniczo-leśnych Polski - Śląskiej (kraina 1/ Nadleśnictwo Olesno, Leśnictwo Sternalice, oddział 14d, współrzędne

geograficzne 50°53'55.1''N, 18°25'26.1''E), Wielkopolsko-Pomorskiej (kraina 2/ Nadleśnictwo Wymiarki, Leśnictwo Lutynka, oddział 23c i 23d, współrzędne geograficzne 51°55'35.7''N, 15°06'04.9''E) i Bałtyckiej (kraina 3/ Nadleśnictwo Kalisz Pomorski, Leśnictwo Cybowo, oddział 526k, współrzędne geograficzne 53°29'72.8''N, 15°84'11.9''E). Liczebność każdej partii tarcicy wynosiła 150 sztuk, z czego w obrębie każdej krainy przyrodniczo-leśnej, uzyskano po 50 sztuk tarcicy z kłód każdego rodzaju (odziomkowych, środkowych, wierzchołkowych).

Niezależnie od regionu geograficznego, najwyższe średnie wartości badanych właściwości (gęstość, globalny moduł sprężystości, wytrzymałość na zginanie statyczne) zaobserwowano dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych (odpowiednio 574 kg/m³, 13200 MPa, 53,5 MPa) a najniższe z kłód wierzchołkowych (484 kg/m³, 10300 MPa, 38,3 MPa). Zaobserwowano istotną statystycznie zmienność ($p < 0,05$) badanych właściwości drewna sosnowego w zależności od rodzaju kłody, z której pozyskano tarcicę. W ograniczonym stopniu natomiast zaobserwowano statystycznie istotną zmienność właściwości badanego drewna sosnowego w zależności od jego geograficznego pochodzenia. Analiza post hoc wykazała istnienie istotnej zależności ($p < 0,05$) między pochodzeniem geograficznym a wytrzymałością na zginanie statyczne. Najwyższą średnią wartość wytrzymałości na zginanie statyczne posiadała tarcica pochodząca z krainy 1 – Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej (51,5 MPa), najniższą zaś tarcica pochodząca z krainy 3 – Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej (39,4 MPa). Stwierdzono natomiast, że **istnieje wpływ klasy jakości technicznej drzewostanu na uzyskiwane wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości oraz wytrzymałości na zginanie statyczne**. Dla tarcicy pochodzącej z krainy 1 (Śląska Kraina Przyrodniczo-Leśna) i krainy 2 (Wielkopolsko-Pomorska Kraina Przyrodniczo-Leśna), charakteryzujących się tą samą klasą jakości technicznej – 2, nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średnich wartościach gęstości, globalnego modułu sprężystości oraz wytrzymałości na zginanie statyczne. Drewno sosnowe pozyskiwane z kłód pochodzących z krainy 3 – Bałtyckiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej (klasa jakości technicznej - 3) miało znacznie niższą średnią wartość gęstości i globalnego modułu sprężystości (test Tukeya, $p < 0,05$).

Praca nr 7

Krzosek S., Grzeńkiewicz M., **Burawska-Kupniewska I.**, Mańkowski P., Wieruszewski M. 2021: Mechanical properties of polish-grown *Pinus sylvestris* L. structural sawn timber from the butt, middle and top logs. Wood Research 66 (2), 231-242

Proces wytrzymałościowego sortowania tarcicy metodą maszynową odbywa się na podstawie pomiaru określonych właściwości drewna, które są bezpośrednio skorelowane z jego wytrzymałością na zginanie. Im wyższa jest korelacja między analizowanymi właściwościami fizycznymi i/lub mechanicznymi, tym bardziej wiarygodne będą wyniki klasyfikacji wytrzymałościowej. Maszyny służące sortowaniu wytrzymałościowemu tarcicy często dokonują pomiaru cech takich jak gęstość i moduł sprężystości drewna. Moduł sprężystości może być określany przy zginaniu (globalny/statyczny moduł sprężystości),

z wykorzystaniem ultradźwięków lub na podstawie częstotliwości drgań własnych (dynamiczny moduł sprężystości). Między globalnym modułem sprężystości oraz dynamicznym modułem sprężystości występuje bardzo wysoka korelacja ($R^2=0,96$ dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy A, $R^2=0,91$ dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy B, $R^2=0,84$ dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy C) (praca nr 1 – Burawska-Kupniewska et al. 2019). Nieznana jest natomiast zależność między tymi dwoma właściwościami dla tarcicy pochodzącej z różnych rodzajów kłód (odziomkowych, środkowych, wierzchołkowych).

Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu tarcicy sosnowej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej. Z każdego rodzaju kłód (odziomkowych, środkowych, wierzchołkowych) pozyskano po 70 sztuk tarcicy, która została poddana wytrzymałościowemu sortowaniu maszynowemu oraz badaniu wytrzymałości na zginanie statyczne.

Badania wykazały, że najwyższą średnią gęstość posiadała tarcica pozyskana z kłód odziomkowych (592 kg/m^3), najniższą natomiast tarcica pozyskana z kłód wierzchołkowych (503 kg/m^3). W konsekwencji istotnych statystycznie różnic ($p < 0,05$) w średnich wartościach gęstości tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych, również średnie wartości dynamicznego modułu sprężystości drewna i globalnego modułu sprężystości różniły się w sposób istotny statystycznie ($p < 0,05$). Średnie wartości dynamicznego modułu sprężystości i globalnego modułu sprężystości tarcicy wynosiły odpowiednio – 15039 MPa i 13740 MPa dla tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych, 12982 MPa i 11725 MPa dla tarcicy pozyskanej z kłód środkowych oraz 11376 MPa i 10258 MPa dla tarcicy pozyskanej z kłód wierzchołkowych. Współczynnik determinacji między średnimi wartościami modułów – dynamicznym i globalnym dla tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych wynosił 0,89, środkowych – 0,86 i wierzchołkowych – 0,84.

Również średnia wytrzymałość na zginanie tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych różniła się znacząco ($p < 0,05$). Najwyższą wartość wytrzymałości na zginanie uzyskano dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych (61 MPa). Wytrzymałość na zginanie tarcicy pozyskanej z kłód środkowych była o 31% mniejsza, natomiast tarcicy pozyskanej z kłód wierzchołkowych o 39% mniejsza od wytrzymałości na zginanie tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych.

Analiza wyników badań wykazała, że korelacje między globalnym modułem sprężystości a gęstością drewna są silniejsze niż korelacje między wytrzymałością na zginanie a gęstością. Zjawisko to dotyczyło tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych.

Praca nr 8

Mańkowski P., Burawska-Kupniewska I., Krzosek S., Grześkiewicz M. 2020: Influence of pine (*Pinus sylvestris* L.) growth rings width on the strength properties of structural sawn timber. BioResources 15 (3), 5402-5416

Szerokość przyrostów rocznych jest wielkością łatwo mierzalną, dobrze charakteryzującą surowiec drzewny i stanowiącą o właściwościach technicznych drewna. Dla drewna iglastego znana jest powszechnie prawidłowość, że drewno wąskostoiste ma lepsze parametry wytrzymałościowe niż drewno szerokostoiste. Szerokość przyrostów rocznych jest skorelowana z wytrzymałością na zginanie, modułem sprężystości i gęstością drewna. Zależności te były już wielokrotnie tematem badań. Według Denzlera (2007) współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a wytrzymałością na zginanie dla drewna świerkowego zawiera się w przedziale od 0,15 do 0,35. Wobec umiarkowanej siły związku pomiędzy przytoczonymi właściwościami drewna, należy mieć na uwadze niepewność klasyfikacji wytrzymałościowej dokonywanej na jej podstawie. Celem pracy była weryfikacja możliwości zwiększenia współczynników determinacji między szerokością przyrostów rocznych a innymi cechami fizycznymi (gęstość drewna) i mechanicznymi (globalny moduł sprężystości, wytrzymałość na zginanie statyczne), poprzez zapewnienie większej jednorodności materiału badawczego. Jednorodność ta miałaby być osiągnięta poprzez przyporządkowanie materiału badawczego do grup, uwzględniających jakość (A, B, C) i rodzaj kłód (odziomkowa, środkowa, wierzchołkowa), z których pozyskano tarcicę.

Materiał badawczy stanowiła tarcica sosnowa (*Pinus sylvestris* L.) pochodząca ze Śląskiej Krainy Przyrodniczo-Leśnej, pozyskana z kłód o klasie jakości A, B i C. Dodatkowo, tarcica pochodziła z trzech rodzajów kłód: odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych.

Przeprowadzona analiza statystyczna ANOVA wykazała, że rodzaj kłód sosnowych determinuje kształtowanie się wartości gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne badanej tarcicy ($p < 0,05$). Nie ma natomiast wpływu na wartości szerokości przyrostów rocznych drewna. Jednocześnie wykazano, że istnieje statystycznie istotna ($p < 0,05$) zależność między klasą jakości kłód sosnowych (A, B, C) a właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy z nich pozyskanej (gęstość, globalny moduł sprężystości, wytrzymałość na zginanie statyczne) jedynie w ograniczonym zakresie. W przypadku tarcicy pochodzącej z kłód o wysokiej klasie jakości - A oraz B nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic w średnich wartościach gęstości, globalnego modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie statyczne. Planowana kontynuacja badań w zakresie rozszerzenia analiz o kolejne krainy przyrodniczo leśne Polski umożliwi weryfikację otrzymanych wyników oraz wskazanie, czy i w tych przypadkach wystąpi analogiczna zależność między klasą jakości kłód sosnowych *Pinus sylvestris* L. a właściwościami mechanicznymi tarcicy z niej pozyskanej.

Współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a gęstością drewna, dla całej badanej partii tarcicy (210 sztuk) wynosił 0,10. Wartość ta była niższa w stosunku do wartości literaturowych – od 0,20 (Krzosek 2009) do 0,38 (Hanhijarvi et al. 2005). Uwzględniając podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych, najwyższą wartość współczynnika determinacji (0,11) pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a gęstością drewna stwierdzono dla tarcicy pochodzącej z kłód środkowych. Dla tarcicy z kłód odziomkowych współczynnik determinacji wynosił 0,06.

Najniższą wartość współczynnika determinacji (0,01) pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a gęstością drewna zaobserwowano dla tarcicy pozyskanej z kłód wierzchołkowych. Uwzględniając podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód poszczególnych klas jakości (A, B i C), najwyższą wartość współczynnika determinacji (0,47) między tymi dwoma cechami stwierdzono dla tarcicy pochodzącej z kłód klasy A. Dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy B i klasy C współczynniki te osiągnęły bardzo podobne wartości - 0,04. Wynika z tego, że drewno pochodzące z kłód charakteryzujących się najwyższą klasą jakości (A), posiadające najmniejszą ilość naturalnych wad drewna, wykazuje największą zależność między szerokością przyrostów rocznych a gęstością drewna.

Współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a globalnym modułem sprężystości dla całej partii tarcicy (210 sztuk) wynosił 0,17. Wartość ta była wyraźnie niższa w stosunku do wartości literaturowych - od 0,29 (Krzosek 2009) do 0,40 (Hanhijarvi et al. 2005). Uwzględniając podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych najwyższą wartość współczynnika determinacji (0,43) między tymi dwoma cechami stwierdzono dla tarcicy pochodzącej z kłód odziomkowych. Dla tarcicy z kłód środkowych analogiczny współczynnik determinacji wynosił 0,34. Najniższą wartość współczynnika (0,14) pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a globalnym modułem sprężystości zaobserwowano dla tarcicy pozyskanej z kłód wierzchołkowych. Uwzględniając podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód poszczególnych klas jakości (A, B, C) współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a globalnym modułem sprężystości osiągnął najwyższą wartość (0,88) dla tarcicy pochodzącej z kłód klasy jakości A, najniższą natomiast dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy jakości C - 0,08. Współczynnik determinacji między tymi właściwościami dla tarcicy z kłód klasy jakości A był dużo wyższy niż dla całej partii tarcicy oraz dla tarcicy z kłód o niższych klasach jakości. Wraz ze wzrostem ilości wad w drewnie okrągłym (klasa jakości B i C kłód) maleje współczynnik determinacji pomiędzy analizowanymi właściwościami (szerokością przyrostów rocznych oraz globalnym modułem sprężystości).

Współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a wytrzymałością na zginanie statyczne dla całej partii tarcicy (210 sztuk) wynosił 0,18. Wartość ta była niższa w stosunku do wartości literaturowych - od 0,20 do 0,44 (Bengtsson 2006). Uwzględniając w relacjonowanych badaniach podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych, najwyższą wartość współczynnika determinacji (0,26) między tymi dwoma cechami stwierdzono dla tarcicy pochodzącej z kłód wierzchołkowych. Dla tarcicy pochodzącej z kłód środkowych analogiczny współczynnik determinacji osiągnął najniższą wartość i wynosił 0,15. Dla tarcicy pozyskanej z kłód odziomkowych współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a wytrzymałością na zginanie statyczne był równy 0,22. Uwzględniając podział tarcicy na tarcicę pozyskaną z kłód poszczególnych klas jakości (A, B, C) współczynnik determinacji pomiędzy szerokością przyrostów rocznych a wytrzymałością na zginanie statyczne dla badanej tarcicy sosnowej był najwyższy dla tarcicy pochodzącej z kłód klasy A i wynosił on 0,65, najniższy natomiast dla tarcicy pozyskanej z kłód klasy C i wynosił 0,13.

Porównując otrzymane współczynniki determinacji pomiędzy badanymi wielkościami stwierdzono, że wyższe ich wartości uzyskano dla tarcicy posortowanej według klasy jakości drewna okrągłego (A, B, C) niż według miejsca pobrania tarcicy z kłód (odziomkowych, środkowych i wierzchołkowych).

4.6 Podsumowanie

W ramach cyklu publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wskazano obszary, w ramach których istnieje możliwość zwiększenia efektywności materiałowej w tartacznictwie, w kontekście drewna konstrukcyjnego przeznaczonego dla budownictwa. Będzie to podstawa do wykreowania systemu wartości dodanej w drzewnictwie, który charakteryzować się będzie zapewnieniem wydajnej i efektywnej produkcji tarcicy na poszczególne rynki.

Do najważniejszych osiągnięć przedstawionych w cyklu publikacji należy:

1. określenie wpływu klas jakości kłód sosnowych na wydajność sortowania pozyskanej z nich tarcicy,
2. stwierdzenie, że w przypadku tarcicy pozyskanej z kłód o wyższej klasie jakości uzyskuje się wyższe korelacje między jej właściwościami fizycznymi i mechanicznymi; w związku z tym, modele służące przewidywaniu klas wytrzymałości tarcicy pochodzącej z kłód o wyższej klasie jakości są bardziej wiarygodne,
3. wskazanie niedoskonałości obowiązujących zasad klasyfikacji jakościowej drewna okrągłego, o czym świadczy brak istotnych statystycznie różnic w kształtowaniu się właściwości fizycznych i mechanicznych tarcicy pozyskanej z kłód o klasie jakości A oraz B,
4. określenie wpływu rodzaju kłód sosnowych na wydajność sortowania pozyskanej z nich tarcicy,
5. uzupełnienie istniejącej wiedzy w zakresie wpływu pochodzenia drewna okrągłego (krainy przyrodniczo-leśne) na jakość tarcicy z niego pozyskanej,
6. stwierdzenie, że jakość techniczna drzewostanu ma wpływ na gęstość badanej tarcicy i wysoko skorelowany z nią globalny moduł sprężystości,
7. określenie wydajności tarcicy otrzymanej w wyniku sortowania wytrzymałościowego metodą wizualną i maszynową,
8. określenie rozkładu właściwości wytrzymałościowych tarcicy w obrębie klas sortowniczych i klas wytrzymałości C,
9. potwierdzenie niedoskonałości założeń sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą wizualną według PN-D-94021, o czym świadczy duża zmienność badanych właściwości w obrębie klas sortowniczych,
10. dokonanie przyporządkowania klas sortowniczych stanowiących wynik sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą wizualną do klas wytrzymałości C; tarcicy konstrukcyjnej klasy KW została przyporządkowana klasa C35, klasy KS – C30, klasy KG – C20.

Reasumując należy pokreślić, że została zweryfikowana i istotnie rozszerzona dotychczasowa wiedza z zakresu efektywności produkcji drewna konstrukcyjnego. Opracowane dane mogą stanowić podstawę do działań, mających w perspektywie na celu łagodzenie zmian klimatycznych. Dzięki koncepcji całościowej analizy właściwości tarcicy, uwzględniającej szereg danych wejściowych, w tym rodzaj i klasę jakości kłód, z których pozyskano materiał badawczy, ich pochodzenie geograficzne, czy jakość techniczną drzewostanu, wskazano obszary, w ramach których istnieje możliwość zwiększenia efektywności materiałowej w tartacznictwie, tworząc tym samym podstawy dla systemu wartości dodanej w drzewnictwie.

Efektom przeprowadzonych badań jest wskazanie niedoskonałości norm branżowych z zakresu sortowania wytrzymałościowego tarcicy metodą wizualną oraz warunków technicznych mających zastosowanie do pomiaru i klasyfikacji surowca drzewnego. Uzyskane wyniki badań stanowią uzupełnienie istniejącej bazy dotyczącej charakterystyki tarcicy konstrukcyjnej, której klasy stanowiące wynik sortowania wytrzymałościowego metodą wizualną nie są jeszcze uwzględnione w normie EN 1912. Zgłoszenie polskiej propozycji do Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, celem uzupełnienia zapisów normy EN 1912 jest kluczowe pod kątem zapewnienia wysokiej konkurencyjności prężnie rozwijającej się gałęzi przemysłu drzewnego i budownictwa drewnianego.

4.7 Perspektywy badawcze

Utylitarny charakter efektów przeprowadzonych badań skłania do kontynuowania ich i rozszerzenia analiz o tarcicę pochodzącą z kolejnych krain przyrodniczo-leśnych Polski. Umożliwi to weryfikację otrzymanych wyników badań oraz zwiększenie pewności klasyfikacji wytrzymałościowej dokonywanej na podstawie modeli uwzględniających korelacje między właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy. Kluczowa dla stworzenia syntetycznego systemu wartości dodanej w drzewnictwie jest dalsza weryfikacja zależności między jakością i rodzajem kłód, a właściwościami fizycznymi i mechanicznymi tarcicy z nich pozyskanej, pochodzącej z pozostałych krain przyrodniczo-leśnych. Jeśli w wyniku kontynuacji badań potwierdzony zostanie brak statystycznie istotnych różnic między klasą jakości kłód sosnowych (A i B) a właściwościami fizycznymi i mechanicznymi konstrukcyjnej tarcicy sosnowej z nich pozyskanej, wówczas celowe i uzasadnione ekonomicznie będą prace nad korektą obowiązujących zasad klasyfikacji jakościowej drewna okrągłego.

