

POLITECNICO DI
TORINO

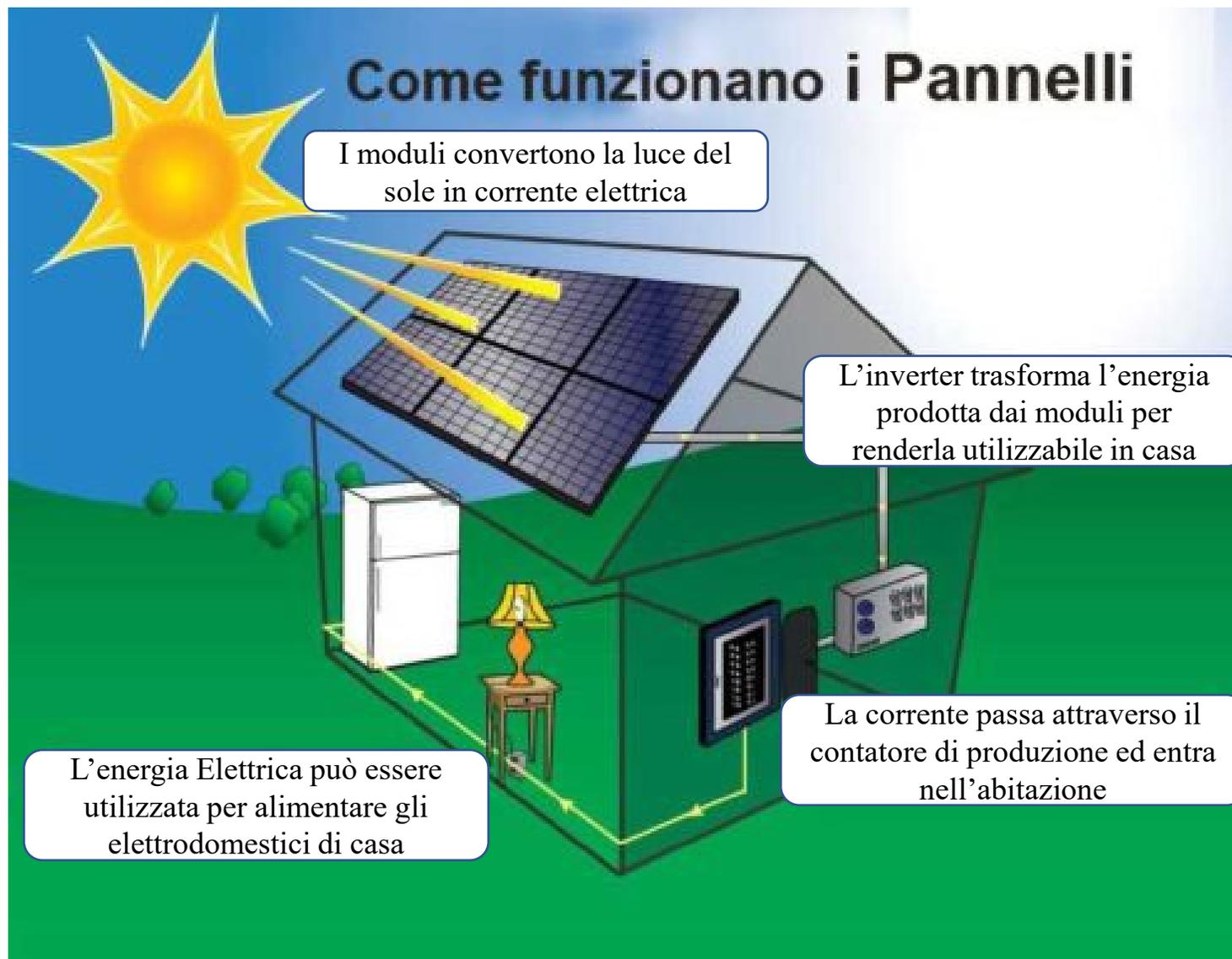


Ass. Prof. Alessandro Ciocia
(alessandro.ciocia@polito.it)

Comunità Energetiche

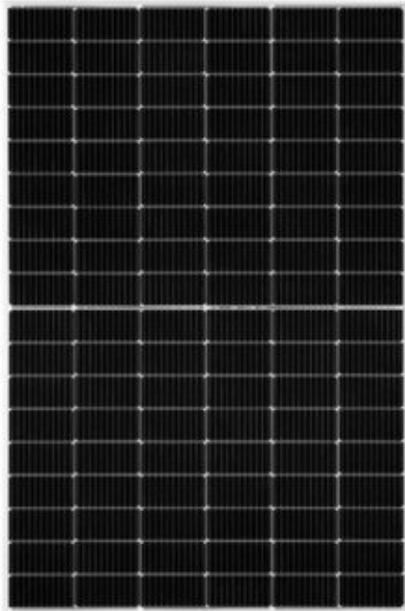
GIUGNO 2025

Descrizione di un impianto fotovoltaico



Un impianto fotovoltaico serve a convertire l'energia proveniente dal sole in energia elettrica da utilizzare in casa o da vendere alla rete.

Principali componenti di un impianto fotovoltaico senza batteria



Pannello (o modulo)
fotovoltaico



Inverter di
stringa

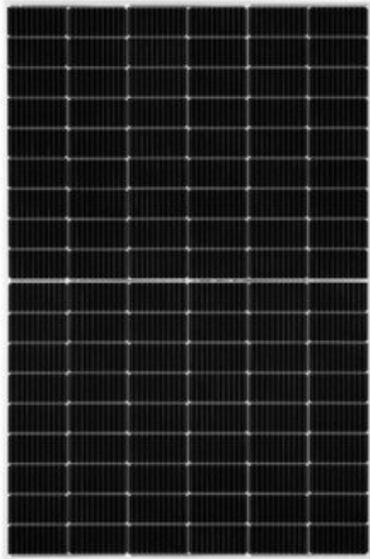


Quadro Elettrico



Contatore di
produzione

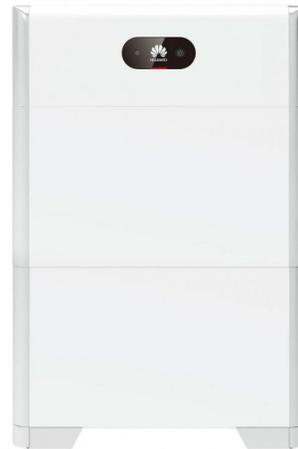
Principali componenti di un impianto fotovoltaico con batteria



