

Warszawa, 22 stycznia 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Piotr Woyciechowski

Wydział Inżynierii Lądowej

Politechnika Warszawska

Al. Armii Ludowej 16

00-637 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Agnieszki Michalik
pt. „Efektywność zbrojenia betonu oczyszczonymi włóknami z recyklingu
opon”

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej dra hab. inż. Jadwigi Fangrat, prof. ITB, z dn. 28.12.2023 r., wynikające z uchwały Rady Naukowej ITB z dn. 14.12.2023 r., powołującej mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Agnieszki Michalik, w postępowaniu prowadzonym wg przepisów Ustawy z dn. 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Rozprawa doktorska p. mgr Michalik została przygotowana w Instytucie Techniki Budowlanej. Jej promotorem jest dr hab. inż. Waldemar Pichór, prof. AGH a promotorem pomocniczym dr inż. Filip Chyliński z ITB.

1. Charakterystyka ogólna pracy

Rozprawa ma charakter badawczy, liczy 172 strony i została podzielona na trzy główne części, obejmujące 13 rozdziałów oraz wykaz literatury obejmujący 225 pozycji, a także spisy tabel i rysunków oraz streszczenia w językach polskim i angielskim. Praca zawiera także wykaz oznaczeń i symboli.

W części pierwszej pracy (Wstęp) Autorka formułuje cel, zakres i tezę rozprawy, związaną z przydatnością i efektywnością włókien stalowych z recyklingu opon jako zbrojenia rozproszonego w betonach cementowych. Część druga – teoretyczna, obejmująca rozdziały 2-6, prezentuje kolejno: krótki zarys zagadnień ogólnych zrównoważonego rozwoju, z uwzględnieniem miejsca i roli budownictwa w tym obszarze (rozd. 2), zagadnienia recyklingu opon samochodowych (rozd. 3),

oraz teorii i praktyki fibrobetonów (rozdz. 4-6). Część trzecia rozprawy – doświadczalna – stanowi relację z wielowątkowych badań własnych Autorki, których celem była ocena przydatności do betonu włókien stalowych pozyskanych podczas recyklingu opon samochodowych. Autorka przeprowadziła zarówno badania włókien, laboratoryjnie wykonanych kompozytów zbrojonych tymi włóknami, jak i betonów wykonywanych w skali technicznej w przemysłowej wytwórni betonu towarowego. Przedmiotem badań była ocena wpływu włókien z recyklingu na cechy betonu oraz porównanie tego wpływu z efektem stosowania standardowych włókien komercyjnych. Autorka, oprócz szeregu badań typowych w takim przypadku, zaproponowała własną oryginalną miarę porównania – pracę zniszczenia, której opracowanie i analiza stanowią najważniejszy walor oryginalności rozprawy.

Pracę kończą wnioski (rozdz. 13) oraz obszerny wykaz bibliograficzny, wykaz rysunków i tabel. Praca zawiera 75 rysunków i ponad 30 tabel, co bardzo wzbogaca rozprawę i ułatwia jej odbiór.

2. Ocena merytoryczna rozprawy

2.1. Dobór tematu i cel rozprawy

Zagadnienie zastosowania włókien z recyklingu opon jako zbrojenia rozproszonego w betonie cementowym podejmowane jest w literaturze krajowej i światowej od dłuższego czasu. Istnieje wiele publikacji i opracowań w tym zakresie, w tym w szczególności w przestrzeni krajowej – praca doktorska dr M. Pawelskiej-Mazur z ZUT w Szczecinie napisana pod kierunkiem prof. Marii Kaszyńskiej, praca doktorska dr K. Łuszczyka z Politechniki Wrocławskiej napisana pod kierunkiem prof. Andrzeja Ubysza oraz szereg publikacji i prac badawczych z habilitacyjnego dorobku dr hab. Jacka Domskiego z Politechniki Koszalińskiej. Autorka ocenianej rozprawy dogłębnie przeanalizowała stan wiedzy w przedmiotowym zakresie i trafnie wskazała obszary badawcze oraz zdefiniowała oryginalne problemy naukowe, które stanowią podstawę Jej zamierzenia naukowo-badawczego.

