



**POLITECNICO**  
**MILANO 1863**

CORSO DI STUDIO IN **INGEGNERIA ENERGETICA**

# LABORATORI DIDATTICI

TERZO ANNO PROPEDEUTICO



A.A. 2019/2020

# INDICE

pag. 4

**QUALE LABORATORIO SCEGLIERE**

pag. 6

**LABORATORIO DI ENERGETICA**

Docenti: Antonino Ravidà e Giulio Solero

pag. 8

**LABORATORIO DI MICRORETI**

Docente: Gioele di Marcoberardino

pag. 10

**LABORATORIO DI MISURE PER ENERGETICA**

Docente: Remo Sala

pag. 12

**LABORATORIO DI STATISTICA PER ENERGETICA**

Docente: Alessandra Menafoglio

pag. 14

**LABORATORIO DI INGEGNERIA NUCLEARE**

Docente: Alberto Fazzi

# QUALE LABORATORIO SCEGLIERE

“O frati,” dissi, “che per cento milia  
perigli siete giunti a l’occidente,  
a questa tanto picciola vigilia

d’i nostri sensi ch’è del rimanente  
non vogliate negar l’esperienza,  
di retro al sol, del mondo senza gente.

Considerate la vostra semenza:  
fatti non foste a viver come bruti,  
ma per seguir virtute e canoscenza”.

*(Dante Alighieri, Divina Commedia,  
Inferno, Canto XXVI)*

Cari studenti,

questa piccola guida intende presentarvi i laboratori didattici che si tengono al terzo anno propedeutico del Corso di Laurea in Ingegneria Energetica.

Negli ultimi anni il Consiglio del Corso di Studio (CCS) ha investito molte risorse nell’attivazione di un numero elevato di attività laboratoriali a compimento del terzo anno propedeutico per:

- valorizzare le conoscenze acquisite negli insegnamenti mediante la loro applicazione pratica;
- integrare tali conoscenze in un contesto multidisciplinare come quello che caratterizza un’attività di laboratorio dove si richiedono diverse competenze;
- sviluppare capacità trasversali, più note come soft skills, e - particolarmente - l’approccio alla soluzione dei problemi, il lavoro di gruppo, la comunicazione dei risultati;
- prospettare l’allargamento dell’orizzonte tecnico-scientifico del percorso di studio magistrale a seguire.

Queste sono anche le motivazioni per cui i laboratori didattici concorrono alla prova finale che suggella il completamento del corso di laurea di primo livello.

Come accennato sopra, la scelta è piuttosto ampia, comprendendo cinque insegnamenti, le cui combinazioni a scelta sono illustrate nel manifesto degli studi:

- Laboratorio di Energetica
- Laboratorio di Microreti
- Laboratorio di Misure per Energetica
- Laboratorio di Statistica per Energetica
- Laboratorio di Ingegneria Nucleare

Questa relativa abbondanza non deve essere causa di preoccupazione o, peggio, di ansia da scelta: tutti i laboratori sono stati pensati con stretto riferimento alle attività formative del corso di laurea in ingegneria energetica in un’ottica multidisciplinare, che spazia dalle misure termiche all’analisi di big data per una varietà di sistemi di conversione dell’energia.

Nelle pagine di questa guida troverete un sunto delle schede dettagliate degli insegnamenti che mette in evidenza i risultati di apprendimento ed esemplifica per immagini alcune delle attività svolte.

Ognuno di voi è libero di scegliere secondo i propri interessi e, in caso di indecisione, oltre a un colloquio con il docente dell’insegnamento, vi consiglio un pizzico di audacia, uscendo dalla “comfort zone” dell’abitudine. Ricordate in proposito il monito ai compagni dell’Ulisse dantesco (Divina Commedia, Inferno, Canto XXVI).

Il Coordinatore del Corso di Studio  
Prof. Luigi Pietro Maria Colombo

# LABORATORIO DI ENERGETICA

## PROGRAMMA DETTAGLIATO:



## DOCENTI:

Antonino Ravidà e Giulio Solero



Quest'attività' comprende: approfondimento sulle tecniche sperimentali specifiche dell'energetica, svolgimento di prove di laboratorio, guidate o autonome, con elaborazione dei risultati, visite a laboratori industriali, visite a impianti energetici con attenzione ai sistemi di misura e controllo.

### Risultati di apprendimento attesi

Al termine del corso lo studente avrà avuto modo di affrontare le diverse fasi del processo sperimentale, in particolare:

- saprà schematizzare un layout sperimentale completo della relativa strumentazione di misura;
- saprà associare adeguatamente i modelli matematici alle misure impiegate per l'attività sperimentale;
- avrà appreso le principali tecniche di misura tipiche del settore energetico;
- avrà applicato i criteri di modellazione in scala;
- avrà migliorato la propria capacità comunicativa e di lavoro in team.