Pannello
fotovoltaico



Inverter
Ibrido



Accumulo
Elettrico

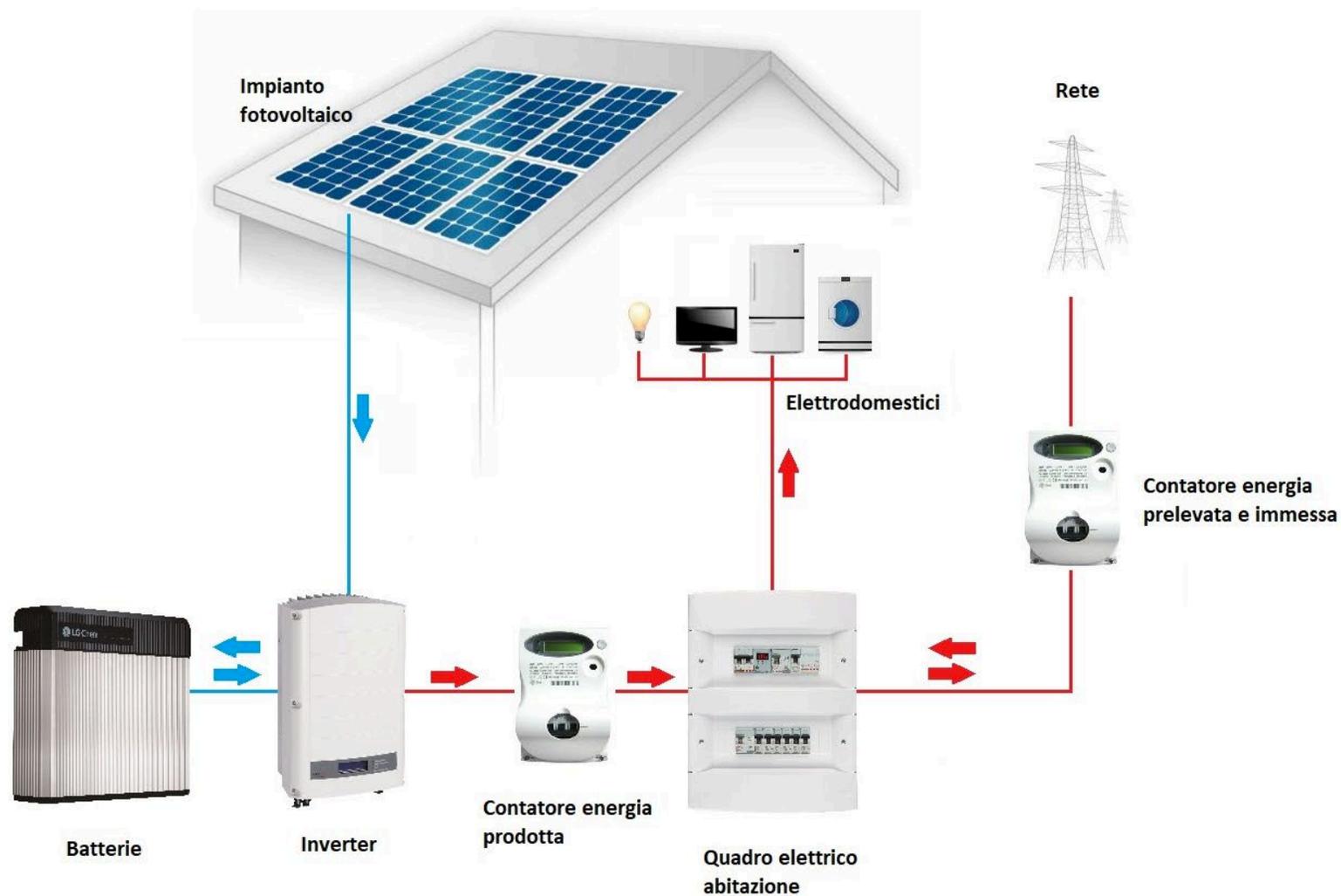


Quadro
Elettrico

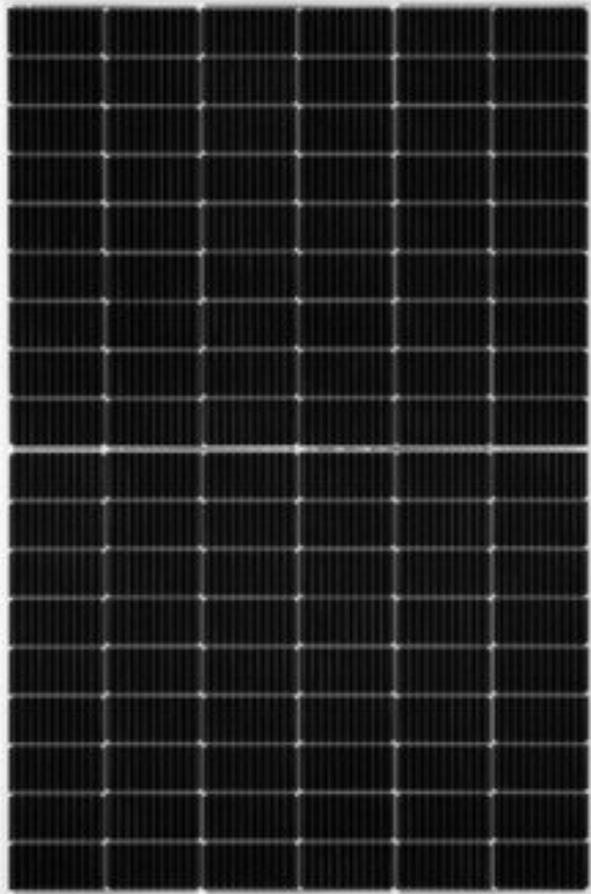


Contatore di
produzione

Schema esemplificativo di un impianto fotovoltaico con accumulo elettrochimico



Caratteristiche e dimensioni di un pannello fotovoltaico (FV)



IL modulo (o pannello) FV un dispositivo composto da tante celle che, utilizzando la luce solare (irraggiamento), riescono a produrre energia elettrica senza produzione di emissioni o di rumore.