Kontynuacja badań w zakresie opracowania dokładnej charakterystyki polskiej tarcicy konstrukcyjnej, pochodzącej z różnych krain przyrodniczo-leśnych, umożliwi uzupełnienie istniejącej bazy danych, dzięki czemu byłoby możliwe bardziej kompleksowe zgłoszenie polskiej propozycji do Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, celem uzupełnienia zapisów normy EN 1912. Polska jest jedynym krajem w UE, który jeszcze nie wprowadził klas sortowniczych polskiej tarcicy konstrukcyjnej do normy EN 1912.

Literatura

- Aleinikovas M., Grigaliūnas J. 2006: Differences of pine (*Pinus sylvestris* L.) wood physical and mechanical properties from different forest site types in Lithuania. *Baltic Forestry* 12(1), 1392-1355
- Antony F., Jordan L., Schimleck L.R., Clark A., Souter R.A., Daniels R.F. 2011: Regional variation in wood modulus of elasticity (stiffness) and modulus of rupture (strength) of planted loblolly pine in the United States. *Canadian Journal of Forest Research* 41, 1522–1533
- Bengtsson C. 2006: Grading structural timber(http://www.coste53.net/downloads/Sopron/CostE53_Sopron-Bengtsson.pdf). COST, Accessed 27 Jan 2020
- Berglund A., Broman O., Oja J., Grönlund A. 2015: Customer adapted grading of Scots pine sawn timber using a multivariate method. *Scandinavian Journal of Forest Research* 30 (1), 87-97
- Canadell J.G., Schulze E.D. 2014: Global potential of biospheric carbon management for climate mitigation. *Nature Communications* 5, 5282
- Carvalho J. P. F., Santos J. A., Santos J. 2009: Quality control and productivity in oak timber – from forest to the primary processing. *Proceedings of the Economic and Technical aspects on quality control for wood and wood products conference, Lisbon, Portugal*, pp. 7-21
- Christoforo A.L., Panzera T.H., Silva L.J., Araújo V.A., Silva D.A.L., Rocco F.A. 2015: Evaluation of the modulus of elasticity in damaged wooden beams. *International Journal of Materials Engineering* 5, 92–97
- Denzler J. 2007: Machine strength grading - an overview over existing machines. (<http://www.coste53.net/downloads/WG3/WG3-Hamburg/Lectures/COST-E53-WG3-Meeting-Hamburg-Denzler.pdf>), COST, Accessed 27 Jan 2020
- de Vries P. A., Gard W. F. 2008: Determination of characteristic strength values for Dutch larch round timber. *Proceedings of the End user's needs for wood material and products 2008 Conference, Delft, The Netherlands*, 261-270
- Diaconu D., Kahle H., Spiecker H. 2015: Tree- and Stand-Level Thinning Effects on Growth of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) on a Northeast- and a Southwest-Facing Slope in Southwest Germany. *Forests* 6(9), 3256-3277
- Duchesne I. 2006: Effect of rotation age on lumber grade yield, bending strength and stiffness in Jack pine (*Pinus banksiana* L.) natural stands. *Wood and Fiber Science* 38, 84–94
- Dzbeński W. 1995: Polska tarcica budowlano-konstrukcyjna na tle wymagań europejskich. XI Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW, Warsaw, Poland, 14 November 1995, 27–34
- Eurostat 2022: Agriculture, forestry and fishery statistics 2020 edition. (<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/12069644/KS-FK-20-001-EN-N.pdf/a7439b01-671b-80ce-85e4-4d803c44340a?t=1608139005821>), accessed 20 Nov 2022
- EN 338 2016: Timber Structures – Strength Classes. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
- EN 1912 2013: Structural Timber – Strength classes – Assignment of visual grades and species. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
- EN 14081 2018: Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section. European Committee for Standardization (CEN), Brussels, Belgium
- Eriksson L.O., Gustavsson L., Hänninen R., Kallio M., Lyhykäinen H., Pingoud K., Pohjola J., Sathre R., Solberg B.; Svanaes J. 2012: Climate change mitigation through increased wood use in the European construction sector—Towards an integrated modelling framework. *European Journal of Forest Resources* 131, 131–144
- FAO 2022: Global Forest Products Facts and Figures. (<https://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>), accessed 31 Aug 2022
- Gaunt D.J., Roper J., Davy B. 1999: Performance Grading of New Zealand Pine and the Development of the “E-Grader”, Presentation to NZ Timber Industry Federation, Brisbane, Australia, 1999
- Gaunt D. 2012: A revolution in structural timber grading. *Proceedings of the WCTE Conference, Timber Engineering Challenges and Solutions, Auckland, New Zealand, 15–19 July 2012*, Editor Curran Associates: Red Hook, NY, USA, 2012, 276–283

- Haartveit E.Y., Flæte P.O. 2002: Mechanical properties of Norway spruce lumber from monocultures and mixed stands—Modelling bending stiffness and strength using stand and tree characteristics. Proceedings from the Fourth Workshop Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Software, Nepveu, G. Ed., IUFRO: Vienna, Austria, 2002, 346–355
- Hanhijarvi A., Ranta-Maunus A., Turk G. 2005: Potential of strength grading of timber with combined measurement techniques. Report of the Combigrade—Project Phase 1, VTT Technical Research Centre of Finland: Espoo, Finland
- Hanhijärvi A., Ranta-Maunus A. 2008: Development of strength grading of timber using combined measurement techniques. Report of the Combigrade—Project Phase 2, VTT Technical Research Centre of Finland: Espoo, Finland
- International Advisory Council on Global Bioeconomy. Expanding the sustainable bioeconomy—Vision and way forward 2020: Communique of the Global Bioeconomy Summit; International Advisory Council on Global Bioeconomy: Berlin, Germany
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A., Grzywiński W. 2012: Biomechanical stability of pines growing on former farmland in northern Poland. *Wood Research* 57, 31–44
- Johansson M., Kliger R. 2000: Variability in strength and stiffness of structural Norway spruce timber: Influence of raw material parameters. Proceedings of the World Conference on Timber Engineering, Barrett J.D., Publisher Vancouver, B.C.: Conference Secretariat, Ed.; Whistler, BC, Canada
- Kraler A., Maderebner R. 2012: Gebirgsholz—Wald ohne Grenzen; deutliche Verbesserung des Marktwertes Süd-Ost- & Nordtiroler Gebirgshölzer und ausgewählter Holznischenprodukte, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften Arbeitsbereich Holzbau, Leopold Franzens Universität Innsbruck: Innsbruck, Austria
- Krzosek S. 2009: Wytrzymałościowe sortowanie polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej różnymi metodami. *Rozprawy Naukowe i Monografie, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, Polska*
- Luttenberger L.R. 2020: Waste management challenges in transition to circular economy- Case of Croatia. *Journal of Cleaner Production* 256, 120495
- Lycken A. 2006: Comparison between automatic and manual quality grading of sawn softwood. *Forest Product Journal* 56(4), 13-16
- Machado J.S.; Cruz H.P. 2005: Within stem variation of Maritime pine timber mechanical properties. *Holz als Roh- und Werkstoff* 63, 154–159
- Maracchi G., Sirotenko O., Bindi M. 2005: Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Increasing Climate Variability and Change*, J. Salinger, M. V. K. Sivakumar, and R. P. Motha (eds.), Springer, Dordrecht, Netherlands, 117-135
- Mederski P.S., Bembenek M., Karaszewski Z., Giefing D.F., Sulima-Olejniczak E., Rosińska, M., Lacka A. 2015: Density and mechanical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from a seedling seed orchard. *Drewno. Prace Naukowe. Doniesienia. Komunikaty.* 58, 117–124
- Mirski R., Dziurka D., Chuda-Kowalska M., Wieruszewski M., Kawalerczyk J., Trociński A. 2020: The usefulness of pine timber (*Pinus sylvestris* L.) for the production of structural elements. Part I: Evaluation of the quality of the pine timber in the bending test. *Materials* 13, 3957
- Nocetti M., Bacher M., Brunetti M., Crivellaro A., van de Kuilen J.-W. 2010: Machine grading of Italian structural timber: Preliminary results on different wood species. Proceedings of the World Conference on Timber Engineering, Trento, Italy, 20–24 June 2010; Ceccotti, A., van de Kuilen, J.W., Eds.; WCTE: Riva Del Garda, Italy
- Noskowiak A. 2017: Mechaniczne właściwości świerkowej tarcicy konstrukcyjnej pochodzącej z wybranych krain przyrodniczo-leśnych Polski. *Rozprawa Doktorska. WULS-SGGW, Warszawa, Polska*
- Noskowiak A., Pajchrowski G., Szumiński G. 2010: Strength of Polish grown pine (*Pinus sylvestris* L.) timber. An attempt of determination of quality of timber for structural use. Proceedings of the 11th World Conference on Timber Engineering, Riva del Garda, Italy, 20–24 June 2010
- Noskowiak A., Szumiński G. 2006: Tests of Mechanical Properties of Pine structural Timber with a Thickness of Less than 38 mm Obtained from the Silesia Forest District. ITD, Poznań, Poland, 2006
- Obede B.F., Silva D.A.L., Rocco F.A., Chahud E., Varanda L.D. 2012: Influence of wood moisture content on modulus of elasticity on tension parallel to the grain of Brazilian species. *European International Journal of Science and Technology* 1, 11–22