# LABORATORIO DI MICRORETI

## PROGRAMMA DETTAGLIATO:



## DOCENTE:

Gioele di Marcoberardino

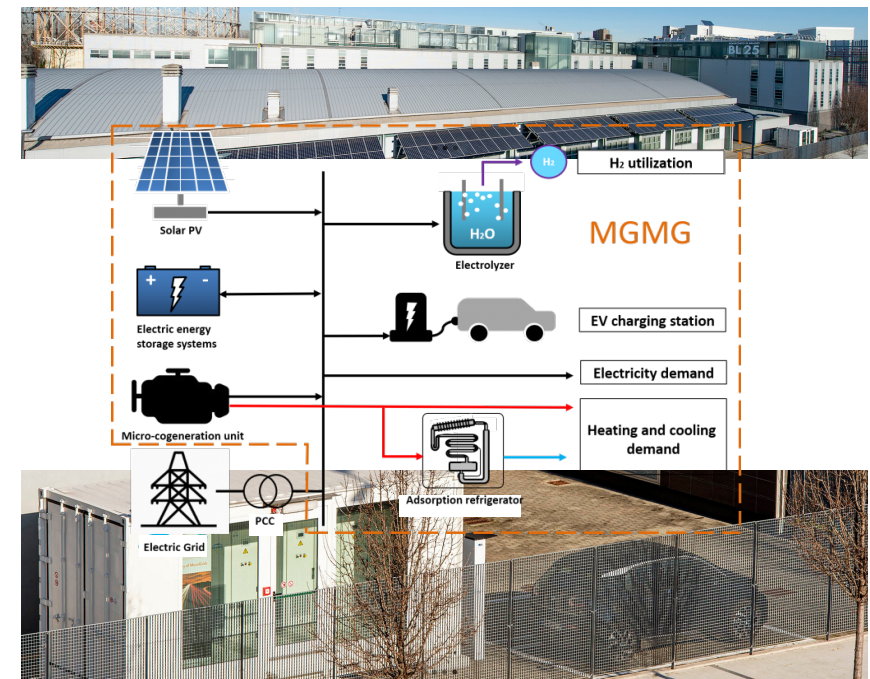


L'insegnamento mira a fornire le basi ingegneristiche per la progettazione e l'analisi, sia teorica sia sperimentale, di microreti dai punti di vista elettrico, energetico, gestionale e dell'automazione. Gli obiettivi saranno raggiunti attraverso attività sperimentali condotte presso il Laboratorio di Microreti del Dipartimento di Energia, e simulazioni numeriche con codici di calcolo commerciali.

### Risultati di apprendimento attesi

A seguito del corso, lo studente:

- conosce i principi di funzionamento delle microreti nelle diverse declinazioni e comprende i legami tra i diversi dispositivi che ne fanno parte;
- è capace di descrivere sia qualitativamente sia in forma matematica il principio di funzionamento dei principali dispositivi;
- è in grado di individuare con precisione le problematiche e i vincoli applicativi a cui sono soggette le microreti;
- conosce i criteri di progettazione di una microrete ed è in grado di selezionare i dispositivi per la costruzione di una microrete;
- conosce e sa utilizzare la principale strumentazione necessaria a verificare il funzionamento di una microrete.



