

Dr hab. inż. Jerzy Podgórski, prof. uczelni
Politechnika Lubelska,
ul. Nadbystrzycka 40, 20-620 Lublin

Lublin, październik 2022r.

WPLYNĘŁO
Dnia 22.11.2022
L. dz. II. PW / 691 / 2022

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgra inż. Arkadiusza Leśko**

**pt. „Ocena wpływu wilgotności na połączenia
w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo”**

Przyjęto
22/11/2022

DZIEKAN
Wydziału Inżynierii Lądowej
prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz

1. Podstawa opracowania

Recenzja została opracowana na prośbę Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej, dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni, wyrażoną w piśmie WTBD.521.DR.183.2022 z dnia 16 września 2022r, które informuje mnie o uchwale Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 6 września 2022, powołującej mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Arkadiusza Leśko. Promotorem pracy jest prof. dr hab. inż. Wojciech Gilewski. Przesłana do oceny dysertacja doktorska zawarta jest w tomie liczącym wraz z załącznikami 185 stron.

2. Tematyka i charakterystyka pracy

Treść rozprawy zawarta jest w 9 rozdziałach, do których dołączono 9 załączników z rysunkami, bibliografię (107 pozycji) oraz spis rysunków i tablic. Treść dysertacji poprzedzona jest streszczeniem w języku polskim.

Rozdział 1 jest wstępem zawierającym wprowadzenie do tematu rozprawy i motywację podjęcia pracy. W tym rozdziale określono też

problemy naukowe, których rozwiązanie doktorant postawił sobie, jako cel swoich badań. Główne problemy zostały określone w pracy następująco: *"analiza oraz ocena łączników i połączeń stosowanych pomiędzy elementami z drewna klejonego warstwowo z uwzględnieniem zakresu prowadzonych rozważań oraz ocena i wybór modeli stosownych do opisu zagadnienia z praktycznego punktu widzenia"*.

Zadanie to pociąga za sobą konieczność analizy kilku problemów, które autor dysertacji przedstawia, jako:

- *„analiza i synteza dostępnych w literaturze wyników badań doświadczalnych,*
- *kalibracja parametrów i walidacja wybranych modeli matematycznych,*
- *sens inżynierski prowadzonych analiz – zastosowania techniczne”.*

Zwieńczeniem tych badań była implementacja wybranego modelu numerycznego w zakresie związków konstytutywnych w komercyjnym systemie metody elementów skończonych, który umożliwił przygotowanie złożonych symulacji komputerowych dających obraz pracy elementów konstrukcji wykonany z drewna klejonego warstwowo pod wpływem zmian wilgotności. Tą część pracy można uznać, jako rozwiązanie postawionego problemu naukowego.

Rozdział 2 zatytułowany „O drewnie słów kilka” zawiera opis struktury drewna, z punktu widzenia jego zastosowań, jako materiału konstrukcyjnego. Opisane tu są właściwości fizyczne oraz mechaniczne ze szczególnym uwzględnieniem wpływu wilgotności na ich charakterystyki. Przedstawiono tu też współczesne technologie wytwarzania elementów z drewna klejonego warstwowo („glulam”). Opisane zostały metody konstruowania oraz modelowania tych konstrukcji z uwzględnieniem sposobów łączenia elementów o znacznych rozmiarach. Rozdział ten zawiera też przegląd

literatury pod kątem badania i modelowania zjawiska delaminacji lub rozwarstwienia materiału, które są jednymi z najczęstszych przyczyn awarii dźwigarów wykonanych z drewna klejonego warstwowo.

Rozdział 3 zatytułowany „Badania doświadczalne w literaturze” zawiera przegląd publikacji zawierających opisy badań doświadczalnych nad wpływem zmian wilgotności na parametry fizyko-mechaniczne drewna pod kątem jego zastosowania, jako materiału konstrukcyjnego. Zawarty tu jest też opis badań wpływu łączników na inicjowanie pęknięć w materiale glulam. Rozdział kończy krótka charakterystyka problemów powstających podczas prowadzenia tego typu badań.

