

dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. uczelni
Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka

Łódź, dn. 12.06.2023



Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej
pt. „Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór
zrównoważonej receptury mieszanki betonowej”
wykonanej na Wydziale Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii,
Politechniki Warszawskiej, filia w Płocku.
Promotor: dr hab. inż. Karol Pralat, prof. uczelni
Promotor pomocniczy: dr inż. Wojciech Kubissa.

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję opracowano na podstawie uchwały nr 645/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 4 kwietnia 2023 r. oraz pisma Pana Przewodniczącego Rady Dyscypliny, dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni, z dnia 11 kwietnia 2023 r.

2. Ocena zasadności podjęcia tematu

Jednym z podstawowych wyzwań współczesnego budownictwa jest poprawa jego efektywności środowiskowej rozumianej m.in. jako ograniczenie oddziaływania wywołanego przez sektor budowlany, w tym samych budowli, na każdym etapie ich istnienia. Zagadnienie zrównoważonego budownictwa nie jest pojęciem nowym i w różnej formie realizowane jest od ponad 30 lat. Wyrazem tego są wszelkiego rodzaju inicjatywy (lokalne i globalne), opracowywane i udoskonalane metody oceny oraz prace normalizacyjne. Jednym z obszarów

poddawanych często ocenie są zagadnienia efektywnej produkcji materiałów i wykorzystania surowców, w który to obszar wpisuje się recenzowana praca doktorska.

Cement jako spoiwo budowlane występuje w budownictwie od tysiącleci. Wzrost znaczenia betonu przy wznoszeniu budowli inżynierskich nastąpił wraz z rewolucją przemysłową i od początku wiązał się ze znacznym zapotrzebowaniem na energię i istotną eksploatacją surowców naturalnych. Niewielki wpływ na kondycję przemysłu betonowego miały kryzysy energetyczne ostatnich dziesięcioleci i dopiero ostatnie zmiany, uwzględniające ślad węglowy produktów spowodowały zmianę podejścia do oceny środowiskowej przemysłu wyrobu materiałów budowlanych, w tym betonu i produktów betonowych.

W tym kontekście ocena składu mieszanki betonowej służącej do wytworzenia konstrukcji budowlanych jest zagadnieniem złożonym i wymagającym kompleksowego podejścia zarówno z uwagi na kryteria oceny jak i różnorodność właściwości i pochodzenia elementów składowych, w tym materiałów odpadowych. Tym samym zaproponowana w dysertacji metoda wielokryterialnego wspomaganie decyzji – EIPICI, jest zasadna i pozwala na wybór receptury mieszanki betonowej w zależności od oczekiwanych parametrów gotowego wyrobu.

3. Krótka charakterystyka pracy i zakres rozprawy

Praca pt. „Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór zrównoważonej receptury mieszanki betonowej” została przygotowana w formie monografii i liczy łącznie 169 stron. Zawiera 35 rysunków i 42 tabele w części głównej pracy. Składa się z 10 rozdziałów o istotnie różnej długości. Układ pracy i podział na rozdziały jest poprawny, typowy dla rozpraw naukowych.

Na początku zamieszczono streszczenie, które należy traktować raczej jako zakres rozprawy. Rozdział 1 to wprowadzenie w tematykę pracy. Zawiera on zarówno informacje podstawowe na temat betonów, jak i wiedzę ogólną z zakresu metod oceny oddziaływania budynków na środowisko i obowiązujących przepisów. W rozdziale 2 sformułowano cel, tezę i podano zakres pracy. Rozdział 3 to zbiór wyników badań własnych oraz badań wykonanych w ramach prac dyplomowych, którymi posłużono się w dalszej części pracy. Następnie w rozdziale 4 zamieszczono opis metody EIPI, zaś w rozdziale 5 opis metody rozszerzonej o zagadnienia środowiskowe EIPICI. Rozdział 6, 7 i 8 zawiera opis rozwiązania zagadnień

praktycznych, dotyczących doboru receptury mieszanki betonowej odpowiednio w ujęciu ogólnym, do zastosowania w budownictwie mostowym oraz drogowym. W rozdziale 9 przedstawiono zasady działania kalkulatora EIPICI, zaś ostatni rozdział 10 zawiera podsumowanie i wnioski końcowe. Ponadto w pracy zamieszczono wykorzystane pozycje bibliograficzne, spis tabel, rysunków, zestawienie skrótów i oznaczeń oraz 7 załączników.

W pracy wykorzystano 140 pozycji literaturowych, w tym dużą liczbę polskich norm, głównie dotyczących technologii betonu. Brak jest dokumentów normalizacyjnych z zakresu zrównoważonego budownictwa. W spisie dominują pozycje polskojęzyczne. W większości są to artykuły, które ukazały się po roku 2000, zaś w znacznej liczbie po roku 2010. Należą do nich 2 prace Doktorantki, we współautorstwie.