- Paschalis P. 1980: Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylwan* 124 (1), 29-44
- PN-D-95017 1992: Surowiec drzewny. Drewno wielkowymiarowe iglaste. PKN, Warszawa, Polska
- PN-D-94021 2013: Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi. PKN, Warszawa, Polska
- Ponneth D., Anoop E. V., Jayasree C. E., Aadarsh M., Chauhan S. 2014: Destructive and non-destructive evaluation of seven hardwoods and analysis of data correlation. *Holzforschung* 68(8), 951-956
- Reventlow D. O. J., Nord-Larsen T., Skovsgaard J. P. 2019: Pre-commercial thinning in naturally regenerated stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.): effects of thinning pattern, stand density and pruning on tree growth and stem quality. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 92 (1), 120–132
- Rocha M.F.V., Veiga T.R.L.A., Soares B.C.D., Araújo A.C.C.D., Carvalho A.M.M., Hein P.R.G. 2019: Do the growing conditions of trees influence the wood properties? *Floresta E Ambiente* 26 (3)
- Roos A., Flinkman M., Jäppinen A., Lönner G., Warensjö M. 2001: Production strategies in the Swedish softwood sawmilling industry, *Forest Policy and Economics* 3(3), 189–197,
- Savidge, R.A. 2003: Tree growth and wood quality. *Wood Quality and Its Biological Basis*, Barnett J.R., Jeronimidis G., Eds.; Blackwell Publishing & CRC Press: Oxford, UK
- Stöd R., Verkasalo E., Heinonen J. 2016: Quality and bending properties of sawn timber from commercial thinnings of scots pine (*Pinus sylvestris* L). *Baltic Forestry* 22, 148–162
- Szukała R., Szumiński G. 2003: Badanie Podstawowych Właściwości Iglastej Tarcicy Konstrukcyjnej Zgodnie z Normami Europejskimi; Instytut Technologii Drewna: Poznań, Poland, 2003
- Teischinger A., Patzelt M. 2006: XXL-Wood Materialkenngrößen als Grundlage für innovative Verarbeitungstechnologien und Produkte zur wirtschaftlichen nachhaltigen Nutzung der Österreichischen Nadelstarkholzreserven. *Berichte aus Energie- und Umweltforschung* 27/2006. Universität für Bodenkultur Wien: Wiedeń, Austria
- Tsehaye A., Buchanan A. H., Walker J.C.F. 2000a: Selecting trees for structural timber. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58(3), 162–167
- Tsehaye A., Buchanan A. H., Walker J.C.F. 2000b: Sorting logs using acoustics, *Wood Science and Technology* 34(4), 337–334
- Zarządzenie nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych w obrocie surowcem drzewnym w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe (<https://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/>), available online: 20 Nov 2022
- Zarządzenie nr 54 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 29 września 2020 r. w sprawie aktualizacji Zarządzenia nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 roku w sprawie wprowadzenia warunków technicznych stosowanych w obrocie surowcem drzewnym w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe poprzez wprowadzenie erraty do treści jego załączników (<https://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/>), available online: 20 Nov 2022
- Zeidler A., Boruvka V., Schönfelder O. 2018: Comparison of Wood Quality of Douglas Fir and Spruce from Afforested Agricultural Land and Permanent Forest Land in the Czech Republic. *Forests* 9, 13
- Zhang T., Bai S. L., Bardet S., Alméras T., Thibaut B., Beauchene J. 2011: Radial variations of vibrational properties of three tropical woods. *Journal of Wood Science* 57(5), 377-386
- Zobel B. J., Jett J. B. 1995: *Genetics of Wood Production*, Springer-Verlag, Berlin, Germany
- Zobel B. J., van Buijtenen J. P. 1989: *Wood Variation: Its Causes and Control*, Springer-Verlag, Berlin, Germany

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W ramach aktywności naukowej realizowanej w uczelni zagranicznej, w 2014 roku uczestniczyłam w dwutygodniowym stażu naukowym w University of Latvia, Institute of Polymer Mechanics, Ryga, Łotwa. Staż ten odbywał się w ramach STSM (Short Term Scientific Mission) w zakresie programu COST Action TU1207 Next generation design guidelines for composites in construction. Podczas realizacji stażu prowadziłam badania mające na celu opracowanie założeń dla inżynierii naprawczej w oparciu o badania numeryczne FEM. Analizy numeryczne miałyby umożliwić dobór najodpowiedniejszego do danego zastosowania materiału wzmacniającego FRP (Fibre Reinforced Polymer), optymalizację kształtu zbrojenia, jego wymiarów oraz lokalizacji w zależności od zasięgu i wielkości naturalnych wad drewna. Uzyskana wiedza była pomocna podczas realizacji pracy doktorskiej dotyczącej lokalnego wzmocnienia drewna konstrukcyjnego. Efektem stażu było opublikowanie artykułu *Burawska-Kupniewska I., Tarasovs S. 2014: Influence of glue-line parameters on the mechanical behaviour of CFRP reinforced wood - numerical analysis. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 87, 18-24.*

W 2014 roku ponownie wzięłam udział w miesięcznym stażu naukowym w instytucie zagranicznym EMPA – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Dübendorf, Switzerland (STSM w ramach programu COST Action FP1101 Assessment, reinforcement and monitoring of timber structures). Podczas realizacji stażu prowadziłam badania kluczowe dla realizacji pracy doktorskiej, polegające na przeprowadzeniu testów zginania tarcicy sosnowej w skali technicznej. Drewno konstrukcyjne było badane w trzech wariantach, kolejno: w postaci naturalnej, po osłabieniu otworem symulującym obecność sęka w strefie rozciąganej elementu zginanego oraz następnie po aplikacji zbrojenia w postaci taśmy CFRP (Carbon Fibre Reinforced Polymer) w kształcie odcinka koła. Efektem stażu było opublikowanie artykułu *Burawska I., Mohammadi A.H, Widmann R., Motavalli M. (2015): Local reinforcement of timber beams using D-shape CFRP strip. SMAR – Third Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures. Antalya, Turcja.*

W ramach dalszej aktywności naukowej realizowanej w uczelni zagranicznej, w 2019 roku uczestniczyłam w trzymiesięcznym stażu naukowym w ramach Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW w University of British Columbia, Vancouver, Kanada. Wyjazd stypendialny był niezbędny dla realizacji istotnej części badań związanych z moją działalnością naukową. University of British Columbia dysponował laboratorium i oprzyrządowaniem koniecznym dla przeprowadzenia planowanych badań. W ramach realizacji stażu prowadziłam badania, których celem było określenie charakterystyki wiązania tworzonego przy wykorzystaniu różnych rodzajów klejów, między włóknami węglowymi i bazaltowymi a różnymi gatunkami drewna. Znajomość charakterystyki wiązania jest istotna dla stworzenia

modeli numerycznych umożliwiających szacowanie nośności wzmocnionych elementów konstrukcyjnych oraz elementów klejonych, np. drewna klejonego warstwowo. Efektem stażu było m.in. opublikowanie w 2021 r. pracy: *Burawska-Kupniewska I., Beer P. 2021: Near-surface mounted reinforcement of sawn timber beams - FEM approach. Materials 11 (14), 2780.*

Ponadto realizowałam liczne szkolenia w europejskich instytucjach naukowych i dydaktycznych, tematycznie związane z moimi zainteresowaniami naukowymi. W okresie pomiędzy uzyskaniem przeze mnie stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego uczestniczyłam w 7 szkoleniach, natomiast przed uzyskaniem przeze mnie stopnia doktora, między 2012 a 2015 rokiem – w 15. Szkolenia te trwały od dwóch dni do tygodnia. Dzięki uczestnictwu w szkoleniach udało mi się nawiązać współpracę naukową, skutkującą m.in. możliwością realizacji staży w instytucie EMPA oraz University of Latvia. Dodatkowo, skutkiem nawiązanej współpracy są dwie publikacje:

Sobra K., Avez C., Aktas Y., Rijk R., Burawska I., Branco J. 2016: Load-Bearing Capacity of Traditional Dovetail Carpentry Joints with and Without Dowels: Comparison of Experimental and Analytical Results. Historical Earthquake-Resistant Timber Framing in the Mediterranean Area, Publisher: Springer, 215-226

Sobra K., Rijk R., Aktas Y., Avez C., Burawska I., Branco J. 2016: Experimental and Analytical Assessment of the Capacity of Traditional Single Notch Joints and Impact of Retrofitting by Self-Tapping Screws. Historical Earthquake-Resistant Timber Framing in the Mediterranean Area, Publisher: Springer, 359-369

Pełną listę zrealizowanych w instytucjach naukowych i dydaktycznych szkoleń przedstawiono w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny”, w punkcie 11. *Informacja o odbytych stażach w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.*

6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych innych niż te wskazane jako podstawa ubiegania się o stopień doktora habilitowanego

Prowadzona przeze mnie działalność naukowa dotyczy następujących, głównych obszarów badawczych:

1. Wpływ czynników materiałowych i technologicznych na właściwości mechaniczne materiałów kompozytowych o strukturze warstwowej
2. Wzmacnianie drewna i kompozytów drzewnych materiałami naturalnymi i syntetycznymi
3. Materiały drewnopochodne wytwarzane w procesach ograniczonego zużycia surowca drzewnego pochodzącego z lasu

Ad. 1.

