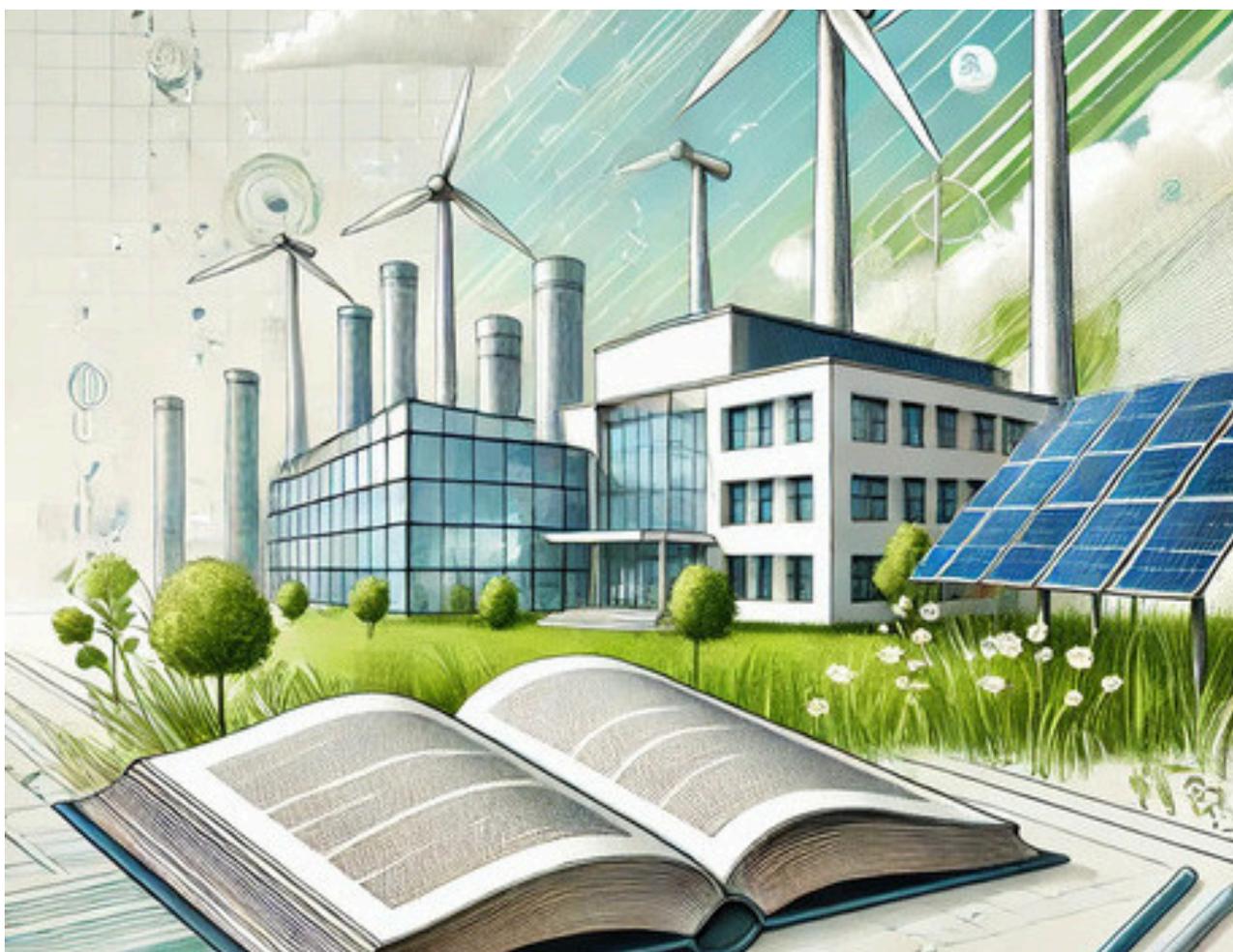


Energie Rinnovabili per le scuole

Il manuale del giovane ingegnere: principi di elettrotecnica e nozioni sulla progettazione di CER.



Lezione 7- Dimensionamento di massima di un impianto fotovoltaico per una CER.

ANGELUCCI VALERIO

Vice responsabile del progetto di Ricerca di Sistema "l'Utente al centro della transizione energetica"



Lezione 7 - Dimensionamento di massima di un impianto fotovoltaico per una CER.

