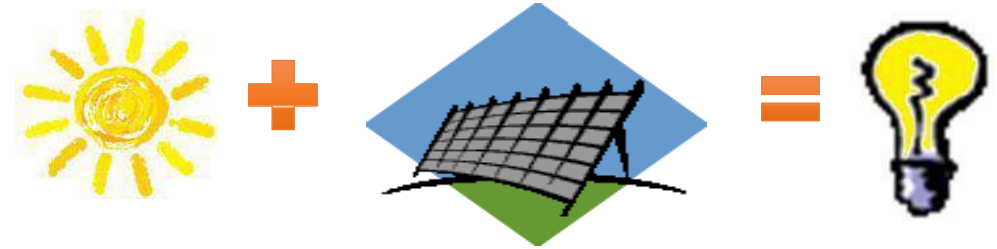


FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI FOCUS SUL FOTOVOLTAICO

» FOTOVOLTAICO

FOTOVOLTAICO - COME FUNZIONA

- Il «Fotovoltaico» è un metodo di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili che sfrutta la **trasformazione della radiazione solare in corrente elettrica** usando semiconduttori che sfruttano l'effetto fotovoltaico.
- Il fotovoltaico è meglio conosciuto come un metodo per generare energia elettrica mediante celle solari che convertono l'energia solare in un flusso di elettroni.
- L'effetto fotovoltaico è stato osservato la prima volta da **Alexandre-Edmond Becquerel** nel 1839.

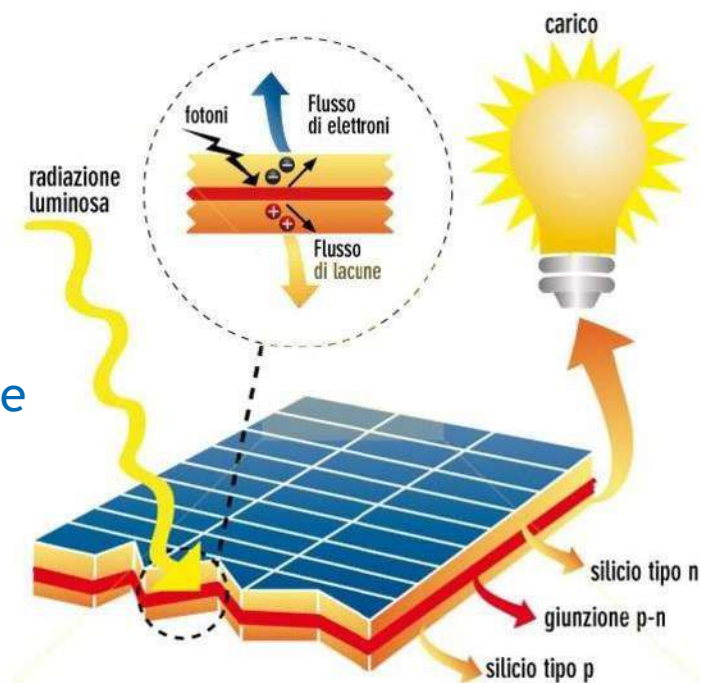


FOTOVOLTAICO - COME FUNZIONA

Le celle solari producono direttamente corrente elettrica dalla luce solare, che può essere utilizzata per alimentare o per ricaricare una batteria. La prima applicazione pratica del fotovoltaico è stata quella di **alimentare dei satelliti in orbita e altri veicoli spaziali**, ma oggi la maggior parte dei moduli fotovoltaici vengono utilizzati per la produzione di energia elettrica collegati direttamente alla rete. In questo caso è necessario un inverter per convertire la corrente continua a corrente alternata.

OGNI SISTEMA FOTOVOLTAICO È FORMATO DA ALMENO DUE COMPONENTI DI BASE:

- **Moduli fotovoltaici**, composti da celle fotovoltaiche che trasformano la luce del sole in elettricità;
- **Inverter**, apparecchi che convertono la corrente continua in corrente alternata. I moderni inverter integrano sistemi elettronici di gestione “intelligente” dell’energia e di ottimizzazione della conversione. Possono inoltre integrare dei sistemi di stoccaggio temporaneo dell’elettricità: batterie al Litio o di altro tipo.