Badania kompozytów o strukturze warstwowej o przeznaczeniu na materiały podłogowe, koncentrują się głównie na określeniu właściwości wierzchniej (licowej) warstwy, często bez powiązania z warstwami wewnętrznymi (podkładowymi). Badania te dotyczą przeważnie określenia twardości, wytrzymałości na zginanie, wytrzymałości na zarysowania i ścieranie, stabilności koloru, ekspozycji na zmienne warunki temperaturowe i wilgotnościowe czy możliwości modyfikacji materiałowej (np. termo-mechanicznej) warstwy wierzchniej kompozytu. Warstwa wierzchnia kompozytu, z uwagi na jej walory estetyczne i funkcjonalne, wykonywana jest najczęściej z gatunków drewna: dąb (*Quercus robur* L.), jesion (*Fraxinus excelsior* L.), doussie (*Azelia Africana* Pers.) i sapele (*Entandrophragma cylindricum* Spraga). Warstwy podkładowe z kolei, zbudowane są z łatwo dostępnych materiałów o małej gęstości i niskich właściwościach mechanicznych, np. drewna sosnowego (*Pinus sylvestris* L.), świerkowego (*Picea excelsa* L.) i jodłowego (*Abies alba* Mill.). Badania pełnowymiarowych systemów podłogowych koncentrują się m.in. na określeniu sprawności systemów grzewczych czy fizycznych i mechanicznych właściwości kompozytów podłogowych dedykowanych do podłóg pływających czy podłóg sportowych. Aktualne trendy w rozwoju materiałów kompozytowych o strukturze warstwowej o przeznaczeniu podłogowym obejmują: optymalizację zużycia drewna (zwłaszcza wysokiej jakości); poprawę jakości obróbki powierzchni i wykonywania połączeń; opracowanie szybkiej i taniej technologii montażu elementów podłogowych; zapewnienie bogatej kolorystyki i zróżnicowanej struktury powierzchni oraz wysokiej trwałości materiałów podłogowych.

Optymalizacja zużycia drewna upatrywana jest w określeniu rzeczywistej możliwości wykorzystania drewna o niskiej jakości, obciążonych wadami struktury, szczególnie na warstwy wewnętrzne kompozytów warstwowych. Badania wykazały, że w przypadku wielowarstwowych kompozytów, istnieje możliwość zastosowania fornirów o niskiej jakości na warstwy wewnętrzne (trzecią lub kolejne, licząc od warstwy wierzchniej), bez znaczącego pogorszenia się twardości warstwy powierzchniowej, mierzonej metodą Brinella. Twardość Brinella pięciowarstwowego kompozytu, wytworzonego z fornirów bez wad, o warstwie wierzchniej dębowej i warstwach wewnętrznych wykonanych z drewna sosnowego, wyniosła 45,2 N/mm². W przypadku zastosowania na warstwę trzecią lub kolejne, fornirów z wadami w postaci otworów po sękach (okrągłych, niewypełnionych otworów o średnicy do 20 mm), twardość Brinella zawierała się w przedziale 36,0 - 43,3 N/mm². Przekrój anatomiczny warstwy wierzchniej (promieniowy/styczny) nie wpływał na kształtowanie się wartości twardości wielowarstwowego kompozytu.

Borysiuk P., Burawska-Kupniewska I., Auriga R., Kowaluk G., Kozakiewicz P., Zbieć M. 2019: Influence of layered structure of composite timber floor boards on their hardness, Drvna Industrija 70 (4), 399-406

Innym ze sposobów optymalizacji zużycia drewna w obrębie materiałów warstwowych, jest zastosowanie fornirów z drewna iglastego i liściastego na warstwy podkładowe,

w układzie krzyżowym. Na potrzeby badań wytworzono kompozyty warstwowe w wariantach: warstwa wierzchnia wykonana z fornirów dębowych (*Quercus robur* L.), warstwy wewnętrzne w układzie krzyżowym wytworzone z fornirów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.) lub sosnowych i olchowych (*Alnus glutinosa* Gaerthn.). Dla przygotowanych wariantów próbek określono moduł sprężystości przy zginaniu statycznym, dynamicznym i zmęczeniowym. Parametry te były kluczowe pod kątem zastosowania kompozytu w warunkach podłóg pływających, czy w zakresie dużych obciążeń dynamicznych, jak parkiety w halach sportowych. Badania wykazały, że zastosowanie fornirów olchowych w konstrukcji podstawy (jako warstwy podkładowe) pozytywnie wpływa na badane właściwości mechaniczne kompozytów. W przypadku kompozytów warstwowych o warstwach wewnętrznych wykonanych z fornirów sosnowych i olchowych, wszystkie średnie wartości modułów (statyczny, dynamiczny i zmęczeniowy) osiągnęły wartości wyższe niż dla kompozytów o warstwach wewnętrznych wykonanych wyłącznie z fornirów sosnowych. Średni moduł sprężystości przy zginaniu statycznym dla drewna sosnowego wynosi około 12000 MPa, natomiast w przypadku drewna olchowego, średni moduł sprężystości przy zginaniu jest niższy o około 20%. Mimo to, kompozyty wytworzone z udziałem fornirów olchowych charakteryzowały się korzystniejszymi właściwościami sprężystymi niż w przypadku zastosowania na warstwę podbudowy wyłącznie fornirów sosnowych. Może to świadczyć o kluczowym wpływie bardziej jednorodnej, rozpięrzchło-naczyniowej struktury drewna olchowego stosowanego w układzie krzyżowym na kształtowanie się właściwości sprężystych kompozytu.

Beer P., Pacek P., Burawska-Kupniewska I., Oleńska S., Różańska A. 2019: Influence of alder (Alnus glutinosa Gaerthn.) veneers on selected mechanical properties of layered pine (Pinus sylvestris L.) composites. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 108, 13-20

Problematyka jakości w przemyśle drzewnym, a zwłaszcza celowość usuwania wad z fornirów stanowi jeden z elementów stanowiących o kosztach produkcji kompozytowych materiałów warstwowych. Celowa jest zatem analiza wpływu budowy warstwy wewnętrznej (podkładowej) kompozytu, wykonanej z drewna niskiej jakości na wybrane właściwości mechaniczne materiałów warstwowych o przeznaczeniu podłogowym. Wzięto pod uwagę cztery klasy jakości fornirów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.): A (najwyższą, bez wad), B, C i D (najniższą, charakteryzującą się dużą ilością wypadających sęków i obecnością pęknięć). Z fornirów o tych klasach jakości wykonano warstwę podkładową kompozytów warstwowych, dla których następnie określono moduł sprężystości przy zginaniu statycznym, dynamicznym i zmęczeniowym, jak również sztywność oraz wytrzymałość na zginanie statyczne. Wyniki badań wykazały, że kompozyty o warstwach wewnętrznych wykonanych z fornirów o klasie jakości A charakteryzowały się najwyższymi wartościami wytrzymałości na zginanie statyczne, jak również modułów sprężystości przy zginaniu statycznym, dynamicznym i zmęczeniowym. Analogiczne właściwości mechaniczne kompozytów o warstwach wewnętrznych wykonanych z fornirów o klasie jakości B, C i D nie różniły się istotnie. Na tej podstawie stwierdzono,

że możliwe jest wykorzystanie do produkcji kompozytów warstwowych fornirów o niższej jakości, bez konieczności ich klasyfikacji na klasy jakości, co znacznie obniży koszty produkcji.

Burawska-Kupniewska I., Mycka P., Beer P. 2021: Influence of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) veneers quality on selected properties of layered composite for flooring materials. *Forests* 12 (8), 1017

Zastosowanie na warstwę podbudowy kompozytów warstwowych mniejszej liczby fornirów o większych grubościach niż standardowe, stosowane przemysłowo, może skutkować zmniejszeniem kosztów operacyjnych, przykładowo poprzez ograniczenie ilości niezbędnych materiałów (np. ilości żywicy klejowej niezbędnej do łączenia poszczególnych warstw kompozytu). W ramach badań wytworzono 3 warianty kompozytów warstwowych:

- siedmiowarstwowy - o warstwie wierzchniej wykonanej z forniru dębowego o grubości nominalnej 3 mm i sześciu warstwach wewnętrznych ułożonych krzyżowo, wykonanych z fornirów sosnowych o grubości nominalnej 1,5 mm i 2,5 mm,
- pięciowarstwowy - o warstwie wierzchniej wykonanej z forniru dębowego o grubości nominalnej 3 mm i czterech warstwach wewnętrznych ułożonych krzyżowo, wykonanych z fornirów sosnowych o grubości nominalnej 2,5 mm i 3,2 mm,
- pięciowarstwowy - o warstwie wierzchniej wykonanej z forniru dębowego o grubości nominalnej 3 mm i czterech warstwach wewnętrznych ułożonych krzyżowo, wykonanych z fornirów sosnowych o grubości nominalnej 3,2 mm.

