

Tecnologie per la valutazione, l'ottimizzazione e la gestione di Comunità Energetiche e Gruppi di Autoconsumo

Relatore: Ing. Marco Bindi
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Smart Energy Lab
Università degli Studi di Firenze

Contatti: m.bindi@unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione dell'Energia Rinnovabile (CACER)

- Sono previste **tre configurazioni principali**:



*Comunità Energetiche
Rinnovabili (CER)*



*Gruppi di Autoconsumatori
Collettivi*



*Autoconsumatori Individuali
a Distanza*

- Le Configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione dell'Energia Rinnovabile (CACER) **sono incentivate sulla base del modello regolatorio virtuale.**
- Riferimenti **regolamentazione attuale**:

DM 414/2023
(entrata in vigore 24/01/2024)

Revisione TIAD da ARERA
(30/01/2024)

Regole tecniche GSE
(23/02/2024)

Tipologie di utenti

- I clienti finali possono essere essenzialmente di tre tipi:



Consumer

Consumatore puro. Può soltanto prelevare energia dalla rete, non possiede un impianto di produzione.



Producer

Produttore puro. Può soltanto immettere energia in rete, non assorbe energia dalla rete se non per alcuni servizi ausiliari.



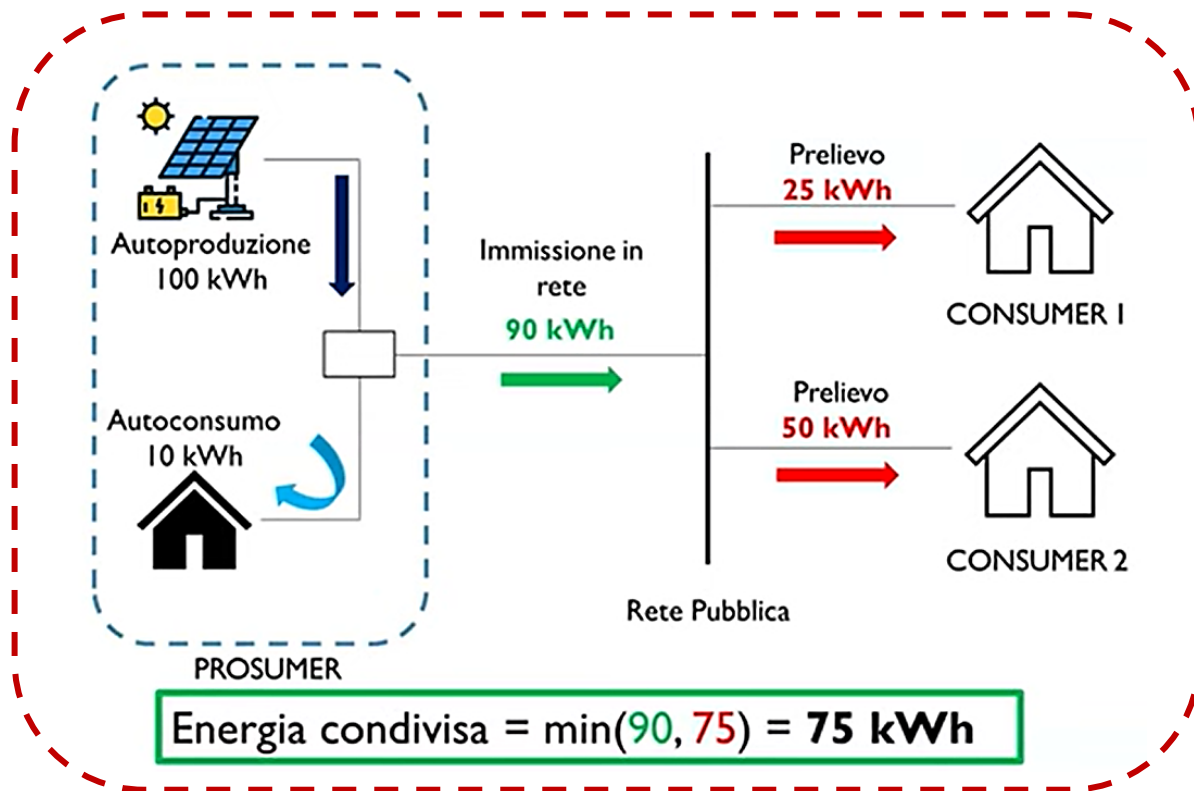
Prosumer

Utenza provvista di un impianto di produzione. Può sia prelevare che immettere energia.

