

Dr hab. inż. Cezary Gozdecki, prof. UKW  
Instytut Inżynierii Materiałowej  
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
w Bydgoszczy

Bydgoszcz, 23 marca 2022r.

## Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Conrada M. Sali

Tytuł rozprawy: Wpływ wybranych czynników materiałowych i procesowych na  
właściwości suchoformowanych płyt pilśniowych

Promotor pracy: dr hab. inż. Grzegorz Kowaluk, prof. SGGW

zrealizowana w Instytucie Nauk Drzewnych i Meblarstwa Szkoły Głównej Gospodarstwa  
Wiejskiego w Warszawie

Podstawy prawne: zgodny ze stanem prawnym, określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca  
2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2020r. z późn. zm.).

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Pana dra hab. inż. Pawła Kozakiewicza, prof. SGGW  
Dyrektora Instytutu Nauk Drzewnych i Meblarstwa, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego  
w Warszawie z dnia 10 lutego 2022 roku (INDM/1/2022).

Jednym z kluczowych wyzwań stawianych obecnie producentom płyt drewnopochodnych jest konieczność podejmowania proekologicznych działań w zakresie stosowanych materiałów i technologii. Często jednak działania te powiązane są z koniecznością spełnienia szeregu sprzecznych ze sobą wymogów. Oczekuje się aby nowoczesne materiały drewnopochodne były wykonane z materiałów całkowicie biodegradowalnych z uwzględnieniem znacznej ilości poużytkowych materiałów drzewnych, posiadały wysokie właściwości mechaniczne, a do tego były akceptowalne przez odbiorców pod względem ceny. Oczywistym jest więc, że każde działania prowadzące do osiągnięcia tych celów, bądź kreujące ścieżki postępowania umożliwiające osiągnięcie tych celów, są wartościowe. W tym świetle przedstawiona mi dysertacja autorstwa Pana mgr. inż. Conrada M. Sali w sposób bezpośredni wpisuje się w aktualne potrzeby przemysłu tworzyw drzewnych, będąc jednocześnie zdecydowanie aktualnym kierunkiem badań naukowych w dyscyplinie nauki leśnej.

## Ocena formalna pracy

Przedstawiona do oceny dysertacja jest pracą o charakterze eksperymentalnym, a jej podstawę stanowi zbiór artykułów naukowych. Praca składa się z dwóch części, pierwsza to podsumowanie zakresu prac badawczych opublikowanych w zagranicznych i krajowych czasopismach, druga natomiast to prezentacja artykułów stanowiących podstawę pracy doktorskiej. Pierwsza część napisana jest w typowym dla tego typu prac układzie streszczenie, wstęp, przegląd literatury, hipoteza badawcza, cel i zakres pracy, materiał badawczy, metodyka badań, omówienie głównych wyników prac eksperymentalnych, wnioski i spostrzeżenia oraz bibliografia. Część druga, to kolejno zaprezentowane 6 artykułów naukowych, wszystkie z 2020 roku, zaprezentowane w taki sam sposób jak w czasopismach, w których zostały opublikowane, z zachowaniem oryginalnej numeracji. Całość liczy 159 stron plus oświadczenia i zgody, przy czym część pierwsza zawarta jest na 80 stronach, część druga na 79. Zasadnicza część pracy podzielona jest na 9 numerowanych rozdziałów i 16 podrozdziałów, w których część informacji przedstawiana jest w 10 tabelach i na 33 rysunkach. Wykaz literaturowy obejmuje 93 aktualne i odpowiednio dobrane pozycje, w tym inne informacje zawarte na stronach internetowych oraz 12 norm. Przedstawiona praca doktorska spełnia formalne wymagania stawiane dysertacjom na stopień doktora.

## Ocena merytoryczna pracy

Tytuł przedstawionej pracy „Wpływ wybranych czynników materiałowych i procesowych na właściwości suchoformowanych płyt pilśniowych” ogólnie odpowiada celowi i zawartym treściom, jednak tak sformułowany, sugeruje, że w pracy przedstawiona będzie przedmiotowa analiza dotycząca wszystkich odmian płyt suchoformowanych, natomiast Autor zajmuje się tylko jedną jego odmianą, płytą MDF o wysokiej gęstości. W opinii recenzenta mógłby on brzmieć np.: Wpływ wybranych czynników materiałowych i procesowych na właściwości płyt MDF o wysokiej gęstości. Sugestia ta związana jest z nomenklaturą obowiązującą w normach PN-EN 316 oraz PN-EN 622-5. W przypadku dopuszczonego nazewnictwa handlowego pojawia się skrót HDF w odniesieniu do płyt pilśniowych suchoformowanych o wysokiej gęstości. Taką nazwę znaleźć też można w normie PN-EN 316:2001 w stosunku do płyt MDF o gęstości powyżej 800kg/m<sup>3</sup>, jednak w zastępującej ją normie PN-EN 316:2009 skrót HDF już nie występuje, nie występuje także w obecnie obowiązującej normie PN-EN 622-5:2010. Uznać więc należy, że nazwa HDF, jakkolwiek szeroko przyjęta, to jednak jest nazwą potoczną a normatywna nazwa płyt pilśniowych suchoformowanych to MDF. Ze względów praktycznych w dalszej części pracy można ją stosować jako skrót określenia płyta MDF o wysokiej gęstości, co też Autor dysertacji czyni.