Największa zastosowana grubość fornirów (3,2 mm) była wynikiem kompromisu między możliwą do uzyskania liczbą i zasięgiem wad drewna a prędkością skrawania fornirów. Dla wytworzonych kompozytów warstwowych określono podstawowe właściwości mechaniczne, decydujące o przydatności na materiały podłogowe – moduł sprężystości przy zginaniu statycznym, dynamicznym i zmęczeniowym oraz sztywność i wytrzymałość na zginanie. Badania wykazały, że kompozyty warstwowe o warstwie podkładowej wytworzonej z mniejszej liczby fornirów o większych grubościach nominalnych, charakteryzują się porównywalnymi właściwościami mechanicznymi w stosunku do kompozytów wytworzonych z większej ilości fornirów o mniejszej grubości nominalnej. Zastosowanie fornirów o większej grubości w warstwie podkładowej kompozytu warstwowego powoduje zwiększoną wytrzymałość na obciążenia statyczne i dynamiczne w stosunku do dostępnego komercyjnie trójwarstwowego kompozytu. Przeprowadzone badania miały charakter pilotażowy, będą kontynuowane w ramach współpracy z zainteresowanymi firmami branży drzewnej, jednak już teraz wskazują na potencjał w aspekcie prowadzenia bardziej zrównoważonej gospodarki drzewnej, oszczędności materiałowej a tym samym możliwość zwiększenia produktywności przedsiębiorstw.

Beer P., Pacek P., Burawska-Kupniewska I. 2022: Influence of the thickness of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) veneers on selected properties of flooring materials. *Forests* 13 (2), 175

Ad. 2.

Budownictwo ogólne stanowi jedną z najbardziej konserwatywnych branż przemysłu. Tradycjonalizm branży przejawia się między innymi w praktykowaniu głównie sprawdzonych wieloletnimi doświadczeniami rozwiązań oraz niechęci do zmiany istniejących procesów produkcyjnych. W związku z tym nowe rozwiązania, z wykorzystaniem nowoczesnych, zaawansowanych technologicznie materiałów, jak również innowacyjne techniki, często napotykać na trudności praktycznego zastosowania. Wobec tego potrzebne są działania zmierzające do popularyzacji i wdrażania nowych rozwiązań, stwarzających potencjał, umożliwiających przełamanie barier myślowych czy prawnych, co zapewni dalszy rozwój sektora drzewnego, w tym budownictwa drewnianego.

Jedną z metod inżynierii naprawczej odnoszącej się do drewna litego jest ocena możliwości kompensacji negatywnego wpływu naturalnych wad drewna (głównie sęków) poprzez lokalne wzmocnienie. Ze względu na fakt, że belki stropowe są najczęstszymi elementami konstrukcyjnymi, które wymagają wzmocnienia, postanowiono odnieść efektywność zbrojenia do sosnowych bali (*Pinus sylvestris* L.), o wymiarach przekroju 50 x 100 mm i długości 2000 mm. W tym celu określono globalny moduł sprężystości przy zginaniu wszystkich badanych elementów (EN 408). Badanie to powtórzono w zakresie pracy sprężystej materiału po wykonaniu osłabienia bali sosnowych przelotowym otworem, odzwierciedlającym obecność sęka w strefie rozciąganej elementu poddawanego zginaniu. W dalszej kolejności bale sosnowe wzmocniono lokalnie poprzez zastosowanie zbrojenia w kształcie odcinka koła, wykonanego z materiału syntetycznego (taśma CFRP – Carbon Fibre Reinforced Polymer) oraz naturalnego (klejonka bambusowa). Następnie bale sosnowe zostały poddane badaniu wytrzymałości na zginanie statyczne, aż do zniszczenia. Na podstawie badań stwierdzono, że miejscowe zbrojenie wykonane zarówno z materiału syntetycznego, jak i naturalnego spowodowało znaczny wzrost wytrzymałości na zginanie bali sosnowych osłabionych otworem odzwierciedlającym obecność sęka. Z uwagi na potencjalne odtworzenie modułu sprężystości przy zginaniu, długość lokalnego wzmocnienia wykonanego zarówno z taśmy CFRP, jak i klejonki bambusowej okazała się niewystarczająca. Klejonka bambusowa jako odnawialny, naturalny materiał stanowi cenną alternatywę dla syntetycznego, wysokoprzetworzonego materiału na bazie włókien węglowych. Lokalne wzmocnienie w kształcie odcinka koła jest skuteczną metodą inżynierii naprawczej. Mimo ograniczenia powierzchni zbrojenia, zwiększenie powierzchni spoiny klejowej oraz zoptymalizowany kształt wzmocnienia prowadzi do ograniczenia miejscowej koncentracji naprężeń. Dodatkowo, możliwość ukrycia zbrojenia wewnątrz przekroju drewnianego, zwiększa odporność na ewentualne działanie ognia oraz zapewnia estetykę rozwiązania, dzięki czemu metoda lokalnego wzmocnienia jest odpowiednia do konstrukcji zabytkowych.

W ramach kontynuacji tego tematu badawczego, opracowano model tarcicy zbrojonej lokalnie materiałem FRP. Model opracowany został w środowisku FEM (Finite Element Method) i następnie poddano go walidacji na podstawie wyników uzyskanych w wyniku badań laboratoryjnych i analitycznie. Walidacja modelu powinna odnosić się do wielu jego poziomów. Może ona obejmować porównanie uzyskanych doświadczalnie i numerycznie

wartości przemieszczeń, porównanie rozkładu naprężeń i odkształceń na powierzchniach elementów, obliczonych odpowiednio na podstawie danych z laboratoryjnych prób zginania i badań numerycznych czy porównanie lokalnej sztywności podczas zginania odniesionej do pola powierzchni sęków osłabiających materiał.

Ostateczne zastosowanie parametrów modelu FEM dla trzech różnych bali oraz porównanie rozkładu sztywności przy zginaniu wykazało bardzo dobrą zgodność z wartościami otrzymanymi podczas badań laboratoryjnych. Niezbędna jest jednak dalsza walidacja modelu, odnosząca się do większego zbioru danych eksperymentalnych. Dzięki temu, poprzez zmianę konfiguracji numerycznej krytycznych przekrojów węzłów, uwzględnienie wpływu innych/ różnych parametrów (np. interakcji wielu węzłów), uniwersalny model umożliwi przewidzenie rzeczywistego zachowania się elementu podczas jego obciążenia. W ten sposób łatwiej i bardziej szczegółowo będzie można dokonywać badań numerycznych elementów drewnianych, osłabionych wadami struktury i miejscowo wzmocnionych.

Burawska I., Zbieć M., Beer P. 2016: Enhancement of timber beams by means of natural and synthetic reinforcement. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 94, 86-90

Burawska-Kupniewska I., Beer P. 2021: Near-surface mounted reinforcement of sawn timber beams - FEM approach. Materials 11 (14), 2780

Warstwa wewnętrzna kompozytów warstwowych o przeznaczeniu konstrukcyjnym, zbudowana jest najczęściej z materiałów o stosunkowo niskim module sprężystości, takich jak drewno i płyty drewnopochodne, materiały porowate i komórkowe, czy płyty laminowane profilowane. Wzmocnienie warstwy rdzeniowej stosowane jest najczęściej w celu poprawy jego właściwości wytrzymałościowych oraz ograniczenia propagacji pęknięć. Włókna użyte do wzmocnienia warstwy rdzeniowej charakteryzować powinny się dużą wytrzymałością, sztywnością i niskim ciężarem właściwym. Włókna naturalne stanowią cenną alternatywę w stosunku do włókien syntetycznych, szczególnie w perspektywie wykorzystania ich na skalę przemysłową. Wśród przesłanek skłaniających do wykorzystania włókien naturalnych można wymienić: korzystniejszą cenę w stosunku do włókien syntetycznych, odnawialność, niższą gęstość przykładowo w stosunku do włókien szklanych oraz zdolność do pochłaniania energii przy uderzeniu. W ramach badań wykonano łącznie cztery warianty kompozytów warstwowych:

- o rdzeniu wykonanym ze sklejki, wzmocnionym dwiema warstwami tkaniny szklanej o łącznej gramaturze 1000 g/m²,
- o rdzeniu wykonanym ze sklejki, wzmocnionym dwiema warstwami tkaniny lnianej o łącznej gramaturze 1050 g/m²,
- o rdzeniu wykonanym z pianki PUR (system poliuretanowy Ekoprodur CP4090), wzmocnionym dwiema warstwami tkaniny szklanej o łącznej gramaturze 1000 g/m²,
- o rdzeniu wykonanym z pianki PUR (system poliuretanowy Ekoprodur CP4090), wzmocnionym dwiema warstwami tkaniny lnianej o łącznej gramaturze 1050 g/m²,

Warstwy zewnętrzne kompozytu wykonane były z fornirów sosnowych (*Pinus sylvestris* L.).

Wytworzone kompozyty zostały poddane badaniu wytrzymałości na zginanie statyczne zgodnie z EN 408. Dodatkowo, z uwagi na przewidywane zastosowanie materiału w szklenictwie, przewidziano badania zdolności utrzymania wkrętów. Badania wykazały, że kompozyty o rdzeniu wykonanym ze sklejki, wzmocnione tkaniną lnianą, osiągnęły średnio 94% wartości modułu sprężystości przy zginaniu i 90% wartości wytrzymałości na zginanie statyczne analogicznego kompozytu wzmocnionego tkaniną szklaną. Analogicznie, kompozyty o rdzeniu wykonanym z pianki PUR, wzmocnione tkaniną lnianą, osiągnęły średnio 90% wartości modułu sprężystości przy zginaniu i 95% wartości wytrzymałości na zginanie statyczne analogicznego kompozytu wzmocnionego tkaniną szklaną. Średnia zdolność utrzymania wkrętów kompozytów o rdzeniu ze sklejki, wzmocnionym tkaniną naturalną wyniosła 108% zdolności do utrzymania wkrętów analogicznego kompozytu, wzmocnionego tkaniną syntetyczną. Kompozyty o rdzeniu wykonanym z pianki PUR, wzmocnione tkaniną lnianą wykazały zdolność utrzymania wkrętów porównywalną do analogicznego kompozytu, wzmocnionego tkaniną szklaną.

