

Rzeszów, 2 stycznia 2025 r.

dr hab. inż. Bernardeta Dębska, prof. PRz
Politechnika Rzeszowska
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury
Katedra Budownictwa Ogólnego
al. Powstańców Warszawy 12
35-959 Rzeszów

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Skotnicznego

pt. „Zastosowanie dennych popiołów fluidalnych w połączeniu z kruszywami mineralnymi jako wypełniaczy polimerobetonów na przykładzie Grupy Tauron”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej z dnia 22.10.2024 r.,
- pismo Przewodniczącego Rady, Pana prof. dr hab. inż. Adama Grajcara, z dnia 22.10.2024 r. wraz z dołączoną rozprawą doktorską (dokumenty te wpłynęły na Politechnikę Rzeszowską w dniu 08.11.2024 r.),
- ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2018 poz. 1668) z późniejszymi zmianami.

2. Przedmiot oceny

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska zatytułowana „Zastosowanie dennych popiołów fluidalnych w połączeniu z kruszywami mineralnymi jako wypełniaczy polimerobetonów na przykładzie Grupy Tauron”, której autorem jest Pan mgr inż. Grzegorz Skotniczny. Promotorem pracy jest Pan dr hab. inż. Mateusz Kozioł, prof. Politechniki Śląskiej, a promotorem pomocniczym Pan dr inż. Paweł Poneta, Tauron Polska Energia. Tytuł rozprawy jest zgodny z treścią dysertacji. Na stronie tytułowej pracy widnieje informacja, że jest to doktorat wdrożeniowy, a partnerem przemysłowym jest Kopalnia Wapienia Czatkowice Sp. z o.o., Grupa Tauron.

2.1. Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny, co warunkuje jej podział na dwie główne części: analizę stanu wiedzy oraz badania własne. Przyjęty przez Doktoranta układ jest czytelny i logiczny. Treść rozprawy doktorskiej zajmuje 151 stron, w tym 23 tabele oraz 110 rysunków. Dysertację podzielono na 9 numerowanych rozdziałów, które uzupełniają: streszczenia w języku polskim i angielskim, spis rysunków i tabel oraz spis literatury. Praca dotyczy problemu utylizacji dennych popiołów fluidalnych poprzez zastosowanie ich jako napełniaczy polimerobetonu. Ze względu na wdrożeniowy charakter doktoratu, popioły do badań pochodziły z elektrowni lub elektrociepłowni wchodzących w skład Grupy Tauron, która jest w tym przypadku partnerem przemysłowym. We wprowadzeniu stanowiącym rozdział 1 pracy, Doktorant przedstawił krótko pochodzenie i charakterystykę popiołów, w tym dennych popiołów fluidalnych, które ze względu na cechy fizyko-chemiczne stanowią odpad trudny w utylizacji, występujący w znacznej ilości, a jednocześnie bardzo uciążliwy dla środowiska. Podjęcie prac badawczych związanych z możliwością włączenia tego typu odpadów w skład polimerobetonów jest więc bardzo istotne. Rozdział 2 zatytułowany „Popioły fluidalne denne” obejmuje już szerszą charakterystykę przedmiotowych popiołów. Autor przedstawił sposób otrzymywania, cechy fizyczne i skład chemiczny oraz ziarnowy popiołów dennych. Jak wskazał Doktorant, w zależności m.in. od pochodzenia i rodzaju paliwa oraz warunków jego spalania, a także typu kotła, parametry popiołów mogą być znacznie zróżnicowane. Autor odniósł się do danych literaturowych, ale jednocześnie zaprezentował opracowany na podstawie danych z ostatnich kilku lat, skład tlenkowy i udział ziarnowy popiołów dennych generowanych w ramach elektrowni Grupy Tauron, co jest ważne w kontekście poszukiwania możliwości ich aplikacji w polimerobetonach. W podrozdziale 2.2. naświetlony został aspekt środowiskowy generowania popiołów dennych przez elektrownie. Oprócz popiołów powstających w bieżącej produkcji, istnieje szereg składowisk (hałd) tego typu odpadów. Analiza dostępnych danych literaturowych pozwala stwierdzić, że ze względu na możliwość przenikania części składników popiołów do wód gruntowych i gleby, składowiska te mogą stanowić zagrożenie nie tylko dla środowiska, ale także dla zdrowia i życia ludzkiego. Doktorant szacuje, że dostępność nowo generowanych popiołów dennych w najbliższych latach nie zmniejszy się. Wskazane jest zatem poszukiwanie technologii przemysłowego zagospodarowania popiołów dennych, które pozwoliłyby uniknąć konieczności ich składowania. W dalszej części rozdziału 2 Autor opisał aktualny stan wiedzy oraz potencjalne możliwości wykorzystania dennych popiołów fluidalnych jako surowca do otrzymywania takich materiałów, jak geopolimery, cement, ceramika, polimerobeton. Ten rozdział kończy krótka ocena dostępności dennych popiołów fluidalnych w najbliższych latach, z uwzględnieniem produkcji światowej, a także potencjału produkcyjnego Grupy Tauron. Rozdział 3 dotyczy polimerobetonów, ich charakterystyki, składu oraz możliwości zastosowania. Krótko opisana została idea gospodarki w obiegu zamkniętym i wykorzystania materiałów odpadowych do

