

Dr hab. inż. Paweł Kozakiewicz, prof. SGGW
Wydział Technologii Drewna
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Warszawa, dn. 17.08.2015 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Izabeli Burawskiej
p.t.

„**Lokalne wzmocnienie drewna konstrukcyjnego sosnowego *Pinus sylvestris* L.**”,

wykonanej

na Wydziale Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
pod kierunkiem prof. dra hab. inż. Piotra Beera

Ocenę przygotowałem w związku powołaniem mnie na recenzenta niniejszej rozprawy doktorskiej Uchwałą Rady Wydziału Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 25 czerwca 2013 roku oraz na podstawie pisma (TDr/265/2015) Dziekana WTD Prof. dr hab. Krzysztofa Krajewskiego z dnia 23 czerwca 2015 roku.

I. Ocena ogólna

Poddana ocenie rozprawa doktorska swoim układem jest zbliżona jest do klasycznego, typowego dla pracy badawczej, obejmując łącznie ze „wstępem” 9 rozdziałów, wykaz literatury, streszczenia: polsko- i angielskojęzyczne, a także indeks skrótów oraz załączniki z tabelami zawierającymi wyniki badań. Praca należy do obszernych objętościowo – w części zasadniczej liczy 183 strony, a wraz z wymienionymi załącznikami 205 stron.

Zwarte w pracy streszczenia polsko- i angielskojęzyczne są tożsame znaczeniowo i w syntetycznym ujęciu dobrze oddają jej treść. Podane słowa kluczowe dobrano trafnie. Niewątpliwie pomocnym w zwiększeniu czytelności opracowania jest zamieszczony na początku wykaz wszystkich użytych oznaczeń i skrótów (ponad 120).

Rozdział 1 (wstęp - 1 strona) zawiera ogólne informacje dotyczące przemysłu drzewnego w Polsce i Europie w kontekście dostępności surowca i rozwoju budownictwa, płynnie wprowadzając w tematykę pracy. We wstępie tym zaakcentowano potrzebę podjęcia badań dotyczących lokalnego wzmocniania tarcicy sosnowej obciążonej wadami w postaci sęków, aczkolwiek nakreślony konserwatyzm budownictwa wydaje się trochę przerysowany.

Rozdział 2 (wzmocnianie konstrukcji drewnianych - 49 stron) Autorka dzieli na 4 podrozdziały ułożone w logicznej kolejności tematycznej. W podrozdziałach tych na bazie obszernej i właściwie dobranej literatury, przedstawia silną argumentację do stosowania wzmocnień konstrukcji drewnianych, następnie dokonuje przeglądu materiałów naturalnych i sztucznych służących do tego celu oraz omawia różne metody wzmocniania drewnianych elementów konstrukcyjnych jak również metody szacowania nośności belek drewnianych. Warto podkreślić, że w treści rozdziału 2 zawarty jest aktualny stan wiedzy z zakresu wzmocniania tarcicy budowlano-konstrukcyjnej, świadczący o starannie wykonanej kwerendzie literaturowej. Niektóre z cytowanych i zestawianych informacji mają charakter ogólny – podstawowych danych podręcznikowych i można byłoby z nich zrezygnować.

W rozdziale 3 (cel i zakres pracy - 1 strona) Autorka zwięźle i jasno prezentuje cel podjętych badań, w pełni korespondujący z tematem rozprawy. Równie precyzyjnie, w kilku podpunktach, nakreśliła zakres pracy, w którym w kolejności chronologicznej wymienia poszczególne zadania badawcze i analityczne. W tym miejscu warto byłoby również zawrzeć hipotezę badawczą uwzględniającą aspekt użyteczny realizowanych badań, ale nie jest to element konieczny.