Kwestia sposobu oceny efektywności zbrojenia betonu włóknami nie jest w pełni rozstrzygnięta w dotychczasowych publikacjach, w tym zwłaszcza w odniesieniu do włókien recyklingowych. Zastosowanie pomiaru „pracy zniszczenia” jako podstawy takiej oceny jest najważniejszym oryginalnym osiągnięciem rozprawy. Wartościowym aspektem badań są także oryginalne badania przyczepności i strefy kontaktowej w układzie włókno - matryca cementowa, bogato ilustrowane materiałem

zdjęciowym w skali mikro, który pozwala wyjaśnić różnice zachowania w matrycy włókien recyklingowych i włókien komercyjnych.

Ważnym aspektem badań jest także weryfikacja ich efektów w skali technicznej, prowadząca do wniosków o charakterze aplikacyjnym, w tym propozycji rozwiązań ograniczających kłopoty techniczne wprowadzania splątanych włókien recyklingowych do mieszanki.

Tematykę i cele rozprawy oceniam pozytywnie w świetle wymagań stawianych rozprawom doktorskim.

2.2. Ocena rozwiązania problemu naukowego zawartego w rozprawie

Rozprawa zawiera następującą tezę: *„Oczyszczone włókna stalowe z recyklingu opon samochodowych mogą pełnić rolę efektywnego zbrojenia rozproszonego do betonu, a niektóre właściwości betonów z ich dodatkiem są równoważne a nawet lepsze niż właściwości betonów z dodatkiem komercyjnych włókien stalowych”*. Teza jest klarowna i oddaje sens zamierzenia badawczego Autorki, aczkolwiek nie akcentuje elementów oryginalności rozwiązywanego problemu naukowego. Można by zaryzykować stwierdzenie, że w tak ogólnym ujęciu teza ta została już nie raz zweryfikowana we wcześniejszych badaniach wielu autorów. Natomiast oryginalność badań p. mgr Michalik zawiera się przede wszystkim w doborze niekonwencjonalnych kryteriów oceny efektywności włókien z recyklingu oraz próbie wyjaśnienia mechanizmów odpowiadających za tą efektywność.

W rozprawie wykazano, że stosowane powszechnie miary wpływu włókien na zachowanie się fibrobetonu pod obciążeniem, takie jak wytrzymałość na rozciąganie/zginanie, wytrzymałość resztkowa na rozciąganie przy zginaniu czy energia pęknięcia nie są wystarczające do wykazania efektywności zbrojenia rozproszonego. Autorka zaproponowała wykorzystanie do tego celu pracy zniszczenia, rozumianej jako całkowite pole pod krzywą obciążenie-przemieszczenie, rejestrowaną podczas badań zginanej belki z karbem, do osiągnięcia maksymalnego dopuszczalnego ugięcia. Jest to charakterystyka, która szczególnie wyraźnie pozwala wykazać różnice pomiędzy pracą betonu z włóknami komercyjnymi (kotwionymi w matrycy mechanicznie dzięki haczykowatym końcom lub falistemu kształtowi) a pracą betonu z włóknami recyklingowymi z opon, których współpraca z matrycą jest głównie adhezyjna lub związana ze splątaniem przestrzennym

nitkowatych włókien. Efekty tych różnic nie są widoczne w porównywaniu wytrzymałości resztkowych czy też energii pęknięcia, ujawniają się natomiast w porównaniu pracy zniszczenia. Ważnym elementem rozprawy są badania mikrostrukturalne nad różnicami mechanizmu przyczepności w układzie włókno-matryca cementowa, w przypadku włókien komercyjnych i recyklingowych. Obszerna, ciekawa i dobra jakościowo dokumentacja badań mikroskopowych i instrumentalnych pozwala wykazać różnice charakterystyk powierzchni obu rodzajów włókien, w tym jej rozwinięcia i obecności zanieczyszczeń oraz wpływu tych różnic na kształtowanie strefy kontaktowej włókno-matryca. Ciekawe są także autorskie badania nad przyczepnością pojedynczego włókna do matrycy, realizowane metodą pull-out, których wyniki są istotne w kontekście wyjaśnienia różnic w efektach stosowania włókien komercyjnych i recyklingowych.

Wartościowym elementem pracy są także badania aplikacyjne, poprowadzone w taki sposób aby wykazać przydatność włókien z recyklingu opon do betonu posadzkowego jako pełnowartościowej alternatywy wobec włókien komercyjnych, z uwzględnieniem aspektów materiałowych oraz technologicznych w warunkach przemysłowej wytwórni betonu. W tym kontekście trochę szkoda, że wyprodukowana mieszanka nie została wbudowana w posadzkę (a przynajmniej nie ma o tym mowy w rozprawie), ponieważ dało by to Autorce szansę końcowej weryfikacji technologicznej proponowanego rozwiązania materiałowego.

