

Titolo del Corso: Materiali Critici per la Transizione Energetica

Il corso vuole presentare la problematica di sostenibilità dei materiali utilizzati nella transizione energetica partendo dalle definizioni della Commissione Europea e la situazione geopolitica. Verranno trattati i temi legati alla circolarità del mercato delle risorse, con particolare riferimento all'approccio 3R (Reduce, Reuse, Recycle), e alla valutazione della sostenibilità di processi (LCA) sia da un punto di vista ambientale che economico e sociale. Saranno presentate le problematiche specifiche dei principali materiali critici utilizzati in batterie al litio, magneti permanenti ed elettrocatalisi, ritenuti essenziali per la transizione energetica, con esempi di applicazione delle 3R nei tre settori. Come prova di comprensione delle tematiche del corso, sarà discusso un caso studio a scelta degli studenti basato con un approfondimento della letteratura scientifica e brevettuale. Infine, sarà possibile una visita guidata ai laboratori dell'area di ricerca del CNR in cui sono portati avanti studi su metodi di riciclo delle batterie al litio.

Parole chiave: Economia circolare, Materiali critici, Transizione energetica, LCA, Riciclo

Obiettivi Formativi:

- Comprendere il concetto di materiali critici e la loro rilevanza strategica.
- Analizzare supply chain, rischi geopolitici e politiche internazionali.
- Approfondire proprietà, applicazioni e tecnologie di estrazione/riciclo.
- Valutare impatti ambientali e strategie di sostenibilità.
- Stimolare la ricerca e l'innovazione nel settore.

Programma dettagliato delle lezioni:

1) Introduzione ai Materiali Critici, Geopolitica e Supply chain (2h)

- Definizione e criteri di criticità
- Liste UE e USA
- Ruolo nella transizione energetica
- Distribuzione globale delle risorse
- Dipendenze strategiche
- Politiche europee e internazionali

2) Proprietà e Applicazioni (2h)

- Terre rare, litio, cobalto, nichel, platinoidi
- Ruolo dei materiali nei dispositivi principali coinvolti nella transizione energetica
 - Batterie
 - Magnet permanenti
 - Elettrolizzatori & Celle a combustibile

3) Estrazione e Raffinazione da miniere (1h)

- Processi minerari e metallurgici
- Innovazioni sostenibili

4) Riciclo e Recupero da rifiuti tecnologici (1h)

- Economia circolare & Urban mining
- Tecniche di riciclo
- Tracciabilità dei materiali
- Tecnologie emergenti

5) Sostenibilità e LCA (1h)

- Introduzione all'analisi del ciclo di vita
- Esempi di utilizzo dei risultati di LCA

6) Discussione e Casi Studio (1h)

- Analisi della letteratura scientifica e brevettuale di un caso studio a scelta
- Brainstorming di applicazioni
- Politiche industriali e scenari futuri

Valutazione

- Partecipazione attiva
- Breve relazione su un caso studio

Relatore: Andrea Marchionni

Andrea Marchionni è Ricercatore dell'Istituto di Chimica dei Composti Organometallici del CNR. Ha iniziato la sua attività nel campo della sintesi e caratterizzazione di elettrocatalizzatori per celle a combustibile e per elettrolizzatori, sviluppando esperienza anche nella catalisi eterogenea e, infine, nello sviluppo di materiali e processi per il recupero di materiali critici dal trattamento delle batterie al litio a fine vita.

È autore di 45 articoli scientifici (H-index 25) e di 12 brevetti internazionali. Come esperto qualificato, ha partecipato alla valutazione di numerosi progetti per Università, Consorzi ed Enti sia a livello italiano che internazionale. È un componente per il CNR all'interno del OIMCE – Osservatorio Italiano Materie prime Critiche Energia e ha fatto parte del Gruppo di Lavoro 4 "Urban Mining" del Tavolo Nazionale di Lavoro Materie Prime Critiche.

Course Title: Critical Materials for the Energy Transition

The course aims to present the sustainability challenges associated with the materials used in the energy transition, starting from the definitions provided by the European Commission and the current geopolitical context. The topics will include the circularity of the resource market, with particular focus on the 3R approach (Reduce, Reuse, Recycle), and the evaluation of process sustainability (LCA) from environmental, economic, and social perspectives.

The course will also address the specific issues related to the main critical materials used in lithium batteries, permanent magnets, and electrocatalysis—considered essential for enabling the energy transition—along with examples of how the 3R approach is applied in these three sectors.

As an assessment of the students' understanding of the course topics, each student will select and discuss a case study based on an in-depth review of scientific and patent literature. Finally, participants will have the opportunity to join a guided tour of the CNR research laboratories where studies on lithium-battery recycling methods are carried out.

Keywords: Circular Economy, Critical Materials, Energy Transition, LCA, Recycling

Learning Objectives

- Understand the concept of critical materials and their strategic relevance.
- Analyze supply chains, geopolitical risks, and international policies.
- Deepen knowledge of the properties, applications, and extraction/recycling technologies.
- Evaluate environmental impacts and sustainability strategies.
- Encourage research and innovation in the sector.

Detailed Program

1) Introduction to Critical Materials, Geopolitics, and Supply Chains (2h)

- Definition and criteria of criticality
- EU and US critical materials lists
- Role in the energy transition
- Global distribution of resources
- Strategic dependencies
- European and international policies

2) Properties and Applications (2h)

- Rare earths, lithium, cobalt, nickel, platinum-group metals
- Role of materials in key technologies for the energy transition:
 - Batteries
 - Permanent magnets
 - Electrolyzers & Fuel cells

3) Mining Extraction and Refining (1h)

- Mining and metallurgical processes
- Sustainable innovations

4) Recycling and Recovery from Technological Waste (1h)

- Circular economy & Urban mining
- Recycling techniques
- Material traceability
- Emerging technologies

5) Sustainability and LCA (1h)

- Introduction to life cycle assessment
- Examples of LCA result interpretation and use

6) Discussion and Case Studies (1h)

- Review of scientific and patent literature for a selected case study
- Brainstorming of applications
- Industrial policies and future scenarios

Assessment

- Active participation
- Short written report on a case study

Relatore: Andrea Marchionni

Andrea Marchionni is a Researcher at the Institute of Chemistry of Organometallic Compounds (ICCOM) of the National Research Council of Italy (CNR). He began his career in the field of synthesis and characterization of electrocatalysts for fuel cells and electrolyzers, gaining experience also in heterogeneous catalysis and, more recently, in the development of materials and processes for the recovery of critical materials from end-of-life lithium battery treatments.

He is the author of 45 scientific articles (H-index 25) and 12 international patents. As a qualified expert, he has participated in the evaluation of numerous projects for Universities, Consortia, and Institutions both in Italy and abroad. He serves as a representative for CNR within OIMCE – the Italian Observatory on Critical Raw Materials for Energy, and he was a member of Working Group 4 “Urban Mining” of the National Working Table on Critical Raw Materials.