otrzymywania polimerobetonów. Doktorant podsumował ten rozdział wskazując na istnienie luki badawczej w zakresie zastosowania dennych popiołów fluidalnych jako kruszywa w polimerobetonach, przedstawił także aspekty stanowiące motywację do podjęcia badań w tym zakresie. W rozdziale 4 znalazły się już informacje odnośnie celu i zakresu rozprawy. W rozdziałach 5–7 Autor opisał badania własne, w tym zastosowane materiały i receptury oraz metody i wyniki badań laboratoryjnych. W rozdziale 8 przedstawiona została analiza potencjału aplikacyjnego polimerobetonów zawierających popioły. Ponadto, podkreślono aspekty ekonomiczne i ekologiczne takiej modyfikacji. Podsumowanie i wnioski końcowe znalazły się w rozdziale 9.

2.2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

Wykaz przywołanej w rozprawie literatury obejmuje 132 pozycje bibliograficzne, w tym: podręczniki, artykuły, rozporządzenia, normy oraz strony internetowe. Wszystkie znajdują odniesienie w tekście, są w większości aktualne i odpowiednio dobrane do charakteru pracy. Można odnotować, że część pozycji literaturowych powtarza się w spisie, co nie powinno mieć miejsca w rozprawie doktorskiej. Przykładem jest dokument zatytułowany „Coal Combustion Byproducts”, który pojawia się w bibliografii trzykrotnie, zarówno pod pozycją [4], [22], jak i [23], podobnie artykuł autorstwa M. Ribeiro z zespołem (poz. [46] i [49]) oraz M. Biajawi z zespołem (poz. [9] i [16]). Pomimo odmiennego sposobu zapisu, można również wnioskować, że występujące pod pozycją [10] opracowanie autorstwa P. Iwanka z zespołem jest tym samym, które zostało oznaczone w spisie literatury jako [13].

W bibliografii dysertacji wymieniono 2 pozycje współautorskie Doktoranta, w tym jeden anglojęzyczny artykuł w czasopiśmie *Materials (MDPI)* (2022 r.), w którym Pan mgr inż. Grzegorz Skotniczny jest pierwszym autorem. Zgodnie z deklaracją zawartą w sekcji Author Contributions brał także udział w opracowaniu koncepcji i w realizacji badań oraz odpowiadał za napisanie artykułu. Drugi artykuł ukazał się w czasopiśmie *Cement Wapno Beton* (2023 r.).

Przedstawiony w rozprawie przegląd literatury świadczy o dobrym rozeznaniu dziedziny, w której badania prowadzi Doktorant.

3. Ogólna ocena rozprawy

Gospodarka odpadami stanowi trudne wyzwanie w obecnych czasach, które cechują się ogromnym postępem przemysłowym i gwałtownym wzrostem budownictwa. Aby sprostać idei zrównoważonego rozwoju, na całym świecie wprowadzane są przepisy mające na celu złagodzenie śladu węglowego przez redukcję emisji dwutlenku węgla, ale też ograniczenie obszarów składowisk odpadów. Promowana jest więc koncepcja gospodarki w obiegu zamkniętym (GOZ), która dąży do zbudowania procesu zamkniętego i zmniejszenia zużycia zasobów naturalnych poprzez recykling i ponowne wykorzystanie odpadów zamiast ich składowania. Tematyka podjęta w recenzowanej pracy doktorskiej wpisuje się w ten trend, jest aktualna i ma aspekt zarówno naukowy, jak i aplikacyjny.

