

Ciągle rosnąca globalna produkcja, wykorzystanie materiałów plastikowych we wszystkich aspektach życia człowieka oraz niedostateczny poziom recyklingu prowadzi do narastającego zanieczyszczenia środowiska tworzywami sztucznymi. Częstki tworzyw sztucznych o wielkości poniżej 5 mm określa się jako Mikroplastiki (MPs). Powstają one głównie w wyniku fragmentacji większych odpadów plastikowych pod wpływem czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych, takich jak promieniowanie UV, uszkodzenia mechaniczne czy aktywność mikroorganizmów (mikroplastik wtórny). Mogą one również trafiać bezpośrednio do środowiska (mikroplastik pierwotny) w postaci granulki stosowanych w kosmetykach, środkach czyszczących czy procesach przemysłowych.

Jednym z głównych miejsc akumulacji mikroplastików są osady ściekowe – wilgotny produkt uboczny oczyszczania ścieków, zawierający materię organiczną, składniki odżywcze oraz zanieczyszczenia chemiczne. Szacuje się, że nawet 90% ilości MPs wpływających do oczyszczalni ścieków ze strumieniem zanieczyszczeń łąduje w osadach ściekowych po procesie oczyszczania. Najczęściej wykrywane MPs to cząstki Polietylenu (PE), polipropylenu (PP), Politereftalanu Etylenu (PET) i Polistyrenu (PS).

Ze względu na niewielkie rozmiary i odporność na degradację, MPs łatwo rozprzestrzeniają się w środowisku i mogą wiązać szkodliwe zanieczyszczenia, takie jak pestycydy czy farmaceutyki, stwarzając zagrożenie dla ekosystemów i zdrowia ludzi. Bezpośrednie stosowanie osadów jako nawozu jest w UE niedozwolone – osady nie spełniają wymogów dyrektywy Rady UE 86/278/EWG z dnia 12 czerwca 1986 r. ze względu na obecność patogenów i toksycznych substancji. W związku z tym poszukiwane są skuteczne metody ich przetwarzania, wśród których obiecującą jest hydrotermiczne uwęglanie (HTC), prowadzone w warunkach wysokiego ciśnienia i temperatury (do 50 bar, 160–350 °C), umożliwiające odwodnienie osadów, eliminację patogenów i wytworzenie hydrowęgla oraz cieczy procesowej. Niestety, frakcja ciekła zawiera duże ilości związków organicznych i nieorganicznych, w tym mikrozanieczyszczenia budzących szczególne objawy (ang. Contaminants of Emerging Concern - CECs). Należą do nich, między innymi: fenole, Wielopierścieniowe Węglowodory Aromatyczne (WWA) i ich hydroksypochodne (OH-WWA), które mogą sorbować się na przekształconych MPs i trafić do hydrowęgla, prowadząc do wtórnego zanieczyszczenia środowiska przy rolniczym zastosowaniu biosolidów. Choć badania wskazują, że HTC może częściowo lub całkowicie, w zależności od parametrów procesu, degradować MPs, mechanizmy tych przemian oraz ich wpływ na sorpcję i transport mikrozanieczyszczeń są niedostatecznie opisane w literaturze i wciąż wymagają dokładnych analiz.

Celem projektu HTC-MPact jest zbadanie wpływu warunków hydrotermicznego uwęglania (HTC) na właściwości fizykochemiczne i sorpcyjne mikroplastików (MPs) obecnych w osadach ściekowych, ze szczególnym uwzględnieniem ich interakcji sorpcyjnych z mikrozanieczyszczeniami CECs: WWA, OH-WWA i fenolami, określając ich możliwości transportu i bezpieczeństwo lądowego zagospodarowania biosolidów powstałych w procesie HTC. Projekt będzie obejmował międzynarodową współpracę pomiędzy AGH w Krakowie (Polska) a Uniwersytetem w Trydencie (Włochy).

W ramach pierwszej części badań przeprowadzone zostaną procesy HTC na osadach ściekowych pozyskanych z Oczyszczalni Ścieków Płaszów (Kraków) z dodatkiem polimerów (PE, PP, PET, PS), a następnie separacja i analiza zmian morfologii i chemicznego składu powierzchni mikroplastików (MPs) z wykorzystaniem technik mikroskopowych i spektroskopowych, takich jak: Skaningowa Mikroskopia Elektronowa (SEM), Spektroskopia w podczerwieni z Transformacją Fouriera (FTIR) oraz Konfokalna Mikroskopia Ramana (CRM).

Druga część badań obejmie podstawową analizę produktu stałego (hydrowęgla). Planowane jest wykonanie analiz fizykochemicznych, obejmujących m.in. oznaczenie zawartości węgla, wodoru, azotu, fosforu i siarki, ocenę wartości opałowej, oraz innych kluczowych parametrów.

W trzeciej części badań planuje się wyznaczenie wartości referencyjnych wybranych CECs, tzn. ich zawartości w surowym osadzie ściekowym, hydrowęgla oraz cieczy po HTC w celu określenia tła analitycznego dla wykonywanych badań. Do ekstrakcji WWA i OH-WWA z fazy stałej zastosowana zostanie metoda QuEChERS, a ciecz procesowa zostanie dodatkowo przebadana pod kątem całkowitej zawartości związków organicznych (TOC), chemicznego zapotrzebowania na tlen (COD). Wykorzystane zostaną techniki spektroskopowe oraz chromatografia gazowa i cieczowa sprzężona ze spektrometrią mas (GC-MS/MS i LC-MS/MS). Eksperymenty sorpcyjne dla danych CECs zostaną przeprowadzone w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych takich jak: temperatura, czas kontaktu, stężenie zanieczyszczeń oraz ilość MPs w celu precyzyjnego określenia ich zdolności sorpcyjnych. Stężenia CECs zostaną wyznaczone za pomocą technik chromatograficznych. Uzyskane dane posłużą do modelowania z zastosowaniem izoterm Freundlicha i modelu termodynamicznego. Niniejszy projekt pozwoli ocenić, czy przetworzone MPs mogą być wtórnym źródłem mikrozanieczyszczeń w środowisku. Wyniki posłużą jako podstawa do regulacji dotyczących bezpiecznego zagospodarowania biosolidów i ograniczania obecności MPs, wspierając cele unijnej strategii Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ) i ochrony środowiska.