Rozdział 4 zawiera opis i wyniki badań zmian wilgotności drewna przeprowadzanych przez autora. Badaniom poddano belki z drewna litego oraz klejonego warstwowo w „naturalnie występujących warunkach”, co oznacza tu umiejscowienie badanych elementów w "sali Zespołu Konstrukcji Drewnianych Wydziału Inżynierii Lądowej". Pomiary wilgotności na powierzchni belek wykonywano co 7 dni przez 10 tygodni z wykorzystaniem młotka pomiarowego „HIT3”. Zmiany wilgotności na grubości belki wykonano przez powierzchniowe badanie belek po ścięciu warstw 4-5mm bez użycia wodnego chłodziwa. Wyniki badań zostały przedstawione na wykresie "wilgotność [%] – nr warstwy". Rozdział kończy krótkie podsumowanie:

- *„wpływ na wilgotność elementów drewnianych mają wszelkie nieciągłości (takie jak niezabezpieczone krańce belek czy sęki),*
- *im dalej od zewnętrznej krawędzi elementu drewnianego, tym wilgotność jest większa (wzrost jest równomierny niezależnie od rodzaju belki: litej lub klejonej),*

- przy odcinaniu kolejnych warstw drewna zarysowanie spowodowane zmianą wilgotności znika (przy odcięciu około 10-15 mm nie ma większości rys),
- belki klejone warstwowo są bardziej stabilne pod względem zmiany wilgotności "po grubości elementu" przy zmianie wilgotności otoczenia".

Rozdział 5 zatytułowany „Praktyka projektowa” opisuje metody klasyfikowania drewna stosowane w opracowaniach norm projektowych. Podano tu stosowane w normach europejskich ujęcie wpływu zmiany wilgotności konstrukcji drewnianych na charakterystykę materiału. Omówione zostały też wyniki analiz numerycznych i warunków normowych dotyczące naprężeń rozwarstwiających podane w publikacjach innych autorów.

Rozdział 6 zatytułowany „Model teoretyczny” obejmuje dwie części, z których pierwsza zatytułowana „Model transportu wilgotności” przedstawia pół-empiryczne modele transportu wilgoci zgodne z prawami Ficka a część druga „Model pracy drewna” poświęcona jest opisowi stosowanych w pracy związków konstytutywnych dla drewna. Szczegółowo zostały opisane związki konstytutywne opracowane w VTT Technical Research Centre w Finlandii i implementowane do komercyjnego systemu MES „Abaqus”.

Rozdział 7 zatytułowany „Model numeryczny” przedstawia implementację modelu materiałowego oraz modelu transportu wilgotności w drewnie w systemie „Abaqus”. Podano tu także algorytm tworzenia dyskretnego modelu konstrukcji w tym systemie.

Rozdział 8 zatytułowany „Zagadnienia modelowe”, zawiera wyniki symulacji z użyciem modeli opisanych w rozdziałach poprzednich. Przedstawione tu wyniki obliczeń posłużyły jako walidacja modeli

materiałowych, obciążeń zewnętrznych oraz sprawdzaniu prawidłowości przyjętej geometrii modeli numerycznych. Przedstawiono symulacje kilku połączeń belki i dźwigara modelując kontakt tych elementów. Poza wpływem obciążeń statycznych analizowano oddziaływania zmiennego pola wilgotności na pracę dźwigara i jego połączeń z belkami dochodzącymi.

Rozdział 9 zatytułowany „Podsumowanie i wnioski” zawiera podsumowanie rezultatów badań eksperymentalnych i symulacji komputerowych przedstawionych w pracy oraz przewidywane kierunki dalszych badań związanych z tematyką pracy.

3. Merytoryczna ocena pracy

Tematyka podjęta w dysertacji jest niezwykle istotna z punktu widzenia projektowania nowoczesnych konstrukcji z drewna klejonego – glulam. Trudne do zastosowania w praktyce projektowej związki konstytutywne, niejednorodność i anizotropia materiału stanowią wyzwanie dla badaczy zajmujących się opracowaniem modeli numerycznych i prostych modeli analitycznych drewna. Proponowane opisy materiału, ze względu na ich wąskie zastosowanie, nie zawsze znajdują zastosowanie w standardowych kodach systemów obliczeniowych. W tym świetle należy docenić umiejętności doktoranta w posługiwaniu się zaawansowanym systemem MES, jakim jest Simulia-Abaqus. Użycie tego narzędzia wykracza poza standardowe metody, o czym świadczy implementacja dodatkowych kodów opisujących związki konstytutywne drewna.

