



Kraków, 27.08.2016r.

Prof. dr hab. inż. Jan Deja  
Al. Mickiewicza 30  
30-059 Kraków  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Synowiec pt.: „Kształtowanie właściwości cementów popiołowo-żużlowych o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego”

### 1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowią:

- Pismo Pana prof. dr hab. inż. Jana Ślusarka, Dziekana Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej z dnia 30.06.2016 roku informujące o powołaniu mnie przez Radę Wydziału na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Synowiec.
- Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Synowiec pt.: „Kształtowanie właściwości cementów popiołowo-żużlowych o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego”, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Gliwice, 2016.

### 2. Ocena rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa to obszerny dokument, liczący 220 stron, na których zamieszczono, między innymi, 130 dobrze przygotowanych rysunków i zdjęć oraz 81 tabel. W przygotowaniu rozprawy Autorka skorzystała z dobrze dobranych 229 pozycji literaturowych oraz 29 dokumentów normowych.

Recenzent chce wyraźnie podkreślić staranność Autorki w przygotowaniu rozprawy. Cały dokument został przygotowany w logiczny i konsekwentny sposób, który ułatwia czytelnikowi śledzenie całego procesu badawczego i wynikających z niego wniosków. Również wysoki poziom edytorski rozprawy zasługuje na pozytywną ocenę.



Przedmiotem dociekań Autorki jest ocena możliwości wykorzystania popiołów lotnych wapiennych w produkcji cementów wieloskładnikowych o małej zawartości klinkieru portlandzkiego. Autorka próbuje również ocenić skalę efektu synergii przy równoczesnym stosowaniu w mieszaniu spoiwowej granulowanego żużla wielkopieczowego i popiołu lotnego wapiennego.

W tym miejscu można napisać bardzo dużo o zasadności takich dociekań, ale najważniejsze jest to, że Autorka zrobiła to sama w przekonujący i profesjonalny sposób przedstawiając argumenty przemawiające za celowością prowadzonych badań. Całkowicie zgadzając się z koncepcją takich poszukiwań badawczych, można skomentować problem bardzo banalnie - nie można bagatelizować potencjału "spoiwotwórczego" odpadu, który w ilości około 70 mln ton rocznie pojawia się na rynku europejskim. Sami jako Polska mamy tutaj także istotny potencjał - około 5 mln ton rocznie popiołów lotnych wapiennych powstaje w naszych elektrowniach spalających węgiel brunatny. Pomimo znanych trudności w wykorzystaniu popiołów lotnych wapiennych, wynikających choćby z ich większej zmienności składu chemicznego i mineralnego, uważam za całkowicie zasadne mierzenie się z problemami wykorzystania takich odpadów. Wobec możliwych ograniczeń w dostępności granulowanego żużla wielkopieczowego oraz popiołów lotnych krzemionkowych (także wobec przypadków pogarszającej się ich jakości), prace nad możliwościami wykorzystania "trudnych" odpadów dysponujących jednak potencjałem w postaci aktywności hydraulicznej i pucolanowej zasługują na pełne poparcie. Nie zamierzam tutaj dodatkowo argumentować takich działań względami środowiskowymi - Autorka zrobiła to bardzo kompetentnie - natomiast chcę wyraźnie podkreślić, że nie powinniśmy zapominać o uzyskiwaniu w takich spoiwach wieloskładnikowych nowych, ciekawych właściwości zaczynów, zapraw i betonów. Należy zwrócić uwagę na fakt, że pewne doświadczenia w tym zakresie już istnieją - popioły lotne wapienne wykorzystywane są w USA, ciekawe prace prowadzone są w zespole prof. Karen Scrivener na Politechnice w Lozannie, pewne doświadczenia mają również niektóre kraje na południu Europy. Z pewnością wyniki przedstawione w recenzowanej rozprawie są dobrym przyczynkiem do rozpoczęcia dyskusji na poziomie krajowych i europejskich gremiów normalizacyjnych. Należy podkreślić również, że recenzowana praca doktorska była realizowana pod naukowym kierownictwem wybitnego specjalisty w zakresie dodatków mineralnych jakim jest Profesor Zbigniew Giergiczny, co ma niewątpliwy wpływ na wysoki poziom procesów badawczych i formułowanych wniosków.