FOTOVOLTAICO - COME FUNZIONA

I FATTORI CHE CONDIZIONANO L'EFFICIENZA DEL FOTOVOLTAICO

Non tutti sanno che l'efficienza di conversione di ogni impianto fotovoltaico **non** è del 100%. I moduli, le celle solari, che vengono colpiti dai raggi del sole, non trasformano *tutta* l'energia ricevuta in elettricità. Riescono a convertirne solo una parte: questa è l'efficienza di conversione. I migliori moduli hanno un'efficienza di conversione intorno al 20-22%. Ciò significa che solo un quinto dell'energia solare che colpisce il pannelli viene effettivamente convertita in elettricità.

Alcuni moduli “sperimentali” riescono ad ottenere efficienze di conversione anche oltre il 30%, ma per questi i costi di produzione sono ancora troppo elevati.

Oltre a questo fattore “fisiologico”, molti altri determinano l'effettivo rendimento di ogni impianto. Si tratta sia di “perdite” dovute a fattori ambientali, sia di inefficienze dovute a varie dispersioni elettriche (cavi, apparecchi, trasporti,...).

FOTOVOLTAICO - COME FUNZIONA

TIPICAMENTE I FATTORI CHE DETERMINANO IL RENDIMENTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SONO:

1. LA TEMPERATURA

L'efficienza dei moduli fotovoltaici varia in funzione della temperatura di esercizio: più la temperatura di funzionamento è elevata, meno i pannelli sono efficienti. Il surriscaldamento delle celle ha un impatto negativo sull'efficienza dei moduli e sul rendimento dell'intero impianto.

2. LA SPORCIZIA

I materiali che si possono accumulare sulla superficie dei pannelli (terra, sabbia, inquinamento, escrementi di volatili, foglie, resine, ecc...) hanno un impatto negativo sulla piena ricezione della luce solare e ostacolano il rendimento dell'impianto fv. La pulizia dei moduli non è solo un elemento *“estetico”*, ma *“funzionale”*.

3. GLI OMBREGGIAMENTI

Possono essere “passeggeri” e possono derivare dalla presenza circostante di alberi, altri edifici o anche di camini presenti sul tetto stesso. Queste sono inefficienze “calcolabili”. Hanno un alto indice di variabilità, invece, gli altri ombreggiamenti passeggeri provocati da nuvole e dell'ambiente circostante. Ci sono comunque tecnologie in grado di ridurre al minimo l'incidenza degli ombreggiamenti sul rendimento dell'impianto fotovoltaico.

4. CABLAGGI E CONNETTORI

Anche l'utilizzo di cavi e connettori causano piccole perdite di rendimento. Si tratta, in questo caso, di dispersioni elettriche che incidono solo in minima parte sul rendimento complessivo dell'impianto.

FOTOVOLTAICO - COME FUNZIONA

5. MISMATCH

Potremmo tradurre il termine *Mismatch* come “mancata corrispondenza”. Significa che non tutti i pannelli della stessa marca, della stessa potenza e dello stesso modello, producono in maniera perfettamente omogenea. Ci sono sempre minime variazioni di rendimento dovute ad imperfezioni nei processi “di fabbrica” che danno ai pannelli caratteristiche elettriche leggermente differenti.

6. EFFICIENZA DELL'INVERTER

Il processo di conversione da *corrente continua* a *corrente alternata* per mezzo di un inverter ha normalmente un'efficienza intorno al 97-98%. Gli inverter hanno tipicamente un'efficienza di conversione ottimale quando la potenza della *corrente continua* “in ingresso” è elevata, ma sempre al di sotto della potenza nominale dichiarata.

7. ANZIANITÀ

Le celle fotovoltaiche, che durano anche oltre i 25 anni, *non* producono in maniera omogenea durante tutto il loro periodo di vita: hanno un calo del rendimento che viene stimato a **0,5% l'anno**. A fine vita un impianto fv, potrà dunque avere un rendimento di circa il 10-12 per cento inferiore rispetto a quello che aveva all'inizio. Questo dipende da un degrado “fisiologico” dei materiali e dei componenti.