Wiele problemów związanych tworzeniem modeli obliczeniowych, które pojawiły się w trakcie przygotowania rozprawy zostało rozwiązanych za pomocą własnych badań eksperymentalnych i adaptacji indywidualnych

kodów procedur UMAT i DFLUX, co niewątpliwie dobrze rokuje na przyszłą karierę naukową doktoranta.

Przedstawione w pracy symulacje komputerowe dobrze ilustrują potrzebę zastosowania w analizach wytrzymałościowych procedur uwzględniających wpływ wilgotności na trwałość połączeń konstrukcji drewnianych. Pokazują także prawidłowość działania zaimplementowanych związków konstytutywnych. Weryfikacja doświadczalna tych wyników mogłaby też wykazać ich jakość, jeżeli chodzi o przewidywane wartości, co byłoby ze wszech miar wskazane, jako argument przy zastosowaniach tych metod w praktyce. Takiej weryfikacji w pracy brakuje, a prezentowane badania laboratoryjne sprowadzają się jedynie do wyznaczenia pola wilgoci i jej wpływu na jakość elementów konstrukcji.

Praca przygotowana jest dosyć dobrze zarówno pod względem edytorskim jak też pod względem językowym. Układ pracy jest poza nielicznymi wyjątkami, w miarę czytelny i logiczny. Dołączone indeksy (spis treści, spis rysunków i tabel) pomagają w czytaniu pracy, brakuje tu być może spisu zastosowanych oznaczeń.

Zauważone w czasie czytania błędy i niejasności zostały zestawione w załączniku, ale w tym miejscu chciałbym wskazać moim zdaniem kilka najistotniejszych wad redakcji opracowania.

- Rozdział 4.1.1 – Autor twierdzi, że przeprowadza badania w warunkach naturalnych, a nie laboratoryjnych, a następnie układa próbki w „sali”. Czy nie panują tam warunki zbliżone do warunków laboratoryjnych (temperatura 20-24°C, wilgotność 24-46%)? Co z elementami konstrukcyjnymi znajdującymi się na zewnątrz (temperatura -20-30°C, wilgotność 0-99%), na basenach (temperatura 25-40°C, wilgotność >90%) lub tym podobnych? Tam warunki eksploatacji są zupełnie inne.

- Rozdział 4.1.4 – Przydałoby się przynajmniej określić odchylenia standardowe wyników od średniej wilgotności, żeby potwierdzić możliwość stosowania średniej, jako wartości odniesienia
- Wykresy należy lepiej opracować, np. ujednolicić czcionkę między wykresami a tekstem – obecnie wyglądają one jak bezpośrednio wstawione z Excela
- Rys. 45-46 – Na jakiej zasadzie dobierane były miejsca pomiarowe? Dlaczego są one tak blisko siebie? Niektóre są wyżej, niektóre niżej. Jak te rysunki są powiązane z Tabelą 26-28 z Załącznika I? Co oznaczają litery A, B, C, D w Tabelach? Dlaczego tych oznaczeń jest 4, skoro na belkach widać więcej miejsc pomiarowych? Na niektórych belkach jest widocznych 6 miejsc pomiaru, na innych 7? Może warto było oznaczyć miejsca pomiarowe odpowiednimi literami, żeby było widoczne odniesienie do Tabel?
- Rys. 47 – Dobrze byłoby zaznaczyć „wypaczenie” belek. Może zaznaczyć przynajmniej jakąś oś i wymiary przed i po wypaczeniu, albo porównać to w jakiś inny sposób. Same zdjęcia mogą przekłamywać to zjawisko, np. z powodu innego ustawienia aparatu (inny kąt, wysokość, itd.).
- Tekst pod rysunkiem 47 – W jaki sposób Autor stwierdził, że największemu wypaczeniu uległa belka 4B, a nie np. 5B? Autor pokazuje wypaczenie „poza płaszczyznę” pracy belki. Co dzieje się w drugiej płaszczyźnie?
- Rozdział 4.2.2 – na jakiej zasadzie dokonano wyboru belek, które były rozcinane (6 i 3)? Dlaczego nie wycięto próbek za wszystkich belek badanych poprzednią metodą? Moim zdaniem próbek jest zbyt mało.
- Rys. 49. Wypadałoby oznaczyć wszystkie wymiary opisane w tekście przed wystąpieniem tego rysunku. Dobrze byłoby również dodać opis informujący, że jest to widok z boku.
- Rozdziały 4.2.4 i 4.2.5 zawierają stwierdzenie *„Związane jest to ze zwiększonymi możliwościami wnikania wilgoci w belkę na swobodnych jej krańcach”* – Jak numery warstw odnoszą się do grubości belki? Jak rozumiem, warstwy ścinane były od zewnątrz (4-5mm) i następnie dokonywany był pomiar. Czy warstwa 1 oznacza warstwę blisko krawędzi zewnętrznej czy. środka belki? Tu z pewnością lepiej byłoby pokazać wykres wilgotność - współrzędna punktu pomiarowego. Jeżeli warstwa 1 oznacza warstwę bliżej brzegu to cytowane stwierdzenie jest nieprawdziwe i powinno być sformułowane odwrotnie, ponieważ z