4. Ocena formalna

Przedstawiona praca ma charakter badawczo - teoretyczny z obszaru materiałów budowlanych. Celem pracy było *„opracowanie metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji opartej na aparacie matematycznym, która ze względu na zdefiniowane obszary formułowania celów: ekologiczny, ekonomiczny i techniczny, pozwoli na wybór optymalnego wariantu receptury mieszanki betonowej”*. W przedstawionej formie jest on niejako tożsamy z tezą pracy, zaś pojęcie aparat matematyczny, jak i wariant optymalny są użyte nieco na wyrost. Pomimo pewnych wątpliwości dotyczącej samej metody (aparatu matematycznego) i jej jednoznaczności (wpływ wag), które sformułowałem w części oceny merytorycznej pracy stwierdzam, że założony cel został zrealizowany za pomocą poprawnie założonego planu badań i dobranych metod eksperymentalnych. Moim zdaniem wartym podkreślenia jest utylitarny charakter rozprawy, w tym uzyskane wyniki badań laboratoryjnych oraz wykazanie możliwości aplikacji zaproponowanej metody w różnych przypadkach takich jak: wybór receptury mieszanki betonowej do zastosowania w budownictwie mostowy oraz drogowym.

Autorka sformułowała następującą tezę pracy *„metoda wielokryterialnego wspomaganie decyzji oparta na aparacie matematycznym, która ze względu na zdefiniowane obszary formułowania celów: ekologiczny, ekonomiczny i techniczny, umożliwi wybór optymalnego wariantu receptury mieszanki betonowej”*, która została udowodniona w zakresie sformułowania samej metody. Czy uzyskane wyniki potwierdzają, że najlepsze rodzaje wybranych mieszanek są jednocześnie optymalne i jaki jest wpływ przyjętych wag

(„najtrudniejsza kwestia metody”, o czym wspomina Autorka w podsumowaniu) na końcową rekomendację nie jest dla mnie jednoznaczne.

Praca ma klasyczny układ rozprawy doktorskiej. Część autorska, doświadczalna i analityczna pracy została poprzedzona przeglądem aktualnego stanu wiedzy. Brakuje nieco pozycji literatury anglojęzycznej, w tym prac poświęconych na przykład wykorzystaniu uczenia maszynowego czy sieci neuronowych. Dość pobieżnie potraktowano także kwestię przeglądu literatury w zakresie metod oceny oddziaływania budynków na środowisko (rozdział 1.7), w tym tych kategorii, które dotyczą zagadnień materiałowych.

W mojej opinii praca jest wystarczająco obszerna pod względem liczby wykonanych badań, sformułowania metody i analizy wybranych przypadków. Doktorantka starała się dokonać jak najbardziej kompleksowej oceny analizowanych rozwiązań, stanowiących dość szerokie zagadnienie. Przyjęty plan badań, opracowana metoda jak i zawartość całej rozprawy nie budzą zastrzeżeń pod względem formalnym.

Praca napisana jest prawidłową polszczyzną i praktycznie pozbawiona błędów edytorskich. Szczególnie bliskie Autorce są zagadnienia związane z technologią betonu o czym świadczy prawidłowa analiza uzyskanych wyników, zarówno badań eksperymentalnych jak i rekomendowanego doboru mieszanki. Doktorantka jest precyzyjna i rzetelna w formułowaniu własnych opinii. Uwagi dyskusyjne o charakterze ogólnym bądź merytorycznym wykazane w dalszej części recenzji nie mają wpływu na całościową, pozytywną ocenę.

5. Ocena merytoryczna

Ze względu na trafnie sformułowany problem naukowy, szeroki zakres badań i analiz, prawidłową interpretację uzyskanych wyników oraz umiejętność formułowania wniosków moja ocena merytoryczna prezentowanej pracy jest wysoka. Jednakże dokładna analiza tekstu rozprawy nakłada na mnie obowiązek przedstawienia kilku uwag o charakterze dyskusyjnym, nie umniejszających jednak pierwotnej, pozytywnej oceny.

5.1. Uwagi krytyczne wymagające odpowiedzi w czasie publicznej obrony

Pierwsza uwaga dotyczy sposobu wyznaczenia śladu węglowego mieszanek betonowych. Proszę o doprecyzowanie z jakich zależności korzystano i jakie parametry przyjęto do jego wyznaczenia. W załączniku 4 zawarte są bowiem jedynie wyniki w postaci tabel a nie sposób

wyznaczania parametru. Czy dane EW i RW podane na przykład na stronie 62, są uniwersalne, czy też dotyczą konkretnych przypadków?

Uwaga druga związana jest ze sposobem przyjmowania poszczególnych wag, praktycznie dla wszystkich kryteriów. Na jakiej podstawie przyjmowano wagi w poszczególnych analizach i jaka jest wrażliwość metody na wartości przyjmowanych wag? Również nie we wszystkich przypadkach podano wartości wag lub nie uzasadniono ich przyjętych wartości, zaś jak podaje Autorka w podsumowaniu „najtrudniejszą kwestią metody jest ustalenie i przyporządkowanie wag kryteriom decyzyjnym”.