FOTOVOLTAICO - GRANDEZZE

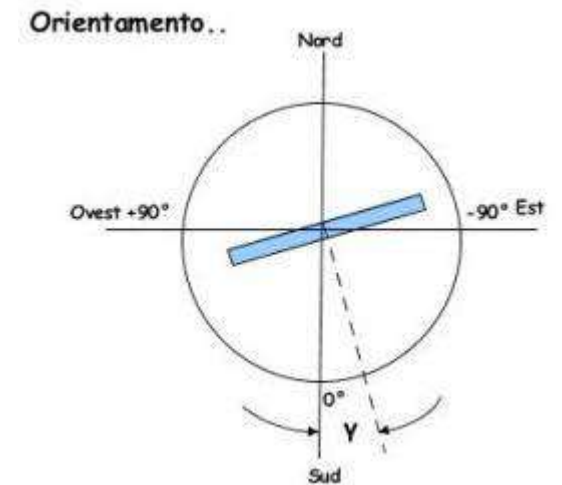
NELLA FASE DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO È IMPORTANTE CONOSCERE I SEGUENTI ASPETTI E GRANDEZZE:

- **Potenza di Picco impianto (Wp)** → è la somma delle potenze nominali che i moduli fotovoltaici sono in grado di sviluppare in condizioni Standard (STC)
- **Standard Test Conditions (STC)** → : Le norme IEC/EN 60904 hanno stabilito l'insieme delle condizioni standard per il calcolo dell'efficienza di un modulo fotovoltaico, ovvero per il calcolo in laboratorio di quanta parte dell'energia solare che arriva sul modulo viene effettivamente convertirà in corrente elettrica. Le STC prevedono :
 - *temperatura di funzionamento 25°*
 - *irraggiamento solare 1000 W/m²*
- **kWh** → unità di misura dell'Energia sia prodotta che consumata
- **Superficie disponibile** → la superficie necessaria per installare moduli fotovoltaici. La tecnologia ad oggi, con moduli di potenza anche oltre i 350Wp, consente di installare un impianto di potenza pari a 1kWp in circa 5m² di superficie

FOTOVOLTAICO - GRANDEZZE

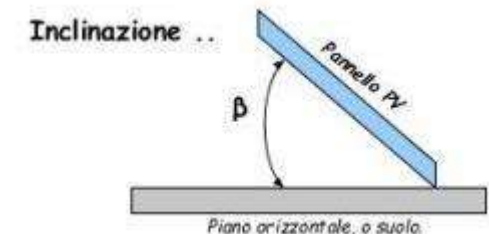
ANGOLO DI AZIMUT

l'orientamento di un modulo fotovoltaico eseguito in funzione dei punti cardinali. Si associa per convenzione il SUD=0°, EST=-90° e OVEST=+90°



ANGOLO DI TILT

l'inclinazione è invece esattamente l'inclinazione del modulo fotovoltaico rispetto al suolo o al piano orizzontale di installazione.. Per le longitudini del nostro paese, l'angolo di tilt ideale è intorno ai 30°



FOTOVOLTAICO - TECNOLOGIA E APPLICAZIONI

COS'È UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO?

Un impianto fotovoltaico è un impianto elettrico costituito da un insieme di moduli fotovoltaici che sfruttano l'energia solare incidente per produrre energia elettrica.



FOTOVOLTAICO - MODULI POLICRISTALLINI

Circa il 45% dei pannelli solari installati ad oggi sono fatti da questo tipo di silicio - **tecnologia in esaurimento**.

il silicio grezzo viene fuso e versato in uno stampo quadrato, che una volta raffreddato può essere tagliato in wafer perfettamente quadrati.

