

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

Titolo del progetto: Utilizzazione di tecniche di monitoraggio e analisi di tipo non distruttivo e non invasivo di tipo green, basate su chemical imaging, per la caratterizzazione, la valorizzazione e il re-impiego in agricoltura di scarti agronomici e monitoraggio delle coltivazioni e dei prodotti risultanti da tale re-impiego.

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
INGEGNERIA ELETTRICA, DEI MATERIALI E DELLE NANOTECNOLOGIE

Responsabile scientifico: Giuseppe Bonifazi

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso In via di definizione

Azienda: FRIULI COSTRUZIONI S.R.L.

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 10000

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, MATERIALI, AMBIENTE con delibera del 21/09/2021

Progetto di ricerca:

PREMESSA: L'UE è alla continua ricerca di soluzioni tecnologiche innovative che possano entrare nel mercato e che possano avere un impatto ambientale ridotto. Il progetto proposto si ritiene essere pienamente pertinente con l'Ambito Tematico (art.3 comma 1 DM101061/2021) GREEN ed in particolare con riferimento a due tematiche: primariamente quella della "Promozione di uno sviluppo sostenibile" e secondariamente quella della "Conservazione dell'ecosistema". Il progetto è infatti finalizzato all'impiego di tecniche analitiche legate all'utilizzo della spettroscopia del visibile ed dell'infrarosso ad onde corte, basate sull'impiego di sistemi ed architetture innovative di acquisizione delle informazioni (HyperSpectral Imaging: HSI) in grado di operare direttamente in impianto e/o in campo senza alcun prelievo o preparazione dei campioni, al fine di operare la determinazione delle caratteristiche di prodotti risultanti da un processo bio-cinetico di trattamento di rifiuti organici legati al metabolismo umano (i.e. toilette mobili e/o prodotti solidi organici risultanti da impianti di depurazione) e agli scarti agronomici, tutto ciò al fine di un loro re-impiego in agricoltura. Tali tecniche HSI non saranno utilizzate soltanto per la caratterizzazione dei prodotti risultanti dalle varie fasi del processo bio-cinetico, ma anche per operare il successivo monitoraggio delle coltivazioni e dei prodotti risultanti da tale re-impiego, tutto questo attraverso l'implementazione di logiche di tipo chemiometrico.

OBIETTIVI E FASI DEL PROGETTO: L'obiettivo principale di questo progetto è quello di poter arrivare ad utilizzare in agricoltura le diverse tipologie di materiali solidi particolati risultanti da un processo bio-cinetico alimentato da rifiuti organici legati al metabolismo umano e da scarti agronomici. A tal fine il progetto di dottorato è orientato a sviluppare tecniche di monitoraggio di tipo ottico-digitale basate sull'analisi di immagine iperspettrale (HSI) condotta nel visibile e nel vicino infrarosso, sia "on-line" e "in situ" rispettivamente, sia sui prodotti risultanti dalle diverse fasi del già citato processo di trattamento biocinetico dei rifiuti organici, sia relativamente alle caratteristiche e dello stato dei suoli, delle piante e/o dei frutti prodotti prima e dopo l'utilizzo di tale prodotto. Tale approccio consentirà lo sviluppo di logiche di correlazione e controllo in grado di rendere fortemente sostenibile e caratterizzata da basso impatto ambientale la sequenza di operazioni la filiera: [trattamento dei rifiuti organici]-[utilizzo e reimpiego dei prodotti del trattamento]-[stato dei suoli]-[stato delle coltivazioni]-[controllo e caratterizzazione della produzione agricola]. Tutto ciò in funzione del fatto che le tecniche non solo sono di tipo non invasivo e non distruttivo ma sono caratterizzate da un bassissimo impatto ambientale in termini analitici rispetto alle tipologie di analisi di tipo classico.

Lo studio sarà articolato, in più Fasi, sinteticamente di seguito riportate:

Fase 1: campionamento del materiale solido derivante dalla produzione ossidativa della miscela organica naturale costituita da solidi fluidi e particolati che costituisce l'alimentazione al processo di trattamento biocinetico. Tale prodotto verrà attivato biologicamente utilizzando enzimi derivanti dalla flora e dalla fauna contribuendo così in modo sostanziale al loro riutilizzo e valorizzazione.

Fase 2: monitoraggio di tipo ottico-digitale basate sull'analisi iperspettrale di materiali solidi particolati risultanti dal processo biocinetico.

Fase 3: elaborazione e trattamento dei dati con l'aiuto della statistica multivariata e di tecniche chemiometriche basate sull'analisi degli attributi iperspettrali rilevati per le diverse tipologie di prodotti risultanti dal trattamento biocinetico, dei suoli, delle coltivazioni e dei prodotti agricoli risultanti da tale re-impiego. Gli attributi iperspettrali saranno analizzati in relazione alle caratteristiche, per le diverse tipologie di prodotti, mediante con procedure analitiche classiche.