Le dimensioni e peso tipici di un pannello FV sono:

- 1,7 - 1,8 metri di altezza;
- 1 - 1,15 metri di larghezza;
- 3 centimetri di spessore.

Il peso si aggira intorno ai 20 – 22 kg.

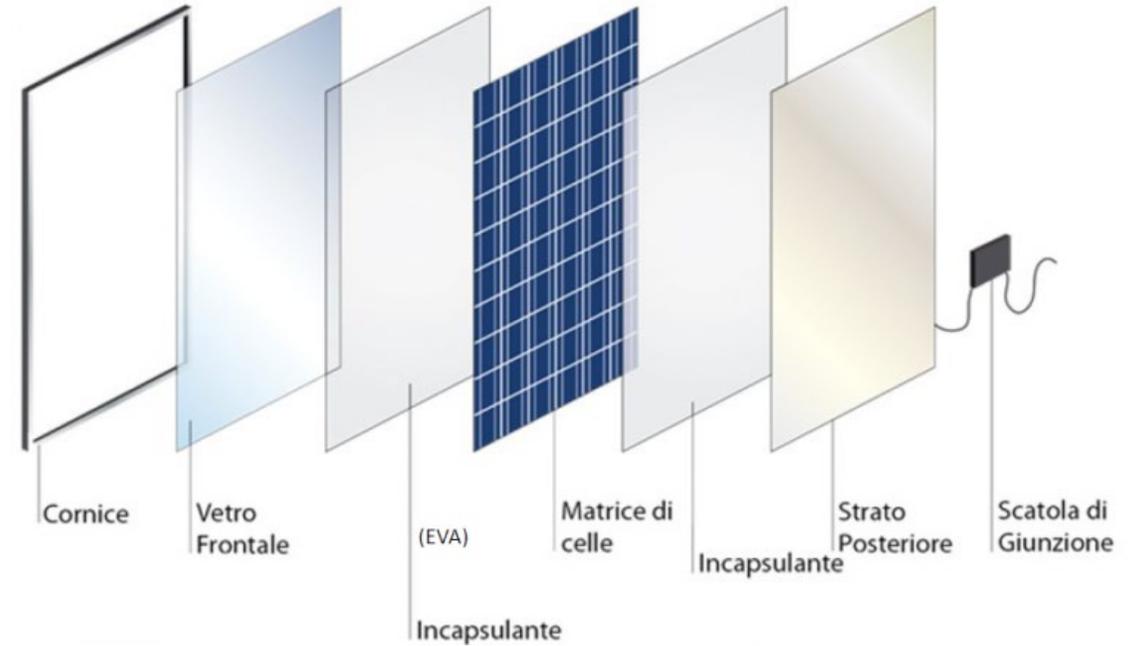
La potenza tipica dei pannelli per uso residenziale è di circa 410 – 430 W. Esistono pannelli che arrivano a 600 W (dimensioni e peso maggiori rispetto a quelle tipiche).

Date le dimensioni importanti dei pannelli fotovoltaici, bisogna considerare in linea di massima 5 mq per 1 kWp di impianto.

Strati che compongono un pannello fotovoltaico

I moduli hanno tipicamente una struttura multistrato composta da:

- vetro frontale, temperato (spesso circa 4 mm);
- pellicola di EVA (Etil Vinil Acetato) posta nel fronte e nel retro della matrice di celle;
- matrice di celle di silicio dotate dei contatti elettrici necessari a raccogliere la corrente elettrica prodotta;
- collegamenti elettrici (rame) che connettono le celle in serie;
- strato posteriore, realizzato generalmente con un foglio di Tedlar o, nel caso di pannelli bifacciali, in vetro;
- cornice in alluminio anodizzato anticorrosione (circa 10% in peso);
- scatola di giunzione, installata sul retro del pannello, del tipo IP65 (quindi a prova di pioggia) completa di cavi.



Convertitori DC/AC (inverter)



Per utilizzare l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici per alimentare gli apparecchi casalinghi (frigorifero, forno, televisione) è necessario installare un inverter.

Si installano a parete e sono poco ingombranti (esempio di dimensioni per un convertitore per ambito residenziale 36 x 36 x 16 cm).

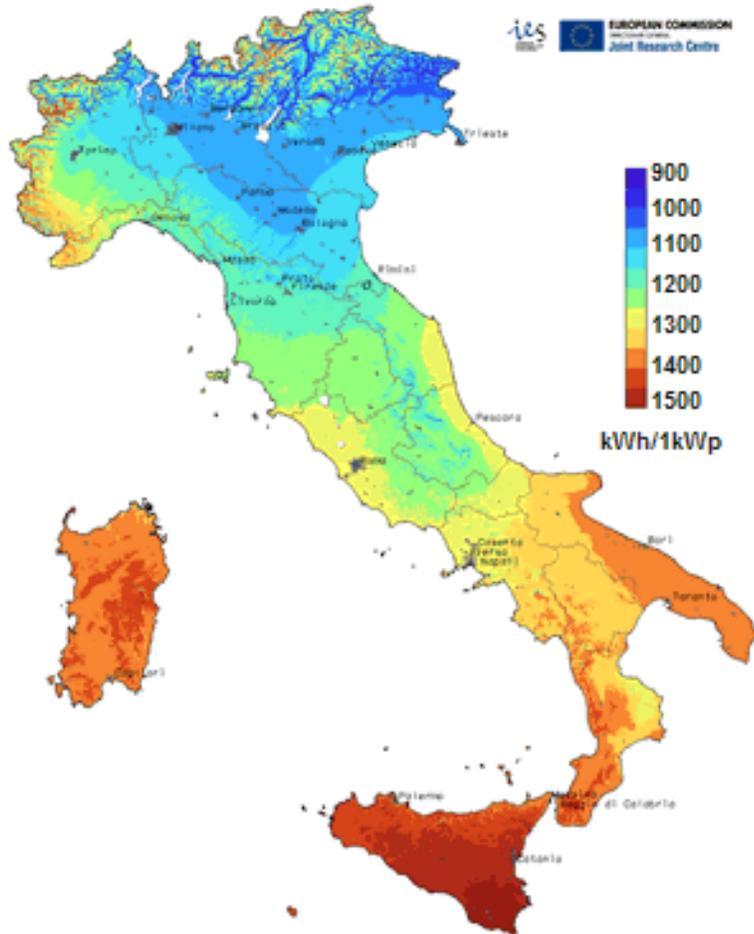
Devono essere installati in luoghi chiusi, ventilati, non troppo umidi, al riparo dagli agenti atmosferici (se messi all'aperto sono protetti tramite l'ausilio di particolari materiali).