Rozdział 4 (materiał badawczy i metodyka badań - 30 stron) został przedstawiony w postaci nie akcentowanego zapisu tj. bez założenia podrozdziałów, np. odnoszących się do oznaczania poszczególnych cech lub etapów badań, co istotnie obniża jego czytelność. Poza tym, metodyka dotycząca analizy numerycznej została zamieszczona w rozdziale 7. Pewną rekompensatą braku podrozdziałów w „materiale badawczym i metodyce” są zawarte liczne rysunki i schematy przedstawiające między innymi kształty i wymiary próbek wykorzystywanych w poszczególnych etapach badań oraz sposoby ich obciążania. W niektórych miejscach w metodyce Autorka chcąc uzasadnić wybór danej metody lub parametrów badawczych słusznie powołuje się na wcześniejsze prace i doniesienia literaturowe, jednak niekiedy wywody te przybierają charakter przeglądu lub dyskusji. Jest to forma pożądana, ale raczej w części dotyczącej prezentacji wyników. Metodyka w miarę możliwości powinna mieć charakter syntetycznego, klarownego opisu.

Rozdział 5 (wyniki badań i ich analiza – 51 stron) jest najobszerniejszy i stanowi ok. 30% objętości pracy (bez uwzględniania załączników z tabelami). W ramach 8 podrozdziałów Autorka w logicznej kolejności prezentuje uzyskane wyniki badań i dokonuje stosownych analiz. Zaletą są zamieszczone liczne ilustracje zniszczeń testowanych próbek oraz dobrze opisane wykresy, natomiast pewną niedogodnością separacja tabel z wynikami. Część tabel, w których prezentowane są wyniki pomiarów i badań poszczególnych próbek, ale również wartości średnie i inne miary statystyczne umieszczono na końcu pracy w postaci załączników pozbawionych tytułów – co zawiera dany załącznik trzeba odnaleźć w tekście pracy.

Podrozdział 5.1 dotyczy weryfikacji możliwości technicznego odwzorowania sęków jako otworów, gdzie Autorka prowadziła badania na bardzo suchym drewnie o wilgotności ok. 7% - wilgotność nie typowa przy użyciu tarcicy na cele konstrukcyjne. Niezależnie od powyższego analizę przeprowadzono poprawnie wskazując na zasadność stosowania otworu (ubytku) materiału jako odwzorowania sęka. Badania w rozdziale 5.2 pozwoliły na określenie najbardziej niekorzystnego usytuowania osłabienia pod względem wytrzymałościowym przy zginaniu czteropunktowym. Kolejny element badawczy (podrozdział 5.3) to analiza wpływu średnicy sęka na sztywności elementów zginanych. W rozdziale tym Autorka udawania negatywny wpływ otworów symulujących sęki, określając liniową, wprost proporcjonalną korelację między ich średnicą a sztywnością elementów zginanych. Podrozdział 5.4 dotyczy podatności na klejenie materiałów wzmacniających sztucznych (CFRP) przy braku oceny maty szklanej i węglowej oraz naturalnych (sosna i maty bambusowe). Konsekwencją badań opisanych w podrozdziale 5.4 jest tematyka kolejnego podrozdziału dotyczącego doboru kleju dającego spoinę gwarantującą wysoką wytrzymałość połączenia oraz rozdziału 5.6 optymalizującego długość wzmocnienia zewnętrznego. Autorka udawania, odmienny wpływ długości wzmocnienia na rozkład naprężeń normalnych i stycznych wskazując na celowość jego lokalnego stosowania na długości zginanej belki (analizy przeprowadzono tylko przy użyciu taśmy CFRP). W obszernym wariantowo podrozdziale 5.7 określono efektywność wzmocnienia w odniesieniu do rodzaju stosowanego materiału wzmacniającego, jego kształtu i grubości. Wśród badanych materiałów najwyższy wzrost wytrzymałości osiągnięto dla wzmocnienia z wykorzystaniem taśmy CFRP. Podrozdział 5.8 to bezpośrednie badania lokalnego wzmocnienia drewna różnymi metodami, które pozwoliły na wskazanie wzmocnienia przy użyciu materiału w kształcie wycinka koła jako najbardziej efektywnego.

Rozdział 6 (model analityczny – 16 stron) podzielono na dwa 3 podrozdziały, w ramach których określono charakterystykę naprężeń w spoinie klejowej i materiale wzmacniającym przy założeniu symetrycznego rozkładu naprężeń normalnych na wysokości zginanej belki. Określono również rozkład naprężeń w przekrojach wzmacnianego elementu konstrukcyjnego metodą gamma a także charakterystykę sztywności przy zastosowaniu modelu zastępczych charakterystyk przekroju. Niestety nie skomentowano uzyskanych wyników.