Fase 4: messa a punto di una procedura per il recupero dell'acqua, affinché quest'ultima, essendo ricca di sostanze azotate, possa essere riutilizzata nelle colture.

Fase 5: sperimentazione in situ dei prodotti risultanti dalle diverse fasi del processo di trattamento biocinetico dei rifiuti. Monitoraggio della coltivazione sul suolo, valutando le caratteristiche e lo stato di quest'ultimo, prima durante e dopo l'utilizzo dei prodotti risultanti da processo biocinetico. Verranno altresì condotte sperimentazioni dello stesso tipo ma con riferimento a coltivazioni idroponiche, ciò al fine di ridurre o eliminare l'utilizzo di sostanze chimiche di sintesi.

Fase 6: Raccolta analisi e valutazione dei risultati.

Gli OBIETTIVI SPECIFICI che il progetto intende conseguire sono 2 sono di seguito riportati.

OBIETTIVO SPECIFICO 1 – Definizione di una piattaforma integrata hardware & software per l'acquisizione, il processamento e l'analisi dei dati iperspettrali di tutte le tipologie di prodotto già citate. Tale obiettivo sarà raggiunto attraverso lo svolgimento delle seguenti attività: 1.1 – Definizione della piattaforma di acquisizione delle informazioni. 1.2 – Messa a punto delle procedure di acquisizione delle informazioni iperspettrali relativamente ai diversi prodotti. 1.3 – Definizione dell'architettura delle librerie iperspettrali. 1.4 – Acquisizione delle informazioni iperspettrali e

generazione delle librerie. Indicatore/i di risultato: realizzazione di librerie iperspettrali rappresentative di tale tipologia di attributi relativamente alle caratteristiche dei diversi prodotti. Standard di risultato: i) descrizione e definizione della struttura e delle caratteristiche delle librerie iperspettrali e modalità di utilizzo (Manuale operativo), ii) librerie iperspettrali in formato digitale (ASCII) e iii) software di tipo "friendly interactive", per la gestione delle librerie iperspettrali.

OBIETTIVO SPECIFICO 2 – Caratterizzazione e classificazioni delle diverse tipologie di prodotti. Tale obiettivo sarà raggiunto attraverso lo svolgimento delle seguenti attività: 2.1 – Messa a punto delle procedure di pre-processamento degli spettri. 2.2 – Messa a punto delle procedure di classificazione e verifica dei risultati. 2.3 – Messa a punto finale delle procedure di classificazione e validazione. Indicatore/i di risultato: i) qualità delle procedure di riconoscimento, classificazione e caratterizzazione dei materiali contenenti amianto, in relazione ai risultati ottenuti utilizzando tecniche analitiche di tipo classico e ii) valutazione dei tempi analitici totali e dell'impatto ambientale delle nuove procedure rispetto a quelle di tipo classico. Standard di risultato: i) descrizione di tutte le procedure e delle loro modalità d'uso (Manuale operativo) e ii) redazione di un relazione sull'innovatività/vantaggi/svantaggi legati all'utilizzo delle nuove procedure.

RISULTATI ATTESI: I risultati attesi consistono nel miglioramento delle metodologie di recupero dei rifiuti organici legati al metabolismo umano al metabolismo umano e agli scarti agronomici, nonché di un loro corretto trattamento al fine di ottenere un prodotto utilizzabile in ambito agricolo. Da tale approccio si potrebbero trarre innumerevoli vantaggi, sia per la coltivazione sul suolo sia per la coltivazione in condizioni idroponiche. L'applicazione sistematica di metodiche basate su HSI consentirebbe infatti la conduzione di analisi sia a scala di processo che di coltivazione in grado di fornire utili indicazioni al fine di conoscere le caratteristiche chimico-fisiche e le varie concentrazioni delle sostanze presenti, sia nei prodotti del processo sia nei suoli, rendendo così possibile lo sviluppo di strategie finalizzate alla loro valorizzazione in ambito agricolo.

Titolo del progetto (inglese): Use of non-destructive and non-invasive green monitoring and analysis techniques, based on "chemical imaging", for the characterization, enhancement and re-use in agriculture of agronomic waste and monitoring of crops and products resulting from this reuse -use.

Progetto di ricerca (inglese):

INTRODUCTION: The EU is constantly looking for innovative technological solutions that can enter the market and that can have a reduced environmental impact. The proposed project is considered to be fully pertinent to the GREEN Thematic Area (article 3 paragraph 1 DM101061 / 2021) and in particular with reference to two themes: firstly that of "Promotion of sustainable development" and secondly that of "Conservation of ecosystem". The project is in fact aimed at the use of analytical techniques related to the use of visible and infrared short wave spectroscopy, based on the use of innovative information acquisition systems and architectures (HyperSpectral Imaging: HSI) capable of operating directly in the plant and / or in the field without taking or preparing samples, in order to determine the characteristics of products resulting from a bio-kinetic process of treatment of organic waste linked to human metabolism (i.ee mobile toilets and/or products organic solids resulting from purification plants) and agronomic waste, all in order to reuse them in agriculture. These HSI based techniques will not only be used for the characterization of the products resulting from the various phases of the bio-kinetic process, but also to carry out the subsequent monitoring of the crops and products resulting from this re-use, all this through the implementation of logic chemiometric type.

