

# Creazione di un percorso formativo "Energy Management" all'interno dell'indirizzo Elettronica ed Elettrotecnica di una scuola secondaria di secondo grado

Relatore: Maurizio Repetto (maurizio.repetto @polito.it),  
Correlatore: Massimo Peirone (d002471@polito.it)  
Luglio 2025, Anno Accademico 2024/2025

Il lavoro di tesi svolto si concentra sull'ideazione e l'implementazione di un percorso formativo denominato "Energy Management" all'interno della specializzazione Elettronica ed Elettrotecnica di una scuola secondaria superiore. L'obiettivo principale del progetto è quello di aggiornare il curriculum formativo per rispondere alle sfide del settore elettrico moderno, caratterizzato dalla crescente diffusione delle energie rinnovabili, delle smart grid e dell'utilizzo dell'intelligenza artificiale per la gestione e l'ottimizzazione dei sistemi energetici.

## I. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, il settore elettrico ha subito trasformazioni significative sia nella produzione che nell'utilizzo dell'energia. In particolare, la generazione di energia è passata da un modello centralizzato, basato su pochi grandi impianti, a uno distribuito, grazie all'avvento delle fonti di energia rinnovabile (RES) e alle politiche di incentivazione rivolte agli utenti finali. Questo cambiamento ha spinto il sistema elettrico ad adattarsi per mantenere stabili parametri come tensione e frequenza.

Il futuro delle reti elettriche si prospetta ricco di sfide che richiedono un approccio multidisciplinare. Tecnologie come le smart grid, le comunità energetiche, la generazione distribuita e l'automazione diventeranno centrali. Per affrontare tali evoluzioni, saranno fondamentali strumenti innovativi quali comunicazioni wireless, intelligenza artificiale e protocolli avanzati di comunicazione.

In questo contesto, è nata la curvatura "Energy Management", un percorso formativo che punta a rendere gli studenti più consapevoli dei cambiamenti in atto nel settore elettrico. L'obiettivo è fornire loro competenze che permettano di partecipare attivamente alle innovazioni attuali e di guidare quelle future. A tal fine, è stata avviata una collaborazione tra il Dipartimento Energia (DENERG) del Politecnico di Torino e l'I.I.S. C. Denina, sede Rivoira, per creare un percorso educativo che garantisca continuità e crescita professionale.

ENERGY MANAGEMENT	1	11	111	IV	V
AREA COMUNE	33	29	16	16	15
Lingua e letteratura italiana	4	4	4	4	4
Storia	2	2	2	2	2
Inglese	3	3	3	3	3
Matematica	4	4	4	4	3
Diritto ed economia	2	2			
Tecnologie e tecniche di rappresentazione grafica	3(1)	3(1)			
Fisica	3(1)	3(1)			
Chimica	3(1)	3(1)			
Scienze naturali	2	2			
Informatica	3(2)				
Geografia	1				
Scienze motorie	2	2	2	2	2
Religione / Alternativa	1	1	1	1	1
AREA D'INDIRIZZO	-	3	16(8)	16(9)	17(10)
Scienze e tecnologie applicate		3			
Elettronica ed elettrotecnica			4(2)	6(3)	6(3)
Sistemi automatici			4(2)	4(2)	3(2)
Tecnologie e progettazione di sistemi elettrici ed elettronici			6(4)	4(3)	6(4)
Energia da fonti Rinnovabili			2(1)		
Gestione dei sistemi di produzione				2(1)	
Utilizzo dell'intelligenza artificiale per la gestione dei sistemi elettrici					2(1)
TOTALE ORE SETTIMANALI	33	32	32	32	32

Figura 1. Quadro orario della curvatura "Energy Management". Tra parentesi le ore di compresenza dell'insegnante tecnico-pratico per laboratorio.

## II. STRUTTURA DEL CORSO

Il percorso formativo "Energy Management" si articola su tre anni, ciascuno dei quali è caratterizzato da un focus tematico specifico volto a fornire agli studenti una solida preparazione teorica e pratica nel settore dell'energia. L'obiettivo è quello di sviluppare competenze avanzate ed una visione consapevole delle tecnologie e delle soluzioni innovative necessarie per affrontare le sfide energetiche del futuro.

### TERZO ANNO: ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI

Nel primo anno del percorso, gli studenti vengono introdotti ai fondamenti delle energie rinnovabili, con particolare attenzione agli impianti fotovoltaici ed eolici, nonché ai sistemi di accumulo. Il programma didattico combina lezioni teoriche con attività pratiche in laboratorio, quali l'analisi delle caratteristiche dei pannelli fotovoltaici e il dimensionamento di sistemi di stoccaggio dell'energia. Inoltre, vengono presentati concetti essenziali di sostenibilità ambientale e valutazioni economiche di base relative agli impianti rinnovabili.