Burawska-Kupniewska I., Borowski M. 2021: Selected mechanical properties of the reinforced layered composites. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology* 113, 53-59

Ad.3.

Sektor meblarski jest kluczowym czynnikiem zrównoważonego rozwoju, który jest związany z optymalizacją kosztów produkcji, przy zachowaniu wysokiej jakości oferowanych produktów. Jednakże, spodziewany jest deficyt materiałów, który może przyczynić się do znacznego osłabienia dynamiki wzrostu sektora. Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu jest pozyskiwanie drewna z plantacji drzew szybkorosnących, które mogłyby uzupełnić deficyt surowca drzewnego. Celem badań było określenie opłacalności modyfikacji technologii płyt wiórowych, polegającej na zmianie struktury surowca, poprzez wprowadzenie do typowego surowca przemysłowego, drewna z plantacji drzew szybkorosnących. Badania obejmowały oszacowanie jednostkowego kosztu wytworzenia 1 m³ płyt wiórowych. Analiza została przeprowadzona na przykładzie jednego z wiodących dostawców płyt wiórowych dla polskiego przemysłu meblarskiego i polegała na porównaniu kosztu produkcji płyt wiórowych na bazie drewna z plantacji drzew szybkorosnących z kosztem płyt wiórowych, które są powszechnie dostępne na rynku. Uwzględniono trzy warianty zróżnicowanych struktur surowcowych: udział 100%, udział 50% i udział 25% surowca z plantacji drzew szybkorosnących. Z badań wynika, że wprowadzenie surowca drzewnego z plantacji drzew szybkorosnących do produkcji płyt wiórowych umożliwia generowanie oszczędności kosztów materiałowych i energetycznych na poziomie od 6% (25% udziału surowca z plantacji drzew szybkorosnących) do nawet 17% (100% udziału surowca z plantacji drzew szybkorosnących). Zastąpienie surowca przemysłowego w całości surowcem pochodzącym z plantacji drzew

szybkorosnących może doprowadzić do redukcji kosztów przedsiębiorstwa na poziomie 11,6 mln EUR (w przypadku zdolności produkcyjnej wynoszącej 570000 m³ płyt wiórowych). Zmiany w dotychczasowej strukturze surowcowej w technologii płyt wiórowych, poprzez wykorzystanie nowych surowców (drewno z plantacji drzew szybkorosnących), będzie pozytywnie oddziaływać na kontynuację dynamiki wzrostu produkcji płyt drewnopochodnych. W zapewnieniu alternatywnego źródła surowca upatruje się dalszych możliwości rozwoju branży drzewnej i meblarskiej.

Grzegorzewska E., Burawska-Kupniewska I., Boruszewski P. 2020: Economic profitability of particleboards production with a diversified raw material structure. Maderas-Ciencia y Tecnologia 22 (4), 537-548

Konwencjonalne materiały i techniki stosowane w budownictwie pozostawiają po sobie znaczny ślad węglowy. Dowodem na to są statystyki, które wykazują że branża budowlana emituje 35% wszystkich gazów cieplarnianych, pochłania 50% całkowitej masy surowcowej przeznaczonej do produkcji wszystkich materiałów na świecie, a także zużywa 40% ilości wytwarzanej energii. Wzrost tendencji do wznoszenia obiektów inżynierskich o niskim wpływie na środowisko, jest odpowiedzią na potrzebę rozwijania pojęcia zrównoważonego rozwoju i świadomości ekologicznej na całym świecie. Budowanie ekologicznych budynków możliwe jest poprzez zwiększenie dostępności do biomateriałów budowlanych oraz opracowywanie nowych. Przykładowo produkcja drewna pochłania 10% energii potrzebnej do wyprodukowania tej samej ilości stali. Rynek biomateriałów budowlanych jest zróżnicowany i mógłby w dużej mierze zastąpić rynek materiałów konwencjonalnych. Istotnym jest jednak, by architekci i projektanci uwzględniali w swoich projektach obiektów budowlanych wszystkie istotne czynniki wpływające na całą konstrukcję, a w szczególności na biomateriały budowlane, zarówno podczas budowy budynku, jak i jego eksploatacji. Po zakończeniu okresu eksploatacji biomateriały budowlane można przekształcić i ponownie wykorzystać. Oddziaływanie biomateriałów budowlanych może być nie tylko neutralne dla środowiska, ale także oddziaływać na nie pozytywnie. Duży udział biomateriałów budowlanych w gospodarce o obiegu zamkniętym, biogospodarce i gospodarce niskoemisyjnej jest bardzo ważny w dobie kryzysu klimatycznego. Zwiększając dostępność i uświadamiając konsumentom możliwości, jakie dają biomateriały budowlane, konieczne jest przededefiniowanie konwencjonalnych rozwiązań budowlanych.

Wilk K., Burawska I. 2022: Biobased building materials – directions and development prospects. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology 119, 71-77

7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

7.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Od momentu podjęcia pracy na Wydziale Technologii Drewna w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie prowadzę zajęcia na kierunkach studiów technologia drewna i meblarstwo z przedmiotów:

- budownictwo drewniane (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna a od 2019 roku Rady Dyscypliny Nauki Leśne),
- konstrukcje drewniane (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna a od 2019 roku Rady Dyscypliny Nauki Leśne),
- mechanika techniczna I, mechanika techniczna II, mechanika techniczna (ćwiczenia audytoryjne i laboratoryjne),
- historia konstrukcji drewnianych i stolarki architektonicznej (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna a od 2019 roku Rady Dyscypliny Nauki Leśne),
- zarys konstrukcji drewnianych i meblarskich (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna a od 2019 roku Rady Dyscypliny Nauki Leśne),
- informatyka i technologie informacyjne (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna oraz ćwiczenia laboratoryjne),
- systemy CAD w meblarstwie (wykłady – za zgodą Rady Wydziału Technologii Drewna oraz ćwiczenia laboratoryjne),
- ergonomia (ćwiczenia laboratoryjne).

W latach 2020 – 2021 prowadziłam zajęcia z modułów/przedmiotów z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość z przedmiotów:

- budownictwo drewniane,
- konstrukcje drewniane,
- historia konstrukcji drewnianych i stolarki architektonicznej,
- zarys konstrukcji drewnianych i meblarskich
- mechanika techniczna I, mechanika techniczna II, mechanika techniczna,
- systemy CAD w meblarstwie,
- informatyka i technologie informacyjne.

Od roku 2016 byłam promotorem 50 prac dyplomowych (39 inżynierskich i 11 magisterskich), które były realizowane na Wydziale Technologii Drewna SGGW w Warszawie oraz na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska SGGW w Warszawie. W tym samym czasie byłam recenzentem 8 prac.

W latach 2016 – 2020 w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie na Wydziale Architektury prowadziłam wykłady i ćwiczenia z przedmiotu konstrukcje drewniane

dla studentów kierunków budownictwo oraz architektura. W tym samym czasie byłam promotorem 3 prac dyplomowych w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie.

W roku 2016 opracowałam program Podyplomowych Studiów Rozwoju Kompetencji Nauczycieli, których byłam kierownikiem w latach 2016 – 2018. Na studiach tych prowadziłam wykłady i ćwiczenia z przedmiotu mechanika drewna oraz mechanika mebli. W roku 2018 opracowałam program studiów podyplomowych Drewno – surowiec i technologia, których jestem kierownikiem od roku 2018 do chwili obecnej. Na studiach tych prowadzę zajęcia z przedmiotów mechanika drewna (wykłady i ćwiczenia), mechanika mebli (wykłady i ćwiczenia) i komputerowe wspomaganie prac inżynierskich CAE (ćwiczenia).

W 2017 r. prowadziłam zajęcia laboratoryjne dotyczące mechaniki drewna dla uczniów klasy o profilu drzewnym Zespołu Szkół nr 6 im. Karola Brzostowskiego w Suwałkach.

Od 2021 roku jestem członkiem zespołu realizującego projekt dydaktyczny Erasmus+ o akronimie ALLVIEW (Alliance of Centres of Vocational Excellence in the Furniture and Wood sector). Celem projektu jest zbudowanie Centrum Doskonałości Zawodowej (CVE) dla europejskiego przemysłu drzewnego i meblarskiego.

Dodatkowo, od 2022 roku jestem kierownikiem projektu dydaktycznego Erasmus+ z ramienia SGGW w Warszawie. Projekt o akronimie SIBILA (Innovative Training Programme towards the Integration of Competitive Intelligence and Technology Watch Practices and Methods in SMEs from Manufacturing Sectors) jest projektem 2,5 letnim, którego głównym celem jest wsparcie europejskich MŚP z sektora meblarskiego, tekstylnego i innych, poprzez zaprojektowanie i opracowanie zestawu narzędzi szkoleniowych do wdrażania innowacyjnych praktyk, by zwiększyć ich konkurencyjność.