Esempi posizionamento inverter e quadri



Producibilità FV in Italia (kWh/kWp)



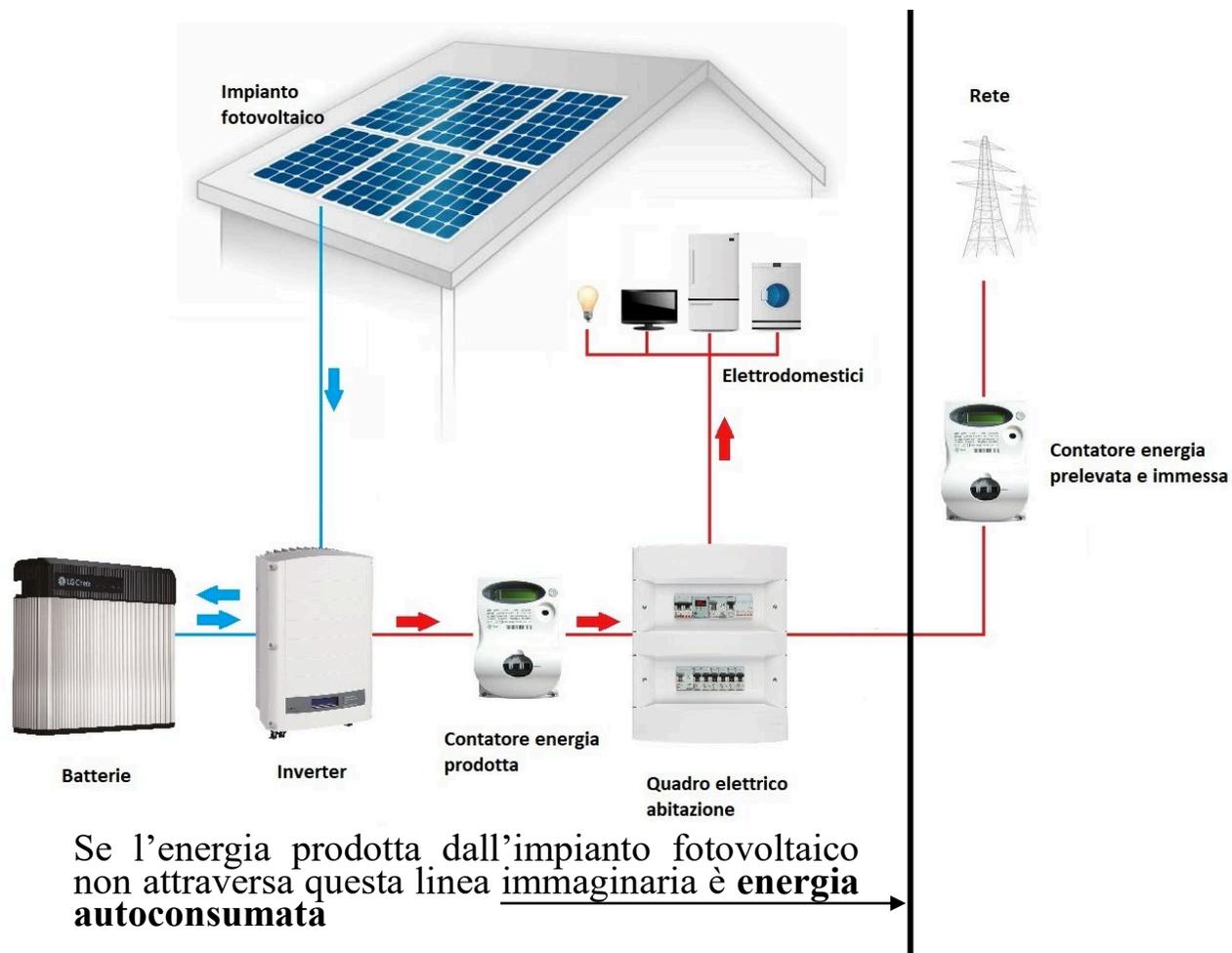
Per ogni kW di impianto fotovoltaico installato, è possibile produrre da 900 a 1500 kWh di energia elettrica.

Pertanto, a seconda della potenza massima dell'impianto (detta anche kWp) è possibile produrre:

- 3 kWp = 2.700-4.500 kWh/anno;
- 4 kWp = 3.600-6.000 kWh/anno;
- 6 kWp = 5.400-9.000 kWh/anno.