Wstęp oraz Przegląd literatury obejmuje 13 stron, na których zawarte jest uzasadnienie podjęcia badań w opisywanym zakresie na tle światowej i krajowej literatury. Autor w pierwszym rozdziale przedstawia w krótki sposób motywację podjęcia prac badawczych będących podstawą dysertacji, wskazując na etapowość ich prowadzenia. Kolejno poddaje przeglądowi stan aktualnej wiedzy w zakresie niezbędnym do podjęcia rozważań prezentowanych w pracy. Na początku Autor analizuje problematykę rynku płyt drewnopochodnych podkreślając, że ich produkcja stale rośnie, co jest związane z ciągłym wzrostem zapotrzebowania na te materiały. Wykazuje, odwołując się do danych zawartych w znanej bazie internetowej ([www.fao.org](http://www.fao.org)), że po 2012 roku produkcja płyt drewnopochodnych na świecie przekroczyła produkcję drewna okrągłego. W ocenie

recenzenta przedstawione porównanie wielkości produkcji w latach budzi pewne wątpliwości. Wspomnieć tu należy również, że w pracy pojawia się swego rodzaju nieścisłość w określeniu o jakie produkty chodzi. O ile w samej treści dysertacji (strona 13 i 14) pojawia się np. w podpisie pod rysunkiem 1 oraz w treści, pojęcie „drewno okrągłe”, o tyle w artykule będącym podstawą pracy doktorskiej (Sala i inn. Polymers 2020, 12, pozycje 2 spisu), zastosowane jest odniesienie „Pulpwood, round and split, coniferous” (Figure 1). Porównując ze sobą te produkty, zgodnie ze stosowaną przez Autora dysertacji nomenklaturą, tylko dla roku 2018, w przypadku zestawienia produkcja płyt drewnopochodnych – drewno okrągłe (w skali świata) wynoszą one odpowiednio: płyty – około 368mln m<sup>3</sup>, drewno okrągłe 4014mln m<sup>3</sup>. W przypadku ww artykułu odniesienie produkcji płyt następuje jednak nie dla drewna okrągłego (roundwood) a do, w wolny tłumaczeniu, „papierówki iglastej” (około 365mln m<sup>3</sup>). Pojawiają się więc nieścisłości, które dobrze by było wyjaśnić zwłaszcza, że recenzentowi nie udało się (w powoływanych źródłach internetowych) odnaleźć wielkości podawanych w tekście i na rysunku np. dla roku 2018. Następnie Autor wskazując na najistotniejsze czynniki materiałowe i procesowe wpływające pośrednio lub bezpośrednio na właściwości płyt drewnopochodnych, słusznie podkreśla wysoki stopień złożoności tego zagadnienia. W części dotyczącej wpływu wilgotności na właściwości płyt drewnopochodnych Autor słusznie zwraca uwagę, że wraz z jej wzrostem obniżają się właściwości mechaniczne płyt. W mojej ocenie nieprecyzyjnie jednak wskazuje: (strona 15) „...wilgotność kompozytów drewnopochodnych pozytywnie wpływa na właściwości fizyczne, obniżając między innymi ich spęcznienie na grubość po 24h moczenia w wodzie” powołując się na literaturę. Czy chodzi o ekwiwalent przyrostu stopnia spęcznienia np. porównując spęcznienie płyty całkowicie suchej i płyty o wysokiej wilgotności? Trudno uznać za korzyść np. fakt świadomego zwiększania wilgotności panela podłogowego wykonanego na podłożu z MDF, w celu zmniejszenia jego spęcznienia. Czy może chodzi o wilgotność materiału podczas procesu prasowania?

Wspominając o istotnym aspekcie technologicznym jakim jest suszenie włókien, Autor zwraca słusznie uwagę na negatywny wpływ znacznego podniesienia temperatury podczas tego procesu, co w konsekwencji wpływa na pogorszenie właściwości utworzonych z nich płyt. W wyjaśnieniu Doktorant skupia się tylko na szkodliwym działaniu wysokiej temperatury na żywicę klejową. Pamiętać jednak należy, że wysokie temperatury rzędu 180°C (jak przywoływana w pracy) mogą już wpływać istotnie na surowiec drzewny, wywołując w nim szereg zmian chemicznych. Dobrze by było gdyby i tu pojawił się komentarz Autora dysertacji na temat ogólnie znanej wiedzy w tym zakresie.

### **Hipoteza badawcza**

Postawiona hipoteza badawcza jakkolwiek dobrze wpisuje się w ideę pracy jednak jest moim zdaniem nieco zbyt ogólna. Autor przecież w swoich rozważaniach skupia się na wybranych właściwościach fizycznych i mechanicznych płyt. W opinii recenzenta słowo „Cechy” powinno być zastąpione przez „Właściwości fizyczne i mechaniczne”.