7.2. Osiągnięcia organizacyjne:

Pełnione funkcje jednoosobowego organu/kierownicze z wyboru lub powołania w SGGW:

- od 2020 r. Prodziekan Wydziału Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- od 2018 r. kierownik studiów podyplomowych Drewno – surowiec i technologia
- 2016 – 2018 kierownik Podyplomowych Studiów Rozwoju Kompetencji Nauczycieli

Pełnione funkcje z wyboru lub powołania w SGGW:

- 2022 - 2023 Członek zespołu przygotowującego raport samooceny na potrzeby akredytacji kierunku meblarstwo
- 2021 - Komisja ds. postępowań konkursowych w Katedrze Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym w Instytucie Nauk Drzewnych i Meblarstwa SGGW w Warszawie ogłoszonych w dniu 26 lutego 2021 r. (członek komisji)

- od 2020 r. Członek Rady Programowej Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie – zastępca przewodniczącego
- od 2020 r. Przewodniczący Wydziałowej Komisji Stypendialnej (na rok akad. 2020/21, 2021/22, 2022/23)
- od 2020 r. Członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej WTD SGGW w Warszawie
- od 2020 r. Przewodniczący Zespołu ds. tytułów prac dyplomowych i wyznaczania recenzentów dla kierunków studiów: technologia drewna i meblarstwo
- 2020 - Komisja ds. postępowań konkursowych w Katedrze Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym w Instytucie Nauk Drzewnych i Meblarstwa SGGW w Warszawie ogłoszonych w dniu 29 lipca 2020 r. (członek komisji)
- 2020 - 2021 Członek zespołu przygotowującego raport samooceny na potrzeby akredytacji kierunku technologia drewna
- 2019 - 2020 Członek Zespołu ds. tytułów prac dyplomowych i wyznaczania recenzentów dla kierunków studiów: technologia drewna i meblarstwo
- 2018 - Komisja ds. postępowań konkursowych w Katedrze Technologii i Przedsiębiorczości w Przemysle Drzewnym w Instytucie Nauk Drzewnych i Meblarstwa SGGW w Warszawie ogłoszonych w dniu 11 lipca 2018 r. (członek komisji)
- 2017 - 2018 Przewodnicząca Centralnej Komisji Konkursowej IV Ogólnopolskiego Młodzieżowego Konkursu Wiedzy o Drewnie
- 2016 - 2019 Członek Rady Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie

Pełnione funkcje poza SGGW

w zespołach eksperckich krajowych powołanych przez organy lub instytucje państwowe oraz instytucje zagraniczne:

- od 2021 r. – ekspert Narodowego Centrum Badań i Rozwoju
- od 2020 r. – ekspert usług w ramach działania 2.1 PO IR Wsparcie inwestycji w infrastrukturę B+R przedsiębiorstw
- od 2018 r. – ekspert Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej
- 2017 - 2020 - ekspert POIR-DIN-103.16 działania 2.1. Wsparcie inwestycji w infrastrukturę B+R przedsiębiorstw, konkursu KKK, działań/poddziałań 2.1, 2.3.2, 2.3.3, 3.1.5, 3.2.1, 3.2.2, 3.3

w zespołach eksperckich zagranicznych powołanych przez organy lub instytucje państwowe oraz instytucje zagraniczne:

- od 2016 r. external expert w ramach akcji COST – ocena merytoryczna wniosków w ramach COST proposal
- od 2021 r. Członek Komitetu Zarządzającego (MC member) w ramach COST Action CA20139 Holistic design of taller timber buildings (HELEN)

- 2014 – 2018 Członek Komitetu Zarządzającego (MC Substitute member) w ramach COST Action FP1402 Basis of structural timber design – from research to standards
- 2012 – 2016 Członek Komitetu Zarządzającego (MC Substitute member) w ramach COST Action TU1207 Next generation design guidelines for composites in construction
- 2014 - 2018 Członek grupy roboczej WG2 Solid/Massive timber w ramach COST Action FP1402 Basis of structural timber design – from research to standards
- 2014 - 2018 Członek grupy roboczej WG1 Product category rules w ramach COST Action FP1407 Understanding wood modification through an integrated scientific and environmental impact approach (ModWoodLife)
- 2014 - 2018 Członek grupy roboczej WG4 Integration, dissemination and exploitation w ramach COST Action FP1407 Understanding wood modification through an integrated scientific and environmental impact approach (ModWoodLife)
- 2013 - 2017 Członek grupy roboczej WG1 Material capability and enhancement w ramach COST Action FP1303 Performance of biobased building materials
- 2013 - 2017 Członek grupy roboczej WG2 Functionality and performance w ramach COST Action FP1303 Performance of biobased building materials
- 2012 – 2016 Członek grupy roboczej WG3 Strengthening applications w ramach COST Action TU1207 Next generation design Guidelines for composites in construction
- 2011 – 2015 Członek grupy roboczej WG2 Reinforcement w ramach COST Action FP1101 Assessment, reinforcement and monitoring of timber structures
- 2010 – 2014 Członek grupy roboczej WG3 Modelling the mechanical performance of enhanced wood-based systems w ramach COST Action FP1004 Enhance mechanical properties of timber, engineered wood products and timber structures

Członkostwo w krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach:

- Związek Nauczycielstwa Polskiego, od 2017 r., członek
- Zespoły Usług Technicznych RS NOT, od 2016 r., ekspert i rzeczoznawca
- Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Leśnictwa i Drzewnictwa, od 2016 r., członek i rzeczoznawca

Otrzymane nagrody i wyróżnienia za osiągnięcia organizacyjne:

- Nagroda zespołowa (dyplom uznania) III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, 2022 r.
- Nagroda indywidualna (dyplom uznania) I stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, 2019 r.
- Nagroda indywidualna III stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia organizacyjne, 2018 r.
- Dyplom uznania Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia organizacyjne, 2017 r.
- Wyróżnienie Dziekana WTD SGGW w Warszawie za osiągnięcia organizacyjne, 2017 r.

- Wyróżnienie Dziekana WTD SGGW w Warszawie za osiągnięcia organizacyjne, 2016 r.

7.3. Osiągnięcia popularyzacyjne:

Organizacja wydarzeń akademickich:

2017 - 2018 Organizacja IV Ogólnopolskiego Młodzieżowego Konkursu Wiedzy o Drewnie, Przewodnicząca Komisji Konkursowej, Wydział Technologii Drewna SGGW w Warszawie

2016 - Komitet naukowy 42 Przeglądu Dorobku Kół Naukowych SGGW w Warszawie, Warszawa, Polska, członek komitetu, jury oceniające wystąpienia studentów

Publikacje popularnonaukowe:

Majtczak P., Burawska I., 2016: Drewno- materiał idealny? Fachowy Dekarz & Cieśla 5/2016, 74-75

Grzegorzewska E., Burawska I., Boruszewski P. 2016: Koszty rodzajowe w przemyśle drzewnym. Materiały szkoleniowo - seminaryjne Wybrane aspekty produkcji tworzyw drzewnych - Ośrodek Badawczo - Rozwojowy Przemysłu Płyt Drewnopochodnych w Czarnej Wodzie oraz Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce (20-21.10.2016, Fojutowo, Polska)

Burawska-Kupniewska I., Kupniewski C. 2015: Metody wzmocnień drewna klejonego warstwowo. Przemysł Drzewny 1, 38-42

Ponadto, pomiędzy uzyskaniem stopnia doktora a uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego uczestniczyłam w 12 konferencjach (9 międzynarodowych), podczas których wygłosiłam 8 referatów i byłam autorką 4 posterów. Przed uzyskaniem stopnia doktora natomiast, uczestniczyłam w 19 konferencjach (15 międzynarodowych), podczas których wygłosiłam 16 referatów i byłam autorką 3 posterów. W 2016 roku podczas Konferencji Naukowej Wydziału Technologii Drewna SGGW „DREWNO - MATERIAŁ XXI WIEKU” wygłosiłam wykład w trakcie sesji plenarnej. Szczegółowe dane dotyczące wystąpień na konferencjach naukowych są przedstawione w dokumencie „Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny”.

8. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

Inne osiągnięcia naukowe:

- Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe, 2022 r.
- Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora SGGW za osiągnięcia naukowe, 2021 r.
- Dyplom uznania Rektora SGGW w Warszawie za osiągnięcia naukowe, 2017 r.
- Beneficjent Stypendium naukowego Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnego młodego naukowca w latach 2016-2019 (decyzja nr 0027/E-385/STYP/11/2016)
- Dyplom uznania przyznany Uchwałą Rady Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie z dnia 16.12.2015 r. za wyróżniającą pracę doktorską pt. „Lokalne wzmocnienie drewna konstrukcyjnego sosnowego (*Pinus sylvestris* L.), 2015 r.
- Stypendium Konferencyjne ECCOMAS dla Młodych Pracowników Naukowych, nagroda w formie stypendium przyznana na pokrycie kosztów związanych z udziałem w konferencji ECCOMAS 2012, Wiedeń, Austria, 2012 r.
- Laureat stypendium Mazovia dla osób posiadających wszczęty przewód doktorski. Projekt systemowy pn. Rozwój nauki – rozwojem regionu - stypendia i wsparcie towarzyszące dla mazowieckich doktorantów współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego i krajowych środków publicznych - Poddziałanie 8.2.2 Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, 2013 – 2014 r.
- Wyróżnienie za najlepszą pracę inżynierską o charakterze praktycznym (Koncepcja konstrukcji drewnianego budynku o powierzchni użytkowej 150m² w systemie szkieletu kanadyjskiego) na Wydziale Technologii Drewna SGGW, 2008 r.

Izabela Burawska
(podpis wnioskodawcy)