VANTAGGI:

- Processo di produzione più semplice e quindi meno costosi
- Tolleranza al calore superiore rispetto ai monocristallini e miglior resa ad alte temperature
- Sfruttano meglio la luce diffusa (non diretta) rispetto ai monocristallini di 1° generazione

SVANTAGGI:

- Non sono efficienti come i moduli Monocristallini di 1° generazione
- E' necessario coprire una superficie maggiore per produrre la stessa Potenza elettrici
- Aspetto estetico "peggiore" rispetto ai monocristallini
- Se il pannello è parzialmente coperto da ombra, sporco o neve, l'intero circuito è interrotto



FOTOVOLTAICO - MODULI MONOCRISTALLINI

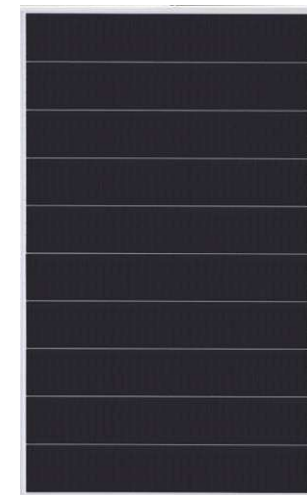
Il mercato negli ultimi 2 anni è cambiato rapidamente e la tecnologia si sta spostando sempre più sui moduli Monocristallini (tradizionali, con celle half-cut e tecnologia shingled) Facilmente riconoscibili da un aspetto e colorazione esterna uniforme che indica la alta purezza del silicio.

VANTAGGI:

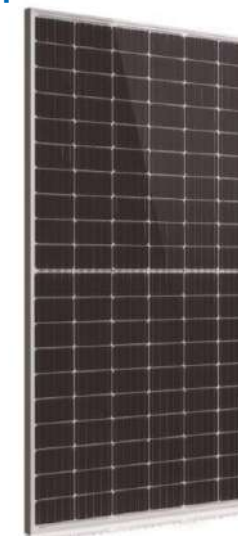
- Più efficienti / «spazio-efficienti»
- elevata potenza di produzione, richiedono anche una minore quantità di spazio
- Durata di vita maggiore - garanzia di prodotto anche di 25 anni
- Miglior funzionamento in condizioni di minor intensità solare e basse temperature

SVANTAGGI:

- Più costosi
- Soffre meno i parziali ombreggiamenti (shingled) sporco o neve
- Nel processo produttivo una grande quantità di silicio viene sprecata
- Meno efficienti quando aumenta la temperatura



Modulo shingled



Modulo half-cut



Modulo monocristallino tradizionale

FOTOVOLTAICO - MODULI CIGS a film sottile

Si tratta di semiconduttori a film sottile e l'acronimo sta per: «Copper Indium Gallium (di) Selenide» ossia «(di) seleniuro di rame indio gallio» - tecnologia con mercato limitato

VANTAGGI:

- Aspetto estetico più omogeneo e colore uniforme
- Miglior produzione a condizioni di irraggiamento non ottimale
- Alta efficienza e resistenza agli ombreggiamenti
- Ottima tolleranza alle alte temperature

SVANTAGGI:

- Basse potenze di picco dei moduli e costi maggiori
- **E' necessario coprire una superficie maggiore per produrre la stessa potenza elettrica di un tradizionale cristallino**
- Richiedono una particolare attenzione in fase di progettazione/configurazione impianto
- Durata di vita inferiore rispetto ai «cristallini»



FOTOVOLTAICO - SVILUPPI



FOTOVOLTAICO - INVERTER

INVERTER

E' lo strumento che permette di trasformare l'energia prodotta da CC a CA destinandola all'autoconsumo o all'emissione in rete. Nell'ultimo anno, la crescente richiesta di sistemi di accumulo, ha fatto sì che nascessero **inverter predisposti alla successiva installazione di un sistema di stoccaggio dell'energia**, dando la possibilità di massimizzare le produzioni degli impianti.

VANTAGGI:

- Miniaturizzazione delle componenti sempre maggiore riducendo le dimensioni
- Per i modelli preposti possibilità di aggiungere in un secondo un sistema di accumulo

SVANTAGGI:

- Il costo dei modelli predisposti è un po' più elevato rispetto alla versione tradizionale



FOTOVOLTAICO - ACCUMULI

La soluzione con accumuli sta sempre più prendendo campo nonostante i prezzi siano ancora poco convenienti nell'ottica di un rientro sull'investimento.