### **Cel i zakres pracy**

Cele pracy, zarówno naukowy jak i użyteczny są poprawne, i odpowiadają zaprezentowanym zadaniom badawczym. Drobną uwagę można mieć jednak do celu naukowego w miejscu: „...określenie istotności wpływu wybranych czynników...”. Autor w swoich analizach nie skupiał się tylko na ocenie istotności wpływów, podstawą działań raczej

było osiągnięcie wiedzy na temat wielkości tych wpływów a następnie oszacowanie ich istotności. W opinii recenzenta dobrze byłoby uzupełnić ten fragment celu o słowo „wielkości”, co po zmianie dałoby brzemiennie: „...określenie wielkości i istotności wpływu wybranych czynników...”. Zakres pracy obejmuje szerokie spektrum prawidłowo dobranych badań eksperymentalnych uwzględniających wiele odpowiednio dobranych czynników zmiennych, analizowanych na wielu uzasadnionych merytorycznie poziomach. Pomimo, iż badania obejmują szereg ważnych czynników procesowych, to jednak celowe byłoby uwzględnienie również takiego istotnego parametru jak czas (np. na 3 poziomach). Analiza wpływu tego parametru mogłaby dotyczyć choćby tylko jednego, wybranego etapu procesu produkcyjnego. W mojej opinii istnieje duże prawdopodobieństwo, że uwzględnienie innych niż przyjęte, standardowych czasów procesu (uwzględniając również inne niż proponowane w pracy czynniki zmienne), wpłynęłoby na osiągnięcie jeszcze korzystniejszych efektów prowadzonych rozważań.

### **Materiał badawczy**

W świetle postawionych zadań badawczy zaprezentowany dobór materiału uznać należy za prawidłowy. Drobne zastrzeżenia jednak można mieć do sposobu w jaki został scharakteryzowany. W opinii recenzenta wskazane byłoby, między innymi, dokonanie zmiany w kolejności prezentacji materiału badawczego. Autor zaczyna opis od wytworzonych w warunkach przemysłowych, niespełniających wymagań jakościowych (obarczonych wadami) płyt HDF, kolejno wspomina o żywicy stosowanej do zaklejania płyt, następnie charakteryzuje surowiec drzewny w postaci zrębków sosnowych oraz świerkowych i jeszcze raz na końcu wraca krótko do pozostałości poprodukcyjnych. Zważywszy chociażby na skład ilościowy danych surowców w badanych płytach oraz przebieg procesu ich wytwarzania, w pierwszej kolejności powinno się odnieść do surowca sosnowego kolejno świerkowego dalej zaprezentować materiał odpadowy i na końcu scharakteryzować żywicę klejową.

### **Metodyka badań**

Ze względu na fakt, że szczegółowe metodyki przedstawiane były w poszczególnych publikacjach, w części zwartej pracy słusznie przedstawiono ją koncentrując się tylko na jej najistotniejszych aspektach. Całość podzielono na poszczególne części i jak twierdzi autor: „...z uwzględnieniem przebiegu procesu technologicznego płyt HDF i kolejności realizacji etapów badań”. Trudno się z tym jednak zgodzić skoro pierwsza część metodyki dotyczy wilgotności równoważnej tworzyw drzewnych. W opinii recenzenta, ta część badań (dotyczących porównania wybranych właściwości różnych tworzyw drzewnych), w ogóle nie powinna znajdować się w głównej części pracy (metodyka i wyniki), lecz być przedstawiona w rozdziale przegląd literatury. Dodatkowo, osiągnięte rezultaty badań obejmujące ten zakres działań mogą co najwyżej stanowić element porównawczy, wykorzystany w analizie wyników uzyskanych dla badanych płyt MDF. Przecież jak sam autor dysertacji pisze: „Celem naukowym pracy była identyfikacja oraz jakościowe i/lub ilościowe określenie istotności wpływu wybranych czynników materiałowych i procesowych w produkcji suchoformowanych płyt pilśniowych wysokiej gęstości na właściwości powstałych materiałów”.

Pozostałe elementy metodyki nie budzą wątpliwości zarówno od strony merytorycznej jak i w sposobie prezentowania treści. Zakres stosowanych norm jest odpowiedni dla zaplanowanych zadań badawczych.

