

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Dąbrowskiej  
p.t. „Wpływ popiołu lotnego wapiennego na odporność korozyjną kompozytów  
wykonanych z cementu portlandzkiego wieloskładnikowego”**

### **1. Podstawa formalna recenzji**

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej, Pana prof. dr. hab. inż. Jana Ślusarka z dnia 10 lipca 2014 (nr RB-0/4020/13/14), informujące o powołaniu mnie przez Radę Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej na recenzenta rozprawy doktorskiej jak w tytule.

### **2. Przedmiot recenzji**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska pod tytułem „Wpływ popiołu lotnego wapiennego na odporność korozyjną kompozytów wykonanych z cementu portlandzkiego wieloskładnikowego”, opracowana w Katedrze Inżynierii Materiałów i Procesów Budowlanych Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej przez P. mgr inż. Monikę Dąbrowską. Promotorem pracy doktorskiej jest dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny, prof. PŚl.

Rozprawa liczy 154 strony, w tym 138 rysunków i 47 tablic. Spis cytowanych pozycji bibliograficznych obejmuje 155 pozycji.

### **3. Ocena trafności podjęcia tematu, sformułowania celu oraz zakresu i układu pracy**

Podjęcie zawartego w tytule pracy problemu oceniam zdecydowanie pozytywnie. Racjonalne wykorzystanie ubocznych produktów spalania węgla, w tym uciążliwych dla środowiska popiołów lotnych, pozostaje wciąż zagadnieniem aktualnym i ważnym zarówno w aspekcie technicznym, jak i społecznym. Popioły krzemionkowe są od lat szeroko stosowane jako składniki cementów i betonów. Natomiast wykorzystanie popiołów wapiennych,

pochodzących ze spalania węgla brunatnego, jest trudniejsze ze względu na ich specyficzny charakter (w stosunku do popiołu krzemionkowego wykazują bardziej złożony i zmienny skład chemiczny i fazowy, odmienne właściwości fizyczne, itd.). W Polsce, w przeciwieństwie do niektórych innych krajów, popioły wapienne nie były dotychczas stosowane w produkcji cementów, chociaż taką możliwość dopuszcza norma PN-EN 197-1. Nie ma również w naszym kraju doświadczeń ani tradycji wykorzystywania popiołów lotnych wapiennych jako dodatków mineralnych do betonu. Uprzedzając nieco podsumowanie recenzji, warto już w tym miejscu zauważyć, że w dużej mierze dzięki pracom badawczym i wdrożeniowym zespołu kierowanego przez Promotora niniejszej pracy, ten stan rzeczy ma szansę się zmienić.

Cel oraz problem naukowy, który Autorka rozprawy podjęła się rozwiązać, został sformułowany klarownie i jednoznacznie – jest nim określenie odporności na agresję chemiczną kompozytów cementowych zawierających popiół lotny wapienny. Układ pracy jest prawidłowy i przejrzysty; wynika logicznie z zakresu opracowania i obejmuje część literaturową, opis badań własnych oraz podsumowanie uzyskanych rezultatów i przeprowadzonych analiz wraz z wypływającymi z nich wnioskami.

Wspomniane studium literaturowe (rozdziały 1 i 2) stanowi obszerną i pogłębioną analizę stanu wiedzy w zakresie zarówno korozji chemicznej budowlanych kompozytów cementowych, jak i odporności na tę korozję tworzyw zawierających popioły lotne, zwłaszcza wapienne. Trzeba z uznaniem zauważyć, że Autorka przedstawiła skomplikowane nieraz mechanizmy korozyjne i ich uwarunkowania w sposób kompetentny i wyczerpujący, unikając nadmiernych uproszczeń. W oczach wykładowcy chemii budowlanej stanowi to szczególnie walor rozprawy.

Badania własne, które opisano w rozdziałach od 3 do 7, obejmują charakterystykę składników cementu stosowanych w badaniach, charakterystykę samych spoiw cementowych oraz określenie wpływu popiołu lotnego wapiennego, stosowanego jako główny nieklinkierowy składnik cementu, na odporność korozyjną zapraw cementowych. W badaniach uwzględniono przepuszczalność chlorków, karbonatyzację oraz oddziaływanie roztworów siarczanów i „sztucznej” wody morskiej. Ograniczenie badań do zapraw (i w niektórych przypadkach zaczynów) zostało przez Autorkę uzasadnione w sposób przekonujący i zasadniczo nie budzi zastrzeżeń; do tego zagadnienia powrócę jeszcze w dalszej części opinii.

