



|   |  |
|---|--|
| <b>Insegnamento</b>                           | Energia & Ambiente   |
| <b>Livello e Corso di Studio</b>              | Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale   |
| <b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b> | ING-IND/09   |
| <b>Anno di corso</b>                          | I  |
| <b>Anno Accademico</b>                        | 2022-2023  |
| <b>Numero totale di crediti</b>               | 9 CFU  |
| <b>Propedeuticità</b>                         | Nessuna  |
| <b>Docente</b>                                | Lidia Lombardi<br>Facoltà: Ingegneria<br>Nickname: lombardi.lidia<br>Email: lidia.lombardi@unicusano.it<br>Orario di ricevimento:<br>consultare calendario videoconferenze   |
| <b>Obiettivi formativi</b>                    | L'insegnamento di Energia & Ambiente ha i seguenti obiettivi formativi:<br><ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdurre ai temi dell'impatto sull'ambiente, in particolare sulla componente atmosfera, dei sistemi di conversione energetica.</li> <li>2. Illustrare le caratteristiche, i meccanismi di formazione e l'impatto sull'ambiente e sulla salute dell'uomo dei principali inquinanti atmosferici, con particolare riferimento a quelli originati dai processi di conversione dell'energia.</li> <li>3. Illustrare i principi di funzionamento dei principali sistemi di rimozione del particolato e degli inquinanti gassosi dagli effluenti gassosi.</li> <li>4. Illustrare i principi normativi che regolano la gestione dei rifiuti.</li> <li>5. Illustrare i principi di funzionamento degli impianti di combustione di rifiuti con recupero di energia ed i loro componenti.</li> <li>6. Introdurre alla metodologia di valutazione ambientale Life Cycle Assessment (LCA)</li> </ol>   |
| <b>Prerequisiti</b>                           | Conoscenze di base dell'analisi matematica (Analisi I e Analisi II), della fisica (Fisica), della termodinamica applicata (Termodinamica Applicata), acquisite nei corsi del I e II anno delle lauree in ingegneria industriale.   |
| <b>Risultati di apprendimento attesi</b>      | L'insegnamento, dopo aver fornito gli elementi necessari a comprendere i principali impatti che i sistemi energetici generano sull'ambiente, intende fornire allo studente le basi per la valutazione, la verifica e la progettazione preliminare dei sistemi di rimozione del particolato e degli inquinanti gassosi dagli effluenti gassosi, con particolare riferimento a quelli più impiegati attualmente negli impianti industriali. Ha inoltre la finalità di introdurre lo studente ai principi normativi relativi alla gestione dei rifiuti, fornendo le basi per la valutazione, la verifica e la progettazione preliminare dei processi di combustione dei rifiuti per il recupero energetico.<br><br><p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <p>Conoscenza dei principali impatti sull'ambiente dei sistemi di conversione energetica, capacità di comprensione e descrizione dei meccanismi di formazione dei principali inquinanti atmosferici.</p> <p>Conoscenza dei principali sistemi di rimozione del particolato e degli inquinanti gassosi dagli effluenti gassosi, capacità di comprensione e descrizione del loro funzionamento, dei parametri di progetto e delle condizioni di esercizio che ne influenzano le prestazioni.</p> <p>Conoscenza dei principi normativi che regolano la gestione dei rifiuti.</p> <p>Conoscenza dei processi e degli impianti di combustione dei rifiuti con recupero di energia e dei loro componenti, capacità di comprensione e descrizione del loro funzionamento, dei parametri di progetto e delle condizioni di esercizio che ne influenzano le prestazioni.</p> <p>Conoscenza dei principi della LCA</p> <p><b>Conoscenze e capacità di comprensione applicate</b></p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Capacità di risoluzione di problemi di calcolo relativi a concentrazione di inquinati, confronto con limiti normativi, fattori di emissione di inquinati (calcolo di fattori di emissione e utilizzo di fattori di emissione), prodotti della combustione.</p> <p>Capacità di risoluzione di problemi di calcolo relativi a dimensionamento preliminare di sistemi di rimozione di particolato e di inquinanti gassosi dagli effluenti gassosi.</p> <p>Capacità di risoluzione di problemi di calcolo relativi a dimensionamento preliminare di processi di recupero di energia dai rifiuti per mezzo della combustione.