W rozdziale 7 (analiza numeryczna – 6 stron) Autorka dokonała analizy numerycznej rzeczywistego modelu drewnianego elementu konstrukcyjnego osłabionego otworem przelotowym w strefie rozciąganej i wzmocnionego taśmą CFRP w kształcie wycinka koła – analiza jednego przypadku, przy zniszczeniu w zakresie pracy sprężystej. Analizy dokonano w środowisku Abakus 6.13 przy zastosowaniu 10-o węzłowych przestrzennych elementów o symbolu C3D10. Przy użyciu opisanego modelu numerycznego jednego przypadku uzyskano wyniki zgodne z rzeczywistą pracą zginanego elementu.

Rozdział 8 (podsumowanie – 2 strony) dobrze koresponduje z celem i zakresem pracy. W podsumowaniu podkreślono między innymi opracowanie autorskich typów wzmocnień drewna sosnowego w miejscach osłabienia sękami oraz przedstawiono (zasygnalizowano) dalsze kierunki badań w zakresie lokalnego wzmacniania drewnianych elementów konstrukcyjnych.

W rozdziale 9 (wnioski – 2 strony) Autorka na bazie przeprowadzonych badań formułuje 7 wniosków końcowych - w większości trafnych sformułowań. Do najcenniejszych osiągnięć o znaczeniu aplikacyjnym należy opracowanie i wskazanie najefektywniejszych wzmocnień lokalnych w kształcie wycinka koła przy użyciu taśmy CFRP lub klejunki bambusowej. Niektóre ze stwierdzeń zawartych we wnioskach są zbyt daleko idące (nie wynikają bezpośrednio z przeprowadzonych badań) i w takiej postaci bardziej pasują do podsumowania.

Cytowany zbiór literatury ujęty w spisie liczy ponad 120 pozycji, głównie wydanych po 2000 roku, co jest konsekwencją intensyfikacji badań w zakresie wzmacniania konstrukcji drewnianych oraz dynamicznego rozwoju metod analityczno-numerycznych w ostatnim dziesięcioleciu, a przede wszystkim rzetelnie wykonanej kwerendy przez Autorkę pracy. W trafnie dobranym spisie literatury dominują publikacje angielskojęzyczne z wiodących ośrodków zajmujących się tematyką drewna konstrukcyjnego.

Kolejne strony to 22 załączniki z tabelami wyników. Niestety załączniki te nie mają tytułów a ich numeracja nie jest w pełni intuicyjna. Lepszym rozwiązaniem byłoby nadanie pełnego numeru podrozdziału, do którego się odnoszą, np.: 5.1., 5.2.

II Atuty rozprawy

1. Wobec rosnących wymagań bezpieczeństwa w budownictwie i jednocześnie tendencji do oszczędności materiałowej wzmacnianie drewnianych elementów konstrukcyjnych nabiera szczególnego znaczenia. Tematyka pracy doskonale wpisuje się w nurt współczesnych badań i rzeczywistych potrzeb. Rozprawa zawiera konkretny aspekt użyteczny, tj. odnalezienie efektywnej metody lokalnego wzmacniania tarcicy sosnowej w miejscach osłabień powodowanych obecnością sęków.
2. Do najcenniejszych osiągnięć Autorki pracy, należy opracowanie i wskazanie najefektywniejszych wzmocnień lokalnych w kształcie wycinka koła przy użyciu taśmy CFRP lub klejunki bambusowej. Cenne jest też wyartykułowanie przez Autorkę propozycji dalszych kierunków badań w zakresie lokalnego wzmacniania drewnianych elementów konstrukcyjnych.

3. Przeprowadzone badania w ramach pracy są obszerne i oryginalne, a sposób ich opracowania rzetelny, co świadczy o ugruntowanych umiejętnościach samodzielnej pracy badawczej i naukowej Autorki. Rozprawa wnosi do nauki o drewnie, a w szczególności do zagadnień związanych z materiałoznawstwem drzewnym nowe wartości. Praca ta stanowi również przykład umiejętnego wykorzystania nowoczesnych technik badawczych oraz metod analitycznych w tym analiz numerycznych do skutecznego rozwiązania problemu naukowego.

