

Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Titolo del progetto: Recupero di materie prime critiche dai residui della valorizzazione energetica dei rifiuti urbani

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
INGEGNERIA AMBIENTALE E IDRAULICA

Responsabile scientifico: Prof.ssa Alessandra Poletti

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 12

Azienda: ACEA ELABORI S.p.A.

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 7000,00

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE con delibera del 22.09.2021

Progetto di ricerca:

Nel contesto Europeo, alla valorizzazione energetica della frazione dei rifiuti urbani che per caratteristiche qualitative e quantitative non può essere avviata a recupero/riciclo di materia, è riconosciuto un ruolo fondamentale nel complesso di azioni per la gestione sostenibile dei rifiuti. Tuttavia, sia per le caratteristiche specifiche del cosiddetto Combustibile Solido Secondario (CSS) prodotto a partire dalla frazione di rifiuti urbani residuale dalla raccolta differenziata, sia per le prestazioni sempre più spinte delle linee di trattamento dei fumi prodotti dagli impianti di valorizzazione energetica, i residui solidi dei processi di valorizzazione energetica dei rifiuti rappresentano uno scarto di processo di quantità non trascurabile (circa pari al 30% in peso del CSS), classificabile come rifiuto speciale pericoloso o non pericoloso (scorie di fondo) ovvero esclusivamente come rifiuto pericoloso (ceneri volanti). È pertanto evidente che, al fine di attuare i principi alla base della transizione ecologica dei sistemi industriali nonché per raggiungere gli obiettivi di circolarità, nel caso dei processi di valorizzazione energetica occorre individuare strategie di gestione degli scarti che consentano di limitarne lo smaltimento in discarica nonché gli impatti ambientali derivanti dal potenziale rilascio di inquinanti verso le acque superficiali e sotterranee sia in fase di smaltimento finale sia nei diversi scenari di riutilizzo ipotizzabili.

La presente proposta, innestandosi in tale ambito di ricerca, si propone di approfondire lo studio di processi avanzati per la separazione dei residui originati dai processi termici del CSS al fine di recuperarne sia le frazioni direttamente riciclabili, quali i rottami di metalli ferrosi e non ferrosi e le frazioni inerti, sia gli elementi di pregio (i cosiddetti Critical Raw Materials identificati dalla EU) attraverso la opportuna combinazione di processi di tipo fisico, chimico e biochimico. L'attività di ricerca comprenderà una campagna analitica approfondita per la caratterizzazione dei residui della valorizzazione energetica del CSS provenienti da impianti della Azienda partner del progetto di ricerca (ACEA Elabori SpA), nonché l'analisi sperimentale di più schemi di processo per la separazione delle frazioni direttamente riciclabili (rottami di metalli ferrosi e non ferrosi, frazioni inerti) ovvero da avviare ad una successiva combinazione di trattamenti fisici (ultramacinazione, ultrasonificazione), chimici (washing, estrazione con acidi e basi, estrazione con solvente) e biologici (bioleaching) per il recupero di frazioni/elementi valorizzabili. I processi suindicati verranno indagati sia singolarmente che in una sequenza di trattamento volta ad ottimizzare sia le rese di recupero che la purezza e la concentrazione dei costituenti separati.

I risultati acquisiti nel corso della campagna sperimentale saranno utilizzati per la descrizione teorica dei meccanismi fisici, chimici e biologici coinvolti nel processo di recupero attraverso i principi della modellazione geochimica, e saranno altresì elaborati per l'esecuzione di bilanci di massa e di energia in un'ottica di Life Cycle Assessment che consentirà di valutare gli schemi di processo per il recupero di frazioni ed elementi valorizzabili da adottare su scala

industriale, nonché di stimare il bilancio ambientale netto degli schemi di processo studiati.

La presente proposta si inquadra nei seguenti ambiti tematici in ambito nazionale, europeo ed extra-europeo:

- Nazioni Unite, Obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs) 7 (“Affordable and clean energy”), 9 (“Industry, innovation and infrastructure”) e 11 (“Sustainable cities and communities”)
- Green Deal europeo, Obiettivi Tematici OT3 (“Mobilitare l’industria per un’economia pulita e circolare”), OT7 (“Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità”), OT8 (“Obiettivo inquinamento zero per un ambiente privo di sostanze tossiche”)
- Grande ambito di ricerca e innovazione “Prodotti alimentari, bioeconomia, risorse naturali, agricoltura, ambiente”, area d’intervento “Green technologies”, articolazione 4 “Riduzione dei rifiuti e della domanda di critical raw materials tramite approcci di disassembling e materials recovery, remanufacturing e refurbishing” del Programma Nazionale per la Ricerca 2021-2027
- Missione 2 “Rivoluzione verde e transizione ecologica”, Componente 1 “Economia circolare e agricoltura sostenibile” del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