Questa lezione conclude il percorso formativo dedicato alla progettazione di una comunità energetica rinnovabile, in cui la scuola non solo è un luogo di apprendimento ma anche un promotore attivo di sostenibilità ambientale. Il caso studio considerato, prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico sul tetto della scuola, connesso al contatore elettrico dell'istituto per generare un risparmio economico da autoconsumo e un incentivo connesso alla condivisione dell'energia. L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, oltre a soddisfare i bisogni energetici della scuola, viene infatti condivisa con le famiglie residenti nelle vicinanze, creando così una vera e propria comunità energetica rinnovabile. Nelle prime due lezioni è stata studiata la CER sia dal punto di vista normativo che tecnico, evidenziando come le utenze di consumo possano cooperare tra loro per sfruttare l'energia rinnovabile prodotta dagli impianti comunitari e generare vantaggi economici, ambientali e sociali attraverso la condivisione della produzione in eccesso. Sono stati descritti i metodi per calcolare il fabbisogno energetico della scuola, stimare la producibilità di un impianto fotovoltaico nella posizione geografica desiderata e ottimizzare l'autoconsumo e l'energia condivisa, in funzione delle risorse presenti negli edifici della CER (es. accumuli elettrici, impianto di riscaldamento e raffrescamento a pompa di calore, stazioni di ricarica dei veicoli elettrici). Come fase conclusiva di questo percorso didattico, si intende mettere a fattor comune gli insegnamenti dati, attraverso un semplice foglio di calcolo Excel, da utilizzare come supporto per la scelta della potenza fotovoltaica da installare sul tetto di un edificio scolastico. Il foglio di calcolo RSE



“Scuola_CER”, di seguito presentato, è disponibile sul portale autoconsumo: cerpedia.rse-web.it.

Interfaccia grafica

REQUISITI E PROFILI DI CARICO DELLA SCUOLA		Risultati simulazione energetica	
Potenza da installare	10	13230	kWh/anno
Membri della CER	8	3313	kWh/anno
Costo impianto	14000	26500	kWh/anno
Tasso di interesse	5	1016	kWh/anno
Prezzo vendita energia	100	12215	kWh/anno
Prezzo acquisto energia	150	9698	kWh/anno
Componente TRASE	10,57		
Costo energia elettrica prodotta (da PVGIS)	0,159		euro/kWh
REQUISITI E PROFILI DI CARICO DELLA SCUOLA		Risultati simulazione economica	
Ora 1	0,39	Incentivo CER	1202 euro/anno
Ora 2	0,22	Costi di ante impianti	108 euro/anno
Ora 3	0,22	Energia venduta alla rete	1221 euro/anno
Ora 4	0,22	Risparmio autoconsumo scuola	152 euro/anno
Ora 5	0,22	Totale	2679 euro/anno
Ora 6	0,22	Costo sostenuto per produrre l'energia	2384 euro/anno
Ora 7	0,22	Tempo di ritorno:	6 anni

Scuola_CER è dotato di un'interfaccia grafica intuitiva e automatizzata che semplifica l'inserimento dei dati e l'avvio delle simulazioni. Questo strumento di calcolo permette agli studenti di determinare, con buona approssimazione, la dimensione ottimale dell'impianto fotovoltaico da installare sul tetto del loro edificio scolastico, nonché i ricavi economici derivanti dalla produzione di energia rinnovabile e dalla partecipazione attiva alla comunità energetica.



Il foglio di calcolo è progettato per essere uno strumento essenziale nel processo decisionale e offrendo scenari basati su dati concreti, permette agli studenti di valutare l'impatto e la fattibilità della loro iniziativa. L'interfaccia di inserimento dati è composta da cinque macro-sezioni, tre di queste (area celeste, verde e viola) sono utilizzate per inserire i dati di ingresso necessari alla simulazione mentre, le restanti due (rossa e gialla), mostrano rispettivamente, i risultati energetici ed economici.

Acquisizione dei profili medi giornalieri di prelievo e produzione

Nell'area celeste, i menù e i pulsanti consentono agli utenti di:

- selezionare la regione dove costituire la Comunità Energetica Rinnovabile (CER);
- scegliere la potenza contrattuale per il tipo di utente domestico considerato;
- importare il profilo medio giornaliero di produzione prodotto da PVGIS e inserito nella scheda **Data_PVGIS** del foglio di calcolo;
- importare il profilo di consumo medio giornaliero dell'utente tipo, per la regione e la potenza contrattuale selezionata;
- inserire manualmente il profilo di carico giornaliero della scuola (sezione viola) e importarlo all'interno del foglio di calcolo.

