

Informazioni generali

- Anno di corso: 2
- Semestre: 2
- CFU: 6

Docente responsabile

[Stefano MAZZONI](#)

Obiettivi formativi

Obiettivo del corso è quello di analizzare le tecniche di decarbonizzazione dei sistemi energetici complessi attraverso la modellazione numerica dei principali componenti di impianto per la produzione di calore, lavoro e altri asset (acqua, idrogeno, etc.).

Ad un preambolo relativo all'impatto ambientale delle emissioni inquinanti e più nello specifico delle emissioni di CO₂, seguirà una panoramica degli obiettivi e dei milestones che la comunità internazionale ha posto per il raggiungimento della completa decarbonizzazione entro il 2050, e la classificazione degli scopi di emissione (Emission Scope 1, 2 & 3)

Guardando al completo Life Cycle Assessment del sistema energetico, nel corso verranno trattati i concetti di riduzione delle emissioni di CO₂ a monte (upstream) e a valle (downstream) del processo di conversione, fornendo indicazioni relative al concetto di Circular Economy e all'integrazione di combustibili alternativi, con ridotto impatto ambientale, guardando alla riduzione delle emissioni inquinanti a monte del processo di conversione, e trattando tematiche relative alle tecniche di Carbon Capture & Storage (CCS) e all'impiego delle CO₂ attraverso le tecniche di Carbon Capture & Utilization (CCU).

In relazione ai diversi Emission Scopes presentati in precedenza, parte del corso tratterà la problematica relativa all'ottimizzazione del design preliminare di sistemi energetici altamente integrati, equipaggiati con sistemi di accumulo e alimentati da fonte rinnovabile, e successivamente alla ottimizzazione delle operazioni durante la vita del sistema energetico per la riduzione della CO₂.

Per affrontare compiutamente la problematica della decarbonizzazione, l'ultima parte del corso verterà sulle tecniche di ottimizzazione di funzioni multi-obiettivo per la risoluzione di problemi di fattibilità ambientale e tecno-economica, e sulla messa a punto di algoritmi ibridi (evolutivo-stocastici & deterministici) supportati da tecniche di Artificial Intelligence & Machine Learning.

Programma del corso

- Definizione e Classificazione delle emissioni inquinanti. Analisi dell'impatto ambientale delle emissioni inquinanti di CO₂ e classificazione degli scopi di emissione (Emission Scope 1, 2 & 3). Analisi degli obiettivi e dei milestones che la comunità internazionale ha posto per il raggiungimento della completa decarbonizzazione entro il 2050, e pianificazione per il loro raggiungimento.

- Tecniche e Metodologie per la riduzione delle emissioni di CO₂ e per il raggiungimento degli obiettivi 2050. Concetti di Life Cycle Assessment e di Circular Economy. Trattazione dei fattori di emissione in relazione all'analisi dei sistemi energetici. Disamina delle tecniche e metodologie di riduzione delle emissioni di CO₂ a monte (upstream) e a valle (downstream) del processo di conversione. Introduzione di combustibili alternativi, con ridotto impatto ambientale, guardano alla riduzione delle emissioni inquinanti a monte del processo di conversione. Disamina delle tecniche di Carbon Capture & Storage (CCS) e dell'impiego delle CO₂ attraverso le tecniche di Carbon Capture & Utilization (CCU).

- Introduzione dei concetti di fattibilità e ottimizzazione tecno-economica ambientale. Analisi dei parametri (costi di investimenti e operativi e ricavi) che hanno maggiore effetto sul costo decarbonizzazione. Disamina dei crediti della CO₂, della Carbon Tax e della Blockchain per il trading dei crediti di CO₂. Cenni relativi al processo di validazione, certificazione e trade delle emissioni inquinanti, con riferimento ad enti normatori ed enti di certificazioni (Verra, GoldStandard, BSI, Bureau Veritas). Definizione del processo di decarbonizzazione e problematiche di ottimizzazione.

- Tecniche di Modellazione dei componenti di sistemi energetici con approccio black/Grey box zero dimensionale, al fine di simulare il comportamento del sistema energetico e ottimizzarne il design preliminare (Master-Planning) e le condizioni operative (Optimal Dispatch), per ridurre costi ed emissioni di CO₂.

