



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



„Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego”

Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka Priorytet 1. Badania i rozwój nowoczesnych technologii, Działanie 1.1 Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy, Poddziałanie 1.1.2 Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych.

W Polsce ponad 30% energii elektrycznej uzyskiwane jest ze spalania węgla brunatnego w kotłach konwencjonalnych. W wyniku tego procesu, oprócz innych odpadów, powstaje rocznie około 4 mln Mg popiołów lotnych wapiennych. Ten rodzaj popiołu lotnego charakteryzuje się aktywnością pucolanowo-hydrauliczną i bogatszym niż popioły lotne krzemionkowe składem chemicznym i mineralnym. Analiza istniejących dokumentów odniesienia krajowych i zagranicznych (norm i aprobat technicznych) prowadzi do wniosku, że ten rodzaj popiołu lotnego może być głównym składnikiem cementu (popiół lotny wapienowy W wg PN-EN 197-1:2002), dodatkiem typu II w składzie betonu (ASTM C618, CAN/CSA-A23.5-98) oraz może stanowić podstawowy składnik spoiw stosowanych w stabilizacji gruntów, wzmacniania podłoża i innych pracach związanych z budownictwem drogowym.

Jednym z najważniejszych kierunków rozwoju technologii betonu jest stosowanie dodatków mineralnych, zarówno w składzie betonu, jak i jako składnik główny cementów powszechnego użytku oraz spoiw wiążących. Dodatki mineralne, obok poprawy właściwości mieszanki betonowej i stwardniałego betonu (zwłaszcza odporności na agresywne oddziaływanie środowiska), pozwalają na uzyskanie znaczących korzyści ekonomicznych i ekologicznych, doskonale tym samym wpisując się w strategię zrównoważonego rozwoju.

W Polsce popiół lotny wapienny praktycznie nie jest stosowany w technologii produkcji cementu i betonu. Jako przyczyny takiego stanu można wskazać: wysoką i zmienną zawartość wolnego wapna i związków siarki w popiele, które mogą mieć negatywny wpływ na właściwości stwardniałego betonu, znaczną zmienność w czasie właściwości fizycznych oraz składu chemicznego i mineralnego oraz łatwą dostępność popiołu lotnego krzemionkowego, tradycyjnie stosowanego w produkcji cementu i betonu. Poza tym brakuje wyników badań kompleksowo ujmujących efekty stosowania popiołów lotnych wa-

piennych w składzie cementu i betonu, zwłaszcza badań aplikacyjnych, ukierunkowanych na trwałość (mrozoodporność, agresja chemiczna).

Wdrożenie popiołu lotnego wapiennego do stosowania przynosi korzyści ekologiczne, ekonomiczne i techniczne: poprawę stanu środowiska i ograniczenie kosztów wytwarzania cementu dzięki redukcji emisji CO₂ w procesie produkcyjnym i możliwość użycia nowego dodatku mineralnego w miejsce coraz trudniej dostępnego granulowanego żużla wielkopieczowego i popiołu lotnego krzemionkowego. Jest to szansa na rozszerzenie bazy surowcowej dla krajowego przemysłu cementowego i betonów, a przez wdrożenie do produkcji nowych rodzajów cementów na utrzymanie jego konkurencyjności. Potencjalne korzyści uzyskują również firmy zajmujące się gospodarczym wykorzystaniem i przetwarzaniem ubocznych produktów spalania z energetyki.

Osiągnięcie powyższych korzyści wymaga jednak przeprowadzenia szerokiego zakresu badań naukowych i rozwojowych mających na celu sprawdzenie możliwości i warunków efektywnego stosowania popiołów lotnych wapiennych jako dodatku do betonu oraz opracowanie wytycznych technologicznych produkcji cementu z jego udziałem. Realizacji tego zadania, w ramach Projektu POIG „Innowacyjne spoiwa cementowe i betony z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego”, podjęło się konsorcjum Smart Concrete utworzone z trzech instytucji: Politechniki Śląskiej jako lidera, Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych Oddział w Krakowie oraz Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie.

Celem projektu jest opracowanie innowacyjnej i efektywnej ekonomicznie technologii produkcji nowych spoiw cementowych oraz betonów powstałych z wykorzystaniem popiołu lotnego wapiennego powstającego przy spalaniu węgla brunatnego.

Badania prowadzone są w następujących czterech blokach.

Badania zmienności jakości popiołów lotnych wapiennych. Po analizie właściwości fizykochemicznych popiołów lotnych wapiennych dostępnych w kraju pod kątem ich przydatności w technologii betonu i cementu wytypowano do dalszych badań popiół wapienny z EI. Bełchatów. Monitoring właściwości tego popiołu pokazał, że charakteryzuje się on dużą zmiennością właści-

wości fizycznych oraz składu chemicznego i fazowego, co utrudnia przemysłową aplikację. Jednocześnie jednak stwierdzono, że popiół ten spełnia podstawowe wymagania stawiane przez normę cementową PN-EN 197-1 w stosunku do popiołów lotnych wapiennych W. Stosunkowo grube uziarnienie popiołów należy uwzględniać przy rozwiązaniach technicznych produkcji cementów popiołowych (wspólny przemiał z klinkierem, miejsce dozowania w układzie technologicznym, separacja). Skład chemiczny popiołów wapiennych, z uwagi na proporcje podstawowych tlenków SiO_2 , CaO , Al_2O_3 i Fe_2O_3 , czyni je przydatnymi jako surowiec niski glinokrzemianowy w przygotowaniu mieszaniny surowcowej do produkcji klinkieru portlandzkiego. Popiół lotny wapienny z El. Bełchatów z uwagi na grube uziarnienie (wysoka pozostałość na sicie 0,045 mm) i znaczne zwiększanie wodoodporności nie spełnia wymagań stawianych przez normę ASTM C618 dla dodatku typu II w składzie betonu. Ten kierunek aplikacji należy rozpatrywać wyłącznie po waloryzacji popiołu lotnego (mielenie, separacja).