3.1. Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

Jako cel naukowy pracy Autor przyjął: „określenie możliwości wytwarzania technicznie wartościowych polimerobetonów z wykorzystaniem napełniaczy w postaci dennych popiołów fluidalnych, stanowiących uboczne produkty spalania węgla kamiennego w elektrowniach”. Doktorant sformułował także cel wdrożeniowy (praktyczny): „określenie możliwości i ustalenie warunków użycia popiołów dennych z elektrowni należących do Grupy Tauron jako napełniaczy do polimerobetonów”. Biorąc pod uwagę uciążliwość i powszechność odpadów w postaci popiołów dennych fluidalnych, kurczące się zasoby kruszyw naturalnych oraz konieczność sprostania wprowadzanym przepisom dotyczącym gospodarki niskoemisyjnej, przyjęte cele badawcze oceniam pozytywnie i z przekonaniem stwierdzam, że podjęta tematyka odpowiada współczesnym kierunkom rozwoju dziedziny.

3.2. Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

Na potrzeby realizacji głównego celu pracy pozyskano popioły z kotłów fluidalnych pracujących w elektrowniach lub elektrociepłowni należących do Grupy Tauron, w tym:

1. Elektrowni Łagisza w Będzinie – próbki zawierające te popioły znakowano literą Ł.
2. Elektrowni Jaworzno II w Jaworznie – próbki zawierające te popioły znakowano literą J.
3. Elektrociepłowni Katowice – próbki zawierające te popioły znakowano literą K.

W pierwszej kolejności przeprowadzono oznaczenie składu ziarnowego, fazowego oraz chemicznego w/w popiołów. Badania te zostały wykonane z zastosowaniem standardowych metod w laboratoriach Grupy Tauron. Doktorant zaprojektował skład mieszanek betonowych i podzielił je na trzy grupy testowe:

Test nr 1 – obejmował cztery rodzaje kompozycji różniących się składem (wszystkie zawierały żywicę poliestrową i popiół denny fluidalny, dodatkowa modyfikacja polegała na wprowadzeniu w skład betonu kruszywa mineralnego i/lub mikrowypełniacza w postaci mączki kamienia wapiennego). Tego typu kompozycje wykonano dla każdego z trzech rodzajów popiołu, dlatego do badań wytrzymałościowych otrzymano łącznie 36 próbek.

Test nr 2 – obejmował sześć rodzajów kompozycji różniących się składem (wszystkie zawierały żywicę poliestrową i popiół denny fluidalny, dodatkowa modyfikacja polegała na wprowadzeniu w skład betonu kruszywa mineralnego i/lub mikrowypełniacza w postaci mączki kamienia wapiennego). Tego typu kompozycje wykonano wyłącznie dla popiołów pochodzących z elektrowni Łagisza, dlatego do badań wytrzymałościowych otrzymano łącznie 18 próbek.

Test nr 3 – na podstawie badań wytrzymałościowych przeprowadzonych dla próbek otrzymanych w ramach testu nr 2 oraz kierując się zasadą maksymalizacji udziału odpadu w kompozycji, do dalszych badań wytypowano jedną najkorzystniejszą kompozycję zawierającą 71% popiołu pochodzącego z elektrowni Łagisza, 14% żywicy poliestrowej oraz 15% maczki wapiennej. Wykonano łącznie 36 próbek. Przeprowadzono badania wpływu środowisk agresywnych na parametry wytrzymałościowe, ocenę wpływu długotrwałego sezonowania w wodzie, testy zamrażania i rozmrażania, wymywalności oraz ocenę wybranych właściwości wibroakustycznych.

Szkoda, że planując badania Doktorant nie uwzględnił metod planowania eksperymentu, w tym doboru właściwego planu doświadczenia. Takie podejście pozwoliło by z jednej strony na właściwy dobór zawartości jednocześnie kruszywa i żywicy, minimalizację kosztów procesu badawczego, a także na pełne wykorzystanie możliwości oceny właściwości otrzymywanych kompozytów i obszarów ich zastosowań oraz wyciągnięcie z otrzymanych wyników jak największej liczby wniosków wartościowych naukowo. W większości publikowanych prac takie podejście jest stosowane, co jest dobrym standardem.