Szczegółowa analiza rozprawy prowadzi do sformułowania szeregu pytań, wątpliwości i uwag dyskusyjnych, które będą omówione w części trzeciej recenzji. Uwagi te nie wpływają jednak na ogólną pozytywną oceny podjętego w rozprawie problemu naukowego, jak również przedstawionego rozwiązania tego problemu.

2.3 Ocena warsztatu naukowego Kandydatki, Jej wiedzy teoretycznej w zakresie dyscypliny oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia badań

Warsztat naukowy Doktorantki oceniam pozytywnie. Przeprowadzony przegląd literatury jest obszerny, a sięgająca 225. pozycji bibliografia – jest trafnie wykorzystana i przywoływana, głównie w części studialnej rozprawy, w celu sformułowania wniosków stanowiących podstawę własnych badań. Warsztat badawczy Doktorantki jest różnorodny. Zwraca uwagę szeroki zakres wykorzystanych metod badań i kreatywne podejście do analizy ich wyników. Na podkreślenie zasługuje umiejętność połączenia zaawansowanych badań cech

mechanicznych z badaniami mikroskopowymi i instrumentalnymi, co czyni analizy Doktorantki wieloaspektowymi i kompleksowymi.

Sposób analizy wyników, w tym opracowania statystyczne i sposób prezentacji wyników analiz jest nieco chaotyczny a miejscami nawet niespójny, co wynika przede wszystkim z dość niestarannej redakcji pracy, o czym jeszcze obszerniej wypowiem się w dalszej części recenzji. Pewien niedosyt pozostawia w tym kontekście niejasne zdefiniowanie „efektywności zbrojenia betonu włóknami”, która jest w rozprawie pojęciem tytułowym i głównym przedmiotem analiz Doktorantki. Nie sposób oprzeć się wrażeniu, że Autorka utożsamia efektywność włókien z efektem ich zastosowania odniesionym do poszczególnych cech, gdy tymczasem efektywność powinna być jakąś miarą uogólniającą i łączącą ze sobą różne efekty. Mówiąc prościej, jeśli porównujemy dwa rodzaje włókien, to najpierw oceniamy efekty każdego z nich wobec wybranych kryteriów, a potem dopiero efektywność jako wypadkową wszystkich ocenionych efektów. I takiej wypadkowej zabrakło w rozprawie.

Reasumując tę część recenzji – pomimo zastrzeżeń - wiedzę teoretyczną, warsztat naukowo-badawczy Autorki i umiejętność samodzielnego prowadzenia badań oceniam pozytywnie.

3. Uwagi krytyczne

3.1 Struktura rozprawy

Rozprawa jest podzielona klasycznie na część teoretyczną i doświadczalną, które poprzedzone są wstępem, zawierającym także cel, zakres pracy, tezę i program badań (w sumie na 5 stronach). Program badań przedstawiony na rysunku 1 i bardzo syntetyczny opis programu zamieszczone na samym początku pracy stanowią jedyną formę uporządkowania części doświadczalnej rozprawy. Brakuje – na starcie części doświadczalnej - szerszego rozwinięcia schematu o cele i zakresy poszczególnych bloków badawczych.

Ponadto rozdział 2 z części studialnej mógłby być pominięty bez żadnej szkody dla wartości merytorycznej rozprawy.

3.2 Uwagi dyskusyjne

1. Zasadniczym problemem w ocenie rozprawy jest użyte w tytule określenie „efektywność”. Pomimo prób podjętych przez Autorkę, pojęcie pozostaje w pracy niejasne. „*Efektywność zbrojenia określona została poprzez badania właściwości*