wykresu na rys. 50 wynika, że im bliżej środka, tym wilgotność jest większa.

- Równania 15,16,17 (str. 86) przedstawiają prawo Ficka. Podpis pod tymi równaniami informuje, że wilgotność drewna znaczone przez "u", jest wyrażona w procentach, a z sensu równania 16 wynika, że jest tu liczbą bezwymiarową, z przedziału $\langle 0 \div 1 \rangle$. Może być ona wyrażona w procentach po pomnożeniu jej przez 100, ale czy to jest tu potrzebne? Podobnie niejasne są zastosowania zmiennej "u" w równaniach 18,19,20, gdzie występują związki empiryczne zawierające współczynniki o nieopisanych jednostkach. W procedurze DFLUX (str. 143) wyraźnie widać, że RH nie jest podane w procentach, bo tam $RH=0.55$, a nie 55%. Podstawienie RH w procentach do równania 20 powoduje, że występujące tam wyrażenie: $\ln(1-RH)$ wywoła błąd systemowy lub pojawienie się w niektórych systemach obliczeniowych wartości zespolonej (sic!, np. w Mathcadzie $\ln(1-55)=3.989+3.142i$).
- Rys. 72 – Podejrzewam, że połączenie typu „TIE” (powiązanie węzłów podrzędnych) na wszystkich powierzchniach nie pozwala uwzględnić ewentualnego zgniatania drewna w poprzek włókien, lub przynajmniej zwiększonych naprężeń w miejscu oparcia górnej części siodła. Mocując siodło również do powierzchni bocznych, lokalne zgniatanie drewna w okolicy oparcia siodła nie wystąpi, ponieważ obciążenie będzie równomiernie przeniesione również na powierzchnie boczne. Sugeruję wybór innego modelu: połączenie „TIE” między powierzchniami góry siodła i góry belki oraz „interaction” na powierzchniach bocznych na zasadzie „hard contact with friction”. Wtedy powierzchnie boczne siodła nie byłyby „przyklejone” do powierzchni bocznych belki drewnianej.
- Rys. 108 – W przypadku zastosowania elementów ośmiowęzłowych z pełnym całkowaniem występuje przeszywnienie elementu przy zginaniu. Nie jestem pewien czy zastosowanie tych elementów w rozważanym przypadku jest dobrym rozwiązaniem.
- Rys. 74 – Na podstawie siatki „A” nie powinny być analizowane istotne wyniki, ponieważ jest ona dosyć słabej jakości. Ośmiowęzłowe elementy trójwymiarowe, o bardzo dużej różnicy długości boków, (proporcja 5:1). Najlepsza siatka z zaproponowanych to oczywiście siatka $1 \times 1 \times 1$, dla niej wyniki będą z pewnością bardziej wiarygodne. Związane z tym pytania: (a) czy siatkę siodła zagęszczano na podobnej zasadzie jak belkę?; (b) dlaczego nie pokazano siatkowania siodła?; (c) ile elementów

skończonych znajdowało się na grubości wspornika siodła? Jeżeli w modelu zginanej konstrukcji mamy mniej niż 4 elementy to ugięcie tego wspornika nie może być prawidłowo interpretowane. Jeżeli przynajmniej 4 to czy różnica w wymiarach elementów siodło–belka nie jest za duża? Znacznie lepsze wyniki otrzymać można stosując np. elementy powłokowe.