Można jednak stwierdzić, że Doktorant przeprowadził trafną selekcję i przemyślany dobór różnych metod badawczych, chociaż w pracy trudno jest odnaleźć uzasadnienie dlaczego taki, a nie inny zestaw cech został wytypowany do badań, m.in. w kontekście planowanych zastosowań otrzymanych w ten sposób kompozytów. W oparciu o znane normy lub wytyczne wykonano standardowe badania wytrzymałości na zginanie i ściskanie, badanie mrozoodporności oraz test wymywalności umożliwiające ocenę wpływu kompozytu na środowisko. Doktorant przeprowadził również badanie wpływu środowisk agresywnych chemicznie na cechy wytrzymałościowe betonów żywicznych. Na uwagę zasługuje również ciekawe i mniej popularne, nieniszczące badanie pozwalające na ocenę właściwości wibroakustycznych otrzymanych polimerobetonów.

3.3. Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Kwestia omówienia wyników badań otrzymanych przez Doktoranta próbek polimerobetonowych pozostawia pewien niedosyt. Na dwudziestu stronach pracy (strony od 79–98) zamieszczone zostały wyniki badań wytrzymałościowych otrzymane dla kompozycji rozważanych w ramach poszczególnych trzech grup testowych. Zaprezentowano je w formie rysunków zawierających tabele i wykresy siła-przemieszczenie. Pod wątpliwość należy poddać celowość takiego przedstawienia wyników badań w tej części pracy, a nie w załączniku. Dodatkowo Autor nie komentuje zaprezentowanych wykresów siła-przemieszczenie. Bez komentarza pozostawia także wartość prędkości obciążenia próbek. Z tabeli zaprezentowanej na rysunkach zawartych na stronach 87 i 98 pracy można wnioskować, że została ona przyjęta na poziomie 10 mm/min. Do badania wytrzymałości na ściskanie doktorant wykorzystał po 5 połówek beleczek powstałych po teście zginania. Dlaczego nie zostało przebadane wszystkie sześć połówek? W moim odczuciu zabrakło konsekwencji w sposobie prezentowania wyników badań wytrzymałościowych. Na rysunku 81

pokazano wartości średnie wytrzymałości na zginanie wraz z odchyleniem standardowym dla próbek otrzymanych w ramach procedury testowej nr 1. Jednak dla kompozycji zawierających popioły z elektrowni Jaworzno zestawiono jedynie 2 wyniki z 4, a dla polimerobetonów opartych na popiołach pochodzących z elektrociepłowni Katowice – 3 z 4. Jednocześnie na rysunku 82 wyniki uzyskane w badaniu wytrzymałości na ściskanie przedstawiono dla wszystkich 12 kompozycji. Na stronie 101 pracy Autor wyjaśnia: „*Nie uzyskano wyniku badania dla próbki T1-1/K która uległa złamaniu w trakcie przygotowania stanowiska badawczego. Próbka nie została odtworzona ze względu na prawdopodobne zniekształcenia wyników spowodowane zmiennymi warunkami wykonania mieszanki, formowania i otoczenia.*” Jest tutaj mowa o próbce, a przecież opisana procedura otrzymywania próbek uwzględnia otrzymanie trzech beleczek, czy w takim razie wszystkie uległy zniszczeniu jeszcze przed rozpoczęciem badania? Również warunki wykonania mieszanki i formowania próbek powinny być odtwarzalne.

Doktorant powinien pamiętać, że budowanie wiarygodnego rozumowania w oparciu o uzyskane wyniki zawsze powinno wiązać się ze wcześniejszym wykonaniem podstawowych analiz statystycznych, które mają na celu sprawdzenie jednorodności zbioru danych eksperymentalnych, weryfikację możliwości wystąpienia błędów, a także usunięcie zakłóconych wyników pomiarów. Bardziej szczegółowo omówiono te kwestie w dalszej części recenzji. Tylko dokładnie zweryfikowane dane mogą być wykorzystane do oceny skuteczności przeprowadzonej modyfikacji i możliwości wdrożenia zaproponowanego rozwiązania.