III Uwagi krytyczne

Uwagi ogólne (do dyskusji)

Przedłożona do oceny praca doktorska zawiera także elementy dyskusyjne, które jednak nie umniejszają jej wartości merytorycznej.

Sposób prezentacji materiału badawczego i metodyki badań nie jest optymalny. Zostały one przedstawione w postaci jednego obszernego rozdziału (30-o stronicowego), bez podziału treści na podrozdziały odzwierciedlające poszczególne etapy badań. Dodatkowo sama forma prezentacji materiału i metod są mało syntetyczne, tj. z licznymi dygresjami i nazbyt szerokimi omówieniami, co nie sprzyja odnalezieniu kluczowych informacji. Dobór materiału drzewnego, liczności zbiorów próbek, ich kształtu, wymiarów i wilgotności a także sposobu obciążenia (zginanie 3 lub 4 –o punktowe), itp., są dostosowane do realizacji danego etapu (zadania) badawczego. W obrębie poszczególnych etapów badań doборы te są zasadniczo poprawne. Niestety w ujęciu całościowym powstaje obraz zdecydowanie mniej spójny i powtarzalny. Oceniana praca doktorska daje wrażenie konstrukcji złożonej logicznie, ale z nie do końca do siebie dopasowanych elementów. Szczęśliwie wzmocnieniem jest tu umiejętnie dobrany i zarazem bogaty materiał ilustracyjny.

Jak wilgotność wpływa na kształtowanie się wytrzymałości na zginanie drewna w małych próbkach laboratoryjnych a jak na kształtowanie się tej wytrzymałości w pełnowymiarowych elementach konstrukcyjnych obciążonych wadami?

Analiza wyników badań została przeprowadzona poprawnie, ale z nielicznymi odnośnikami do literatury. Trochę brakuje szerszego kontekstu ich dyskusji, chociażby w odniesieniu do wydajności jakościowej i ilościowej przetarcia typowego surowca sosnowego tj. pozyskania poszczególnych klas tarcicy budowlano-konstrukcyjnej, z których wynikałaby racjonalność stosowania lokalnego wzmocnienia.

Jaka jest wydajności ilościowa np., przy wizualnym sortowaniu wytrzymałościowym, na klasy KW, KS i KG wg normy PN-D-94021:2013, tarcicy sosnowej pozyskanej z typowego przetarcia drewna wielkowymiarowego?

Niektóre ze stwierdzeń zawartych we wnioskach nie wynikają bezpośrednio z przeprowadzonych badań i analiz (są zbyt daleko idące). Jest to stwierdzenie we wniosku 3 o konkurencyjności wzmocnienia lokalnego w stosunku do wzmocnienia na całej długości elementu w kontekście zaangażowania środków, oszczędności materiałowej i ekonomicznej oraz stwierdzenie we wniosku 5 dotyczące praktycznego wykorzystania lokalnego wzmocnienia w konserwacji obiektów zabytkowych z uwagi na wysokie walory estetyczne.

Co decyduje (co stanowi) o walorach estetycznych lokalnego wzmocnienia tarcicy iglastej?

Uwagi szczegółowe

Oceniana praca jest wykonana starannie od strony edycyjnej (błędy stylistyczne czy literówki należą do rzadkości), np.:

- str. 10, wiersz 10: brak spacji przed nawiasem kwadratowym z jednostkami);
- str. 20, wiersz 4 od dołu: brak spacji między 5 a mm;
- str.16, 4 ostatnie wiersze: końcówka zdania powinno być: ... analizą ... rodzaju i zakresu ... a jest „...*analizą ... rodzaj i zakres...*”;
- str. 18, wiersz 4 i 5 - jest „...*niezbędne jest wykorzystanie drewna charakteryzowanego wysokimi wartościami ...*”, a bardziej stylistycznie poprawna forma to: *niezbędne jest wykorzystanie drewna o wysokich wartościach ...*;
- str. 117, przedostatnia pozycja – trzymając się przyjętej konwencji brakuje litery s przed numerami stron;
- str. 180 – niepotrzebne kropki między numerami a tytułami norm;
- str. 181 – brak roku wydania przy US Standard ICBO/ Uniform Building Code 5100 i 6046.

