



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA  
(DICAR)

Corso di laurea magistrale in Ingegneria meccanica

Anno accademico 2019/2020 - 2° anno - Curriculum Curriculum  
unico

---

## PROGETTO DI MACCHINE

ING-IND/08 - 9 CFU - 2° semestre

### Docente titolare dell'insegnamento

#### MICHELE MESSINA

**Email:** mmessina@dii.unict.it

**Edificio / Indirizzo:** Cittadella Universitaria, Edificio Polifunzionale 6° piano, Viale A. Doria, 6 95125  
Catania

**Telefono:** 0957382426

**Orario ricevimento:** martedì e giovedì 11:00 - 13:00

---

### OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso è suddiviso in due parti. La prima parte del corso riguarda la progettazione di turbomacchine eoliche, mentre la seconda è rivolta allo studio dei motori alternativi a combustione interna. Il corso si propone di formare gli allievi ingegneri fornendo loro le basi per la progettazione aerodinamica di turbine eoliche ad asse orizzontale e verticale e la valutazione delle loro prestazioni durante il funzionamento in condizioni di fuori progetto. Relativamente ai motori alternativi a combustione interna il corso fornisce agli allievi le basi per la progettazione, focalizzando l'attenzione sugli aspetti principali quali l'ottimizzazione delle prestazioni, lo studio del ciclo limite, la combustione, la formazione ed il controllo delle emissioni inquinanti. Durante il corso verranno svolte diverse esercitazioni numeriche al computer .

### MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali (2/3 del corso) ed esercitazioni numeriche (1/3 del corso).

### PREREQUISITI RICHIESTI

Meccanica dei fluidi

---

### FREQUENZA LEZIONI

Obbligatoria.

---

## CONTENUTI DEL CORSO

MOTORI ALTERNATIVI A COMBUSTIONE INTERNA - Classificazione dei motori alternativi a combustione interna. Richiami sul rendimento limite, sul rendimento termodinamico interno e sul rendimento organico al variare della dosatura e della velocità angolare. - Termodinamica e termochimica dei sistemi continui. - Primo principio della termodinamica in forma sostanziale ed in forma locale. Secondo principio della termodinamica. Combustione a volume e a pressione costante. - Cenni sui Biocombustibili. - Alimentazione dell'aria. - Riempimento nei motori a 4T: generalità, studio particolareggiato, analisi dell'apparato di distribuzione. Riempimento nei motori a 2T: generalità, schemi di lavaggio, analisi del processo di lavaggio. - Alimentazione del combustibile nei motori ad accensione comandata. Carburatore elementare. - Alimentazione del combustibile nei motori ad accensione per compressione. Requisiti in termini di polverizzazione e di penetrazione del getto. Sistemi di iniezione meccanica. Sistemi di iniezione. Common rail. - Sovralimentazione: cenni storici sullo sviluppo delle diverse tecniche. Sovralimentazione con compressore trascinato meccanicamente o azionato da turbina a gas di scarico. Impiego di compressori volumetrici e di turbosovralimentatori. - Combustione - Generalità: velocità di reazione e temperatura di accensione. Sviluppo normale della combustione. - Combustione nei motori ad accensione comandata - Parametri che influenzano la velocità di propagazione della fiamma. Anomalie di combustione: preaccensione, autoaccensione, misfiring, detonazione. Metodi di misura standardizzati e non convenzionali dell'intensità di detonazione. Numero di ottano. La combustione nei motori ad A.C.: teorie ed analisi sperimentale dei diversi stadi della combustione, effetti della scala di turbolenza. - Combustione nei motori ad accensione per compressione - Ritardo all'accensione, andamento delle pressioni, delle masse iniettate e bruciate, ruvidezza. Numero di cetano. Fumosità, limiti di dosatura, problemi di polverizzazione, diffusione, turbolenza, penetrazione. Analisi della combustione nei casi di camera aperta e di precamera, polverizzazione e penetrazione del combustibile iniettato, turbolenza e moti di trascinamento della carica. - Emissioni di inquinanti: effetti nocivi, meccanismi di formazione, influenza dei parametri geometrico-costruttivi e dei parametri di funzionamento. Legislazione vigente e cicli di prova. - Applicazione numerica per la valutazione del rilascio termico nei MCI-SI; - Applicazione numerica per la determinazione del ciclo limite di un MCI-SI; - Applicazione numerica per il calcolo delle emissioni inquinanti di un MCI.