3.4. Informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań

Pan mgr inż. Grzegorz Skotniczny wykonał badania różnych cech technicznych polimerobetonów modyfikowanych dennymi popiołami fluidalnymi. Określił skład polimerobetonu oraz źródło pochodzenia (elektrownię) popiołów, dla którego to zestawu możliwe jest uzyskanie najkorzystniejszych właściwości projektowanych kompozytów. Biorąc pod uwagę przedstawione w pracy rezultaty, badania powinny być rozszerzone i kontynuowane, a ich efektem może być wdrożenie w podmiocie będącym partnerem przemysłowym (w tym przypadku Grupa Tauron) wyników prowadzonej przez Doktoranta działalności naukowej. Tymczasem na stronie 134 pracy można jedynie odnaleźć informację świadczącą o tym, że „...prace nad wdrożeniem wykorzystania popiołów dennych jako wypełniacza do polimerobetonów są w Grupie Tauron rozpoczęte”.

4. Uwagi szczegółowe do pracy

4.1. Uwagi dotyczące języka rozprawy i redakcji tekstu

W tekście dysertacji zdarzają się liczne błędy językowe i redakcyjne, w tym brak znaków interpunkcyjnych, przez co praca sprawia wrażenie niedopracowanej. Autor ma tendencję do budowania bardzo długich, złożonych zdań, co utrudnia odbiór

i zrozumienie; kilka przykładów: „...podjęto się wykreślenia teoretycznej krzywej ziarnowej wypełniacza biorąc pod uwagę dodatkowy udział mikro wypełniacza który w betonach cementowych stanowi lepszycze czyli sam cement, a w betonach polimerowych poprawia m.in. parametry wytrzymałościowe kompozytu.”, „Jako wstępną podstawę odniesienia pierwszą krzywą sporządzono tylko dla wypełnienia komponentami wapiennymi, bez udziału popiołu.”

W pracy zamiennie używany jest czas teraźniejszy i przeszły.

W tekście znajdują się też powtórzenia m.in.: str. 11 – „Odsiarczanie w kotłach fluidalnych prowadzone jest prowadzone najczęściej...”, str. 99 – „Kolejnym ustalonym parametrem były przedziały ziarnowe wypełniacza ustalone w zakresie...”.

Str. 5: „... badania wybranych własności wibroakustycznych...” – poprawne będzie użycie słowa właściwości w miejsce własności. Podobnie na str. 60.

Str. 21 i 23: jest powalające, powinno być pozwalające.

Str. 38: sens zdania - „Uzyskane wyniki wskazały, że zastąpienie kruszywa naturalnego częstkami opon spowodowało znaczny wzrost wytrzymałości na zginanie i plastyczności betonu, a także lepsza zdolność tłumienia drgań kosztem znacznego zmniejszenia parametrów wytrzymałości na ściskanie, zginanie i rozciąganie.”

Str. 43: na schemacie blokowym powtarza się „Ocena odporności na sezonowanie w wodzie i zamrażanie”.

Str. 44: modyfikacją zamiast modyfikacjom - „To założenie uległo w trakcie realizacji projektu rzeczowym modyfikacją, co jest opisane dalej.”

Str. 46: pojawiają się tutaj stwierdzenia: „miała zawierać”, „popiół miał stanowić” – praca została zrealizowana, więc powinny się tutaj znaleźć już konkretne dane.

Str. 55: „Metodologia i założenia teoretyczne” – Autor miał prawdopodobnie na myśli metodykę, gdyż metodologia jest nauką o metodach badań naukowych stosowanych w danej dziedzinie wiedzy.

Str. 67: „... belecзки e sezonowana w suszarce...”

Str. 61: brak poprawności i konsekwencji w oznaczeniach jednostek i nazewnictwie, przykładowo: waga [gr], objętość [ml]; dalej np. str. 68: masa [g], objętość [cm³].

Rys. 85-88: na osi poziomej w miejsce ilość należało by raczej użyć: liczba obserwacji lub liczność.

Str. 120: zarażania, powinno być zamrażania.

Str. 136: język – „dość kiepskiej szczelności”, „trudno zagospodarowywalnych”.

Str. 143–151: kwestie formatowania np. w niektórych pozycjach rok wydania jest podany w nawiasie w innych bez, w części zastosowano skrót nazwy czasopisma (np. [17], [18], [30]) a w innych występuje cała nazwa, część tytułów artykułów

umieszczono w cudzysłowie, część bez. Przykłady odnoszące się do bibliografii podano też w p. 2.2. recenzji.