- Rozdział 8.4.6 Rezultaty i VI, VII, VII i IX – jedne z najciekawszych wyników, czyli bitmapy z symulacji, które są jednymi z ważniejszych wyników przedstawionych w pracy, znajdują się w całości w załączniku i nie są w żaden sposób opisane i komentowane. Czytelnik nie powinien być zmuszany do domyslenia się, co oznaczają np. symbole S11, S33, itd. Bezwzględnie konieczne jest podpisanie i skomentowanie każdego rysunku. Na niektórych bitmapach widoczne są dodane oznaczenia (okręgi i elipsy w różnych kolorach), ale brak komentarza nie pozwala zrozumieć intencji wprowadzenia tych oznaczeń. W zasadzie niemożliwe też jest jakiegokolwiek sprawdzenie tych wyników, ponieważ stanowią one jedynie zbiór bitmap importowanych z systemu Abaqus.

Na te usterki pracy warto zwrócić uwagę i koniecznie je poprawić przy ewentualnej publikacji, co z pewnością podniesie jej czytelność i jakość.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując recenzję stwierdzam, że rozprawa doktorska magistra inżyniera Arkadiusza Leśko pt. " Ocena wpływu wilgotności na połączenia w konstrukcjach z drewna klejonego warstwowo" jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i potwierdza jego wiedzę w dziedzinie mechaniki ciała stałego oraz metod numerycznych służących rozwiązywaniu zagadnień mechaniki. Doktorant przedstawił rozwiązanie postawionych problemów naukowych. Dysertacja spełnia tym samym wymóg art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Należy też wysoko ocenić przydatność praktyczną analiz i symulacji numerycznych przedstawionych w pracy, które mogą być wykorzystane przy projektowaniu konstrukcji z drewna i drewna klejonego glulam. Przygotowanie symulacji numerycznych i zaimplementowanie do systemu "Abaqus" własnych procedur UMAT i DFLUX świadczy o umiejętności i doświadczeniu doktoranta w dziedzinie zastosowań metod komputerowych w mechanice ciała stałego.

Stawiam wniosek do przyjęcie dysertacji doktorskiej mgr inż. Arkadiusza Leśko i dopuszczenie kandydata do jej publicznej obrony oraz do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Polgórny', is centered on the page.

Załącznik do recenzji rozprawy doktorskiej

mgra inż. Arkadiusza Leśko

Zauważone błędy i sugestie edytorskie.