Ostatni rozdział rozprawy to bibliografia, zawierająca szereg pozycji istotnych dla rozpatrywanego obszaru wiedzy, w tym 2 publikacje współautorstwa P. mgr. inż. Moniki Dąbrowskiej.

Rozprawa nie zawiera osobnego rozdziału poświęconego stosowanym metodom badawczym. Zamiast tego odpowiednie informacje – wyróżnione kursywą – podawane są wraz z wynikami badań. Takie rozwiązanie uważam za całkiem trafne i użyteczne. W rozprawie doktorskiej, a więc pracy obszernej i obejmującej wiele różnorodnych metod badań, jest to zdecydowanie wygodniejsze dla czytelnika.

Zwraca uwagę redakcja opracowania, w tym szata graficzna. Rysunki i wykresy są czytelne i dobrze opisane, tablice przejrzyste, a układ i rozmieszczenie tekstu sprzyja lekturze, podobnie jak staranna redakcja językowa – rozprawa jest napisana dobrą polszczyzną i zawiera bardzo małą liczbę błędów.

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że Autorka rozprawy logicznie i przekonująco uzasadniła potrzebę prowadzenia prac badawczych w tym obszarze. Zaproponowała zarazem drogę dojścia do rozwiązania zagadnienia, polegającą na przeprowadzeniu obszernego programu badawczego i określeniu na podstawie jego wyników odporności korozyjnej kompozytów będących przedmiotem pracy. Problem naukowy, mający przy tym istotne znaczenie praktyczne, został sformułowany właściwie, a podjęcie tego zadania badawczego uważam za trafne. Zakres i układ pracy nie budzi zastrzeżeń, a staranność redakcji jest godna podkreślenia.

#### **4. Ogólna ocena pracy, w tym metodyki badawczej i poprawności wnioskowania**

Autorka w sposób kompetentny dokonała pogłębionej analizy aktualnego stanu wiedzy i techniki w zakresie wpływu popiołów lotnych wapiennych na odporność korozyjną kompozytów cementowych. Wyniki tej analizy pozwoliły na sformułowanie zagadnienia badawczego o dużych walorach naukowych i inżynierskich. Następnie Autorka z wielką konsekwencją przeprowadziła bardzo obszerny program badawczy (w sumie 30 cementów!), którego poszczególne elementy są logicznym następstwem wyżej wspomnianej analizy. Zastosowane podejście pozwoliło na uzyskanie satysfakcjonujących i użytecznych z praktycznego punktu widzenia rezultatów.

Autorka wykazała się dużą odwagą i ambicją w podejmowaniu problemów naukowych. Nie ulega bowiem wątpliwości, że zagadnienie będące przedmiotem rozprawy jest złożone i trudne – wynika to z dużej zmienności i wciąż nie do końca ustalonej

charakterystyki popiołów wapiennych; dobitnym potwierdzeniem tego faktu jest zarówno niezbyt imponująca liczba publikacji naukowych z tego zakresu w literaturze światowej, jak i brak doświadczeń praktycznych we wdrażaniu tego rodzaju popiołów do praktyki budowlanej w Polsce. Rozwiązanie postawionego problemu wymagało od Autorki dobrze przemyślanego, konsekwentnego i systematycznego podejścia do programu badawczego. Z satysfakcją należy stwierdzić, że P. mgr inż. Monika Dąbrowska takimi właśnie zaletami, oczekiwanymi w pracy naukowej, wykazała się w całej pełni.

Zwraca uwagę trafny dobór zakresu badań, który pozwolił na osiągnięcie zamierzonych celów rozprawy. Należy zauważyć kompetentny dobór metod i technik badawczych, obejmujących zarówno typowe oznaczenia właściwości popiołów lotnych, cementów, zaczynów i zapraw, jak i narzędzia badawcze bardziej zaawansowane, wśród których można wymienić na przykład skaningową mikroskopię elektronową, dyfraktometrię rentgenowską czy różne rodzaje metod kalorymetrycznych. Z satysfakcją odnotowuję, że zarówno w doborze, jak stosowaniu i analizie wyników tych metod, P. mgr inż. Monika Dąbrowska wykazała się dużą biegłością.

Praca stanowi wręcz modelowe połączenie aspektu naukowego, stanowiącego konieczny i podstawowy element rozprawy doktorskiej, z podejściem praktycznym, stosownym w przypadku pracy badawczej realizowanej na wyższej uczelni technicznej. Sformułowanie i rozwiązanie problemu naukowego prowadzi do wniosków o niebagatelny znaczeniu aplikacyjnym, związanym z możliwością racjonalnego wykorzystania popiołów lotnych wapiennych w przemyśle budowlanym.