kWp = kilowatt di picco

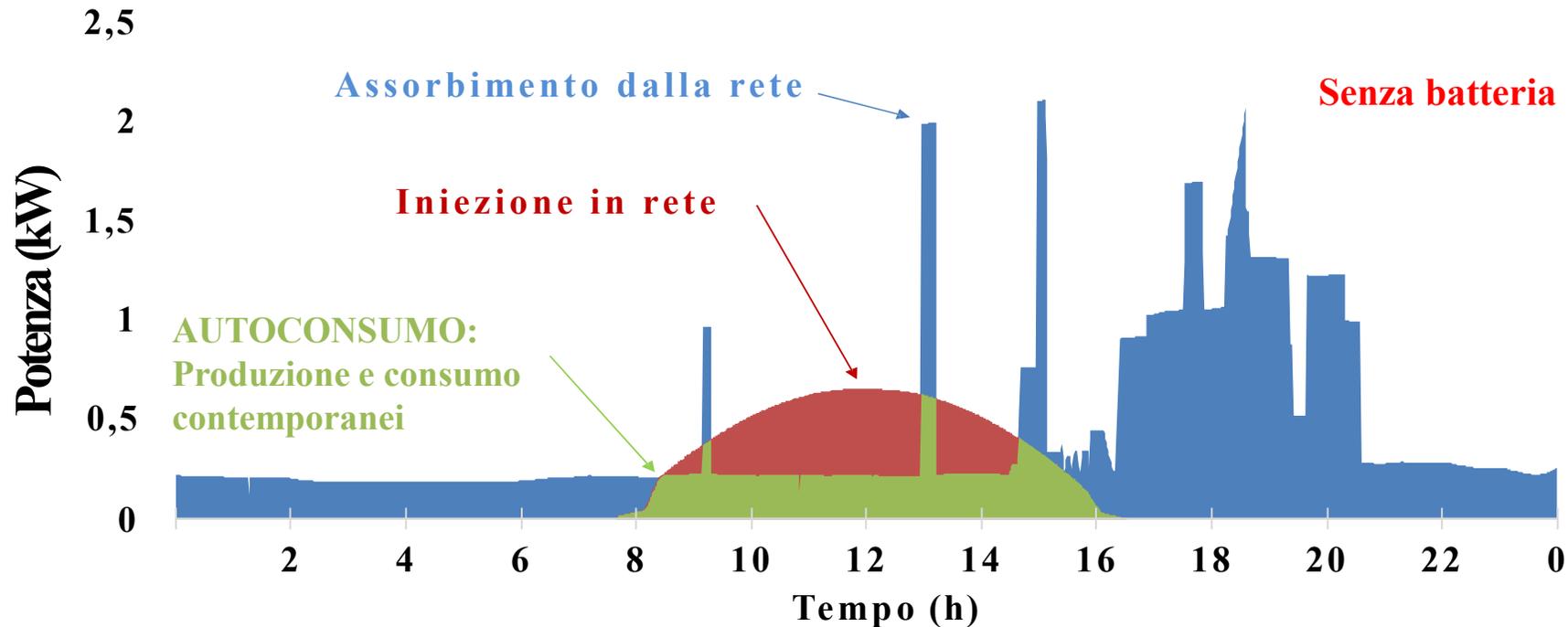
Definizione di autoconsumo



L'energia autoprodotta e contemporaneamente consumata è quella energia che viene prodotta dall'impianto fotovoltaico e che viene utilizzata direttamente per alimentare gli elettrodomestici (o altre utenze) senza che questa energia venga immessa in rete e quindi senza assorbire energia elettrica dalla rete.

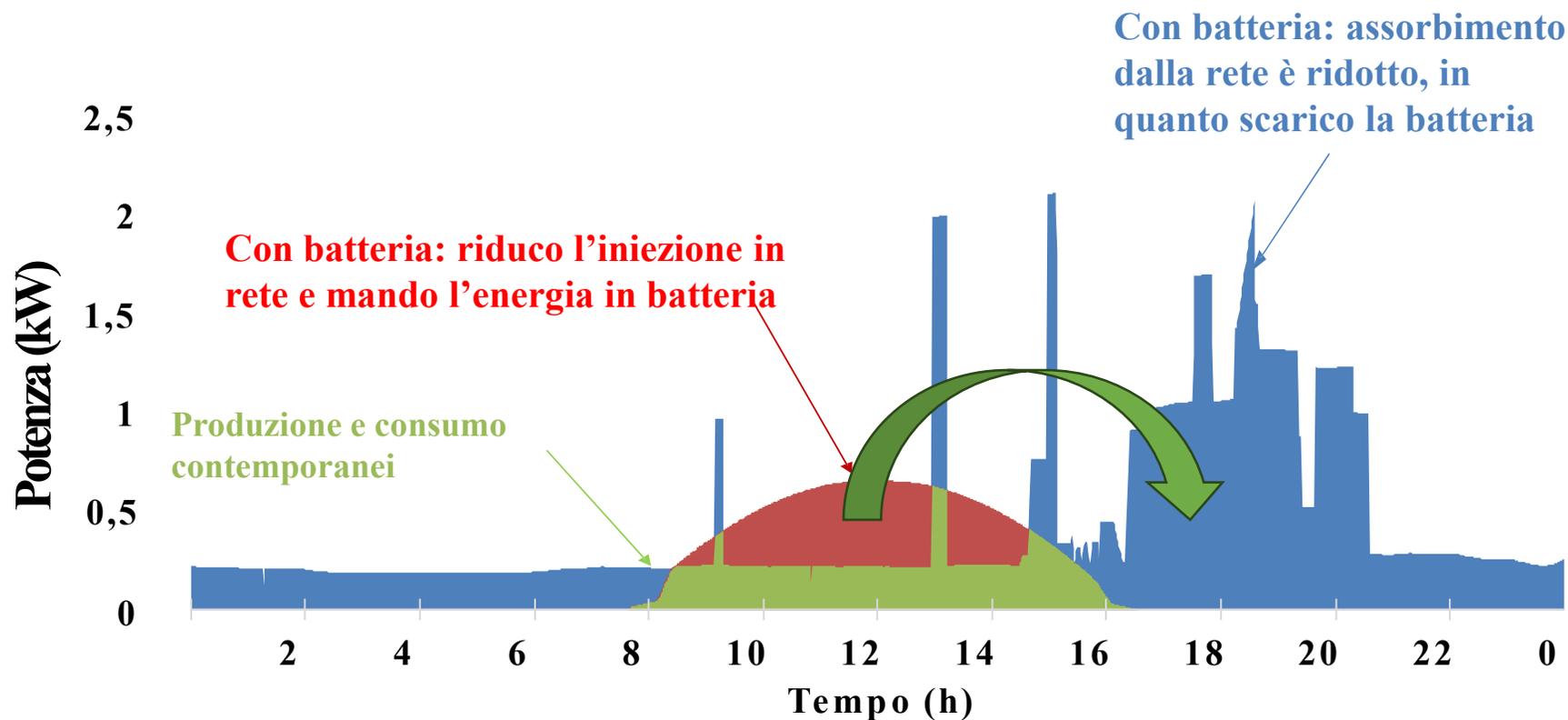
Definizione di autoconsumo

L'autoconsumo può avvenire solo quando la produzione da parte dell'impianto fotovoltaico è contemporanea al consumo (ad es. per gli elettrodomestici accesi).