4.2. Uwagi o charakterze merytorycznym

1⁰

Na stronie 45 widnieje adnotacja, że popiół pochodzący z elektrowni Łagisza zastosowano „w całym spektrum ziarnowym bez obróbki mechanicznej,..., co wiąże się z wprowadzeniem znaczącego dodatkowego kroku technologicznego i podraża proces.” Jednak na stronie 56 pracy Autor stwierdził: „... przy doborze ilościowym poszczególnych frakcji na potrzebę stworzenia optymalnego stosu napelniającego, frakcje powyżej 6,3 mm zostały odsiane i poddane kruszeniu w laboratoryjnej kruszarce szczękowej ...”. Występuje więc pewna nieścisłość. Brak też informacji, czy proces ten został uwzględniony w kalkulacji kosztów przedstawionej w dalszej części pracy.

Na podstawie procedury testowej nr 1 to właśnie popiół pochodzący z elektrowni Łagisza został wytypowany do dalszych badań. Analizując wyniki oznaczeń składu chemicznego przedstawione w tabelach 6-8 można stwierdzić, że popiół ten charakteryzuje się znacznie wyższą zawartością siarczynów (1734 ppm) w porównaniu do pozostałych popiołów (123 ppm lub 181 ppm). Doktorant pozostawia jednak te rozbieżności bez oceny i komentarza.

2⁰

Oдноśnie kruszywa (str. 46) Autor stwierdził: „Komponenty zostały pobrane ze stożka magazynowego i sezonowane w laboratorium zakładowej kontroli produkcji dla osiągnięcia wilgotności względnej otoczenia.” Czy taka wilgotność kruszywa nie jest zbyt wysoka? Wg Prof. Lecha Czarneckiego („Betony żywiczne”, wyd. Arkady) kruszywo do polimerobetonów powinno być suche (max. wilgotność 0,1%).

Czy ocena powtarzalności krzywej składu ziarnowego (str. 49) jest możliwa na podstawie badań tylko dwóch próbek?

3⁰

W pracy, na stronie 75 pojawia się zdanie: „Przyjęta metodologia obejmuje działania mające na celu potwierdzenia tezy, że jest możliwe wytworzenie betonów polimerowych o użytecznych parametrach, czyli otrzymanie użytecznego rynkowo produktu.” Jednak we wcześniejszej części pracy żadna teza nie została sformułowana.

4⁰

W pracy Autor wielokrotnie porównuje wyniki badań (m.in. wytrzymałościowe, wibroakustyczne, ale też koszty otrzymywania) uzyskane dla betonów polimerowych modyfikowanych dennym popiołem fluidalnym do właściwości cechujących betony

cementowe. Taki poziom odniesienia wydaje się nieuzasadniony, zwłaszcza, że brak jest porównania do niemodyfikowanych betonów polimerowych. Takie podejście pozwoliłoby dopiero na ocenę skuteczności modyfikacji zarówno w kontekście technicznym, jak i ekonomicznym oraz ekologicznym.