## Omówienie głównych wyników prac eksperymentalnych

Jest to najobszerniejsza część pracy, zawarta na 35 stronach, stanowiąca opis, analizę i dyskusję otrzymanych wyników. Autor zarówno w opisie właściwości płyt, jak i podczas analizy wpływu parametrów technicznych i materiałowych na te właściwości, nie skupia się tylko na prostej prezentacji wyników i ich porównaniu ale stara się tłumaczyć przyczyny pojawienia się poszczególnych zjawisk, co stanowi istotny element pracy naukowej. Opisując rezultaty badań dotyczących wpływu wilgotności powietrza na wilgotność równoważną wybranych tworzyw drzewnych Doktorant wykazuje np., że najwyższe wilgotności równoważne podczas przebywania w powietrzu o wilgotności 33% osiągały płyt MFP. Podobnie w atmosferze o wilgotności 65% płyty te miały jedne z wyższych wilgotności równoważnych, przy czym gdy wilgotność powietrza wzrosła do 97% wykazały się najniższą wilgotnością równoważną. O ile zgodzić się należy z wnioskiem Autora pracy, że w przypadku wilgotności powietrza 97% „zadziałała” zasada zaklejenia odpowiednia do użytkowania płyt w warunkach wilgotnych, o tyle można mieć pytanie dlaczego nie zauważono tego zjawiska w przypadku niższych wilgotności powietrza. Właściwie fakt ten został pominięty. Wskazane jest więc głębsze pochylenie nad tym zjawiskiem zwłaszcza, gdy weźmie się pod uwagę, że do porównania stosowano również surową płytę wiórową, która co do zasady posiada większą higroskopijność i pojemność wodną. Zdaniem recenzenta, uzyskano zaskakująco niskie wartości wilgotności równoważnej płyt, zwłaszcza w przypadku 33 i 65% wilgotności powietrza. Ważną częścią tych badań jest analiza wpływu wilgotności płyt na ich właściwości mechaniczne. Szczególnie interesujący zaś jest zaprezentowany, bardzo duży spadek, MOR i MOE płyt MDF o podwyższonej gęstości, wynikający ze zwiększenia wilgotności powietrza z 33 do 95%. Biorąc pod uwagę tylko wartości MOE zauważyć można, że w przypadku płyt kondycjonowanych w powietrzu o wilgotności 97% ich moduł sprężystości jest ponad sześciokrotnie niższy niż w przypadku MOE dla płyt przebywających w powietrzu o wilgotności 33%. W opinii recenzenta, tak znaczne obniżenie, choć potwierdzone przez innych badaczy, powinno być szerzej skomentowane, zwłaszcza, że płyta ta stanowi przedmiot rozważań w niniejszej dysertacji. Trudno jest też zgodzić się ze stwierdzeniem Autora: „Zależności spadku modułu sprężystości przy zginaniu wraz ze wzrostem wilgotności były porównywalne do wytrzymałości na zginanie”, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę bardzo duży spadek wartości MOE wykazany dla płyt analizowanych w dysertacji, w porównaniu ze spadkiem MOR odnotowanym dla tych płyt.

Istotną wartość poznawczą, spośród przedstawionych w pracy zagadnień, mają rozważania dotyczące wpływu dodatku poprocesowej płyty MDF o podwyższonej gęstości na wybrane właściwości płyt wytworzonych z jej dodatkiem. Problematyka ta jest szczególnie istotna, choćby ze względu na możliwość ograniczenia stosowania włókien pierwotnego pochodzenia, a co za tym idzie korzystnego wpływu na środowisko. Autor dysertacji podjął próbę zastosowania różnych ilości poprocesowej płyty, jako substytutu włókien pochodzących ze zrębków sosnowych. Stosując dodatek w ilości 0 do 20% zauważył, że 20% dodatek powodował rozwarstwienia w płycie, przez co nie nadawała się ona do dalszych badań. Szkoda, że nie podjęto prób rozwiązania problemu z rozwarstwianiem poprzez wprowadzenia modyfikacji procesu produkcji płyt. Takie próby mogłoby odbywać się już poza standardową linią produkcyjną np. z zastosowaniem prasy laboratoryjnej. Bez wątplenia rezultaty takich prób stanowiłyby istotny przyczynek do dalszych rozważań nad możliwością zwiększania zawartości poprodukcyjnej płyty w produkcji płyt MDF. W przypadku gdyby udało się ustalić parametry procesowe, które gwarantują uzyskanie płyt nieuszkodzonych, efekty takich prac

mogłyby być przyczynkiem do podjęcia prób optymalizacji procesu produkcyjnego, uwzględniającego istotny dodatek materiału poprodukcyjnego. W sposób poprawny i nie budzący zastrzeżeń, przeprowadzono analizy płyt z różnymi ilościami dodatku materiału poprodukcyjnego. Wykazano w pracy istotną zależność pomiędzy zawartością w płycie dodatku płyty poprocesowej na właściwości fizyczne oraz mechaniczne płyt. Ustalono, że generalnie dodatek materiału poprodukcyjnego wpływa niekorzystnie na te właściwości. Zgodzić się należy z Autorem pracy, że w wielu przypadkach powodem pojawienia się różnic w badanych właściwościach płyt jest fakt, że włókna pochodzące z odzysku posiadają, między innymi, znacząco większą ilość drobniejszych frakcji. Dodatkowo, ze względu na ich wyższą gęstość nasypową już niewielki dodatek wpływa na gęstość otrzymywanych płyt. Ponadto powoduje zwiększenie powierzchni właściwej włókien, co w konsekwencji skutkuje gorszym ich pokryciem przez masę klejową, obniżając właściwości mechaniczne płyt. Analizując wpływ dodatku włókien poprodukcyjnych na rozciąganie poprzeczne, wykazano, że już ich niewielki dodatek istotnie obniża tę właściwość mechaniczną. Jednak, co zastanawiające, wzrost stopnia dodatku włókien z 2 do 10% nie wpływa na pogorszenie wytrzymałości na rozciąganie poprzeczne. Autor próbuje tłumaczyć przyczynę różnic jakie występują pomiędzy wytrzymałością płyt z 2 i 5% dodatkiem włókien poprodukcyjnych wskazując na różnice w gęstościach środkowej warstwy płyty (w przypadku płyty z 2% dodatku niższa o około 3% w porównaniu z płytą z 5% dodatkiem). Jak w takim przypadku rozumieć fakt, że pomimo podwojenia dodatku włókien poprodukcyjnych (wariant z 10% dodatkiem), obniżyła się wytrzymałość tej płyty do wartości charakterystycznej dla płyty z 2% dodatkiem? Co prawda wykazano brak istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe płyt z 2, 5 i 10% dodatkiem włókien, lecz w świetle znacznych różnic w dodatkach surowca poprodukcyjnego, wymaga to szerszego komentarza.