</p> <p>Capacità di analisi di uno studio LCA</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b><br/>Capacità di scegliere le appropriate procedure di risoluzione e le metodologie per lo svolgimento dei problemi assegnati. Capacità di valutare e spiegare i risultati ottenuti dallo svolgimento dei problemi rispetto ai risultati attesi sulla base dello studio teorico. Capacità di interpretare i risultati di una LCA.</p> <p><b>Abilità comunicative</b><br/>Sviluppo di un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che permetta di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze apprese. Capacità di comunicare e descrivere con accuratezza la procedura di risoluzione e le metodologie utilizzate per lo svolgimento dei problemi assegnati. Capacità di illustrare e spiegare i procedimenti ed i risultati della LCA.</p> <p><b>Capacità di apprendere</b><br/>Capacità di studiare autonomamente approfondimenti relativi ai temi dell'insegnamento.</p>  |
| <p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p> | <p>L'insegnamento è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme alle slide, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>La didattica interattiva è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende lo svolgimento di Etivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria, tramite lo sviluppo di fogli elettronici di calcolo da parte dello studente, per la risoluzione di problemi tipici relativi alla produzione di inquinanti dai processi di combustione, dimensionamento preliminare di sistemi di rimozione di particolato e di inquinanti gassosi dagli effluenti gassosi, dimensionamento preliminare di processi di recupero di energia dai rifiuti per mezzo della combustione, semplici casi LCA.</p> <p>In particolare, l'insegnamento di Energia &amp; Ambiente prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo insegnamento è compreso tra 220 e 250 ore così suddivise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- circa 190 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (Teoria ed esercitazioni).</li> <li>- circa 50 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna delle Etivity</li> <li>- circa 5 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione.</li> </ul> <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 11-12 settimane dedicando tra le 20 alle 25 ore di studio a settimana</p> <p>Sulla piattaforma è presente un forum generale per lo scambio di informazioni fra docente e studenti o fra studenti.</p>   |
| <p><b>Contenuti dell'insegnamento</b></p>      | <p>Modulo 1 – Inquinanti atmosferici e aspetti legislativi.</p> <p>Modulo 2 – Emissioni caratteristiche di impianti e fattori di emissione.</p> <p>Modulo 3 – Calcoli di combustione</p> <p>Modulo 4 – Metodi di rimozione del particolato.</p> <p>Modulo 5 – Metodi di trattamento degli effluenti gassosi.</p> <p>Modulo 6 - NO</p> <p>Modulo 7 – Rifiuti: cenni normativi e recupero di energia.</p> <p>Modulo 8 - LCA</p>   |
| <p><b>Materiali di studio</b></p>              | <p>Materiali didattici a cura del docente.</p> <p>Il programma si divide in sei parti principali o moduli: inquinanti atmosferici e aspetti legislativi; emissioni caratteristiche di impianti e fattori di emissione; metodi di rimozione del particolato; metodi di trattamento degli effluenti gassosi; rifiuti: cenni normativi e recupero di energia; LCA. Per ciascun modulo, il materiale didattico è organizzato in lezioni videoregistrate, dispense/slide, esercitazioni svolte e raccolta degli esercizi di esami passati non svolti (raccolta che crescerà via via nel tempo). Sono infine proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni videoregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.<sup>[1]</sup><sup>[2]</sup><sup>[3]</sup><sup>[4]</sup><sup>[5]</sup><sup>[6]</sup><sup>[7]</sup><sup>[8]</sup><sup>[9]</sup><sup>[10]</sup><sup>[11]</sup><sup>[12]</sup><sup>[13]</sup><sup>[14]</sup><sup>[15]</sup><sup>[16]</sup><sup>[17]</sup><sup>[18]</sup><sup>[19]</sup><sup>[20]</sup><sup>[21]</sup><sup>[22]</sup><sup>[23]</sup><sup>[24]</sup><sup>[25]</sup><sup>[26]</sup><sup>[27]</sup><sup>[28]</sup><sup>[29]</sup><sup>[30]</sup><sup>[31]</sup><sup>[32]</sup><sup>[33]</sup><sup>[34]</sup><sup>[35]</sup><sup>[36]</sup><sup>[37]</sup><sup>[38]</sup><sup>[39]</sup><sup>[40]</sup><sup>[41]</sup><sup>[42]</sup><sup>[43]</sup><sup>[44]</sup><sup>[45]</sup><sup>[46]</sup><sup>[47]</sup><sup>[48]</sup><sup>[49]</sup><sup>[50]</sup><sup>[51]</sup><sup>[52]</sup><sup>[53]</sup><sup>[54]</sup><sup>[55]</sup><sup>[56]</sup><sup>[57]</sup><sup>[58]</sup><sup>[59]</sup><sup>[60]</sup><sup>[61]</sup><sup>[62]</sup><sup>[63]</sup><sup>[64]</sup><sup>[65]</sup><sup>[66]</sup><sup>[67]</sup><sup>[68]</sup><sup>[69]</sup><sup>[70]</sup><sup>[71]</sup><sup>[72]</sup><sup>[73]</sup><sup>[74]</sup><sup>[75]</sup><sup>[76]</sup><sup>[77]</sup><sup>[78]</sup><sup>[79]</sup><sup>[80]</sup><sup>[81]</sup><sup>[82]</sup><sup>[83]</sup><sup>[84]</sup><sup>[85]</sup><sup>[86]</sup><sup>[87]</sup><sup>[88]</sup><sup>[89]</sup><sup>[90]</sup><sup>[91]</sup><sup>[92]</sup><sup>[93]</sup><sup>[94]</sup><sup>[95]</sup><sup>[96]</sup><sup>[97]</sup><sup>[98]</sup><sup>[99]</sup><sup>[100]</sup></p> <p>Per