Przedstawione w rozprawie wnioski uważam generalnie za poprawne, wnikliwe i zdyscyplinowane pod względem logicznym. Pozwoliło ono na sformułowanie, w moim przekonaniu prawidłowych i przekonujących, wniosków.

Podsumowując tę część recenzji, stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie Autorka wykazała się, wymaganą od kandydata do stopnia doktora nauk technicznych, umiejętnością formułowania problemu naukowego, samodzielnego planowania i prowadzenia prac badawczych, analizy wyników prowadzącej do sformułowania przekonujących wniosków, oraz konsekwentnej i przejrzystej prezentacji zarówno rezultatów, jak i prowadzącej do ich uzyskania drogi.

Ogólnie rozprawę doktorską Pani mgr inż. Moniki Dąbrowskiej oceniam zdecydowanie pozytywnie. Pewne uwagi krytyczne, które nasuwają się podczas lektury pracy, przedstawiam w następnym punkcie opinii.

## 5. Uwagi krytyczne

W niniejszym punkcie recenzji zawarłem – w punktach – pewne uwagi krytyczne i dyskusyjne, które nasunęły mi się w czasie lektury rozprawy.

- W moim przekonaniu opiniowana rozprawa zyskałaby, gdyby Autorka w większym stopniu wykorzystwała możliwości, jakie stwarza analiza statystyczna. Jedynym elementem tego rodzaju, zawartym w pracy, są podane na niektórych wykresach wartości współczynników determinacji. Sądzę, że bardziej zaawansowana analiza w tym zakresie pozwoliłaby na wyciągnięcie dodatkowych, interesujących wniosków. Mogłyby one dotyczyć np. ilościowej oceny istotności wpływu poszczególnych składników cementu na odporność korozyjną kompozytów, co pogłębiłoby zawarte w pracy, głównie jednak jakościowe, spostrzeżenia na ten temat, lub też zweryfikowania czysto jakościowych stwierdzeń o „silnym skorelowaniu” niektórych czynników (np. na str. 75 lub 89).
- Omawiając rodzaje korozji chemicznej betonu, cały rozdz. 1.5 poświęca Autorka korozji kwasowej. Jednak w rozdz. 2, poświęconym odporności korozyjnej tworzyw cementowych z popiołem lotnym wapiennym, a także w badaniach własnych, ten wątek nie jest kontynuowany. Moim zdaniem nie wpływa to negatywnie na znaczenie i poziom rozprawy, gdyż zakres zawartych w niej analiz i badań jest wystarczająco obszerny, niemniej można by oczekiwać, że ta decyzja zostanie w którymś miejscu pracy odnotowana i krótko skomentowana.
- Gwoli ścisłości, należałoby również zauważyć, że rozważane i badane przez Autorkę cechy nie są całkowicie równoważne w sensie określania „odporności na korozję”. O ile w przypadku korozji siarczanowej badane są rzeczywiście skutki działania korozyjnego (ekspansja i ubytek wytrzymałości), o tyle w odniesieniu do jonów chlorkowych bada się ich penetrację przez kompozyt, a zatem jedynie możliwość uszkodzenia struktury tworzywa, nie zaś rzeczywisty proces niszczenia, spowodowany na przykład powstawaniem ekspansywnych zasadowych soli. Biorąc pod uwagę uwarunkowania metodologiczne, uważam to podejście za w pełni uzasadnione, a nawet oczywiste, jednak sądzą, że czytelnik czułby się w pełni usatysfakcjonowany, gdyby Autorka w rozprawie dała do zrozumienia, iż zdaje sobie sprawę z powyższego niuansu.
- Nie mogę się zgodzić ze stwierdzeniem, że „chlorki mają odczyn kwaśny” (str. 8). Odczyn kwaśny mają roztwory wodne chlorków, w których kation pochodzi od słabej zasady, a więc np.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , natomiast odczyn roztworów chlorków takich, jak  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  czy  $\text{CaCl}_2$

jest z oczywistych powodów obojętny. Zmiany pH cieczy porowej w betonie lub zaprawie w obecności jonów chlorkowych wynikają z zakłócenia równowag jonowych i mają złożony mechanizm; sformułowanie użyte przez Autorkę jest moim zdaniem nadmiernym skrótem myślowym.