Definizione di autoconsumo

Utilizzando la batteria riesco ad autoconsumare più energia prodotta dall'impianto fotovoltaico immagazzinandola all'interno delle batterie ed usandola quando mi serve (ad es. la sera).



Comunità energetiche

Definizione di comunità energetica

Una **comunità energetica** è un'associazione di enti pubblici locali, aziende, attività commerciali e cittadini privati che si uniscono per produrre, condividere e gestire energia rinnovabile a livello locale.

Aspetti fondamentali:

- **Partecipazione volontaria:** chiunque può aderire
- **Prossimità geografica:** condivisione locale
- **Benefici economici, ambientali e sociali:** risparmio in bolletta, sostenibilità ambientale e coesione sociale



Energia condivisa

Quantità di energia prodotta e consumata istantaneamente dai membri della comunità energetica.

Viene espressa secondo la seguente equazione:

$$E_{condivisa,t} = \min \left(E_{prodotta} ; \sum_{i=1}^n E_{prelevata,t_i} \right)$$

Dove

- $E_{condivisa,t}$ è l'energia condivisa all'istante t
- $E_{prodotta,t}$ è l'energia prodotta all'istante t al netto dell'autoconsumo fisico
- $E_{prelevata,t_i}$ è l'energia prelevata all'istante t dal punto di connessione i, mentre n è il numero totale di connessioni facenti parte dello schema

Principi di funzionamento dell'autoconsumo

Il proprietario dell'impianto utilizza istantaneamente l'energia autoprodotta per soddisfare le esigenze dei propri carichi. L'energia prodotta in eccesso può essere stoccata in sistemi di accumulo, se l'impianto ne è dotato. Se quest'ultimo non è presente oppure è già carico, l'energia in surplus viene assorbita dagli utenti della comunità energetica e viene ripartita in maniera proporzionale a ciascun carico.

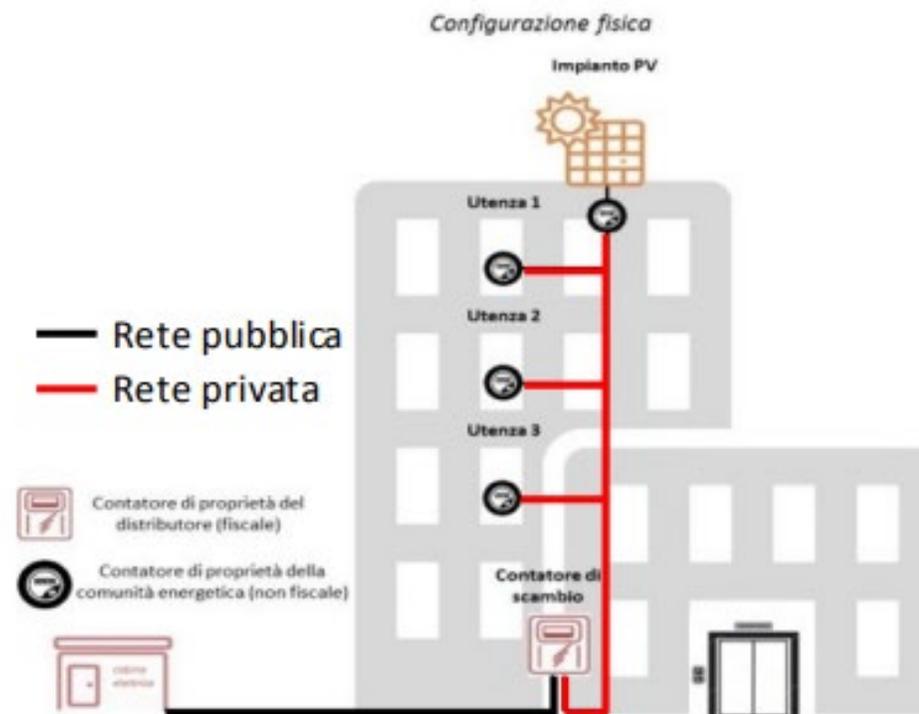
Modelli di autoconsumo:

- **Uno a uno (utente singolo):** singola unità di produzione per unità di consumo, utilizzato in Italia
- **Uno a molti (comunità energetica):** impianto a servizio di più utenze contemporaneamente

I membri della comunità sono incentivati a concentrare i propri consumi nelle ore di maggior produzione, massimizzando l'energia condivisa

Configurazioni: Autoconsumo fisico

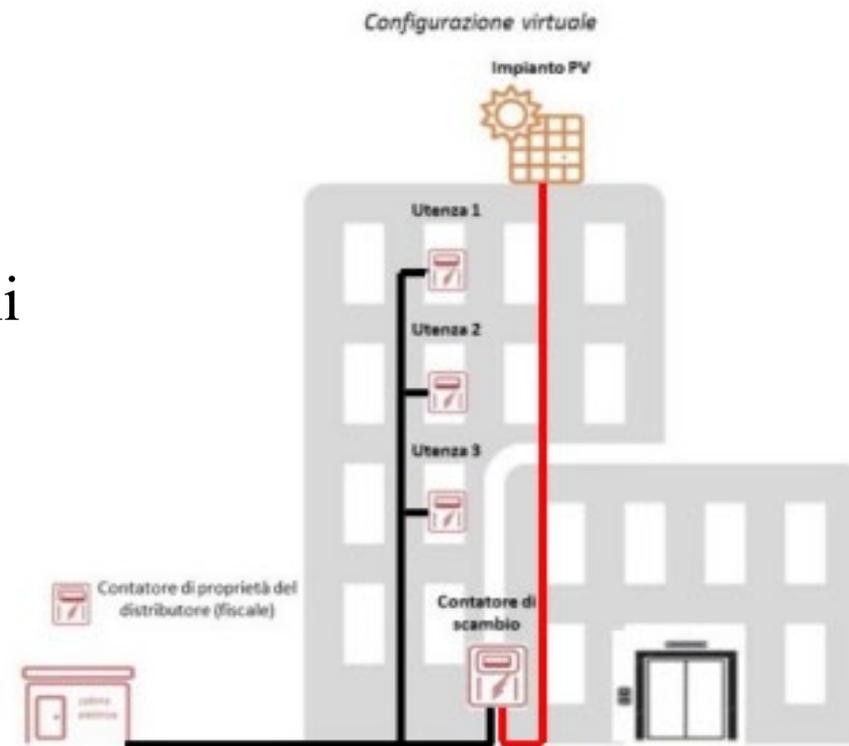
- Collegamento diretto impianto-rete privata
- Unico POD fiscale
- Unica bolletta per l'intero condominio
- Sostanziale riduzione della bolletta