Pojawiają się też nieliczne i drobne usterki redakcyjne innego typu, np.:

- str. 16, 38, 58, 85, 115, 123, 126, 139, 142: niefortunne pozostawianie wolnych przestrzeni w środku podrozdziałów sugerujących ich zakończenie.
- str. 20, wiersz 13: odwołanie się do klasy KG i odrzutu bez powołania na normę PN-D-94021:2013 czyni te pojęcia niezrozumiałymi;
- str. 21: przywołanie rysunku 3 „*Kolejną kwestią jest odchylenie okolicznych włókien w samym sęku, w płaszczyźnie stycznej do kłody (rysunek 3)...*” - na rysunku 3 nie są zaprezentowane sęki ani odchylenie włókien wokół sęków – prezentujący to rysunek byłby trafniejszy niż pokazujący tylko przekroje i kierunki anatomiczne;
- str. 22, wiersz 10: zapis „*Norma ta wskazuje na możliwość stosowania dwóch wskaźników ...*”) jest niefortunny, bo innej możliwości nie ma: norma ta definiuje (określa) dwa wskaźniki;
- str.23, 4 i 3 wiersz od dołu: stwierdzenie, że aktualne normy dotyczące klasyfikacji tarcicy uwzględniają jedynie sęki, występujące na płaszczyznach oraz brzegach tarcicy, bez wskazania ich kształtu jest nieprawdziwe. Wystarczy spojrzeć na zamieszczony rysunek 4 (sposób oceny sęków np., wg normy polskiej i brytyjskiej), gdzie analizuje się pola powierzchni rzutów sęków na czoła tarcicy a więc ich kształt, a poprzez określenie wskaźników UMS, USC także położenie.
- str. 27, 4 wiersz od dołu: podano ze okres odnawialności bambusa wynosi 1-3 lata, podczas gdy pełnowartościowy materiał do przerobu w przemyśle drzewnym pozyskuje się ze 5-0 letnich zdrewniałych łodyg.
- str.28 (tabela 7 i 8), str.29 (tabela 9), str.31 (tabela 10), str.32 (tabela 12), str.87 (tabela 19) – użyto jednostek MPa i GPa podczas, gdy w całej pracy przyjęto stosowanie zapisu N/mm²;
- str.70, 1 wiersz od dołu: brak dokładniejszego opisu sześciowzłowego elementu przestrzennego o symbolu C3D20R oraz nazwy programu użytego do analizy;
- str.71 (rys.51) i str.83 (rys.62), str.165 (rys.142) – identyczne podpisy pod rysunkami;
- str.83, 3 i 5 wers: brak dokładniejszego opisu sześciowzłowego elementu przestrzennego o symbolu C3D20R i elementu powłokowego S4 oraz nazwy programu użytego do analizy.

IV Podsumowanie - wniosek końcowy

Oceniając całościowo rozprawę doktorską stwierdzam, że Autorka wykazała w niej solidną wiedzę teoretyczną w zakresie wzmocnienia iglastej tarcicy konstrukcyjnej, jak również właściwe przygotowanie do realizacji badań, a także znajomość specjalistycznych metod badawczych i analitycznych oraz umiejętność ich trafnego doboru i użycia do osiągnięcia wyznaczonego celu naukowego. Praca ta zawiera oryginalne rozwiązanie problemu badawczego i świadczy o umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę.

Jestem przekonany, że **oceniana rozprawa doktorska mgr inż. Izabeli Burawskiej „Lokalne wzmocnienie drewna konstrukcyjnego sosnowego *Pinus sylvestris* L.” spełnia wymagania stawiane przez ustawę (Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku, Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami – w szczególności art. 13) i składam wniosek o jej przyjęcie oraz dopuszczenie do publicznej obrony.**



dr hab. inż. Paweł Kozakiewicz, prof. SGGW