VANTAGGI:

- Valorizzazione della produzione dell'impianto
- Aumento dell'indipendenza energetica
- Aumento l'autoconsumo, riducendo gli sprechi anche nelle fasce non diurne
- Fino al 31/12/2021 detrazione fiscale 50% (privati)
- Si ha sempre a disposizione una scorta di energia pulita

SVANTAGGI:

- Costi elevati
- Tempi di rientro dell'investimento coincidenti con la durata di vita delle batterie
- Tecnologia delle batterie in continua fase di sviluppo - modulari
- Durata delle batterie limitata e ingombro anche se contenuti



FOTOVOLTAICO - OTTIMIZZATORI

Gli ottimizzatori di potenza aumentano la produzione di energia prodotta dagli impianti fotovoltaici monitorando costantemente il punto di massima potenza (MPPT) di ogni singolo modulo. Rendono indipendenti i singoli moduli ottimizzando la produzione di energia in caso di esposizioni non ottimali.

VANTAGGI:

- Monitoraggio del punto di massima potenza (MPPT) per ogni singolo modulo
- Affidabilità e garanzia (25 anni)
- Attenua tutti i tipi di perdita dovuti al disallineamento, alla tolleranza e all'ombreggiamento parziale
- Maggiore sicurezza in caso di intervento dei VVF

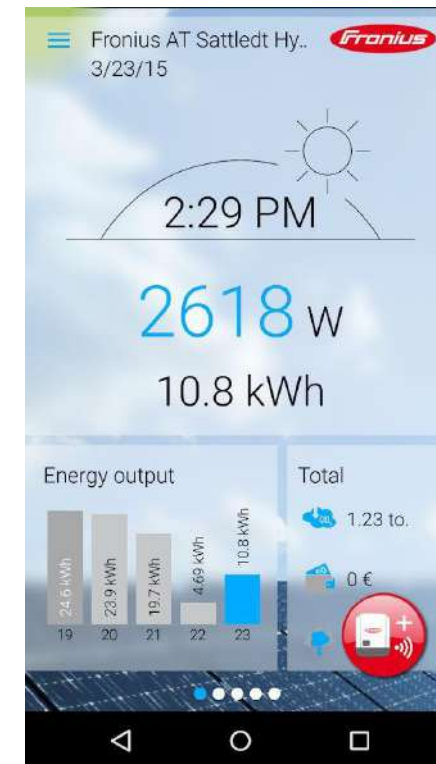
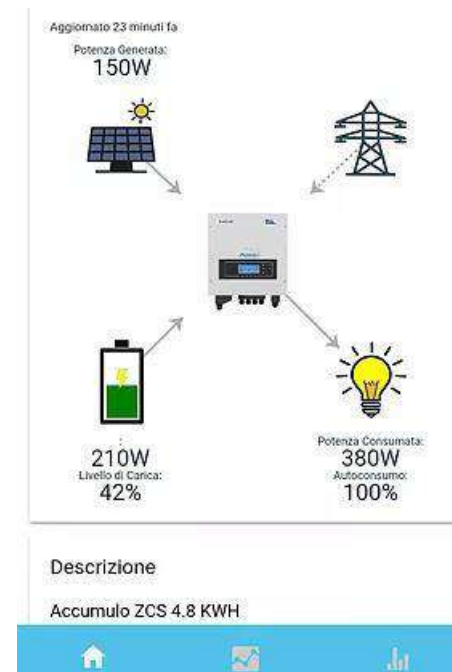
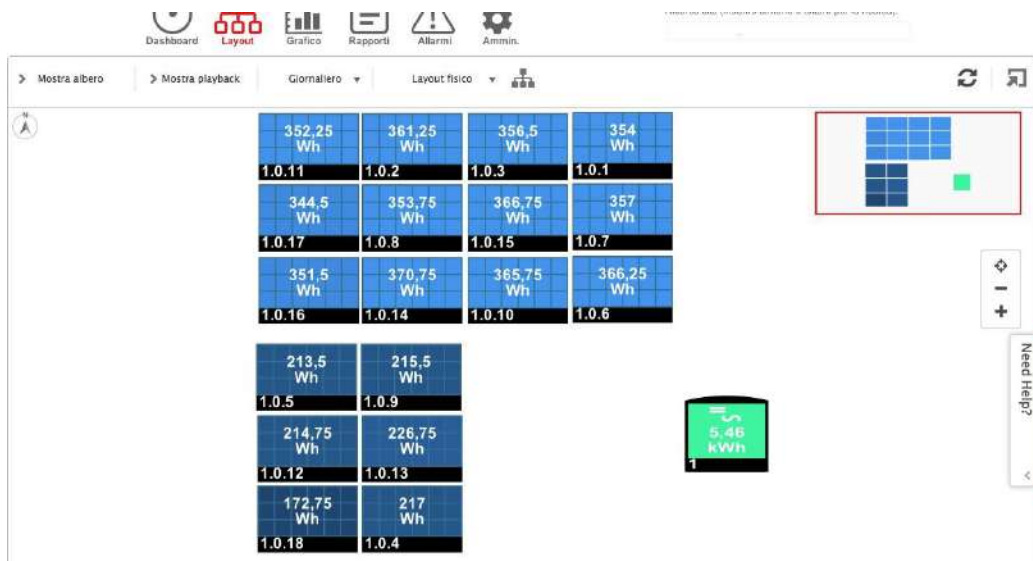
SVANTAGGI:

- Costo maggiore rispetto ad impianti «tradizionali» senza ottimizzatori
- Richiesto abbinamento con l'inverter della stesso produttore



FOTOVOLTAICO - MONITORAGGIO

Tutti i prodotti attualmente su mercato propongono sistemi di monitoraggio remoto per visualizzare lo stato di funzionamento dell'impianto. A seconda del prodotto il sistema è in grado dare informazioni più o meno dettagliate ma comunque sempre precise sullo stato di funzionamento.



FOTOVOLTAICO - MAPPA IRRAGGIAMENTO



FOTOVOLTAICO - AUTOCONSUMO E AUTARCHIA

Quando si considera un impianto fotovoltaico destinato a fornire energia ad un'utenza è importante valutare due fattori che influenzano la redditività: l'autoconsumo e il grado di autarchia.

L'**autoconsumo** $\}$ di solito valutato in valore percentuale (%), è il rapporto tra l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico che viene utilizzata e la totalità dell'energia prodotta dall'impianto stesso.

L'**autarchia** $\}$ è invece il rapporto tra l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico che viene utilizzata e la totalità dell'energia necessaria all'utenza.

In sintesi, il primo parametro esprime “quanto si sfrutta” un impianto fotovoltaico e il secondo “quanta è l'indipendenza”.

$$\begin{array}{c} \text{AUTOCONSUMO} \\ \frac{\text{kWh FV UTILIZZATI}}{\text{kWh PRODOTTI}} \end{array} \} \% \quad \begin{array}{c} \text{AUTARCHIA} \\ \frac{\text{kWh FV UTILIZZATI}}{\text{kWh CONSUMATI}} \end{array} \} \%$$

COSA SIGNIFICANO I VALORI DI AUTARCHIA ELEVATI?

Valori di autarchia elevati significano che l'utenza ha la possibilità di ridurre l'impatto negativo di aumenti di prezzi della “corrente elettrica” negli anni a venire e di generare in proprio energia da fonte assolutamente pulita.