approfondire e migliorare l'apprendimento sono consigliati i seguenti testi (disponibili presso la biblioteca):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stefano Cernuschi, Michele Giugliano e Giovanni Lonati. Trattamento delle emissioni in atmosfera. Hoepli. 2016</li> <li>• Giorgio Cau, Daniele Cocco. L'impatto ambientale dei sistemi energetici. S.G.E. 2015</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vittorio Regaini - Carlo Pirola. Processi di separazione nell'industria chimica. Assorbimento, equilibri tra fasi fluide e distillazione. Teoria ed esercizi applicativi. Hoepli. 2016</li> <li>• Thad Godish, Wayne T. Davis, Joshua S. Fu. Air Quality, Fifth Edition. CRC Press. 2014</li> <li>• Giovanni De Feo, Sabino De Gisi, Maurizio Galasso. Rifiuti solidi. Progettazione e gestione di impianti per il trattamento e lo smaltimento. Flaccovio Dario Editore. 2012.</li> </ul>  |
| <b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>          | <p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di attività (Etivity) svolte durante il corso nelle classi virtuali. La valutazione delle Etivity da 0 a 5 punti è effettuata, in itinere, durante il corso, sugli argomenti del modulo 8 – LCA.</p> <p>L'esame di profitto è valutato per i restanti da 0 a 25 punti e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma sia presso i poli didattici previa prenotazione da parte dello studente.</p> <p>La prova scritta si articola nello svolgimento di esercizi riconducibili alle tipologie degli esercizi svolti durante le esercitazioni, con eventuali domande di carattere teorico.</p> <p>Allo studente è richiesto di svolgere gli esercizi riportando accuratamente i passaggi, le espressioni di calcolo utilizzate, e le assunzioni fatte, in modo che sia possibile per il docente ricostruire il ragionamento seguito e distinguere fra le diverse tipologie di eventuali errori commessi (ad esempio semplici errori di calcolo o errori concettuali). È richiesto lo schizzo dello schema semplificato dell'impianto/componente rispetto al quale individuare i dati di input forniti.</p> <p>Per ciascun esercizio viene richiesto il calcolo di un certo numero di variabili/parametri/prestazioni. A ciascun risultato richiesto viene assegnato un punteggio, in modo che sia chiara la modalità di formazione del punteggio finale assegnato alla prova scritta.</p> <p>Sia per la sede di Roma, sia per le sedi esterne, il compito di esame scritto di <i>Energia &amp; Ambiente</i> sarà composto da <b>2 parti: Prova parziale 1 e Prova parziale 2.</b></p> <p>La Prova parziale 1 verterà su argomenti dei moduli 1-4.<br/>La Prova parziale 2 verterà su argomenti dei moduli 5-7.</p> <p>Sarà possibile sostenere l'esame con le seguenti modalità:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Esame integrale:</b> in questo caso si svolgerà l'esame interamente.</li> <li>- <b>Prova parziale:</b> in questo caso sarà possibile svolgere solamente la parte sui primi 4 moduli (Prova parziale 1) e successivamente sugli altri moduli (Prova parziale 2).</li> </ul> <p>Lo studente dovrà indicare, secondo le modalità previste nel testo dell'esame, se preferisce svolgere l'intero esame, una prova parziale sulla prima parte o una prova parziale sulla seconda parte. Nel caso si scegliesse la prova parziale, quindi nel caso in cui si scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame la restante parte non verrà corretta. Una scelta multipla o nessuna scelta comporterà automaticamente la correzione dell'intero esame.</p> <p>Nel caso in cui lo studente scegliesse di svolgere solamente una parte dell'esame e per quella parte raggiungesse la sufficienza, lo studente riceverà un giudizio positivo per la prova in questione che potrà essere integrato da un successivo giudizio positivo (da ottenere in un appello successivo) sulla parte restante di programma.