

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Postęp cywilizacyjny ostatnich dwóch stuleci przyniósł ludzkości wiele korzyści, w tym poprawę standardu życia, ale również nowe zagrożenia dla środowiska i przyszłych pokoleń. Wśród najważniejszych wyzwań związanych z rozwojem gospodarczym znajduje się rosnące zużycie surowców naturalnych, do których dostęp, zwłaszcza do złóż wysokiej jakości, staje się coraz bardziej ograniczony z powodu intensywnej eksploatacji. Dlatego tak istotne jest poszukiwanie rozwiązań umożliwiających ponowne wykorzystanie odpadów (recykling) oraz przetwarzanie ich w produkty o wyższej wartości i funkcjonalności (upcykling). Przykładem niedocenianego surowca odpadowego jest lignina, powstająca w zakładach przemysłu celulozowo-papierniczego oraz biorafineriach. Najczęściej spalana jest na miejscu jako paliwo, służąc do produkcji energii potrzebnej w procesach przemysłowych. Jednak lignina to biopolimer o znacznym potencjale, który może być z powodzeniem wykorzystany w innych dziedzinach. W tym projekcie zostanie ona użyta jako składnik organiczny nowatorskich domieszek hybrydowych do zrównoważonych kompozytów cementowych.

Drugim kluczowym wyzwaniem jest narastający problem zanieczyszczenia powietrza. Według Światowej Organizacji Zdrowia aż 99% światowej populacji oddycha powietrzem, w którym poziom zanieczyszczeń przekracza zalecane normy. Najbardziej narażeni są mieszkańcy krajów o niższych i średnich dochodach, gdzie stężenia szkodliwych substancji, takich jak pyły zawieszone, ozon, tlenki węgla i azotu, dwutlenek siarki oraz lotne związki organiczne, są szczególnie wysokie. Zanieczyszczenia te mogą prowadzić do poważnych chorób układu oddechowego i sercowo-naczyniowego. Problem zanieczyszczenia powietrza wymaga działań w dwóch kierunkach: (i) ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery poprzez nowoczesne technologie, zmniejszenie zużycia surowców i energii oraz stosowanie systemów wychwytywania zanieczyszczeń; (ii) usuwania już obecnych w środowisku zanieczyszczeń, m.in. poprzez ich rozkład na substancje bezpieczne dla środowiska i ludzi. Projekt skupia się na materiałach budowlanych, ponieważ produkcja cementu portlandzkiego generuje ogromne zużycie energii i odpowiada za około 8% globalnej emisji CO₂ związanej z działalnością człowieka. W ramach projektu postawiono sobie za cel stworzenie trwalszych materiałów budowlanych o nowych, pożądanych właściwościach.

W tym celu lignina pozyskiwana bezpośrednio z zakładów przemysłu celulozowo-papierniczego i biorafinerii zostanie odpowiednio zmodyfikowana, by poprawić jej funkcję jako domieszki uplastyczniającej do zapraw cementowych oraz zwiększyć skuteczność łączenia z komponentem nieorganicznym w układzie hybrydowym. Tym komponentem nieorganicznym będzie nanometryczny tlenek tytanu(IV), specjalnie zmodyfikowany, by uzyskać aktywność fotokatalityczną zarówno w zakresie promieniowania ultrafioletowego, jak i światła widzialnego. Połączenie TiO₂ z ligniną w materiale hybrydowym zostanie przeprowadzone z wykorzystaniem przyjaznej środowisku metody mechanochemicznej. Pozwoli to także rozwiązać problem agregacji i aglomeracji nanocząstek, które przyczyniają się do pogarszania właściwości kompozytów cementowych. Otrzymane materiały hybrydowe zostaną poddane kompleksowej charakterystyce z użyciem dostępnych metod badawczych i technik pomiarowych, takich jak m.in.: spektroskopia w podczerwieni z transformacją Fouriera, skaningowa mikroskopia elektronowa, analiza termogravimetryczna, pomiar wielkości cząstek i potencjału elektrokinetycznego w funkcji pH.

W kolejnym etapie opracowane domieszki hybrydowe z udziałem ligniny zostaną zastosowane w kompozytach cementowych, także tych o obniżonym śladzie węglowym, gdzie część klinkieru portlandzkiego zostanie zastąpiona dodatkami mineralnymi (popiół lotny, żużel wielkopiecowy, pył krzemionkowy). Celem będzie ocena wpływu tych domieszek na właściwości świeżej i stwardniałej zaprawy cementowej, w tym reologię (m.in. urabialność), wytrzymałość na ściskanie i zginanie, mikrostrukturę oraz porowatość. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na funkcjonalne cechy nowych materiałów, takie jak zdolność do usuwania zanieczyszczeń powietrza i wody oraz ograniczanie rozwoju mikroorganizmów, co przekłada się na większą odporność na korozję mikrobiologiczną. Przeprowadzone zostaną także badania trwałości otrzymanych kompozytów pod kątem długotrwałej ekspozycji na czynniki środowiskowe, w tym cykle zamrażania i rozmrażania, ekspozycję na CO₂ (karbonatyzacja) oraz promieniowanie UV.

Efektom realizacji projektu będzie opracowanie zrównoważonych kompozytów cementowych o nowych, funkcjonalnych właściwościach, uzyskanych dzięki innowacyjnym domieszkom hybrydowym z udziałem odpadowej ligniny. Tak zaprojektowane materiały mogą znacząco przyczynić się do rozwoju budownictwa zrównoważonego, a powstałe konstrukcje będą służyć przez wiele pokoleń, jednocześnie zmniejszając negatywny wpływ na środowisko. Projekt realizowany będzie w Politechnice Poznańskiej na Wydziale Technologii Chemicznej i Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu oraz we współpracy międzynarodowej z Czech Technical University w Pradze. Dzięki dostępowi do nowoczesnego zaplecza badawczego i bogatemu doświadczeniu zespołu naukowego gwarantowane jest, że projekt zostanie zrealizowany terminowo i na najwyższym poziomie naukowym.