1. W całym tekście nie zadbano o pozbycie się tzw. „sierot”, co chwilę występują one na końcu wierszy „i, w, z” itd.
2. Rozdział 4.1.1 – Autor twierdzi, że przeprowadza badania w warunkach naturalnych, a nie laboratoryjnych, a następnie układa próbki w „sali”. Czy nie panują tam warunki zbliżone do warunków laboratoryjnych (temperatura 20-24°C, wilgotność 24-46%)? Co z elementami konstrukcyjnymi znajdującymi się na zewnątrz (temperatura -20-30°C, wilgotność 0-99%), na basenach (temperatura 25-40°C, wilgotność >90%) lub tym podobnych? Tam warunki eksploatacji są zupełnie inne.
3. Rozdział 4.1.4 – Przydałoby się przynajmniej określić odchylenia standardowe wyników od średniej wilgotności, żeby potwierdzić możliwość stosowania średniej, jako wartości odniesienia
4. Wykresy można było lepiej dopracować, np. ujednolicić czcionkę między wykresami a tekstem – obecnie wyglądają one jak bezpośrednio wstawione z Excela
5. Rys. 45-46 – Na jakiej zasadzie dobierane były miejsca pomiarowe? Dlaczego są one tak blisko siebie? Niektóre są wyżej, niektóre niżej. Jak te rysunki są powiązane z Tabelą 26-28 z Załącznika I? Co oznaczają litery A, B, C, D w Tabelach? Dlaczego tych oznaczeń jest 4, skoro na belkach widać więcej miejsc pomiarowych? Na niektórych belkach jest widocznych 6 miejsc pomiaru, na innych 7? Może warto było oznaczyć miejsca pomiarowe odpowiednimi literami, żeby było widoczne odniesienie do Tabel?
6. Rys. 47 – Moim zdaniem dobrze byłoby zaznaczyć „wypaczenie” belek. Może zaznaczyć przynajmniej jakąś oś i wymiary przed i po wypaczeniu, albo porównać to w jakiś inny sposób. Same zdjęcia mogą przekłamywać to zjawisko, np. z powodu innego ustawienia aparatu między zdjęciami (inny kąt, wysokość, itd.).
7. Tekst pod rysunkiem 47 – pytanie jest powiązane z pytaniem zadany powyżej. W jaki sposób Autor stwierdził, że największemu wypaczeniu uległa belka 4B, a nie np. 5B? Autor pokazuje wypaczenie „poza płaszczyznę” pracy belki. Co dzieje się w drugiej płaszczyźnie?
8. Rozdział 4.2.2 – na jakiej zasadzie dokonano wyboru belek, które były rozcinane (6 i 3)? Dlaczego nie wycięto próbek za wszystkich belek badanych poprzednią metodą? Moim zdaniem próbek jest zbyt mało.
9. Rys. 49. Wypadałoby oznaczyć wszystkie wymiary opisane w tekście przed wystąpieniem niniejszego rysunku. Dobrze byłoby również opisać, że jest to widok z boku.
10. Tabele 10-11 – znowu brakuje tutaj przynajmniej obliczenia odchyłeń standardowych.
11. Rozdział 4.2.4 i 4.2.5, stwierdzenie „Związane jest to ze zwiększonymi możliwościami wnikań wilgoci w belkę na swobodnych jej krańcach” – Jak numery warstw odnoszą się do grubości belki? Z tego co rozumiem, to warstwy ścinane były od zewnątrz (4-5mm) i następnie dokonywany był pomiar. Czy warstwa 1 oznacza warstwę blisko krawędzi zewnętrznej czy jednak wewnętrznej? (tutaj przydałby się rysunek z oznaczeniem kolejnych warstw względem grubości elementu). Jeżeli warstwa 1 oznacza warstwę bliżej brzegu to cytowane stwierdzenie jest nieprawdziwe i powinno być sformułowane odwrotnie, ponieważ z wykresu na Rysunku 50 wynika, że im bliżej środka, tym wilgotność jest większa.