- Tecniche di Ottimizzazione numerica supportata dalla messa a punto di algoritmi ibridi (evolutivo-stocastici & deterministici) supportati da tecniche di Artificial Intelligence & Machine Learning.

- Metodologia per la formulazione di un problema di ottimizzazione multi-obiettivo per la risoluzione di problemi di fattibilità tecno-economica ambientale, e valutazione della riduzione delle emissioni CO₂, sia upstream sia downstream.

- Casi studio ed esercitazioni per valutare fattori di emissioni, analisi di fattibilità e roadmap verso gli obiettivi 2050.

Eventuali propedeuticità

Laurea nella classe di Ingegneria Industriale. Lo studente deve avere buone basi nel settore

della termodinamica, delle fonti rinnovabili, dello scambio termico e buone conoscenze dei parametri funzionali relativi ai sistemi energetici caratterizzati da alto livello di integrazione.

Testi di riferimento

Il docente fornirà riferimenti e materiale didattico agli studenti, nel corso dello svolgimento delle lezioni.

Per ulteriori approfondimenti:

1. Gillenwater M. CALCULATION TOOL FOR DIRECT EMISSIONS FROM STATIONARY COMBUSTION A WRI/ WBCSD Tool Michael Gillenwater Environmental Resources Trust. 2005.

2. Barrow M, Trust Benedict Buckley C, Kjaerbøll G, Electrolux Katrina Destree Cochran A, Isabel Bodlak A-L, Arturo Cepeda AS, et al. GHG Protocol and Carbon Trust Team Natural Resources Defense Council Johannes Partl and Duncan Noble, PE International and Five Winds International.

3. Allocation of GHG Emissions from a Combined Heat and Power (CHP) Plant Guide to calculation worksheets (September 2006) v1.0 A WRI/WBCSD GHG Protocol Initiative calculation tool.

4. Global Warming Potential Values.

Modalità d'esame

L'esame di Tecniche e Metodologie per la Decarbonizzazione dei Sistemi Energetici si articola in una prova orale.

Durante la prova orale si può discutere lo svolgimento e la soluzione di prove pratiche assegnate. Le prove pratiche hanno lo scopo di verificare le capacità di calcolo critico dello studente su argomenti energetici. La prova orale ha lo scopo di verificare l'apprendimento dei concetti teorici del corso.

La prova di esame valuta la preparazione complessiva dello studente: dalla capacità di integrazione delle conoscenze dei contenuti del corso alla capacità di analisi degli argomenti fino all'elaborazione di giudizi autonomi sulle tematiche del corso. Inoltre vengono valutate la proprietà di linguaggio e la chiarezza espositiva, in aderenza con i descrittori di Dublino (1.

Conoscenza e capacità di comprensione - knowledge and understanding; 2. Capacità di applicare la conoscenza e comprensione - applying knowledge and understanding; 3. Autonomia di giudizio - making judgements; 4. Capacità di apprendimento- learning skills; 5: Abilità di comunicazione - communication skills).

Il voto finale terrà conto per il 70% della completezza delle conoscenze acquisite e per il 30% delle capacità espressive e di giudizio autonomo dimostrate dallo studente.

La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri:

- Non idoneo: importanti carenze nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni e limitate capacità critiche e di giudizio, argomenti esposti in modo non coerente e con linguaggio inappropriato
 - 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili generalizzazioni e imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti; argomenti esposti in modo frequentemente poco coerente e con un linguaggio poco appropriato
 - 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti poco più che sufficiente; capacità di analisi e di sintesi sufficientemente approfondite; linguaggio appropriato
 - 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi esposte in modo rigoroso; linguaggio non sempre appropriato
 - 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti profonda; notevoli capacità di analisi e sintesi; buona autonomia di giudizio; argomenti esposti in modo rigoroso e con linguaggio appropriato
 - 30-30L: Livello di conoscenza e comprensione degli argomenti ottimi; eccellenti capacità di analisi, di sintesi e di autonomia di giudizio; esposizione originale e con linguaggio appropriato.

Scheda insegnamento

 [Scheda insegnamento Tecnologie e Metodologie per la Decarbonizzazione dei Sistemi Energetici \(112 kB\)](#)