Ocena aktywności pucolanowo-hydraulicznej popiołów lotnych wapiennych. W ramach prowadzonych badań stwierdzono, że popiół lotny wapienny charakteryzuje się aktywnością pucolanowo-hydrauliczną, która w dużej mierze uzależniona jest od zawartości reaktywnej krzemionki i reaktywnego CaO . W składzie fazowym popiołu lotnego wapiennego obecne są związki charakterystyczne dla klinkieru portlandzkiego i granulowanego żużla wielkopieczowego – krzemiany i gliniany wapnia, reaktywna faza bezpostaciowa, które w znaczącym stopniu determinują aktywność hydrauliczną tego rodzaju popiołu. Obecność w składzie popiołu reaktywnej krzemionki i związków glinu decyduje o aktywności pucolanowej, a anhydryt i CaO wolne o aktywności hydrauliczno-pucolanowej popiołu. Wartość technologiczna popiołu lotnego wapiennego ulega polepszeniu przez zastosowanie aktywacji mechanicznej przez przemiał, separacji na frakcje ziarnowe lub selektywny pobór poszczególnych sekcji elektrofiltra.

Cementy z dodatkiem popiołów lotnych wapiennych. Program badań objął szeroką grupę cementów z różnym udziałem popiołu lotnego wapiennego: cementy portlandzkie wapienne CEM II/A,B-W, cementy portlandzkie wieloskładnikowe CEM II/A,B-M i cementy pucolanowe CEM IV/A,B. Ogółem przebadano ponad 40 cementów wyprodukowanych w skali laboratoryjnej i półtechnicznej. Zakres badań cementów objął przede wszystkim właściwości objęte wymaganiami normy PN – EN 197 – 1. Określono także wpływ cementów na urabialność zapraw i mieszanek betonowych, kompatybilność cementów z domieszkami chemicznymi, skurcz począwszy od zaformowania, ciepło hydratacji, retencję wody. Dynamikę narastania wytrzymałości oznaczono w obniżonej temperaturze 8°C, podwyższonej temperaturze 38°C oraz w warunkach obróbki niskoprężnej (do 80°C).

Stwierdzono pełną przydatność popiołu lotnego wapiennego do stosowania jako składnika głównego cementu, szczególnie jako składnika cementów portlandzkich wieloskładnikowych w kompozycji z innymi dodatkami, np.: CEM II/A,B-M (V,W); CEM II/A,B-M(W,S); CEM II/A,B-M (W,LL). Stwierdzono również możliwość produkcji nowej, nienormowanej grupy cementów (cement CEM X) z zastosowaniem popiołu lotnego wapiennego.

Badania betonów. Etap ten obejmuje kompleksowe badania betonów konstrukcyjnych oraz badania betonów nowej generacji z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego. Zakres badań obejmował ocenę popiołu lotnego wapiennego jako dodatku typu II oraz badania betonów z cementów, z popiołem lotnym wapiennym jako jednym ze składników głównych. Badane są zarówno właściwości mieszanki betonowej (w tym szczególnie efektywność działania różnych domieszek w obecności dodatku popiołu lotnego wapiennego), jak i właściwości stwardniałego betonu, m.in.: wytrzymałość na ściskanie ze szczególnym uwzględnieniem wytrzymałości krótko i długoterminowej, nasiąkliwość, wodoprzepuszczalność, mrozoodporność oraz skurcz. Ponadto, wykonywane są badania trwałości, uwzględniające szerokie spektrum środowisk agresywnych i rodzajów korozji betonu. Ważnym elementem programu badawczego jest również monitorowanie zmian struktury betonu w różnych warunkach wilgotności i temperatury otoczenia. Prowadzone badania obejmują także rozkłady temperatury w masywnych elementach betonowych i monitorowanie spękań wywołanych ciepłem hydratacji. Program badań betonów nowej generacji obejmuje przede wszystkim betony wysokowartościowe i samozagęszczalne. Uzyskane wyniki badań i ich analiza posłużą do oceny przydatności popiołu lotnego wapiennego jako dodatku do betonu oraz określenia zakresu stosowania betonu z cementów zawierających popiół lotny wapienny w budownictwie.

Uzyskane wyniki badań posłużą do opracowania:

- wytycznych do metod waloryzacji popiołu lotnego wapiennego;
- wytycznych technologicznych produkcji cementów zawierających popiół lotny wapienny: cementu portlandzkiego popiołowego CEM II/A,B-W, cementu portlandzkiego wieloskładnikowego CEM II/A, B – M oraz cementu pucolanowego CEM IV/A, B;
- instrukcji stosowania popiołu lotnego wapiennego jako dodatku typu II do betonu;
- wytycznych stosowania cementów z dodatkiem popiołu lotnego wapiennego w budownictwie.

Efekty Projektu są na bieżąco, nieodpłatnie udostępnione za pośrednictwem strony internetowej www.smconcrete.polsl.pl. Na stronie tej znajdują się raporty z poszczególnych zakończonych zadań, referaty i artykuły związane z projektem opublikowane na konferencjach oraz w czasopiśmie naukowych i technicznych. Efekty Projektu zostaną również przedstawione podczas konferencji podsumowującej Projekt, która odbędzie się w maju 2013 roku.