betonu różnymi technikami z dziedziny mechaniki pękania...”, „Efektywność zbrojenia betonu przez włókna została oceniona na podstawie analizy wytrzymałości resztkowej na rozciąganie przy zginaniu, pracy zniszczenia, wskaźników odporności na pęknięcie...”, „Efektywność włókien sformułowano jako skuteczne zbrojenie betonu przez włókna, tj. wzmocnienie kruchej matrycy cementowej i wzrost właściwości związanych z rozciąganiem betonu oraz wzrost pracy zniszczenia”. Z tych zapisów nie wynika co de facto przyjęto jako dowód potwierdzający efektywność włókien, aczkolwiek sposób analizy badań wskazuje, że brano pod uwagę porównanie wpływu na wskazane cechy betonu włókien komercyjnych i włókien recyklingowych oraz ocenę cech betonu z dodatkiem włókien z recyklingu w porównaniu z betonem bez włókien. Nie sformułowano jednak żadnego kryterium oceny efektywności, takiego jak np. „nie gorzej niż w przypadku włókien komercyjnych”, „gorzej o nie więcej niż/lepiej o nie mniej niż”. Całkowicie pominięto także w pojęciu efektywność aspekt ekonomiczny i aspekt środowiskowy (ślad węglowy?). W literaturze przedmiotu funkcjonuje pojęcie „efektywność mechaniczna zbrojenia rozproszonego” (Glinicki), która wzrasta wraz ze wzrostem iloczynu stopnia zbrojenia włóknistego ($W \cdot l/d$) i naprężeń przyczepności włókno-matryca,

2. Jako bazę do porównań efektów stosowania w betonie różnych włókien przyjęto ich masowe dozowanie w mieszance w kg/m^3 . Jest to miara powszechnie przyjęta w przypadku włókien komercyjnych i dobrze służy do porównań w odniesieniu do różnych rodzajów włókien stalowych o typowo stosowanym zakresie smukłości (50-90). Włókna z recyklingu opon mają jednak bardzo zróżnicowaną smukłość i często znacznie większą niż zalecana dla włókien komercyjnych. Tak więc operowanie wyłącznie masową zawartością włókien przy porównywaniu efektów zbrojenia betonu produktami komercyjnymi i recyklingowymi jest daleko idącym uproszczeniem. Szkoda, że Autorka nie podjęła próby wprowadzenia do rozważań i analiz wielkości stopnia zbrojenia włóknistego oraz wspomnianego wyżej współczynnika efektywności mechanicznej, zwłaszcza, że dysponowała zarówno wyznaczoną doświadczalnie wartością naprężeń przyczepności (rys. 61) jak i statystyką rozkładu cech geometrycznych włókien (tab.12),

3. W podsumowaniu pracy brakuje porównawczego zestawienia wyników badań miar efektywności, które pozwoliłoby uzasadnić arbitralne stwierdzenie, że włókna z recyklingu muszą być stosowane w ilości $> 30 \text{ kg/m}^3$ (por. str. 153). Jest to zresztą

zastanawiające w kontekście faktu wykonania badań w skali przemysłowej w odniesieniu do betonu z włóknami w ilości 25 kg/m³.

3.3 Szczegółowe uwagi krytyczne

Na wstępie uwag szczegółowych muszę się odnieść do bardzo niestarannej korekty edytorskiej pracy. Liczba potknięć językowych, błędów składni, kolokwializmów, literówek, ominiętych wyrazów w zdaniach i liter w wyrazach jest duża. Niezręczność korzystania z języka polskiego jest mankamentem, który utrudnia czytanie ze zrozumieniem, ale niektóre lapsusy wręcz wypaczają sens zdań. „Sina koncentracja naprężeń”, „produkcja [...] pył drogowych”, „fragmenty wytaczanego materiału” (o włóknach polipropylenowych), „produkcja sprzedajna”, „rysy skurczone” to przykłady prostych omyłek pisarskich.

Natomiast zdanie: „Według pomiarów geometrycznych średnia średnica włókien z recyklingu opon wahała się od 0,11 do 1,64 mm (prawdopodobnie ze względu na mieszanie różnych typów opon w procesie recyklingu), charakteryzujące się średnią wartością 0,27 mm.” jest ilustracją faktu, że tekst pracy nie przeszedł końcowej korekty redakcyjnej. Tego typu potknięć jest zbyt wiele, aby można było je wszystkie wymienić w recenzji. Stwierdzam jedynie, że rzutują one na przejrzystość i komunikatywność tekstu i powinny zostać wyeliminowane w przypadku korzystania z pracy przy przygotowywaniu publikacji. Niestarannie przygotowana jest bibliografia – sformatowanie poszczególnych pozycji jest zróżnicowane, niektóre pozycje nie są datowane (zwłaszcza źródła internetowe np. [23], [53], [55] i inne), w przypadku rozpraw doktorskich nie są podane jednostki naukowe, gdzie je realizowano a jedynie nazwy geograficzne miejsca realizacji (poz [143] - Africa!), zdarza się całkowity brak informacji o charakterze publikacji i formie opublikowania (np. [137], [163]). Zestawienie literatury w kolejności pojawiania się cytowań jest formalnie poprawne, ale w moim przekonaniu w przypadku tak liczego zbioru korzystniejsze dla czytelnika jest uporządkowanie bibliografii w podzbiorach, w tym publikacji autorskich alfabetycznie według nazwisk oraz osobno norm i przepisów a także stron internetowych.