Lo schema non è applicabile al giorno d'oggi perché ogni inquilino necessita di un proprio contatore secondo la normativa vigente.

Configurazioni: Autoconsumo virtuale

- Collegamento impianto-rete pubblica-utenze
- Utente con il proprio POD
- Rete privata non necessaria
- Autoconsumo fisico solo per le utenze comuni



È l'unico schema attualmente realizzabile dal punto di vista legale.



Quadro legislativo

1. **RED II - Direttiva UE 2018/2001**: prima normativa europea che introduce il concetto di comunità energetiche, con l'obiettivo di promuovere l'uso di energia da fonti rinnovabili;
2. **Decreto-legge 162/2019**: introduce configurazioni sperimentali per testare il modello su impianti limitati a 200 kW;
3. **Delibera ARERA 2020**: implementazione dell'autoconsumo virtuale e identificazione dei benefici tecnici (riduzione perdite di rete, ottimizzazione delle infrastrutture). GSE incaricato di erogare gli incentivi;
4. **Decreto Legislativo 2021**: fine della fase sperimentale ed estensione dei limiti ad impianti fino a 1MW.

Incentivi: Decreto MiSE

- Con il **decreto MiSE 2020** è prevista una tariffa premio di 10 c€/kWh per l'autoconsumo collettivo e di 11 c€/kWh per le comunità energetiche, valore più alto per il beneficio sociale apportato.
- Ha validità di 20 anni.
- Non è applicabile agli impianti solari collocati a terra



Incentivi: Decreto MASE

A gennaio 2024 è entrato in vigore un nuovo decreto per incentivare la diffusione di 7 GW di impianti rinnovabili in autoconsumo a livello nazionale. Questo decreto sostituisce quanto precedentemente indicato con il decreto MiSE del 2020, differenziando l'incentivo a seconda della potenza installata, favorendo gli impianti più piccoli, come si evince dalla tariffa premio in tabella. L'incentivo erogato dal GSE sarà valutato come:

$$Incentivo = Tariffa_{premio} \cdot E_{condivisa}$$

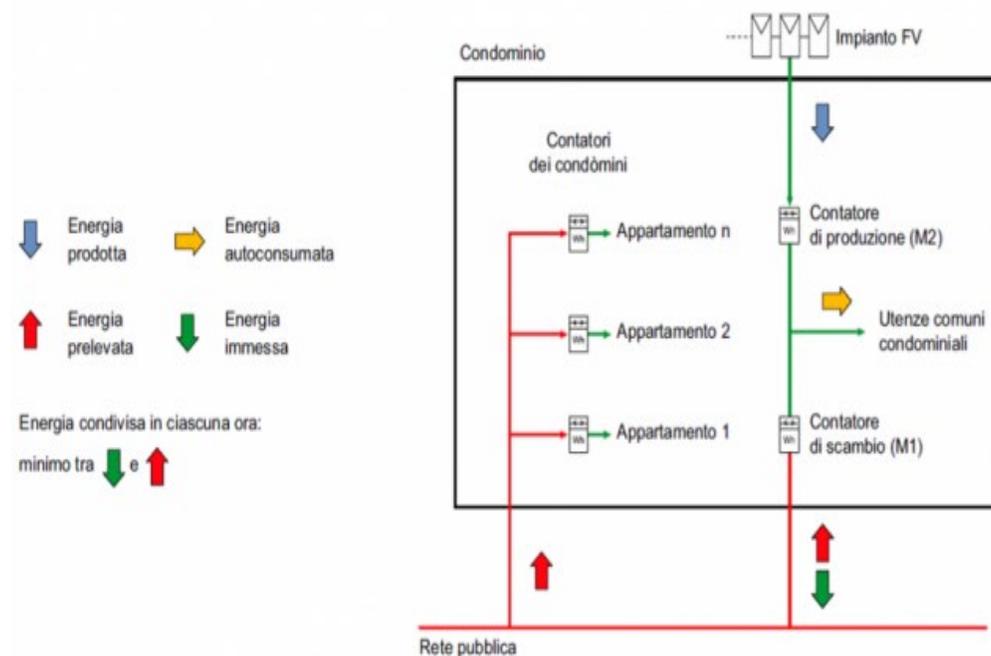
Potenza installata	P<200 kW	200 kW<P<600 kW	P>600 kW
Tariffa premio	80+max (0;180-Pz)	70+max (0;180-Pz)	60+max (0;180-Pz)
Tariffa premio massima	12 c€/kWh	11 c€/kWh	10 c€/kWh

Sostenibilità economica

Le comunità energetiche, sebbene non abbiano scopo di lucro, devono garantire convenienza economica ai membri per assicurare la sostenibilità dell'investimento.