# LABORATORIO DI MISURE PER ENERGETICA

## PROGRAMMA DETTAGLIATO:



## DOCENTE:

Remo Sala

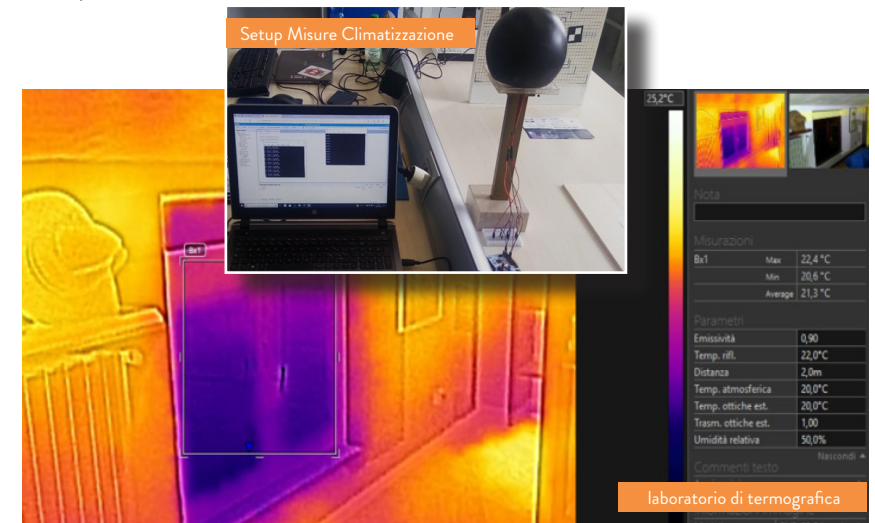


L'insegnamento si propone di illustrare i concetti di base relativi ai sensori di misura MEMS (temperatura, umidità, pressione, accelerazione, movimento, IMU), ai sistemi di misura senza contatto (telecamere a livelli di grigio, a colori, a tempo di volo e termiche) ed ai sistemi per le misure di portata e di energia, con cenni di misure elettriche e nozioni sulla strumentazione elettronica (multimetro, oscilloscopio, generatore di funzione, schede ADC). L'attività di laboratorio permetterà agli studenti di acquisire le competenze per progettare catene di misure che rispettino i requisiti di accuratezza e banda passante utilizzando strumentazione industriale.

### Risultati di apprendimento attesi

A seguito del corso, lo studente:

- ha padronanza dei concetti di base per la progettazione di un sistema di misura e di elaborazione dati in locale ed in cloud;
- è in grado di stimare l'incertezza complessiva del sistema di misura;
- è in grado di effettuare una analisi critica di base dei componenti del sistema di acquisizione e dei dati acquisiti.
- sa comprendere ed elaborare le informazioni rilevanti caratteristiche di un sistema di misura;
- sa scegliere i componenti principali del sistema di misura;
- sa identificare i parametri di acquisizione corretti per la specifica soluzione di misura;
- sa utilizzare i sistemi di misura industriali ed IOT declinati in ottica industria 4.0.
- è in grado di sintetizzare ed esporre i risultati di un'attività di tipo progettuale e sperimentale.



## LABORATORIO DI STATISTICA PER ENERGETICA

### PROGRAMMA DETTAGLIATO:



### DOCENTE:

Alessandra Menafoglio



Il Laboratorio verte su tecniche di analisi di dati multivariati. Gli argomenti trattati comprendono metodi per la riduzione dimensionale, la classificazione supervisionata, la classificazione non-supervisionata e metodi tree-based, attraverso l'uso del software statistico R. Tutte le tecniche sono estensivamente illustrate mediante casi studio di particolare interesse nell'ambito dei sistemi energetici e dei processi industriali.

### Risultati di apprendimento attesi

A seguito del corso, lo studente:

- conosce e comprende i modelli e metodi di statistica multivariata per la riduzione dimensionale e la classificazione;
- è in grado di applicare i metodi e modelli statistici di esplorazione, riduzione dimensionale e classificazione all'analisi di dataset reali multivariati;
- è in grado di selezionare le metodologie statistiche appropriate al fine di ottenere soluzioni a problemi reali di analisi di dati;
- è in grado di descrivere, rappresentare e fornire sintesi da grandi quantità di dati;
- è in grado di descrivere, rappresentare e fornire sintesi dei risultati di un'analisi statistica multivariata.



Laboratori didattici

# LABORATORIO DI INGEGNERIA NUCLEARE

L'obiettivo del corso è, da un lato, l'insegnamento dei concetti di base della metrologia e del funzionamento dei principali dispositivi di misura utilizzati in ambito industriale e, dall'altro, l'acquisizione da parte degli studenti delle competenze necessarie per procedere in maniera autonoma alla verifica ed alla misura sperimentale di alcuni fenomeni tipici dell'ingegneria nucleare. Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di utilizzare e sviluppare, scegliendo i trasduttori opportuni, un sistema di misura, padroneggiare consolidate tecniche sperimentali, sapere gestire l'analisi dei dati e la revisione critica dei risultati.

## Risultati di apprendimento attesi

A seguito del corso, lo studente:

- conosce ed utilizza la strumentazione del banco elettronico;
- comprende il funzionamento di semplici circuiti elettronici;
- è capace di raccogliere ed elaborare misure elettriche;
- è capace di effettuare la simulazione circuitale;
- è capace di confrontare criticamente le caratterizzazioni sperimentali con i risultati delle simulazioni;
- è capace di esporre e discutere i risultati ottenuti;
- comprende le potenzialità dei dispositivi a logica programmabile nella ingegneria industriale;
- familiarizza con i fogli di specifica tecnica dei costruttori di trasduttori ed attuatori;
- è capace di operare in autonomia semplici scelte progettuali;
- è capace di presentare e discutere il progetto realizzato.

## PROGRAMMA DETTAGLIATO:



## DOCENTE:

Alberto Fazzi



Laboratori didattici



# LABORATORI DIDATTICI

CORSO DI STUDIO IN **INGEGNERIA ENERGETICA**

[www.ccs-energetica.polimi.it](http://www.ccs-energetica.polimi.it)