I profili di consumo medi giornalieri degli utenti tipo, sono derivati dai dati forniti dall'Autorità (ARERA), disponibili sul loro sito[23].



[23] <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/analisi-dei-consumi-dei-clienti-domestici>



La serie dati PVGIS da utilizzare nel foglio di calcolo

Per generare il profilo medio giornaliero da inserire nella scheda Data_PVGIS, si procede come segue:

1. Si avvia il tool PVGIS accedendo al sito;
2. Si inserisce l'indirizzo del luogo desiderato nel campo address.
3. Si seleziona la cartella dati orari.

Nella scheda di inserimento dati, compilare i campi come indicato di seguito:

- **Banca dati della radiazione solare:** selezionare PVGIS-SARAH2/3;
- **Anno di inizio e fine:** impostare su 2020;
- **Tipologia di montaggio:** scegliere l'opzione desiderata;
- **Pendenza e azimut:** selezionare la casella "Ottimizzare la pendenza e l'azimut";
- **Energia fotovoltaica:** selezionare l'opzione corrispondente;
- **Tecnologia fotovoltaica:** scegliere l'opzione desiderata;
- **Potenza fotovoltaica di picco installata [kWp]:** impostare su 1;
- **Perdita di sistema [%]:** se non si conosce, utilizzare l'opzione di default di PVGIS (14%);



Una volta inseriti tutti i campi richiesti, premere il pulsante “file csv” per esportare i dati e salvarli sul proprio PC. Occorre successivamente caricare il file csv in un nuovo file Excel[24], per estrarre la serie annuale di produzione da inserire nella scheda Data_PVGIS del foglio di calcolo RSE.

Timeseries_45.476_9.255_SA2_1kWp_crystSi_14_39deg_0deg_2020_2020.csv

Origine file: 1252: Europa occidentale (Windows) | Delimitatore: Virgola | Rilevamento del tipo di dati: In base alle prime 200 righe

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
Latitude (decimal degrees): 45.476						
Longitude (decimal degrees): 9.255						
Elevation (m): 117						
Radiation database: PVGIS-SARAH2						
Slope: 39 deg. (optimum)						
Azimuth: 0 deg. (optimum)						
Nominal power of the PV system (c-s) (kWp): 1.0						
System losses (%): 14.0						
time	P	G(j)	H_sun	T2m	WS10m	int
20200101:0010	0.0	0.0	0.0	0.28	2.41	0.0
20200101:0110	0.0	0.0	0.0	0.16	2.41	0.0
20200101:0210	0.0	0.0	0.0	0.03	2.41	0.0
20200101:0310	0.0	0.0	0.0	-0.13	2.34	0.0
20200101:0410	0.0	0.0	0.0	-0.31	2.07	0.0
20200101:0510	0.0	0.0	0.0	-0.39	1.59	0.0
20200101:0610	0.0	0.0	0.0	0.2	0.97	0.0
20200101:0710	0.0	0.0	0.0	-1.76	1.86	0.0
20200101:0810	302.27	347.0	8.35	-0.88	1.45	0.0

I dati nell'anteprima sono stati troncati a causa dei limiti di dimensioni.

Carica | Trasforma dati | Annulla

Dopo aver importato i dati, la struttura del foglio excel si presenta come in figura:

 [24] Per importare il file, dalla scheda Dati di Excel selezionare l'opzione Da testo/CSV e scegliere il file navigando fino al percorso della cartella desiderata.



time: timestamp in formato AAAAMMGG, che indica l'anno, il mese e il giorno della simulazione, seguito dall'ora specifica.

P: potenza prodotta in watt dall'impianto fotovoltaico in ogni ora specifica.

G(i): irradianza solare globale incidente, misurata in watt per metro quadrato.

H_sun: altezza del sole sopra l'orizzonte al momento della misurazione, espressa in gradi.

T2m: temperatura ambientale a 2 metri dal suolo, espressa in gradi Celsius.

WS10m: velocità del vento a 10 metri dal suolo, espressa in metri al secondo.