- Wbrew obiegu opinii, trójtlenek siarki  $\text{SO}_3$  w normalnych warunkach nie jest gazem, ale lotną cieczą; gazem jest dwutlenek siarki  $\text{SO}_2$ , i to on, a nie  $\text{SO}_3$ , jak podano na str. 25, jest jednym z głównych źródeł kwaśnych mediów agresywnych w atmosferze.
- Za nietrafne uważam mieszanie w zapisie jednej reakcji pełnej notacji związków chemicznych z notacją skróconą, stosowaną w chemii cementu, jak to ma miejsce np. w równaniach (3), (4), (6) i dalej; a skoro już tak czyni Autorka, to konsekwentnie należałoby portlandyt, czyli wodorotlenek wapnia, w równaniach (1), (2), (5) i dalej zapisywać jako CH (notacja skrócona).
- Skoro w rozdz. 1.1 (str. 8) rozróznilo różne mechanizmy penetrowania betonu przez chlorki, w tym „przenikanie” jako jeden z nich, to należałoby konsekwentnie unikać terminu „przenikalność”, kiedy mowa o penetracji niespowodowanej „przenikaniem” w rozumieniu rozdz. 1.1. Tymczasem dalej w rozdz. 1, a także w rozdz. 5, mowa jest o „przenikalności” chlorków.
- Autorka zwraca uwagę na bardzo interesującą obserwację, iż tendencje dotyczące stopnia szkodliwości różnych siarczanów, przy badaniu ekspansji zapraw są odwrotne niż te występujące przy oznaczaniu spadku wytrzymałości. Na tej podstawie Autorka formułuje wniosek, że stosowanie tylko jednej metody oceny odporności korozyjnej jest niemiarodajne. Rzecz jasna, nie sposób się z tym nie zgodzić, jednakże nasuwa się uwaga, że skoro dwie dostępne metody badania dają sprzeczne wyniki, to również ich łączne stosowanie przyniesie niewiele korzyści, dopóki nie zostanie wyjaśniony mechanizm powodujący tę sprzeczność.
- Chciałbym także zwrócić uwagę, że w pewnym sensie rozprawa przynosi odbiorcy więcej, niż obiecuje jej tytuł. W tytule bowiem jest mowa o cementach portlandzkich wieloskładnikowych, tymczasem w pracy badane są również cementy pucolanowe; co więcej, bodaj najważniejszy z praktycznego punktu widzenia wniosek (nr 10 w Podsumowaniu) dotyczy właśnie cementu pucolanowego.

Przedstawione powyżej uwagi nie zmieniają mojej zdecydowanej pozytywnej opinii o rozprawie doktorskiej P. mgr inż. Moniki Dąbrowskiej. Zdaję też sobie sprawę, że część wytkniętych niedoskonałości, zwłaszcza pewne skróty, wynika w decydującej mierze z konieczności zachowania rozsądnej objętości opracowywanego dzieła.

## 6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa doktorska P. mgr inż. Moniki Dąbrowskiej pt. „Wpływ popiołu lotnego wapiennego na odporność korozyjną kompozytów wykonanych z cementu portlandzkiego wieloskładnikowego” stanowi, moim zdaniem, wartościowe osiągnięcie naukowo-badawcze w dziedzinie inżynierii materiałów budowlanych, o istotnym i wyraźnie zaakcentowanym znaczeniu praktycznym.

Autorka sformułowała oryginalny problem naukowy i przedstawiła jego rozwiązanie. Celem pracy było określenie odporności na korozję chemiczną tworzyw, w których spoiwo cementowe zawiera także popiół lotny wapienny. Cel ten został przez P. mgr inż. Monikę Dąbrowską osiągnięty. Autorka wykazała się odpowiednią wiedzą teoretyczną z zakresu korozji kompozytów cementowych, właściwości cementów i popiołów lotnych oraz ich zastosowania w budownictwie, a także umiejętnością samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Przeprowadzona przez Autorkę analiza wyników badań jest prawidłowa i przekonująca, a wyciągnięte na jej podstawie wnioski zostały sformułowane poprawnie i potwierdzają osiągnięcie sformułowanego na wstępie pracy celu.

Zgodnie z Ustawą o tytule i stopniach naukowych z 14 marca 2003r. (art. 13.1) rozprawa doktorska powinna **stanović oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, oraz **wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną** kandydata w danej dyscyplinie naukowej, a także **umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej**. Z przekonaniem stwierdzam, że w omawianym przypadku wymagania Ustawy zostały całkowicie spełnione i wnoszę o dopuszczenie P. mgr inż. Moniki Dąbrowskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