Dalsze uwagi przedstawię w kolejności pojawiania się ich w treści rozprawy.

1. Str. 27 ostatnie zdanie – „...przy osiągnięciu końcowych właściwości mechanicznych powyżej 4000MPa.” – nie sprecyzowano o jaką właściwość chodzi, co nadaje zdaniu osobliwego znaczenia

2. Str. 37 – „Ponieważ są otrzymywane z recyklingu zużytych opon, ich parametry są uzależnione od technologii przetwarzania i kontrola ich wymiarów i geometrii jest niemożliwa.” – jak rozumieć tą „niemożliwość”?
3. Str. 38 – mam wątpliwości czy określenie „zmniejszyć kruche zachowanie” jest akceptowalne w języku naukowym. Ponadto stwierdzenie, że „beton zbrojony włóknami stalowymi z recyklingu ma potencjał do stworzenia trwałego materiału do zastosowań konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych” nie ma sensu.
4. Str. 40 i kilkakrotnie dalej – nie można pisać o zmniejszeniu lub spadku konsystencji, ponieważ jest to cecha mierzalna różnymi metodami, w których skale wielkości mierzonej są rosnące lub malejące wraz ze wzrostem ciekłości (opad stożka rośnie dla rzadszych mieszanek a czas VeBe – przeciwnie).
5. Str. 47 – termin osnowa cementowa nie jest przyjęty w literaturze z zakresu technologii betonu. Korzystamy z określenia matryca cementowa.
6. Str. 53 i wielokrotnie w pracy: „włókna stalowe są wprowadzane do obrotu na zgodność z normą [11]” – żargon nieakceptowalny w tekście naukowym
7. Str. 56 – akapit na dole strony dotyczy chyba włókien polipropylenowych a nie stalowych jak to podano w tekście
8. Str. 57 i kilkakroć w tekście – materiały odporne na korozję w środowisku zasadowym określa się mianem „alkalioodporne”
9. Str. 58 – Autorka sugeruje możliwość przeprowadzania cięcia włókien bezpośrednio przed ich wprowadzeniem do betonowozu – to intrygująca propozycja technologiczna, którą warto byłoby bliżej przedstawić
10. Str. 59 – pojęcie „naprężeń zginających” jest niepoprawne
11. Str. 95/96 – wywód o wpływie włókien na konsystencję mieszanki jest dość pokrętny, a konkluzja dotycząca właściwości geometrycznych włókien wydaje się niedokończona - nigdzie nie podjęto próby ustalenia tzw. krytycznej zawartości włókien z uwagi na urabialność
12. Str. 98/99 – na rysunkach 47-50 przedstawiono przebieg zależności szerokość szczeliny CMOD – obciążenie, przy czym jest to kilka przykładowych wykresów, na których próbki z włóknami komercyjnymi i recyklingowymi zestawiono dość przypadkowymi parami. Pozostałe wykresy, które posłużyły do stworzenia tabeli 19 (praca zniszczenia) nie zostały pokazane. Niepokój budzi fakt, że wykresy pokazują odwrotną relację niż wynika to z analizy tabeli, tzn. pola pod krzywymi niebieskimi dla włókien z recyklingu są wyraźnie

większe niż pod krzywymi czerwonymi dla włókien komercyjnych, natomiast w tabeli praca zniszczenia dla włókien komercyjnych jest znacząco większa (50% przy 10kg włókien i 10% przy 40kg). Czy powodem jest niefortunny dobór par na rysunkach? Czy też omyłkowo opisano krzywe na tych rysunkach? Autorka dowodzi, że charakter wykresu niebieskiego jest typowy dla włókien z recyklingu (efekt wzmocnienia w okolicy CMOD 0,5-1), tymczasem moje doświadczenia badawcze wskazują, że jest to typowe dla włókien komercyjnych, haczykowatych, dobrze zakotwionych mechanicznie w matrycy – poproszę o wyjaśnienia tego fenomenu na obronie rozprawy