La ricerca mira a contribuire a rendere più sostenibili dal punto di vista ambientale gli impianti di produzione di energia da fonti alternative alle fossili, elemento essenziale per conseguire la effettiva decarbonizzazione di ambiti urbani e industriali nonché l’uso razionale delle risorse e il recupero di materia ed energia dai rifiuti. In tale ambito risulta strategicamente opportuno adottare un’ottica di economia circolare, in modo tale da rendere gli scarti di processo materia prima per attività di recupero/riciclo poste a valle.

Titolo del progetto (inglese): Recovery of critical raw materials from solid residues of waste-to-energy plants

Progetto di ricerca (inglese):

In the European framework, energy valorization of the residual fraction of municipal solid waste, that is not suitable for materials recycling/recovery, is regarded to play a key role in the implementation of sustainable waste management strategies. Due to the intrinsic characteristics of the residual fraction of municipal waste and the secondary solid fuel produced from the former as well as to the high performance standards of the technologies applied in waste-to-energy plants, the solid residues produced by the air pollution control (APC) units (bottom ashes, fly ashes and other APC residues) are an important concern from both the quantitative and qualitative point of view. Depending on their origin, they are classified as either non-hazardous or hazardous wastes.

In order to pursue the ecological transition of industrial systems such as waste-to-energy plants and achieve circularity, proper management of waste-to-energy residues is, among others, required to reduce final landfill disposal and the adverse environmental impacts caused by the leaching of potential pollutants.

The present research proposal is aimed at investigating innovative processes and technologies for the advanced recovery of recyclable fractions (ferrous and non-ferrous metals, inert fractions) and critical raw materials (as identified by the EU) by proper combination of physical, chemical and biochemical processes.

The research activity will include a detailed analytical campaign for the characterization of the solid residues (bottom ash, fly ash and APC residues) from waste-to-energy plants managed by the ACEA Elabori company. This phase will be followed by an experimental campaign that will be focused on testing integrated treatment/extraction/separation processes to recover recyclable fractions (ferrous and non-ferrous metals, inert fractions) and critical raw materials including P, Mg, Ti, V, as well as (whenever justified by the measured contents in the ashes) rare earth elements.

The processes to be investigated will include physical (mechanical or hydraulic separation, attrition washing, attrition separation, intensive milling, sonication), chemical (chemical extraction with various agents, hydrothermal processes) and biological (bioleaching) techniques. These will be tested both individually and as a treatment train in order to maximize the separation yield as well as the purity and concentration of the recovered fractions/elements.

The results of the experimental research will be used to provide a theoretical description of the physical, chemical and

biological mechanisms involved in the recovery process by means of geochemical modelling. The experimental data will also be used to derive mass and energy balances for the advanced separation process. A life cycle assessment approach (LCA) will be adopted to compare different process configurations for the recovery of valuable fractions/elements from the residues to be implemented at the industrial scale, as well as to derive the net environmental balance of the investigated recovery systems.

The proposed research falls within the following themes as defined at the national, European and extra-European levels:

- United Nations, Sustainable Development Goals (SDGs) 7 (“Affordable and clean energy”), 9 (“Industry, innovation and infrastructure”) e 11 (“Sustainable cities and communities”)
- European Green Deal, priorities “protecting our biodiversity and ecosystems”, “reducing air, water and soil pollution”, “moving towards a circular economy”, “improving waste management”
- Research and innovation area “Food products, bioeconomy, natural resources, farming, environment”, intervention area “Green technologies”, theme 4 “Reduction of waste and critical raw materials demand through disassembling and materials recovery, remanufacturing e refurbishing” of the 2021-2027 Italian Research Plan
- Mission 2 “Green revolution and ecological transition”, component 1 “Circular economy and sustainable agriculture” of the Italian Recovery Plan

The project is aimed at improving the sustainability profile of waste-to-energy plants, which are believed to contribute to the decarbonization of the urban and industrial sectors, as well as the rational use of natural resources and materials and energy recovery from wastes. To this aim, a circular economy approach is required to turn the solid residues from waste-to-energy into new materials for downstream use.