Rozpatrując wpływ wody na stopień spęcznienia oraz absorpcję powierzchniową płyt, Autor wykazał pewne charakterystyczne tendencje, które są zgodne z ogólnie znaną wiedzą w tym zakresie. W opinii recenzenta, poprawnie przeprowadzono prace badawcze oraz analizy otrzymanych rezultatów. Zgodzić się należy z opiniami wyrażonymi w dysertacji, że: „... włókna użytkowe są mniejsze i bardziej chropowate w odniesieniu do włókien „świeżych”, przez co ... łatwiej reagowały na wodę i pęczniały.” oraz, że absorpcja powierzchniowa wody zależna jest od stopnia chropowatości, co było wykazane w porównaniu absorpcji powierzchni górnej i dolnej płyt. Brakuje jednak komentarza próbującego wytłumaczyć zjawisko powstania istotnych różnic pomiędzy wartościami absorpcji powierzchniowej ustalonej dla wariantu płyt bez zawartości włókien poprocesowych oraz z ich zawartością. Kolejno, zastanawiający jest też fakt, dlaczego zmiana stopnia napełnienia włóknami poprodukcyjnymi z 2 do 10% skutkuje już niewielkim, statystycznie nieistotnym spadkiem absorpcji. Zdaniem recenzenta, wskazane byłoby w tym kontekście obszerniejsze wyjaśnienie.

Rezultaty badań nad wpływem zawartości włókien poprodukcyjnych na zawartość formaldehydu w płycie wykazują, że ich dodanie już w niewielkiej ilości powoduje istotny wzrost poziomu formaldehydu. Analizując jednak zapisy znajdujące się w pracy odnaleźć można pewne nieścisłości. Autor podaje, że „Najniższą zawartością formaldehydu odznaczały się płyty, produkowane bez udziału rHDF (3,78 mg/100g), z kolei najwyższą – płyty z V2 - 5,37 mg/100 g, co było o ~43% więcej. Dodatek rHDF w wartości 5% powodował ~3% spadek zawartości formaldehydu, ...”. Opisane zjawiska jednak nie korespondują z rysunkiem 14, na który Autor się powołuje. Pomijając nieco niższą wartość zawartości formaldehydu podaną na rysunku 14 dla płyty bez dodatku włókien poprodukcyjnych, zauważyć można, że w pracy komentowane są rezultaty uzyskane dla płyty z 2% zawartością włókien zamiast dla płyt z 5%

zawartością i odwrotnie. Ponadto, skoro nie wykazano istotnych różnic pomiędzy zawartością formaldehydu dla płyt z 2, 5 i 10% zawartością włókien poprodukcyjnych, to nie można jednoznacznie stwierdzić że wraz ze wzrostem zawartości włókien zawartość formaldehydu spada, chociaż podane wartości nieznacznie się różnią. Być może Autor nie popełniłby błędu, gdyby utrzymał narrację zgodną z tą, jaka znajduje się w pracy Sala i inn. Polymers 12(6), 2020, będącej elementem zbioru publikacji stanowiących podstawę dysertacji. Zastanawiające jest też, dlaczego Autor do dalszych rozważań nad wpływem czynników technologicznych na właściwości płyt MDF o podwyższonej gęstości wybrał, jak pisze: „.....stały/optimalny, do określenia wpływu pozostałych wybranych czynników materiałowych i procesowych...” wariant z 5% zawartością włókien poprodukcyjnych. Nawet jeśli w niektórych przypadkach, jak dla wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe, wariant z 10% zawartością włókien poprodukcyjnych w minimalnym stopniu nie spełnia normatywnych reżimów, to biorąc pod uwagę rozrzuty wartości uzyskanych eksperymentalnie oraz fakt, że nie widać logicznej tendencji spadku lub wzrostu tej właściwości mechanicznej wraz ze wzrostem ilości włókien poprodukcyjnych w płycie, odrzucanie tego wariantu uznać można za zbyt pochopne. Wydaje się, że przy generalnie tak niewielkich różnicach jakie występują pomiędzy właściwościami płyt z 5 i 10% zawartością włókien poprodukcyjnych oraz ze względu na wartość dodaną jaką jest w tym przypadku między innymi oszczędność surowca dziewiczego, należało poświęcić więcej uwagi płycie z 10% zawartością włókien poprodukcyjnych. Zdaniem recenzenta, rozwiązania tego problemu można by poszukać poprzez optymalny dobór pozostałych parametrów procesu produkcyjnego, tak aby odnaleźć jak najkorzystniejsze właściwości analizowanych płyt.