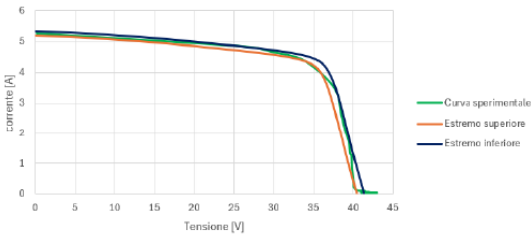


Figura 2. Confronto tra le caratteristiche V-I teoriche e quella sperimentale

Le attività laboratoriali hanno previsto la misurazione sperimentale della curva caratteristica tensione-corrente (V-I) di un pannello fotovoltaico, finalizzata al confronto tra i dati rilevati sperimentalmente e quelli teorici, con l'applicazione di una tolleranza definita dall'incertezza strumentale. Sono state realizzate delle misurazioni della tensione a vuoto ( $U_{oc}$ ) e della corrente di cortocircuito ( $I_{sc}$ ) per la derivazione della curva di variabilità dell'irradianza in funzione dell'angolo di tilt e dell'angolo di azimut.

A completamento delle attività, è stata realizzata la progettazione di un sistema fotovoltaico in miniatura, dotato di batterie al litio, destinato ad applicazioni residenziali.

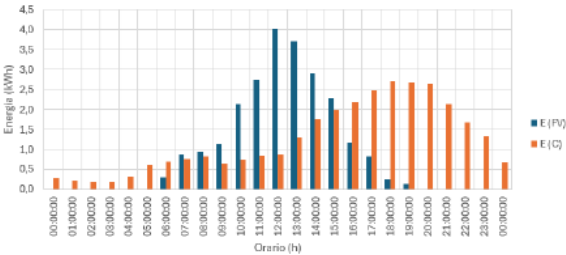


Figura 3. Confronto tra curva di produzione e quella di carico

#### QUARTO ANNO: GESTIONE DEI SISTEMI DI PRODUZIONE

Il secondo anno del percorso è dedicato alla gestione dei sistemi di produzione energetica e all'ottimizzazione dell'efficienza negli edifici esistenti. Gli studenti acquisiscono competenze tecniche per effettuare il rilievo dei consumi energetici, progettare soluzioni integrate che includano impianti fotovoltaici ed eolici, e valutare l'impatto ambientale delle scelte tecnologiche adottate.

In tale ottica, il corso teorico approfondisce i concetti di controllo da remoto e Internet of Things (IoT), analizzandone i diversi campi applicativi come Smart Home, Smart Grid o Smart City. Successivamente, vengono esaminati i sistemi di generazione distribuita, evidenziandone i vantaggi, come l'indipendenza energetica e la riduzione delle perdite di trasmissione, nonché i limiti tecnici e gestionali. La trattazione teorica include inoltre la definizione e l'architettura delle smart grid, con un'analisi delle normative e delle strategie di regolamentazione che garantiscono stabilità e sicurezza operativa. Un'attenzione particolare è riservata alle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), con approfondimenti sulle caratteristiche di incentivazione e sui regolamenti vigenti.

Le attività laboratoriali hanno previsto la stima della producibilità tramite il software PVGIS, considerando l'orientamento e l'inclinazione del tetto della scuola superiore e confrontando diverse tipologie di pannelli selezionati da cataloghi.

	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
GENNAIO	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	0,9	1,0	1,0	0,9	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0
FEBBRAIO	0,0	0,0	0,2	0,6	0,9	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9	0,6	0,1	0,0	0,0
MARZO	0,0	0,1	0,5	0,9	1,2	1,5	1,6	1,6	1,4	1,1	0,8	0,4	0,0	0,0
APRILE	0,0	0,3	0,6	1,0	1,3	1,5	1,6	1,5	1,4	1,0	0,7	0,4	0,1	0,0
MAGGIO	0,1	0,3	0,4	0,7	1,0	1,1	1,3	1,2	1,0	0,9	0,6	0,4	0,1	0,0
GIUGNO	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,3	1,3	1,1	0,9	0,7	0,4	0,2	0,1
LUGLIO	0,1	0,3	0,6	1,0	1,4	1,5	1,6	1,5	1,4	1,1	0,8	0,5	0,2	0,1
AGOSTO	0,0	0,3	0,6	1,0	1,4	1,5	1,7	1,6	1,4	1,1	0,8	0,5	0,2	0,0
SETTEMBRE	0,0	0,2	0,5	0,8	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,0	0,0
OTTOBRE	0,0	0,1	0,4	0,7	1,0	1,2	1,1	1,1	0,9	0,7	0,4	0,1	0,0	0,0
NOVEMBRE	0,0	0,0	0,3	0,7	1,1	1,2	1,3	1,3	1,1	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0
DICEMBRE	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	1,1	1,2	1,1	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

Figura 4. Energia totale prodotta dall'impianto fotovoltaico per ora e mese (in MWh)

È stata condotta una valutazione della producibilità energetica di un impianto eolico di piccola scala, basata sull'analisi delle velocità del vento e sulle specifiche tecniche di una turbina eolica ad asse verticale.