Recenzent pragnie wyraźnie podkreślić, że analizowana praca przedstawia obraz przedsięwzięcia dobrze zaplanowanego, następnie skrupulatnie i precyzyjnie zbadanego i wreszcie logicznie i dobrze opisanego. Można powiedzieć, że układ pracy jest właściwie klasyczny - po interesującym wprowadzeniu, Autorka przedstawia cel i zakres rozprawy a następnie na prawie 90 stronach przedstawia studium literaturowe; na kolejnych 90 wyniki badań własnych, kończy rozprawę ciekawym podsumowaniem i czternastoma dobrze udokumentowanymi wnioskami. Rozprawę zamyka obszerny wykaz literatury i norm.

Po przedstawieniu dobrze udokumentowanego celu rozprawy Autorka na stronie 11 stawia tezę pracy - "popiół lotny wapienny, z uwagi na skład chemiczny i fazowy, właściwości pucolanowo-hydrauliczne i pewne podobieństwo w tym względzie do granulowanego żużla wielkopieczowego, pozwoli na korzystne kształtowanie właściwości cementu, szczególnie w aspekcie trwałości (właściwości mechaniczne, odporność na agresję chemiczną)". Należy zauważyć, że w kolejnych fragmentach rozprawy Autorka stara się bardzo konsekwentnie odnosić do weryfikacji postawionej tezy. Recenzentowi bardzo podoba się pewien "inżynierski" schemat w podejściu do opisywania kolejnych etapów dociekań. Zarówno w części literaturowej, jak również potem w przedstawianiu wyników badań własnych łatwo dostrzec porządek w opisywaniu właściwości spoiw oraz betonów. Postrzegam to jako przejaw dojrzałości w raportowaniu przebiegu badań naukowych i uzyskiwanych wyników.

Dobrze oceniam całe studium literaturowe, w którym Autorka skorzystała z dużej ilości aktualnych książek i artykułów naukowych dotyczących analizowanej problematyki. Tak jak już zaznaczyłem wcześniej, przegląd literatury jest obszerny objętościowo, w dużej części przedstawia problemy już dobrze poznane i udokumentowane, ale zebranie tej całej wiedzy na wspomnianych prawie 90 stronach uważam za zasadne i przydatne dla czytających. Jako szczególny i pozytywny przykład chciałbym przywołać podrozdział części literaturowej poświęcony odporności na agresję alkaliczną, tzw. ASR. Autorka, opierając się o wyniki wielu prac i doświadczeń praktycznych, bardzo kompetentnie przedstawia problem, który często bywa wyolbrzymiany i niesłusznie wskazywany jako nierozpoznany w technologii betonów.

Przed logicznym podsumowaniem części literaturowej, Autorka zamieściła ciekawy i wartościowy rozdział 2.4. zatytułowany "Ocena środowiskowa stosowania granulowanego żużla wielkopieczowego i popiołów lotnych w składzie cementu". Uważam, że tego typu



informacje muszą być coraz częściej wykorzystywane w dyskusjach nad zrównoważonym budownictwem, ze szczególnym uwzględnieniem roli spoiw wiążących i betonów.

Podsumowując część literaturową pracy należy jednoznacznie stwierdzić, że Autorka bardzo dobrze poradziła sobie z logicznym i odpowiednio merytorycznie zaawansowanym przedstawieniem złożonego problemu badawczego.

W części doświadczalnej pracy Autorka skoncentrowała się na weryfikacji postawionej tezy i pisze na stronie 101, że dzieli ją na 3 części (choć na stronie 11 a potem także w podsumowaniu na stronie 192 mówi o dwóch etapach). Istotne jest jednak to, że w pierwszej fazie badań skoncentrowała się na charakterystyce składników głównych cementów oraz określeniu właściwości cementów wieloskładnikowych z ich udziałem. W kolejnym etapie, w oparciu o wyniki wielokryterialnej analizy porównawczej badanych spoiw (prawdopodobnie to ten 3-ci etap) zaprojektowano i poddano ocenie właściwości betony wykonane z cementów wieloskładnikowych zawierających granulowany żużel wielkopiecowy (S) i popiół lotny wapienny (W).