Chociaż baza surowcowa drewna świerkowego nie jest w Polsce zbyt duża, jak sam Autor wspomina na poziomie około 6%, to za cenne należy uznać rozważania nad możliwością stosowania włókien świerkowych w produkcji MDF. Badania w tym zakresie prowadzono w szerokiej skali ich udziału (0-100%) w płycie, co daje możliwość w miarę pełnej oceny ich przydatności jako substytutu drewna sosnowego. Dość ciekawie kształtują się wyniki analiz nad oceną gęstości nasypowej. Autor wykazuje, że wraz ze wzrostem zawartości włókien świerkowych w ogólnej ilości mieszaniny włókien przeznaczonych na płyty, rośnie również jej gęstość nasypowa. Próbuje to tłumaczyć, jak pisze: „...niedostosowaniem parametrów defibracji do zmiany rodzaju surowca i różnym „zachowaniem się” drewna świerkowego przy tych samych parametrach defibratora, co drewna sosnowego”. Zdaniem recenzenta, naukową rangę tych analiz zdecydowanie podniosłoby, gdyby Autor podjął się próby dostosowania parametrów defibracji do potrzeb przerobu drewna świerkowego i tak zoptymalizowane włókno zastosował w dalszych rozważaniach. Z praktycznego punktu widzenia przyjąć jednak należy, że osiągnięte rezultaty stanowią bardzo cenne informacje do wykorzystania np. podczas analiz nad modyfikacją procesu produkcyjnego płyt MDF, pod kątem możliwości zastosowania wysokich zawartości włókna świerkowego jako zamiennika drewna sosnowego. Jak udowodniono w dysertacji, bez względu na ilość zastosowanych włókien świerkowych otrzymywane płyty charakteryzowały się wysoką wytrzymałością na zginanie, praktycznie niezależną od stopnia napełnienia tym włóknem. Natomiast w przypadku wytrzymałości na rozciąganie prostopadłe do powierzchni płyty, Autor ustalił, że choć wszystkie analizowane warianty spełniały wymagania normatywne, to jednak zawartość włókien świerkowych obniża wytrzymałość płyty, przy czym zmiana ich ilości z 25 do 100% już nie wpływa istotnie na tę właściwość mechaniczną płyt. Można mieć tu jednak pewne wątpliwości. Analizując zawarte w dysertacji dane (rysunek 16), w postaci wielkości słupków, „wąsów” (jak mniema recenzent, bo nigdzie tego nie wyjaśniono, obrazujące odchylenia standardowe) oraz wartości liczbowe

umieszczone nad słupkami, wydaje się, że istotność różnic powinna być wykazana również pomiędzy wytrzymałościami płyt z 50% zawartością włókien świerkowych oraz płytami z 100% zawartością tych włókien. Podobna zależność występować powinna pomiędzy płytami z 50% i 25% udziałem tych włókien. Kolejno zauważyć można, że znajdujące się na rysunku 16 wielkości „wąsów” są takie same, co sugerowałoby taką samą wartość odchyłeń standardowych dla wszystkich zamieszczonych przypadków. Jeśli nawet tak jest, to wymagałoby to szerszego komentarza. Dodatkowo, porównując prezentację graficzną tych danych (wielkość „wąsów”) zawartą na rysunku 16 z grafem umieszczonym w publikacji Sala i inn. Waste and Biomass Valorization, 2020, widać różnice, które świadczą o niekompatybilności tych zestawień. Dodać też należy, że z braku prezentacji rezultatów analiz statystycznych ta ocena jest bardzo utrudniona.

Analizy nad wpływem zawartości drewna świerkowego na pęcznienie oraz zawartość formaldehydu przeprowadzono w sposób poprawny a osiągnięte rezultaty oraz zapisane uzasadnienia wpływów nie budzą wątpliwości.

Bardzo istotnym z punktu widzenia prowadzenia samego procesu produkcyjnego ale też późniejszych właściwości płyt MDF jest proces defibracji. Autor dysertacji wykazał, że najkorzystniejsze ze względu na wytrzymałość na zginanie statyczne, wytrzymałość na rozciąganie prostopadłe oraz wytrzymałość na odrywanie powierzchni płyt, jest stosowanie ciśnień defibracji na poziomie 0,9 do 1,0 MPa. Z kolei, z punktu widzenia stopnia spęcznienia płyt oraz zawartości formaldehydu najkorzystniejszym wariantem jest stosowanie najwyższego ciśnienia 1,06 MPa. Pomimo iż wraz ze wzrostem ciśnienia rośnie gęstość nasypowa włókien, co jest generalnie korzystnym zjawiskiem w kontekście wytrzymałości płyt, to w przypadku prezentowanych wyników badań, dla najwyższych ciśnień tj. 1,06 MPa zaobserwowano spadek właściwości mechanicznych płyt w porównaniu z płytami wyprodukowanymi z włókien wytworzonych na drodze defibracji, w ciśnieniu 0,9 i 1,0 MPa. Zdaniem recenzenta, słuszną jest argumentacja proponowana przez Autora dysertacji, że „Spadek .... mógł być spowodowany tym, że doszło do uszkodzenia ściany komórkowej surowca drzewnego, w postaci nanopęknięć...” oraz że: „.. wraz ze wzrostem ciśnienia defibracji w masie włóknistej mogło znaleźć się więcej frakcji drobnej włókien, co zwiększa powierzchnię właściwą, skutkując gorszym pokryciem włókien przez żywicę klejową”. Podobne spostrzeżenia można odnaleźć również w światowej literaturze, co dodatkowo potwierdza ich poprawność.