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
GENNAIO	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3	0,9	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	0,8	0,5	0,7	0,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5
FEBBRAIO	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	0,7	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,0	0,7	0,6	1,0	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4
MARZO	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,6	1,6	1,5	1,2	1,0	0,8	0,9	1,2	1,3	1,3	1,3
APRILE	1,4	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	0,9	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,0	2,1	2,0	1,6	1,4	1,0	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3
MAGGIO	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3	0,8	0,6	0,8	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	1,3	1,5	1,5	1,5
GIUGNO	1,1	1,2	1,2	1,4	1,4	1,1	0,5	0,3	0,4	1,0	1,2	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,6	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
LUGLIO	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	0,8	0,4	0,6	1,0	1,4	1,7	1,9	2,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,3	1,1	1,0	0,8	0,8	0,9	0,9
AGOSTO	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	0,8	0,3	0,7	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
SETTEMBRE	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	0,8	0,3	0,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9	0,7	0,6	0,7	1,1	1,1	1,2	1,2
OTTOBRE	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	0,9	0,4	0,7	0,9	1,3	1,4	1,5	1,4	1,2	0,9	0,8	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
NOVEMBRE	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,1	0,4	0,5	0,8	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4
DICEMBRE	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,0	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4

Figura 5. Energia totale prodotta dall'impianto eolico per ora e mese (in kWh)

#### QUINTO ANNO: INTELLIGENZA ARTIFICIALE PER LA GESTIONE DEI SISTEMI ELETTRICI

L'ultimo anno del percorso si concentra sull'integrazione dell'intelligenza artificiale (IA) nella gestione dei sistemi energetici, approfondendo sia gli aspetti teorici sia le applicazioni pratiche. La parte teorica introduce i fondamenti dell'intelligenza artificiale, con particolare attenzione agli algoritmi di machine learning e deep learning. Si analizzano i modelli supervisionati e non supervisionati, evidenziandone i campi di applicazione in ambito energetico, come la previsione dei consumi e l'ottimizzazione dell'efficienza operativa.

Vengono introdotte tecnologie innovative, come le interfacce grafiche HMI e SCADA. Infine, vengono analizzate i diversi protocolli di comunicazione avanzati in campo di smart home e domotico, per l'ottimizzazione dei consumi e il monitoraggio in tempo reale dell'energia.

Le attività laboratoriali prevedono la programmazione di sistemi HMI per la gestione di un impianto di regolazione automatica che permette la marcia avanti ed indietro di un motore DC 24V.



Figura 6. Interfaccia HMI per marcia e arresto motore DC

È stata, poi, effettuata la configurazione di un relè Shelly per l'accensione di un punto luce LED mediante l'applicazione Shelly Smart Control.



Figura 7. Schema elettrico di montaggio per l'accensione luce con Shelly 1 V3

### III. CONCLUSIONI

La realizzazione del percorso formativo è il risultato di una collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'I.I.S. C. Denina, sede ITIS di Verzuolo. Tale iniziativa rappresenta un esempio di innovazione educativa, ponendo un'attenzione particolare alla sostenibilità e all'innovazione tecnologica.

Questo percorso si propone di formare una nuova generazione di tecnici altamente competenti e consapevoli, in grado di affrontare con efficacia le sfide energetiche del futuro. Attraverso l'introduzione di concetti avanzati, quali l'automazione, l'intelligenza artificiale e le comunità energetiche, gli studenti saranno preparati a contribuire in maniera attiva al progresso tecnologico e alla promozione della sostenibilità ambientale nel settore energetico.

Le esperienze laboratoriali sono state già sperimentate durante l'anno scolastico corrente in alcune classi dell'ITIS, ricevendo riscontri positivi ed un alto livello di soddisfazione da parte del corpo docente e degli studenti coinvolti.

A seguito dell'approvazione ufficiale del percorso da parte dell'istituto, l'anno scolastico 2025/26 è stato definito come data di avvio della nuova curvatura formativa.