5^o

Ocena wpływu środowisk agresywnych na właściwości polimerobetonów została przeprowadzona przez Doktoranta w oparciu o metodę bazującą na wytycznych RILEM. Takie podejście oraz dobór roztworów korozyjnych oceniam jako poprawne, jednak zastosowana liczba próbek badawczych i analiza wyników budzi znaczne wątpliwości. Pan mgr inż. Grzegorz Skotniczny wybrał do tego badania po 3 próbki kompozycji oznaczonej jako T2-3/Ł. W każdym z roztworów zostało zanurzonych po 2 próbki, natomiast trzecia wg Autora „*stanowiła próbkę referencyjną*”. Niestety nie podano informacji w jaki sposób przechowywana była próbka kontrolna (np. w wodzie, w warunkach laboratoryjnych). W moim odczuciu zastosowana liczba próbek badawczych jest w tym przypadku zbyt mała, aby w sposób miarodajny móc ocenić wpływ zastosowanych substancji agresywnych chemicznie na cechy wytrzymałościowe polimerobetonów. Autor zestawiał wyniki badań uzyskane dla wszystkich próbek odpowiednio na rysunkach od 92 do 99. Przedstawienie tych danych w taki sposób jest mylące, gdyż najprawdopodobniej wspólnie zostały ujęte wyniki zarówno próbek po ekspozycji w roztworach korozyjnych, jak i „próbek świadków”. Dane te w postaci uśrednionej Doktorant bezrefleksyjnie zestawiał następnie w tabeli 20. Zapisał on, że dla próbek poddanych ekspozycji w roztworze kwasu siarkowego średnia wytrzymałość na zginanie wynosi 15,9 MPa, przy odchyleniu standardowym kształtującym się na poziomie 11 MPa. Już ten fakt powinien skłonić Doktoranta do zastanowienia. Pojedyncze wyniki odnotowane w tym teście zaprezentowane na rysunku 92 to: 28,6 MPa; 10,1 MPa; 8,90 MPa, co sugeruje, że pierwszy z nich odnosi się do próbki kontrolnej, a dwa pozostałe do próbek poddanych ekspozycji. Jeśli tak jest faktycznie, to średnia wytrzymałość na zginanie próbek narażonych na działanie kwasu siarkowego wynosiła 9,5 MPa (a nie 15,9 MPa). Jednocześnie idąc tym tokiem rozumowania trudno jest stwierdzić, który z wyników zawartych na rysunkach 95 i 98 można przypisać próbce kontrolnej. Przedstawione zdjęcia próbek również nie oddają skali zniszczenia. Fakt, iż żywica poliestrowa nie wykazuje tak dobrej odporności na działanie alkaliów jak żywica epoksydowa jest powszechnie znany. We wnioskach obejmujących tę część badań wskazane byłoby odniesienie do właściwości chemicznych zastosowanych dennych popiołów fluidalnych. W tym przypadku również pomocne byłoby wykonanie próbek polimerobetonowych niemodyfikowanych dla porównania wyników i oceny celowości oraz skuteczności modyfikacji przez denne popioły fluidalne.

Analogiczne uwagi można sformułować do p. 7.5. Ocena sezonowania w wodzie i odporności na zamarzanie polimerobetonów. Tutaj jednak pojawia się już krótkie nawiązanie do składu chemicznego stosowanego popiołu.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Po dokładnym zapoznaniu się z treścią dysertacji, wając przedstawione wyżej uwagi krytyczne i kwestie dyskusyjne stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Grzegorza Skotnicznego zatytułowana „Zastosowanie dennych popiołów fluidalnych w połączeniu z kruszywami mineralnymi jako napelniaczy polimerobetonów na przykładzie Grupy Tauron” **spełnia wymagania** określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z późniejszymi zmianami. Praca prezentuje i **potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata do stopnia doktora** w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa. Autor wystarczająco rozpoznał potrzebny mu obszar wiedzy oraz potwierdził umiejętność analizy i wykorzystania dostępnych danych literaturowych. Wykazał się wystarczającą znajomością najważniejszych prac związanych z otrzymywaniem i charakterystyką dennych popiołów fluidalnych oraz polimerobetonów, w tym możliwością ich modyfikacji w zgodzie z ideą zrównoważonego rozwoju w budownictwie. Doktorant posiada ogólną wiedzę teoretyczną oraz praktyczną z zakresu stosowanych w dyscyplinie metod badań doświadczalnych i opracowania ich wyników. Rozprawa **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, a także wskazuje na predyspozycje Doktoranta do pracy naukowej i **umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Niego badań**. Do oryginalnych osiągnięć naukowych Pana mgr. inż. Grzegorza Skotnicznego można zaliczyć:

- Przebadanie dennych popiołów fluidalnych pochodzących z trzech źródeł i wskazanie, które z nich jest w stanie dostarczyć przemysłową ilość wartościowych dennych popiołów fluidalnych do zastosowań w produkcji polimerobetonu.
- Zaprojektowanie i otrzymanie polimerobetonów modyfikowanych dennymi popiołami fluidalnymi.
- Wykazanie, że włączenie dennych popiołów fluidalnych oraz mikrowypełniacza w postaci mączki wapiennej pozwala uzyskać kompozyty żywiczne cechujące się korzystnymi cechami fizyko-mechanicznymi.
- Zastosowanie ciekawej i mało popularnej metody nieniszczącej do oceny tłumienia wibroakustycznego otrzymanych kompozytów polimerowych.

Na podstawie powyższych stwierdzeń wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Grzegorza Skotnicznego do kolejnych etapów przewodu doktorskiego oraz do publicznej obrony.

Bernarda Deble