Poprawne i nie budzące zastrzeżeń, od strony metodologicznej jak i osiągniętych rezultatów, są też rozważania nad wpływem temperatury suszenia włókien na wybrane właściwości płyt z nich utworzonych. Udowodniono, że co prawda widać pewne tendencje wskazujące na pogarszanie się właściwości mechanicznych płyt wraz ze wzrostem temperatury suszenia włókien, to jednak w większości przypadków osiągnane różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami płyt są statystycznie nieistotne. Dość zaskakujący w swojej skali wpływ, zanotował Autor podczas badań nad wpływem temperatury suszenia włókien na stopień spęcznienia płyt. Umiarkowany i w miarę nieszkodliwy (biorąc pod uwagę czas działania temperatury na włókna) wzrost temperatury suszenia włókien ze 100 do 133°C spowodował około 33% wzrost stopnia spęcznienia płyt. Co prawda dotychczasowe badania potwierdzają tendencje do takich zmian ale wydaje się, że tak istotny wzrost powinien być szerzej skomentowany w pracy. Nie budzi natomiast wątpliwości argumentacja Autora dotycząca wpływu temperatury suszenia włókien na zawartość formaldehydu w płytach. Jak słusznie zauważono (zresztą w kontekście również innych analizowanych wpływów), występuje tu często oddziaływanie kilku czynników jednocześnie, powodujący raz synergicznie a innym razem redukcję poszczególnych wpływów.



Badania wpływu natrysku wody, jako czynnika procesowego, na właściwości suchoformowanych płyt pilśniowych, zostały zrealizowane w dwóch etapach. Pierwszy etap dotyczył określenia wpływu tego zabiegu na przegrzewanie kobierca włóknistego oraz na profil gęstości płyt, drugi natomiast na właściwości mechaniczne i fizyczne płyt. Osiągnięte w niebudzący wątpliwości sposób rezultaty badań wskazują generalnie na korzystne działanie natrysku wody prowadzonego podczas procesu formowania płyty. Udowodniono, między innymi, jego istotny wpływ na przegrzewanie kobierca włóknistego. Wykazano też zależność świadczącą o tym, że wraz ze wzrostem ilości natryskiwanej wody następuje wzrost gęstości płyty oraz zmiana jej profilu gęstości. Proponowane wyjaśnienie tych wpływów, zdaniem recenzenta, jest poprawne i dla potrzeb pracy doktorskiej wystarczające. Dodatkowo dowiedziono też najczęściej korzystny wpływ natrysku wody podczas procesu wytwarzania płyt na ich właściwości fizyczne i mechaniczne, przy czym nie zawsze zwiększenie ilości natryskiwanej wody wpływało statystycznie istotnie na osiągnięte wartości badanych właściwości. Nieco odmiennie kształtowała się zależność procesowego natrysku wody na wytrzymałość na odrywanie warstwy przypowierzchniowej płyt. W tym przypadku generalnie zastosowanie natrysku wody powodowało nieznaczne obniżenie wartości tej wytrzymałości płyty jednak wraz ze wzrostem ilości wody, wytrzymałość ponownie rosła. Dość skąpo jest jednak wyjaśniona przyczyna tego zjawiska. Wydaje się, że wpływ natrysku wody na tę wytrzymałość jest niewielki, ewentualnie z niewielką tendencją obniżającą. Tym bardziej obszerniej należałoby skomentować wyniki otrzymane dla wariantu płyty, podczas produkcji której zastosowano natrysk wody w ilości 8 ml/m<sup>2</sup>. Warty podkreślenia jest też korzystny wpływ natrysku wody na chropowatość powierzchni płyty, co z kolei ma znaczenie nie tylko na estetykę i możliwości uzyskania lepszych efektów wizualnych dla płyty, ale też korzystnie wpływa na jej zachowanie w stosunku do podwyższonej wilgotności otoczenia.

Ostatnim z analizowanych w pracy wpływów jest wpływ temperatury 3-ciej sekcji prasy na wybrane właściwości płyt MDF o podwyższonej gęstości. Podobnie jak we wcześniejszych badaniach otrzymane przez Autora dysertacji wyniki wskazują na ogólnie korzystny, bądź w niewielkim stopniu istotny wpływ na analizowane właściwości płyt. Pomimo iż Autor wykazuje korzystny bądź niekorzystny wpływ podniesienia temperatury 3-ciej sekcji prasy na wybrane właściwości płyt, to biorąc pod uwagę fakt, że w większości przypadków wpływy są statystycznie nieistotne zastanowić się należy nad sensownością podwyższania temperatur do wartości 175°C, zwłaszcza w kontekście energetycznym procesu prasowania. Wydaje się, że jedynym argumentem uzasadniającym stosowanie tak wysokiej temperatury pozostaje fakt korzystnego jej wpływu na obniżenie zawartości formaldehydu w płycie i obniżenie wilgotności płyt po procesie prasowania. Ta część pracy wykonana jest poprawnie i nie budzi wątpliwości co do zastosowanych procedur badawczych oraz na ogół, prób interpretacji wyników.

Szkoda, że Autor dla porównania ciekawych i wartościowych rezultatów badań oraz możliwości ich dokładniejszej oceny, nie zamieścił w zwartej części pracy tabel podsumowujących wyniki statystyki dla poszczególnych wpływów. W opinii recenzenta podniosłoby to zdecydowanie wartość merytoryczną pracy a dla czytelnika stanowiło istotny element poznawczy w analizie otrzymanych przez Autora efektów.