Per utilizzare correttamente il foglio di calcolo RSE, occorre:

- selezionare gli 8760 valori della variabile P, che corrisponde alla produzione oraria di un impianto fotovoltaico da 1 kWp installato nel luogo desiderato.
- copiare questi valori nella scheda Data_PVGIS (colonna A) del foglio di calcolo RSE, verificando che il separatore decimale sia impostato sulla virgola.

Successivamente, premendo il pulsante **“Carica il profilo medio dell'impianto di produzione”** nella scheda **“Simulatore_Scuola”** è acquisito il profilo medio giornaliero di produzione dell'impianto da 1 kWp. Questo profilo può essere adeguato alla potenza dell'impianto che si intende valutare modificando le variabili presenti nell'area verde dell'interfaccia. Infine, gli altri due pulsanti presenti nella sezione celeste sono utilizzati per:

- caricare il profilo medio di consumo giornaliero della tipologia di utente scelto, in base alla potenza contrattuale e alla regione selezionate nei menù.



- caricare il profilo di consumo della scuola, che l'utente inserisce manualmente nei campi appositamente creati (area viola dell'interfaccia).

Dati di ingresso necessarie alla valutazione energetica ed economica della CER

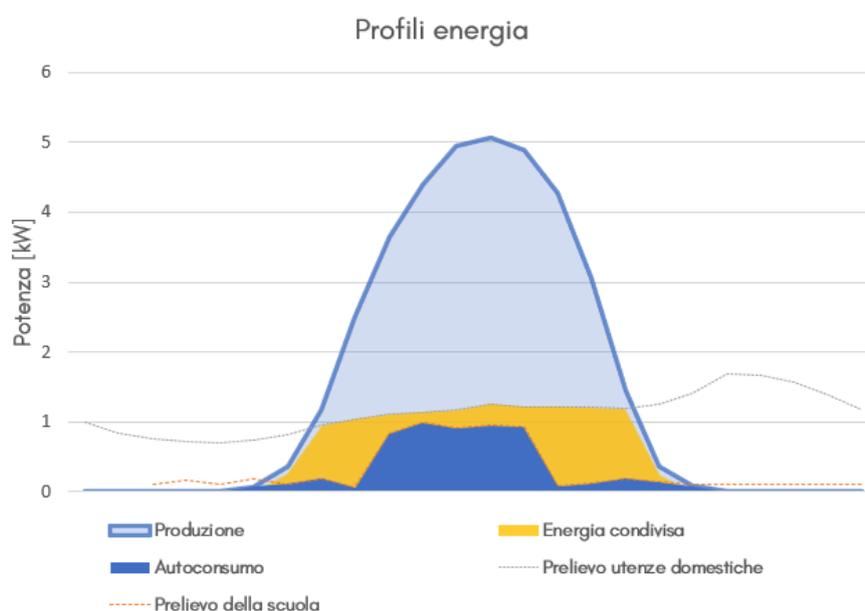
Nella sezione verde dell'interfaccia, è possibile variare la potenza dell'impianto da installare e il numero di utenti partecipanti alla CER, in modo da adeguare automaticamente i profili di produzione e prelievo per adattarli alla CER che si intende simulare. Per valutare la sostenibilità economica dell'impianto di generazione, il foglio di calcolo richiede l'inserimento dei seguenti parametri economici:

- **costo dell'impianto:** può essere stimato attraverso indagini di mercato.
- **tasso di interesse:** si può fare riferimento al tasso applicato dalla BCE sui prestiti di denaro.
- **prezzo di vendita dell'energia:** si valuta osservando l'andamento del prezzo di vendita dell'energia sul sito del Gestore del Mercato Elettrico - GME.
- **prezzo di acquisto dell'energia (o PUN):** si valuta osservando l'andamento di questo prezzo sul sito del GME.
- **componente TRASe:** è riportata sul sito dell'Autorità (ARERA) e nel 2024 vale circa 10,6 euro/MWh.
- **costo dell'energia elettrica prodotta:** è uno dei risultati generati dal simulatore PVGIS. Per ottenerlo occorre svolgere una simulazione utilizzando la scheda "**prestazioni del fotovoltaico connesso alla rete**", compilando i campi con gli stessi dati inseriti nella scheda "**Dati orari**". Per ulteriori dettagli su come svolgere la simulazione, fare riferimento alla lezione 5.