**LA PROGETTAZIONE FLUIDODINAMICA DELLE TURBINE EOLICHE**

- Caratteristiche degli impianti motori eolici
- Introduzione. La classificazione delle turbine eoliche.
- Specificità degli impianti motori eolici. L'energia eolica. Taglie di potenza.
- Modelli fluidodinamici del rotore
- Analisi aerodinamica dei profili alari. Caratteristiche geometriche dei profili alari. I coefficienti di potenza e resistenza. Analisi fluidodinamica del rotore. Teoria alare. Rappresentazione dei triangoli di velocità. Analisi delle forze.
- Modelli matematici per il calcolo delle prestazioni
- Introduzione. La Blade Element Momentum (BEM) Theory per macchine ad asse verticale. La procedura iterativa per la soluzione finale. I coefficienti d'induzione assiale. Analisi delle prestazioni: potenza e coefficiente di potenza. Confronto con dati sperimentali. Applicazione numerica sulle turbine eoliche ad asse verticale. Le prestazioni durante il funzionamento in "off design".
- La Blade Element Momentum (BEM) Theory per macchine ad asse orizzontale. La procedura iterativa per la soluzione finale. I coefficienti d'induzione assiale. E tangenziale. Analisi delle prestazioni: potenza e coefficiente di potenza. Confronto con dati sperimentali. Applicazione numerica sulle turbine eoliche ad asse orizzontale. Le prestazioni durante il funzionamento in "off design".
- Applicazione Numerica per la progettazione fluidodinamica di una turbina eolica ad asse orizzontale; -Applicazione Numerica per la progettazione fluidodinamica di una turbina eolica ad asse verticale.

**LA PROGETTAZIONE FLUIDODINAMICA DELLE GALLERIE DEL VENTO SUBSONICHE**

- Generalità sulle gallerie del vento. Introduzione. Tipologie di gallerie del vento. Gallerie del vento subsoniche, supersoniche, ipersoniche. Gallerie del vento a circuito aperto ed a circuito chiuso. Gallerie del vento per applicazioni terrestri ed aeronautiche. Profili di velocità in camera di prova.
- I componenti di una galleria del vento subsonica. Il convergente. La camera di prova. Il divergente. I deviatori di flusso angolari. Il ventilatore. La camera di calma. La struttura con celle a nido d'ape (honeycomb) per il

raddrizzamento del flusso. Le griglie per l'abbattimento del livello di turbolenza. • La progettazione fluidodinamica. Valutazione delle perdite di carico nei vari componenti della galleria del vento. Andamento della pressione statica all'interno della galleria del vento. La pressione statica cumulativa all'interno della galleria del vento. L'efficienza energetica di una galleria del vento (Energy Ratio). La scelta della macchina aeraulica. Macchine operatrici radiali. Macchine operatrici assiali. Applicazione numerica. - Applicazione numerica per progettazione fluidodinamica di una galleria del vento subsonica.

---

## TESTI DI RIFERIMENTO

- [1] J.B. Heywood: "Internal combustion engine fundamentals", Mc Graw Hill
- [2] G.Ferrari: "Motori a Combustione Interna", Società Editrice Esculapio
- [3] Battisti L.: Gli impianti motori eolici, Green Place Energies
- [4] Sphera DA, editor. Wind turbine technology: fundamental concepts of wind turbine engineering.
- [5] Barlow, Rae, Pope: Low Speed Wind Tunnel Testing. John Wiley & Sons, Inc. Third Edition

## ALTRO MATERIALE DIDATTICO

studium.unict.it

---

## PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

	<b>Argomenti</b>	<b>Riferimenti testi</b>
1	Motori alternativi a combustione interna	[1], [2]
2	Turbine eoliche	[3], [4]
3	Gallerie del vento	[5]

---

## VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

### MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

La prova d'esame è composta da una prova orale.

Durante lo svolgimento delle lezioni vengono svolte esercitazioni applicative dei contenuti del corso, che hanno lo scopo di focalizzare l'attenzione degli allievi su problemi di interesse ingegneristico, in particolare sulle turbine eoliche e sui motori a combustione interna.

Le esercitazioni applicative dei contenuti del corso e gli argomenti trattati durante le lezioni frontali sono oggetto di discussione durante la prova orale.

La valutazione in sede di colloquio orale si baserà: sulla conoscenza dei contenuti, la pertinenza delle risposte rispetto alle domande formulate, la proprietà di linguaggio tecnico, la capacità di fare collegamenti tra i contenuti del programma.

## **ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI**

Il Candidato descriva il ciclo limite di un motore alternativo a combustione interna.

Il Candidato esponga come valutare il rilascio termico in un motore alternativo a combustione interna.

Il Candidato descriva come valutare i prodotti della combustione di un combustibile per impiego nei motori alternativi a combustione interna.

Il Candidato esponga come valutare la cinetica chimica degli ossidi d'azoto.

Il Candidato descriva le metodologie di base per la progettazione fluidodinamica delle turbine eoliche ad asse orizzontale.

Il Candidato descriva le metodologie di base per la progettazione fluidodinamica delle turbine eoliche ad asse verticale.

Il Candidato descriva le metodologie di base per la progettazione fluidodinamica delle gallerie del vento subsoniche.

---