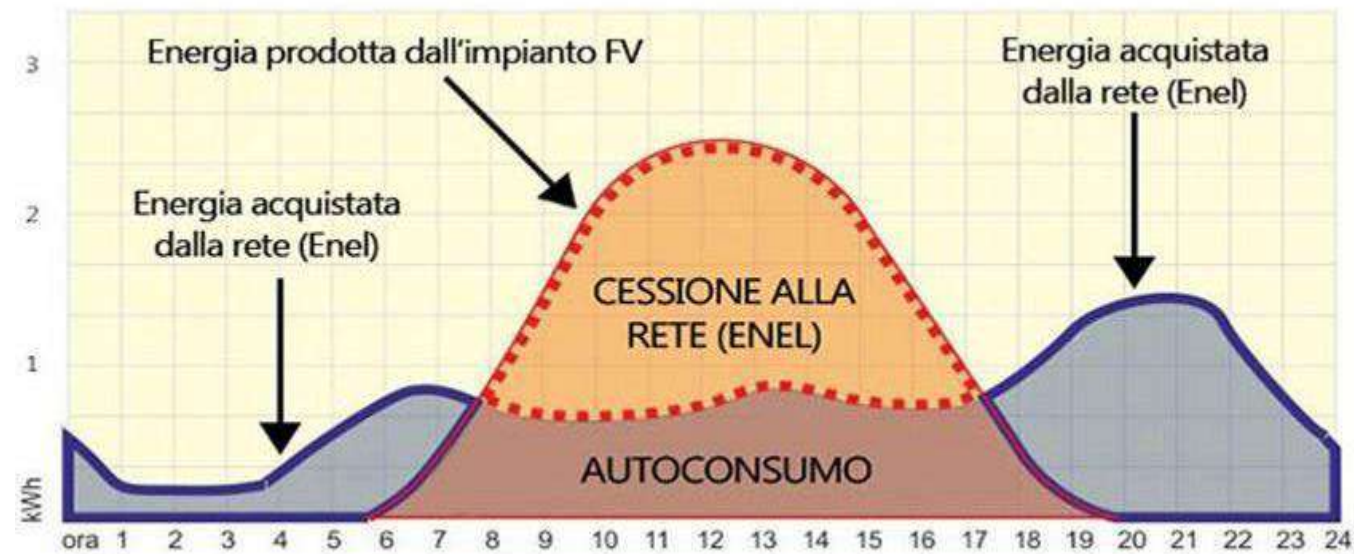
FOTOVOLTAICO - AUTOCONSUMO E AUTARCHIA

L'autoconsumo di energia si realizza in modo naturale: ogni volta che un utilizzatore viene acceso mentre splende il sole l'energia generata in quel momento dal fotovoltaico viene consumata direttamente.

Per questo è **importante la gestione dei consumi** e l'eventuale installazione di un sistema di accumulo.

FONTE GSE } In Italia l'autoconsumo medio su tutti gli impianti fotovoltaici al 2016 è risultato del 18.9% (fonte GSE) ma il dato passa al 33% in impianti sotto i 20 kW.

AUTOCONSUMO MEDIO



FOTOVOLTAICO - RESIDENZIALE vs COMMERCIALE

	IMPIANTO RESIDENZIALE	IMPIANTO COMMERCIALE/INDUSTRIALE
Potenza di picco	2-10 kWp	> 20kWp
Autoconsumo	~50%	Anche fino 90%
Accumuli	Soluzione da considerare	No soluzioni valide
Prezzo €/kWp	Piuttosto costante	Diminuisce all'aumentare della potenza
Manutenzione	Pressoché inesistente	Non invasiva ma presente
Tipo di installazione	Può essere soggetto a vincoli paesaggistici	Può essere vincolato ad aspetti tecnici/sicurezza

» CASE HISTORY

CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - TETTI ROSSI

INTERVENTO

- realizzazione di **impianto fotovoltaico** di potenza pari a 45kWp presso un edificio adibito a casa di riposo.
La presenza di vincoli paesaggistici ha richiesto un tipo di installazione integrata e pannelli policristallini colorati

RISPARMIO OTTENUTO

- **risparmio di circa 10.000 €/anno** pari ad un abbattimento del costo della bolletta dell'energia elettrica del **45%**