</p> <p>Se si scegliesse di svolgere l'esame tramite prove parziali, al superamento di entrambi, verrà verbalizzato un voto d'esame, che terrà conto delle attività svolte in itinere (etivity) e della valutazione ottenuta nelle due prove parziali. In caso di rifiuto di tale voto, i giudizi positivi precedentemente ottenuti verranno azzerati.</p> <p>Il giudizio riportato nella prima prova parziale rimarrà <b>valido per i successivi 4 mesi</b>. In caso di mancato superamento e/o sostenimento della seconda prova, il giudizio riportato nella prima prova verrà annullato.</p> <p>I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze acquisite nel corso e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le Etivity.</p> |
| <b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b> | <p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione agli argomenti che desidererebbe approfondire e sulla base degli argomenti proposti dal docente; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.</p>  |

| <b>Programma esteso e materiale didattico di riferimento</b> |  |
|--|--|
| <b>Modulo 1 - Lezione 1<br/>Settimana 1</b>                  | Atmosfera e inquinamento. Assottigliamento dello strato di ozono. Effetto serra.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>   |
| <b>Modulo 1 - Lezione 2<br/>Settimana 1</b>                  | Aspetti legislativi. Variabili di comune utilizzo nella legislazione. Unità di misura delle emissioni. Correzioni da applicare nelle misure di concentrazione.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b> |
| <b>Modulo 1 - Lezione 3<br/>Settimana 1</b>                  | Caratteristiche, effetti e meccanismi di formazione dei principali inquinati atmosferici.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>  |
| <b>Modulo 2 - Lezione 1</b>                                  | Emissioni in atmosfera da impianti di conversione dell'energia. Fattori di emissione.  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Settimana 2</b>                              | <b>Materiali didattici a cura del docente.</b>  |
| <b>Modulo 3 - Lezione 1<br/>Settimana 2</b>     | Calcoli di combustione<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>  |
|   |   |
| <b>Modulo 4 – Lezione 1<br/>Settimana 3</b>     | Metodi di rimozione del particolato. Cicloni<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                      |
| <b>Modulo 4 – Lezione 2<br/>Settimana 3-4</b>   | Precipitatori elettrostatici.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                                     |
| <b>Modulo 4 – Lezione 3<br/>Settimana 4</b>     | Filtri a maniche<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>  |
| <b>Modulo 5 – Lezione 1<br/>Settimana 5</b>     | Metodi di rimozione degli inquinanti gassosi. Condensazione<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>       |
| <b>Modulo 5 – Lezione 2<br/>Settimana 6</b>     | Assorbimento.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>   |
| <b>Modulo 5 – Lezione 3<br/>Settimana 6</b>     | Adsorbimento e combustione.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                                       |
| <b>Modulo 5 – Lezione 4<br/>Settimana 6-7</b>   | Rimozione SO <sub>x</sub> e NO <sub>x</sub> .<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                     |
|   |   |
| <b>Modulo 7 – Lezione 1<br/>Settimana 8</b>     | Rifiuti – Introduzione e cenni normativi.<br>Materiali didattici a cura del docente.                                |
| <b>Modulo 7 – Lezione 2<br/>Settimana 8</b>     | Rifiuti – Dati di produzione e gestione<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                           |
| <b>Modulo 7 – Lezione 3<br/>Settimana 8</b>     | Rifiuti – Caratterizzazione.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                                      |
| <b>Modulo 7 – Lezione 4<br/>Settimana 9</b>     | Rifiuti – Recupero di energia.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                                    |
| <b>Modulo 7 – Lezione 5<br/>Settimana 9</b>     | Rifiuti – Trattamento fumi negli impianti di termovalorizzazione.<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b> |
| <b>Modulo 8 – Lezione 1<br/>Settimana 10-11</b> | Life Cycle Assessment (LCA)<br><b>Materiali didattici a cura del docente.</b>                                       |
| <b>Modulo 8 – Etivity<br/>Settimana 11</b>      | Etivity su LCA  |
| <b>Settimana 12</b>                             | Svolgimento esercizi riepilogativi.   |