## **Wnioski i spostrzeżenia**

Rozdział ten zawiera 4 wyodrębnione i bardzo rozbudowane wnioski oraz dodatkowe spostrzeżenia. Sposób zredagowania tego rozdziału jest dość oryginalny i nie do końca

czytelny. Uważam, że klasyczny układ z jasno nakreślonymi, punktowanymi wnioskami i ewentualnie podpunktami plus podsumowanie stanowiłoby bardziej przejrzystą formę od zaproponowanej przez Autora dysertacji.

Dodatkowo, w mojej opinii fraza: „Zmiana natrysku z 0 ml/m<sup>2</sup> do 32 ml/m<sup>2</sup>...” (strona 69) powinna być wyrównana od linii jak powyższe i zaczynać od myślnika.

Pomimo powyższego przedstawione w tym rozdziale informacje trafnie korespondują z celami pracy oraz postawioną hipotezą badawczą.

#### Inne uwagi do pracy

Pewnym mankamentem jest fakt braku powołań wszystkich prac, które stanowią podstawę dysertacji, podczas omawiania wyników badań. W przypadku tego rozdziału wskazano tylko na dwie prace: Sala i inn. Bioresources 15(3), 2020 i Sala, Biuletyn Informacyjny OB-RPPD, 1–2, 2020. Można więc odnieść wrażenie, że pozostałe publikacje nie stanowią istotnego wkładu w zwartej części dysertacji i dzięki brakowi powołań na uzyskane wcześniej rezultaty, prezentowane w pracy wyniki są pierwotnym osiągnięciem Doktoranta.

Pewną trudność w analizie rezultatów stanowi wprowadzenie w miarę ujednoczonego systemu oznaczania płyt w eksperymentach, nie zawsze korespondującego jednak z oznaczeniami stosowanymi w publikacjach będących podstawą dysertacji. Jakkolwiek takie ujednoczenie jest wskazane dla zwartej pozycji jaką stanowi dysertacja, to w miejscach gdzie występują różnice w oznaczeniach (pomiędzy publikacjami a zwartą częścią dysertacji), powinno to być krótko skomentowane, np. na początku danego rozdziału lub podrozdziału.

#### Podsumowanie

Przeprowadzone przez doktoranta badania zostały prawidłowo zaplanowane i konsekwentnie realizowane przy użyciu odpowiednich metod eksperymentalnych i analitycznych. Zaznaczyć należy staranność i zaangażowanie Autora pracy w dążeniu do osiągnięcia postawionych celów. Badania te w szerokim zakresie dostarczają cennych informacji naukowych na temat wpływu szeregu czynników materiałowych i procesowych, warunkujących fizyczne i mechaniczne właściwości płyt MDF o podwyższonej gęstości. Dodatkowo istotną wartością dysertacji jest też wykazanie nowych rozwiązań o charakterze naukowym i użytkowym.

Podsumowując, praca doktorska Pana mgr inż. Conrada M. Sali odznacza się odpowiednim poziomem naukowym, wnosi cenny wkład w dyscyplinie nauki leśnej a pojawiające się w niej uchybienia nie stanowią podstawy do poddania w wątpliwość jej istotnej wartości merytorycznej, którą oceniam pozytywnie. Dlatego też przytaczane przez recenzenta uwagi mają najczęściej charakter systematyzujący i mogą podlegać dyskusji.

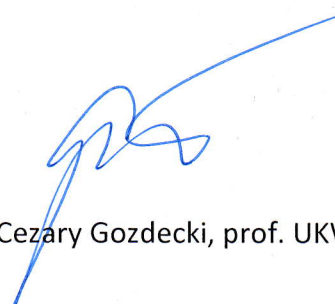
#### Ocena zbioru publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej

Podstawę pracy doktorskiej stanowi zbiór 6 publikacji, 5 w języku angielskim i 1 w języku polskim. Trzy publikacje opublikowane zostały w czasopiśmie znajdującym się na ministerialnej liście A (JCR) o łącznym indeksie 7,18 i 270 punktach MNiSzW. Pozostałe publikacje posiadają łącznie 45 punktów MNiSzW, 2 po 20 pkt jedna 5 pkt. Łączna liczba punktów MNiSzW za publikacje ze zbioru wynosi 315. We wszystkich publikacjach ze zbioru Doktorant jest pierwszym autorem, w jednym przypadku pełnił rolę autora

korespondencyjnego. Jedna praca jest jednoautorska, dwie dwuautorskie, dwie trójautorskie i jedna pięcioautorska. Uznać można, że zaprezentowane publikacje stanowią zwarty, monotematyczny zbiór informacji, opisujący spójny tematycznie zakres badań i rezultatów stanowiących odpowiedź na postawioną w pracy hipotezę badawczą oraz wyodrębnione cele.

### **Wnioski końcowe**

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny praca spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim, zawarte w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2020r. z późn. zm.) i stanowi podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie nauki leśne. Wnoszę więc o dopuszczenie Pana mgr inż. Conrada M. Sali do publicznej obrony wyżej wymienionej rozprawy.



Dr hab. inż. Cezary Gozdecki, prof. UKW