Ostatnia trzecia wątpliwość dotyczy liczby przyjmowanych kryteriów, na przykład technicznych. Proszę o wyjaśnienie dlaczego w założeniach metod EIPI i EIPICI przyjęto jedynie 2 kryteria techniczne, zaś w przypadku aplikacji do budownictwa mostowego i drogowego ich liczbę zwiększono. Na jakiej podstawie przyjmowano te kryteria? Dlaczego na przykład w przypadku budowli mostowych nie uwzględniono kryterium „głębokość wnikania chlorków”?

5.2. Pozostałe uwagi merytoryczne

Pojęcia „budownictwo zrównoważone” i „budownictwo ekologiczne” są traktowane przez Autorkę jako tożsame (str. 16), co moim zdaniem nie jest zasadne. Proszę się odnieść do powyższej kwestii w kontekście najnowszych publikacji.

Proszę o wyjaśnienie, str. 19, jak w kontekście pojęcia „paliwo alternatywne” należy traktować „szlamy z przemysłu farb i lakierów, odpady przemysłu chemicznego, odpady drzewne, papier, tkaniny, wysuszone osady ściekowe czy zużyte opony samochodowe”.

W kontekście informacji podanych na stronie 40, proszę o wyjaśnienie czy istnieje możliwość adaptacji dla potrzeb kryteriów ekologicznych, danych i wytycznych pochodzących z powszechnie dostępnych metod oceny środowiskowej budynków, takich jak LEED lub BREEAM oraz norm dotyczących zrównoważonego budownictwa.

Czy procedura badania mrozoodporności opisana na str. 52 została wykonana zgodnie z zalecaną metodyką lub normą, czy też według założeń przyjętych przez Doktorantkę?

Nie do końca zrozumiała jest interpretacja zamieszczona na stronie 57 „beton nie uzyskał odporności w zakresie 150 cykli, zamrażania–rozmrężania, a otrzymane wyniki świadczą o jego wewnętrznym zniszczeniu”. Czy spodziewano się, że po 150 cyklach beton uzyska „odporność”?

W jaki sposób założenie miejsca produkcji mieszanki betonowej (Płock) wpływa na uzyskane wyniki i czy ten parametr jest istotny w kontekście uniwersalności metody.

Proszę wyjaśnić zasadność użycia we wzorze 21 (GEPI), str. 62 drugiej potęgi przy obu parametrach EI i PI.

Proszę wyjaśnić pojęcie „sekwencja CO₂”, str. 69. Moim zdaniem w kontekście budowni inżynierskich zgrabniej jest używać terminu „cykl istnienia” niż „cykl życia”, również w kontekście „główne życie” i „drugie życie”.

6. Uwagi o charakterze edytorskim i ogólnym

Rozprawa została bardzo starannie zredagowana. W całej jej treści znalazłem jedynie pojedyncze błędy edytorskie.

Str. 13, spis symboli, pewne wątpliwości budzą jednostki wybranych parametrów, na przykład S_{n28} , S_{n28r} , S_{n56} , RM , RW oraz C_k i $C_{k,r}$.

Str. 44, jest „rankinowanie wariantów”, powinno być „rankingowanie wariantów”;

Str. 45, jest „trze serie”, powinno być „trzy serie”;

Str. 50, jest „powierzchnia badanej próbki”, powinno być „powierzchnia podstawy badanej próbki”;

Str. 50, jest „cyklów”, powinno być „cykli”.

Str. 84, jest „kas”, powinno być „klas”.

7. Wniosek końcowy

Uwagi jakie zawarłem w swojej opinii w dużym stopniu mają charakter dyskusyjny i nie podważają w istotny sposób wartości naukowej pracy, jak również nie obniżają pozytywnej oceny samej Doktorantki. Stwierdzam, że Autorka opracowania podejmując istotny problem naukowy rozwiązała go samodzielnie, poprawnymi metodami badawczymi przez co wykazała się umiejętnością wymaganą od osób ubiegających się o stopień doktora. Otrzymane wyniki wnoszą nowe elementy do wiedzy nt. metod doboru składu mieszanki betonowej z uwzględnieniem śladu węglowego produktu, które obok aspektu poznawczego posiadają istotną wartość użyteczną.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Wioletty Dobaczewskiej pt. "Wielokryterialne wspomaganie decyzji EIPICI umożliwiające wybór zrównoważonej receptury mieszanki betonowej" spełnia wymagania Ustawy z dnia 20.07.2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 wraz z późniejszymi zmianami), dlatego wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej o jej przyjęcie i dopuszczenie Kandydatki do publicznej obrony.

.....*Dariusz Heim*.....

Dr hab. inż. Dariusz Heim, prof. uczelni

