



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 seconde da pannelli fotovoltaici esausti e valutazione economico-ambientale.

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
SCIENZE CHIMICHE

Responsabile scientifico: Iolanda Francolini/Antonella Piozzi

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 12

Azienda: Nike srl, sede Via della Stazione di Pavona 126, 00134 Roma

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

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI CHIMICA con delibera del 20/09/2021

Progetto di ricerca:

I sistemi fotovoltaici (PV) producono energia rinnovabile e pulita. Nei prossimi decenni, è previsto un aumento significativo della capacità fotovoltaica installata a causa della crescente domanda di energia. Aumenteranno così i consumi delle materie prime necessarie alla realizzazione degli impianti fotovoltaici e l'impatto ambientale dei pannelli a fine vita (EOL, end of life) derivante dalla presenza di metalli pesanti. Di conseguenza, il recupero e il riutilizzo di materiali come rame, alluminio, argento, vetro, silicio e polimeri da rifiuti fotovoltaici è molto importante per ridurre l'uso di risorse in esaurimento e per favorire sia l'aumento dell'installazione della potenza elettrica derivante dall'energia solare che l'uso dei materiali di recupero in altre filiere produttive.

La Commissione Europea ha incluso i rifiuti fotovoltaici nella Direttiva RAEE (2012/19/EU, EU 2012), indicando gli obiettivi minimi per il recupero (85%) e il riciclaggio (80%) dei Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE). Oltre il 90% dei moduli fotovoltaici installati è realizzato con celle in silicio cristallino (c-Si) mentre il restante 10% è realizzato con tecnologie a film sottile di vario genere, principalmente CdTe, Silicio amorfo e CIGS (di-seleniuro di rame indio gallio).

Attualmente, le tecniche di trattamento per il riciclo dei moduli fotovoltaici sono in fase di sperimentazione preindustriale data la scarsa sostenibilità economica. Infatti, la sperimentazione su larga scala non è ancora possibile a causa dell'esiguo volume dei pannelli fotovoltaici a fine vita avviati a riciclo. Pertanto, il trattamento del pannello EOL-PV è ancora un campo aperto che richiede molta ricerca.

Il processo di riciclo dei pannelli fotovoltaici EOL prevede le fasi di pretrattamento, triturazione e recupero dei materiali presenti nei moduli mediante metodi fisici, termici e chimici. I metodi fisico/meccanici sfruttano la triturazione con separazione per densità, la frantumazione con separatore di metalli e la separazione meccanica per attrito; mentre quelli chimici consistono in trattamenti con acidi o solventi. Nei processi termici il recupero dei materiali viene realizzato mediante pirolisi, incenerimento e fusione dei materiali polimerici.

Un modulo fotovoltaico è costituito da circa l'80% di vetro, 10% Al (telaio), 5% celle di silicio, 4% Tedlar (foglio posteriore conduttivo), 1% di incapsulante (film polimerico EVA), Cu e altri componenti. Triturando il pannello è possibile ottenere la separazione per vaglio della polvere di vetro dagli altri materiali. Generalmente, le plastiche sono abbastanza difficili da recuperare per la presenza dei componenti metallici.

In questo contesto, il programma di ricerca si propone di richiamare il problema dello smaltimento e del recupero dei pannelli fotovoltaici a fine vita. Tra le diverse tipologie di pannelli verranno presi in considerazione quelli attualmente assegnati ad un impianto di riferimento per lo smaltimento del fotovoltaico, situato nel Lazio. Verranno presi in

considerazione metodi meccanici e idrometallurgici per il recupero dei materiali. In particolare, adottando le migliori tecnologie disponibili (BAT, best available technologies), verranno sviluppati i processi di recupero e riciclo per Al, Ag, Cu, vetro, silicio e materiali polimerici. Verranno, inoltre, affrontate le problematiche ambientali ed economiche per valutare l'impatto dei trattamenti dei pannelli fotovoltaici in termini di prestazioni e risorse impiegate. I trattamenti dovrebbero, infatti, essere mirati ad ottenere una buona rimozione dell'incapsulante presente nel pannello, con grande attenzione all'utilizzo di solventi green e ad un elevato consumo di energia nel caso di trattamenti termici effettuati ad alte temperature.

Titolo del progetto (inglese): Raw material recovery from photovoltaic panels at the end of life and environmental-economic evaluation

Progetto di ricerca (inglese):

Photovoltaic (PV) systems produce renewable and clean energy. Therefore, in the coming decades, a significant increase in installed PV capacity is expected due to the growing energy demand. The consumption of raw materials necessary to manufacture the PV systems as well as environmental impact of the panels at the end of life (EOL), deriving from the presence of heavy metals, will be thus increasing.

Consequently, the recovery and reuse of materials such as copper, aluminium, silver, glass, silicon and polymers from PV waste is very important to reduce the use of resources that are running out and to promote the installation increase of solar power or the use of these materials in other production chains. The European Commission has included PV waste in the WEEE Directive (2012/19/EU, EU 2012), indicating the minimum targets for recovery (85%) and recycling (80%) of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Over 90% of the installed PV modules are made with crystalline silicon (c-Si) cells while the remaining 10% is manufactured with thin film technologies of various kinds (mainly CdTe, amorphous Silicon and CIGS, copper indium gallium di-selenide). Currently, the treatment techniques for recycling of PV modules are in the pre-industrial experimental phase given the poor economic sustainability. Indeed, the large-scale experimentation is not yet possible due to the small volume of the PV panels at the end of life sent for recycling. Thus, EOL-PV panel treatment is still an open field that requires a lot of research. The EOL PV panel recycling process involves the phases of pre-treatment, shredding and recovery of the materials present in the modules by physical, thermal and chemical processes. The physical/mechanical methods exploit shredding with separation by density, shredding with metal separator and mechanic separation by friction, while the chemical methods involve treatments with acids or solvents. Finally, the thermal processes including pyrolysis, incineration and melting of polymeric materials.

One PV module consists of about 80% glass, 10% Al (chassis), 5% silicon cells, 4% Tedlar (conductive backsheet), 1% of encapsulant (EVA polymer film), Cu and other components.

By shredding the panel, it is possible to obtain the screening separation between the glass powder and the other materials. The plastics are quite difficult to recover due to the presence of the metal components.

In this framework, the research program aims at recalling the problem of disposal and recovery of EOL photovoltaic panels. Among the different types of panels will be considered those currently assigned to a reference plant for the PV disposal, located in Lazio. Mechanical and hydrometallurgical methods will be accounted for the recovery of the materials. In particular, by adopting the best available technologies (BAT), the recovery and recycling processes will be developed for Al, Ag, Cu, glass, silicon and polymer materials. Moreover, the environmental and economic issues will be addressed to evaluate the impact of the PV panel's treatments in terms of performance and resources used. The treatments should be indeed aimed at obtaining a good removal of the encapsulant present in the PV panel with great attention to the use of green solvents and to high energy consumption in thermal treatments at high temperatures.