12. Rozdział 4.2.6 – wniosek nr 1 – na jakiej podstawie stwierdzono, że sęki mają wpływ na wilgotność, skoro wszystkie pomiary wykonywane były w innych miejscach niż sęki?
13. Rys.59 – brak opisu na rysunku (Ort? Iso?) jest tylko odwołanie do cytowanej publikacji.
14. Podpis pod równaniem 16 (str. 86) – wilgotność drewna jest liczbą bezwymiarową, będzie wyrażona w procentach po pomnożeniu jej przez 100, a to nie wynika z równania
16. Podobnie niejasne są zastosowania u w równaniach 18,19,20, gdzie występują związki empiryczne ze współczynnikami o nieopisanych jednostkach. W procedurze DFLUX (str. 143) wyraźnie widać, że RH nie jest podane w procentach (RH=0.55)
15. Rozdział 8.1.2, Rys. 65 – Przydałoby się podać jednostki przy wymiarach kostki. Proponowałbym również dodatkowy rysunek z dokładnie opisanymi warunkami brzegowymi i obciążeniami, ponieważ nie każdy musi znać Abaqusa i wiedzieć co oznaczają poszczególne znączki. Kostka była utwierdzona, czy może modelowana była symetria? Wyniki silnie zależą od siatki ES, proszę przedstawić siatkowanie kostki. Czy w przytoczonym artykule siatka ES była identyczna?
16. Rys. 70 – Brakuje dokładniejszego opisu elementu. Jakie były wymiary wzdłuż elementu? Przydałoby się to oznaczyć na rysunku. W rzeczywistych konstrukcjach raczej nie występują belki swobodnie podparte o długości 1,1m. Należałoby zatem pokazać model traktować jako wycinek belki swobodnie podpartej o znacznie większej długości. Dobrze byłoby napisać to gdzieś w tekście. Przydałoby się opisanie, że strzałki na siodle to obciążenie powierzchniowe. Czcionka na rysunku z wymiarami znowu jest inna niż poprzednio.
17. Rys. 71 – Nie podoba mi się oznaczenie osi jako 1, 2, 3, ponieważ nie ma to żadnego powiązania z Tabelą znajdującą się w Załączniku III (tam osie opisane są jako r, f, z). Jeżeli cytujemy załącznik mając całkiem inne oznaczenia w bieżącym tekście to można tylko się domyślać co czemu odpowiada, nie jest to jasno określone. Tu warto byłoby dodać, że orientacja osi materiałowych jest pokazana na rys. 82
18. Rys. 72 – Wydaje mi się, że połączenie typu „TIE” na wszystkich powierzchniach, nie pozwala na uwzględnienie ewentualnego zgniatania drewna w poprzek włókien, lub przynajmniej zwiększonych naprężeń w miejscu oparcia górnej części siodła. Mocując siodło również do powierzchni bocznych, lokalne zgniatanie drewna w okolicy oparcia siodła nie wystąpi, ponieważ obciążenie będzie równomiernie przeniesione również na powierzchnie boczne. Osobiście zrealizowałbym to w inny sposób. Połączenie „TIE” między powierzchniami góry siodła i góry belki oraz „interaction” na powierzchniach bocznych na zasadzie „hard contact with friction”. Wtedy powierzchnie boczne siodła nie byłyby „przyklejone” do powierzchni bocznych belki drewnianej.
19. Rys. 108 – W przypadku zastosowania elementów ośmiowęzłowych z pełnym całkowaniem występuje przeszywnienie elementu przy zginaniu. Nie jestem pewien czy zastosowanie tych elementów w rozważanym przypadku jest dobrym rozwiązaniem.
20. Rys. 74 – Na pewno na podstawie siatki A) nie powinny być interpretowane istotne wyniki, ponieważ jest ona dosyć słabej jakości – elementy trójwymiarowe ośmiowęzłowe o bardzo dużej różnicy wymiarów (bardzo duża długość względem pozostałych wymiarów 5:1). Najlepsza siatka z zaproponowanych to 1x1x1. Dla niej wyniki będą bardziej wiarygodne. Dodatkowe pytania: Czy siatkę siodła zagęszczano na podobnej zasadzie jak belkę? Dlaczego nie pokazano siatkowania siodła? Ile elementów skończonych znajdowało się na grubości wspornika siodła? Jeżeli mniej niż 4 to ugięcie tego wspornika nie może być prawidłowo interpretowane. Jeżeli przynajmniej 4 to czy

różnica w wymiarach elementów siodło-belka nie jest za duża? Znacznie lepsze wyniki otrzymać można stosując elementy powłokowe.

21. Tab. 20 - Wartości ugięcia są bardzo małe, dlaczego nie przedstawiono ich np. w milimetrach?
22. Rozdział 8.3.8, wnioski 4-10 są oczywiste, wynikają bezpośrednio z uwag 19,20 oraz z dokumentacji Abaqusa.
23. Rozdział 8.4.6 Rezultaty i VI, VII, VII i IX – jedne z najciekawszych wyników, czyli bitmapy z symulacji, które są główną częścią pracy (własna procedura modelowania) znajdują się w całości w załączniku i nie są w żaden sposób opisane. Nie każdy czytelnik musi wiedzieć co oznaczają np. oznaczenia S11, S33, itd. Bezwzględnie konieczne jest podpisanie i skomentowanie każdego rysunku - co się na nim znajduje i jak na jego podstawie można interpretować wyniki. Na niektórych bitmapach oznaczone są jakieś okręgi i elipsy w różnych kolorach, ale tak naprawdę nie wiadomo o co chodzi. W zasadzie niemożliwe jest jakiegokolwiek sprawdzenie tych wyników, ponieważ stanowią one jedynie zbiór bitmap wyeksportowanych z programu Abaqus.