Analizując ten fragment pracy widać bardzo wyraźnie jak poważną pracę wykonała Autorka - badaniom poddano 36 rodzajów przygotowanych cementów. W kolejnych podrozdziałach Doktorantka prezentuje uzyskane wyniki badań kluczowych cech przygotowanych spoiw cementowych. W tym momencie dochodzimy do rozdziału 7 rozprawy zatytułowanego "Wybór optymalnego składu cementów popiołowo-żużlowych z wykorzystaniem metod analizy wielokryterialnej". Autorka zastosowała nowoczesną i coraz częściej wykorzystywaną metodę statystyczną przydatną przy podejmowaniu decyzji wymagających uwzględnienia wielu kryteriów, w sytuacji dostępności różnych rozwiązań (np. materiałowych lub technologicznych). Autorka przyjęła aż 14 kryteriów, z których część miała charakter "stymulanta", a część "destymulanta". W oparciu o wyniki wielokryterialnej analizy uznano, że z 36 wstępnie badanych cementów najkorzystniejsze właściwości mają mieszaniny zawierające 40 % popiołu lotnego wapiennego poddanego aktywacji mechanicznej oraz 20 lub 40% mielonego granulowanego żużla wielkopiecowego. Końcowe próby Autorka wykonała na betonach przygotowanych z tych spoiw oraz spoiw referencyjnych. W oparciu o uzyskane wyniki Doktorantka kończy część doświadczalną rozprawy ważnym i ciekawym rozdziałem poświęconym możliwościom stosowania cementów popiołowo-żużlowych w budownictwie (rozdz. 8.6). Te kilka stron potwierdza, że



Doktorantka dobrze czuje złożoność problematyki badawczej jak również ograniczenia w praktycznym zastosowaniu niektórych spoiw.

W podsumowaniu swoich badań Doktorantka ciekawie analizuje efekt synergicznego oddziaływania popiołu i żużla jako składników cementów popiołowo-żużlowych o małej zawartości klinkieru portlandzkiego. Zauważa, że badane spoiwa są zbliżone właściwościami do cementów hutniczych z grupy CEM III/A. Efekt synergii Autorka dostrzega przede wszystkim w mieszaninach zawierających 40% aktywowanego mechanicznie popiołu lotnego wapiennego i 20% mielonego granulowanego żużla wielkopieczowego.

Nie licząc prawidłowo postawionych wniosków, Doktorantka kończy rozprawę odważnie proponując rozszerzenie normy PN-EN 197-1 (tabela 81) o cementy CEM II/C-M oraz CEM VI (S-W) zawierające odpowiednio 6-20 oraz 10-70 % masowych popiołu typu W (wapienny).

Podsumowując część badawczą pracy doktorskiej Pani mgr inż. Katarzyny Synowiec należy wysoko ocenić sposób przedstawienia problemu badawczego, koncepcji jego rozwiązania oraz zrelacjonowania uzyskanych wyników.

Naturalnym i oczywistym obowiązkiem recenzenta jest również krytyczne spojrzenie na ocenianą rozprawę. W trakcie zapoznawania się z treścią rozprawy doktorskiej pojawiły się uwagi, które w opinii recenzenta warto uwzględnić w dalszych badaniach lub podczas publikowania wyników recenzowanej rozprawy:

1. Mam wątpliwości co do zapisów, które znalazły się w tabeli 75 na stronie 190. Wydaje mi się, że Autorka nie przedstawiła wyników, które uprawniałyby do dopuszczenia cementów W40+ S20 i W40+ S40 w klasie środowiskowej XF4.

2. Doceniając ogromną pracę, którą wykonała Doktorantka, mam jednak wątpliwości, czy w oparciu o badania jednej partii popiołu lotnego wapiennego z Elektrowni "Bełchatów", przy znanej sporej zmienności tego materiału pochodzącego z różnych źródeł, można stawiać propozycje regulacji normowych. Jestem przekonany, że dysponujemy już w Polsce znacznie obszerniejszą bazą wyników, która w tej pracy nie jest jednak przywoływana.

3. Bardzo mnie ucieszyły zdania Autorki z końcowego fragmentu strony 199, w których pisze o powodach obserwowanego efektu synergii oraz o zamiarze kontynuowania swoich badań w przyszłości. Pozwalam sobie zasugerować przeprowadzenie analizy zmian najważniejszych właściwości przygotowanych spoiw w zależności od stosunków:  $\text{CaO/SiO}_2$ ,  $\text{CaO/Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ . Takie zależności mogą być bardzo interesujące z punktu widzenia przyszłych publikacji.

Powyższe uwagi nie umniejszają mojej pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej. Stwierdzam z całą odpowiedzialnością, że oceniana rozprawa doktorska ma wysoką wartość poznawczą a także aplikacyjną. Bez najmniejszych wątpliwości, Autorka wykazała, że dobrze radzi sobie z warsztatem badawczym, a sposób prezentacji i interpretacji uzyskanych wyników badań stwarza dobre perspektywy kontynuacji badań w opisywanym obszarze i podejmowania nowych wyzwań naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że praca Pani mgr inż. Katarzyny Synowiec pt.: „Kształtowanie właściwości cementów popiołowo-żużlowych o niskiej zawartości klinkieru portlandzkiego”, spełnia całkowicie ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej.

Kraków, 27.08.2016r.



Dg+