Per definire i proventi economici è necessario illustrare le varie quote di energia coinvolte:

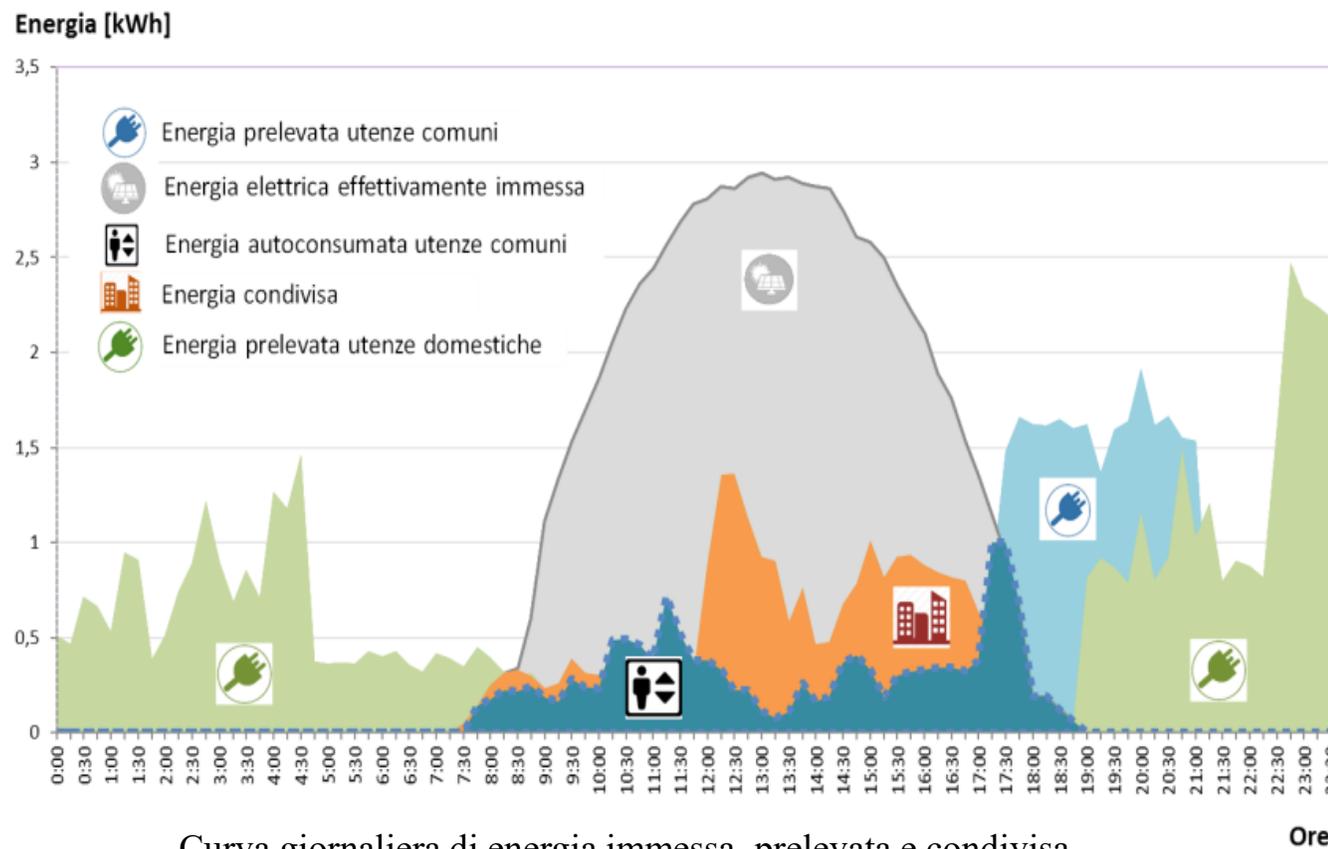
- Energia prodotta: generata dall'impianto
- Energia autoconsumata: energia prodotta e consumata istantaneamente
- Energia prelevata: assorbita dalla rete misurata dai POD
- Energia immessa: ceduta alla rete pubblica misurata dal contatore di scambio



Schema condominio con flussi energetici

Sostenibilità economica

In figura sono rappresentati i trend giornalieri delle varie quote di energia in gioco, ovvero energia immessa, prelevata e condivisa.



Curva giornaliera di energia immessa, prelevata e condivisa

Autoconsumo fisico

È l'energia prodotta che viene istantaneamente consumata dall'utente e corrisponde al beneficio economico più sostanziale.

È possibile valutare l'installazione di accumulatori di energia per aumentare l'autoconsumo.

La tabella mostra i costi dell'energia elettrica degli ultimi anni, avvalorando i benefici economici dell'autoconsumo.

Trimestre	Spesa per la materia energia (c€/kWh)	Spesa per il trasporto e la gestione del contatore (c€/kWh)	Spesa per oneri di sistema (c€/kWh)	Imposte (c€/kWh)	Importo complessivo (c€/kWh)
IV 2022	55,36	3,85	0,00	6,80	66,01
I 2023	43,49	3,99	0,00	5,63	53,11
II 2023	13,77	3,99	3,03	2,96	23,75
III 2023	14,01	3,99	2,89	2,97	23,86

Vendita energia

Solo l'energia effettivamente immessa in rete può essere venduta dal produttore al GSE tramite il ritiro dedicato.

Meccanismi di vendita con il ritiro dedicato variabili a seconda della potenza:

- 100 kW : prezzo minimo garantito = 4,68 c€/kWh per il fotovoltaico (2025)
- 100 kW- 1 MW : prezzo zonale orario, ovvero in base alla fascia oraria e alla zona dell'impianto. Si aggira intorno ai 10 c€/kWh per l'estate 2023 nella fascia F1, valore medio che è rimasto costante anche nell'estate 2024



Rimborso dei costi di rete evitati

L'autoconsumo comporta un minore utilizzo della rete pubblica, dunque una riduzione delle perdite di rete.

E' prevista la restituzione degli oneri relativi alle perdite di rete, inclusi in bolletta, da parte del GSE.

Per le comunità energetiche la valorizzazione non dipende dal prezzo zonale, come per l'autoconsumo collettivo, e la quota è aumentata a 1,057 c€/kWh per il 2024 rispetto a 0,848 c€/kWh del 2023.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ass. Prof. Alessandro Ciocia (alessandro.ciocia@polito.it)