OBJECTIVES AND PHASES OF THE PROJECT: The main objective of this project is to be able to use in agriculture the different types of particulate solid materials resulting from a bio-kinetic process fed by organic waste linked to human metabolism and agronomic waste. To this end, the PhD project is aimed at developing optical-digital monitoring techniques based on hyperspectral image analysis (HSI) conducted in the visible and near infrared, both "on-line" and "in situ" respectively, both on the products resulting from the different phases of the aforementioned biokinetic treatment process of organic waste, and in relation to the characteristics and state of the soils, plants and/or fruits produced before and after the use of this product. This approach will allow the development of correlation and control logics capable of making the chain of operations highly sustainable and characterized by low environmental impact: [treatment of organic waste] - [use and reuse of treatment products] - [state of soils] - [state of crops] - [control and characterization of agricultural production]. All this in function of the fact that the techniques are not only non-invasive and non-destructive but are characterized by a very low environmental impact in analytical terms compared to the classical types of analysis.

The study will be divided into several phases, summarized below:

Phase 1: Sampling of the solid material resulting from the oxidative production of the natural organic mixture consisting of solid fluids and particulates which is the power supply to the biokinetic treatment process. This product will be activated biologically using enzymes deriving from flora and fauna, thus substantially contributing to their reuse and enhancement.

Phase 2: optical-digital monitoring based on hyperspectral analysis of particulate solid materials resulting from the biokinetic process.

Phase 3: processing and treatment of data with the help of multivariate statistics and chemiometric techniques based on the analysis of the hyperspectral attributes detected for the different types of products resulting from the biokinetic treatment, of the soils, crops and agricultural products resulting from this re-use. The hyperspectral attributes will be analyzed according to the characteristics, for the different types of products, using classical analytical procedures.

Phase 4: development of a procedure for the recovery of water, so that the latter, being rich in nitrogenous substances, can be reused in crops.

Phase 5: in situ testing of the products resulting from the different phases of the biokinetic waste treatment process. Monitoring of cultivation on the soil, evaluating the characteristics and the state of the latter, before, during and after the use of products resulting from the bio-scientific process. Trials of the same type will also be conducted but with reference to hydroponic crops, in order to reduce or eliminate the use of synthetic chemicals.

Phase 6: Collection, analysis and evaluation of the results.

The SPECIFIC OBJECTIVES that the project intends to achieve are listed below.

SPECIFIC OBJECTIVE 1 - Definition of an integrated hardware & software platform for the acquisition, processing and analysis of hyperspectral data of all the types of products already mentioned. This objective will be achieved by carrying out the following activities: 1.1 - Definition of the information acquisition platform. 1.2 - Development of the procedures for the acquisition of hyperspectral information relating to the various products. 1.3 - Definition of the architecture of hyperspectral libraries. 1.4 - Acquisition of hyperspectral information and generation of libraries. Result indicator (s): creation of hyperspectral libraries representative of this type of attribute in relation to the characteristics of the various products. Result standards: i) description and definition of the structure and characteristics of hyperspectral libraries and methods of use (Operating manual), ii) hyper-spectral libraries in digital format (ASCII) and iii) "friendly interactive" software, for the management of hyperspectral libraries.

SPECIFIC OBJECTIVE 2 - Characterization and classification of the different types of products. This objective will be achieved by carrying out the following activities: 2.1 - Setting up of the spectra pre-processing procedures. 2.2 - Setting up of the procedures for classification and verification of results. 2.3 - Final development of the classification and validation procedures. Result indicator (s): i) quality of the procedures for the recognition, classification and characterization of materials containing asbestos, in relation to the results obtained using classical analytical techniques and ii) evaluation of the total analytical times and the environmental impact of the new procedures to those of the classic type. Result standards: i) description of all procedures and their methods of use (Operating Manual) and ii) drafting of a report on the innovativeness/advantages/disadvantages related to the use of the new procedures.

EXPECTED RESULTS: The expected results consist in the improvement of the methods of recovery of organic waste linked to human metabolism, human metabolism and agronomic waste, as well as their correct treatment in order to obtain a product that can be used in agriculture. Countless advantages could be drawn from this approach, both for cultivation on the ground and for cultivation in hydroponic conditions. The systematic application of HSI-based methods would in fact allow the conduct of analyses both at the process and cultivation scale capable of providing useful information in order to know the chemical-physical characteristics and the various concentrations of the substances present, both in the products of the process and in the soils, thus making it possible to develop strategies aimed at their enhancement in agriculture.