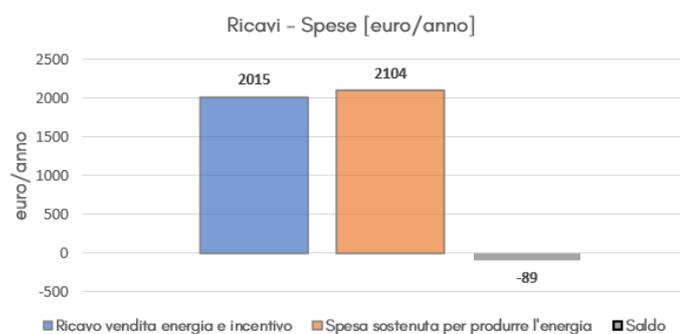


I risultati energetici ed economici della simulazione.

Variando la taglia dell'impianto fotovoltaico e il numero di membri della CER, il foglio di calcolo aggiorna automaticamente le grandezze energetiche ed economiche di interesse per il dimensionamento dell'impianto di generazione fotovoltaico, in modo che l'utente possa comprendere come ottimizzare la distribuzione dei consumi della scuola per generare maggiore autoconsumo o includere un numero più elevato di utenti per incrementare il valore di energia condivisa.

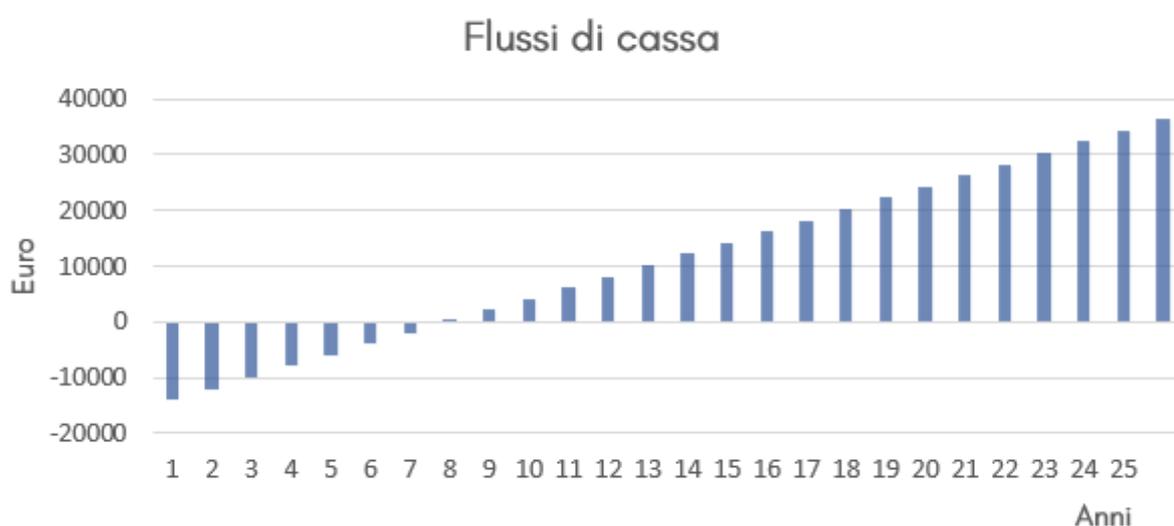


Ad ogni variazione della potenza installata o del numero di utenti, corrisponde l'aggiornamento delle grandezze energetiche e dei costi e ricavi della CER scolastica.





Per valutare la sostenibilità economica dell'iniziativa, il foglio di calcolo fornisce anche un grafico che evidenzia i flussi di cassa per l'orizzonte temporale di investimento, di durata fissata in 25 anni (vita utile presunta di un impianto fotovoltaico).



Questo grafico fornisce informazioni come:

- il tempo di ritorno dell'investimento, cioè il numero di anni che servono per pagare le spese di acquisto dell'impianto fotovoltaico.
- il ricavo netto al termine della vita utile dell'impianto (valore riportato al venticinquesimo 25).

Tutti i risultati grafici delle grandezze energetiche ed economiche sono riepilogati in forma numerica nella sezione rossa e nella sezione gialla dell'interfaccia. Il foglio di calcolo RSE è utile a far comprendere agli studenti come intervenire all'interno della loro scuola o quali attività strutturare per promuovere una più ampia partecipazione di membri esterni alla loro comunità energetica rinnovabile.