13. Str. 109 – akapit na dole – w tekście są niejasno podane dozowania włókien: 1% czego? Masy czy objętości? I dalej – 50% włókien RTSF i 50% mikrowłókien PP... o co chodzi z wartością 50%?
14. Str. 114-118 – rozdział zawiera nieco sprzeczne informacje: na str. 115 dowiadujemy się, że włókna RTSF mają gładszą powierzchnię, a zaraz potem, na str. 117 - że włókna RTSF mają znacznie bardziej rozwiniętą powierzchnię – jak to zinterpretować, zwłaszcza w kontekście zdjęć z rozdziału 10.5?
15. Rozdz. 11.1 – podano w nim, że badano tu betony wg składu z tabeli 10 z rozdz. 8. Tymczasem wyniki badań w tabeli 27 wskazują, że mamy tym razem do czynienia z betonem napowietrzonym (ok. 6% powietrza w mieszance!) czyli z betonem innym niż w rozdz. 8 – proszę o komentarz
16. Autorka nie zwróciła uwagi, że wyniki z tabeli 27 pokazują dość dramatyczny spadek urabialności mieszanek z włóknami komercyjnymi (120 mm OS dla składu ref vs 40 mm dla składu z 40kg włókien MSF) – moim zdaniem to tłumaczy uzyskanie znacząco niższych wyników badań cech mechanicznych betonów z 30 i 40 kg włókien MSF i prowadzi do zbyt optymistycznych konkluzji w zakresie porównania wpływu włókien RTSF i MSF na cechy betonu – proszę o komentarz

4. Wniosek końcowy

Fibrobeton jest materiałem, który mógłby znaleźć znacznie szersze zastosowanie w budownictwie niż ma to miejsce obecnie, ale jednym z czynników ograniczających jego rozwój jest problem ekonomiczny – koszt włókien jest znaczącą składową ceny mieszanki fibrobetonowej. Wykorzystanie włókien z recyklingu opon zamiast włókien specjalnie wytwarzanych znacząco zmniejsza ten problem, nie

mówiąc o dodatkowej korzyści ekologicznej – związanej z mniejszym śladem węglowym włókien z recyklingu. Rozprawa p. mgr inż. Agnieszki Michalik wpisuje się w ciąg działań naukowo-badawczych podejmowanych w celu umożliwienia szerokiego stosowania takich włókien w praktyce budowlanej. Najważniejsze elementy rozwiązania oryginalnego problemu naukowego zawarte w rozprawie p. Agnieszki Michalik związane są z wykazaniem przydatności pracy zniszczenia w teście zginania belki z karbem jako miary oceny efektywności włókien recyklingowych. Ponadto ważne poznawczo są także efekty badań mechanizmu przyczepności w układzie włókno recyklingowe – matryca cementowa, wykazujące dlaczego przyczepność tych włókien do matrycy jest większa niż włókien komercyjnych. Te dwa ważne osiągnięcia badawcze stanowią o wartości naukowej, a wraz z wynikami pozostałych badań, w tym w skali technicznej, w odniesieniu do betonu posadzkowego – mogą być podstawą starań o formalne dopuszczenie włókien z recyklingu do stosowania w posadzkach. Połączenie wartościowego ujęcia naukowego z badaniami aplikacyjnymi stanowi niewątpliwą atut rozprawy.

W recenzji wskazano także szereg mankamentów, niedociągnięć i elementów dyskusyjnych, z których w mojej opinii najpoważniejszym jest zbyt powierzchowne potraktowanie pojęcia „efektywność zbrojenia betonu włóknami”. Wszak pojęcie to podniesione zostało do rangi nie tylko głównego elementu tezy rozprawy ale i całego jej tytułu, a w rozprawie w zasadzie nie zostało jednoznacznie zdefiniowane. Pomimo wielu uwag krytycznych, biorąc pod uwagę całość naukowego zamierzenia i jego przedstawione rozwiązanie, oceniam rozprawę pozytywnie. Rozprawa doktorska p. mgr inż. Agnieszki Michalik spełnia wymagania Ustawy w zakresie oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej Kandydatki w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport (w szczególności w subdyscyplinie inżynieria materiałów budowlanych) oraz wykazania umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. W związku z tym, w oparciu o art. 187 Ustawy, **pozytywnie opiniuję przedłożoną rozprawę doktorską i wnoszę o dopuszczenie p. mgr inż. Agnieszki Michalik do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.**

22.01.2024