VANTAGGI

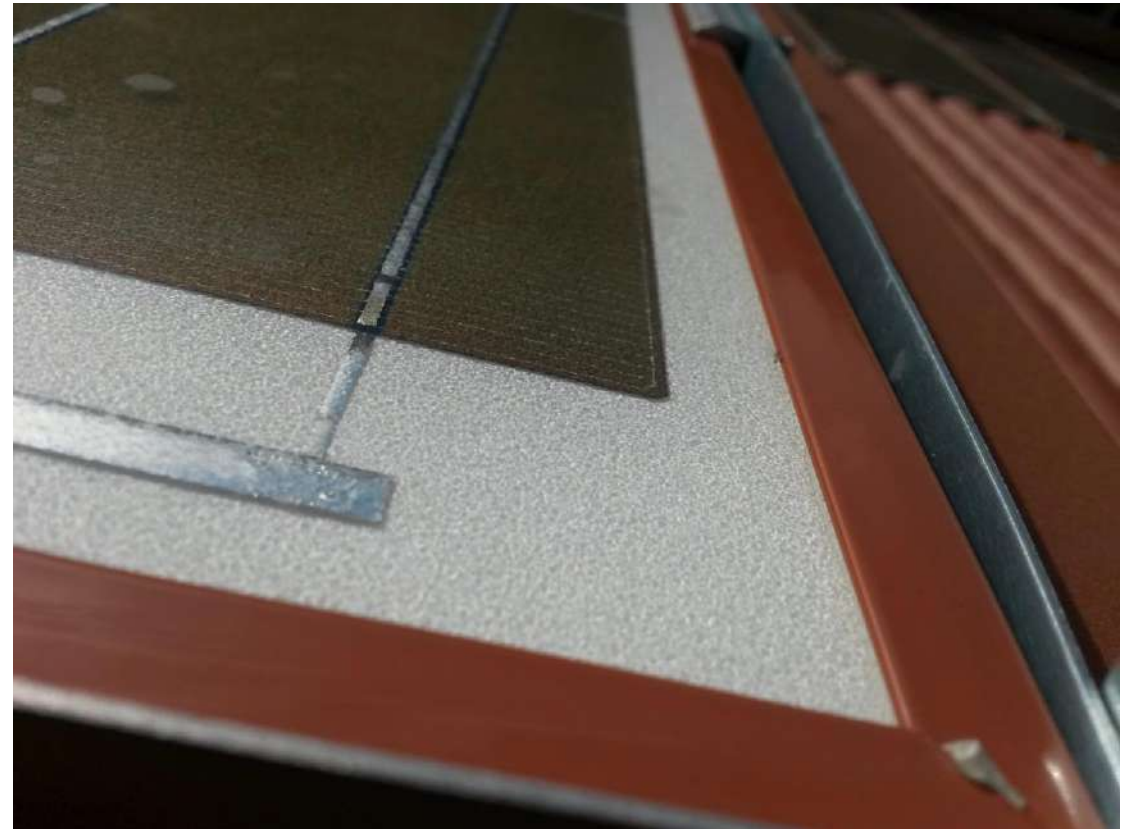
- l'impianto fotovoltaico proposto, producendo circa 50.000 kWh/anno di energia elettrica da fonti rinnovabili, consente di **evitare l'emissione di 24,61 Tco2 nell'atmosfera**



CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - TETTI ROSSI



CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - TETTI ROSSI



CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - SAAR



INTERVENTO

- realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 87,10 kW presso un **sito industriale di stoccaggio oli vegetali e grassi animali**, la copertura è di tipo piano con superficie di circa 1.000 m²

RISPARMIO OTTENUTO

- l'intervento ha consentito un **risparmio di circa 12.000 €/anno** pari ad un abbattimento del costo della bolletta dell'energia elettrica **del 10%**

VANTAGGI

- l'impianto fotovoltaico è stato **realizzato con moduli policristallini** e strutture dimensionate per resistere al forte vento.

Data la sua esposizione ottimale l'impianto produce circa 100.000 kWh/anno di energia elettrica che viene autoconsumata in sito per circa il 95% e consente di **ottenere un risparmio di emissioni di CO₂ paria a 64,35 Tco₂**

CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - SAAR



CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - DOMOKOS

INTERVENTO

- realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a **13,26 kWp** presso un agriturismo su pensilina adibita a posti auto per i clienti della struttura

RISPARMIO OTTENUTO

- l'intervento ha consentito un **risparmio di circa 3.600 €/anno** pari ad un abbattimento del costo della bolletta dell'energia elettrica del **43%**

VANTAGGI

- impianto realizzato con moduli fotovoltaici a tecnologia CIS.
L'impianto fotovoltaico realizzato, produce circa 15.000 kWh/anno di energia elettrica da fonti rinnovabili e consente di evitare emissioni di circa **7,38 Tco₂** nell'atmosfera



CASE HISTORY FOTOVOLTAICO - ALTRE APPLICAZIONI