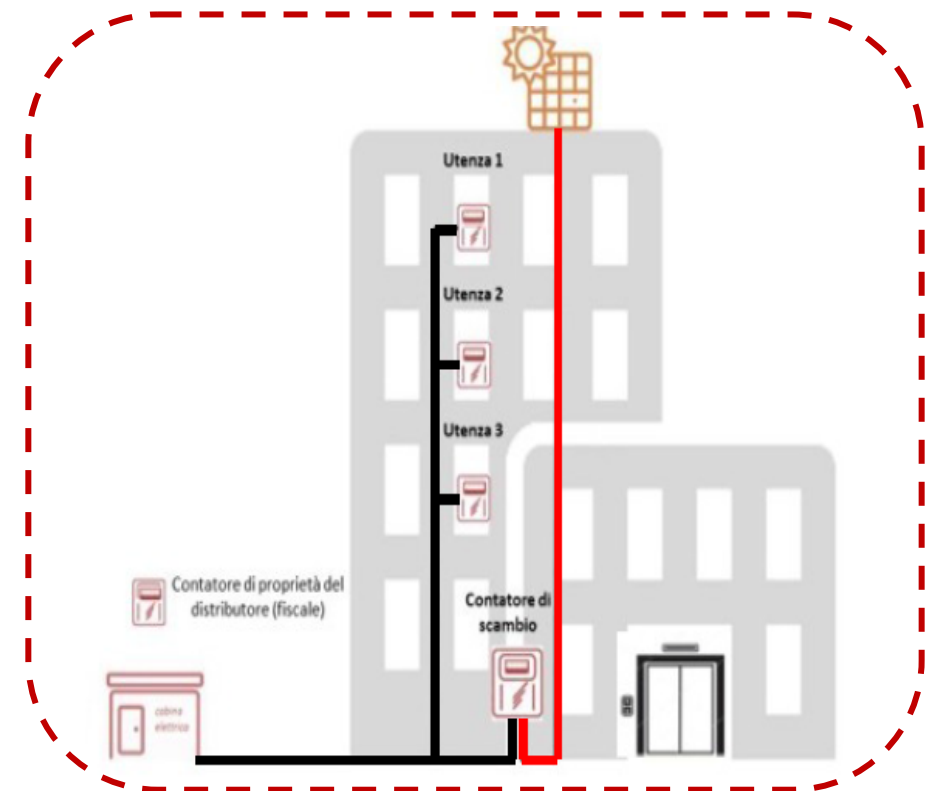
- Ovviamente, una CACER deve includere almeno un utente attivo (producer o prosumer).

Modello regolatorio virtuale

- Il modello regolatorio virtuale è basato sulla **misurazione oraria dell'energia condivisa**, definita come il minimo tra l'energia immessa in rete e l'energia prelevata dalla rete dall'intera configurazione di autoconsumo.



Comunità Energetica Rinnovabile (CER)



Gruppo di Autoconsumo

Valutazione ed ottimizzazione delle CACER

- Principali obiettivi:

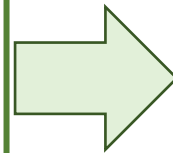


Fornire stime energetiche ed economiche di CACER in via di formazione.

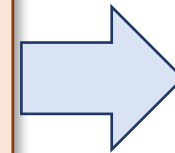
Individuare il modo ottimale, in base a determinati criteri, di organizzare un certo numero di utenti in un certo numero di CACER.

Dati da fornire per ogni utente:

- **Informazioni geografiche ed anagrafiche**
 - Comune di residenza
 - Cabina primaria
 - ...
- **Informazioni sugli impianti di produzione** (se presenti)
- **Informazioni sui consumi** (se presenti)
- **Informazioni sui sistemi di storage** (se presenti)



**Simulatore di
CACER**



- **Stime energetiche ed economiche**
 - Stima dei flussi energetici
 - Stima del cashflow
 - Valutazione del rientro dall'investimento per l'installazione dei nuovi impianti
- **Ottimizzazione**
 - Individuazione di una o più configurazioni vantaggiose secondo certi criteri
 - Stime energetiche ed economiche di ciascuna configurazione proposta

Simulatore di CACER

Dati anagrafici

Dati sui consumi:

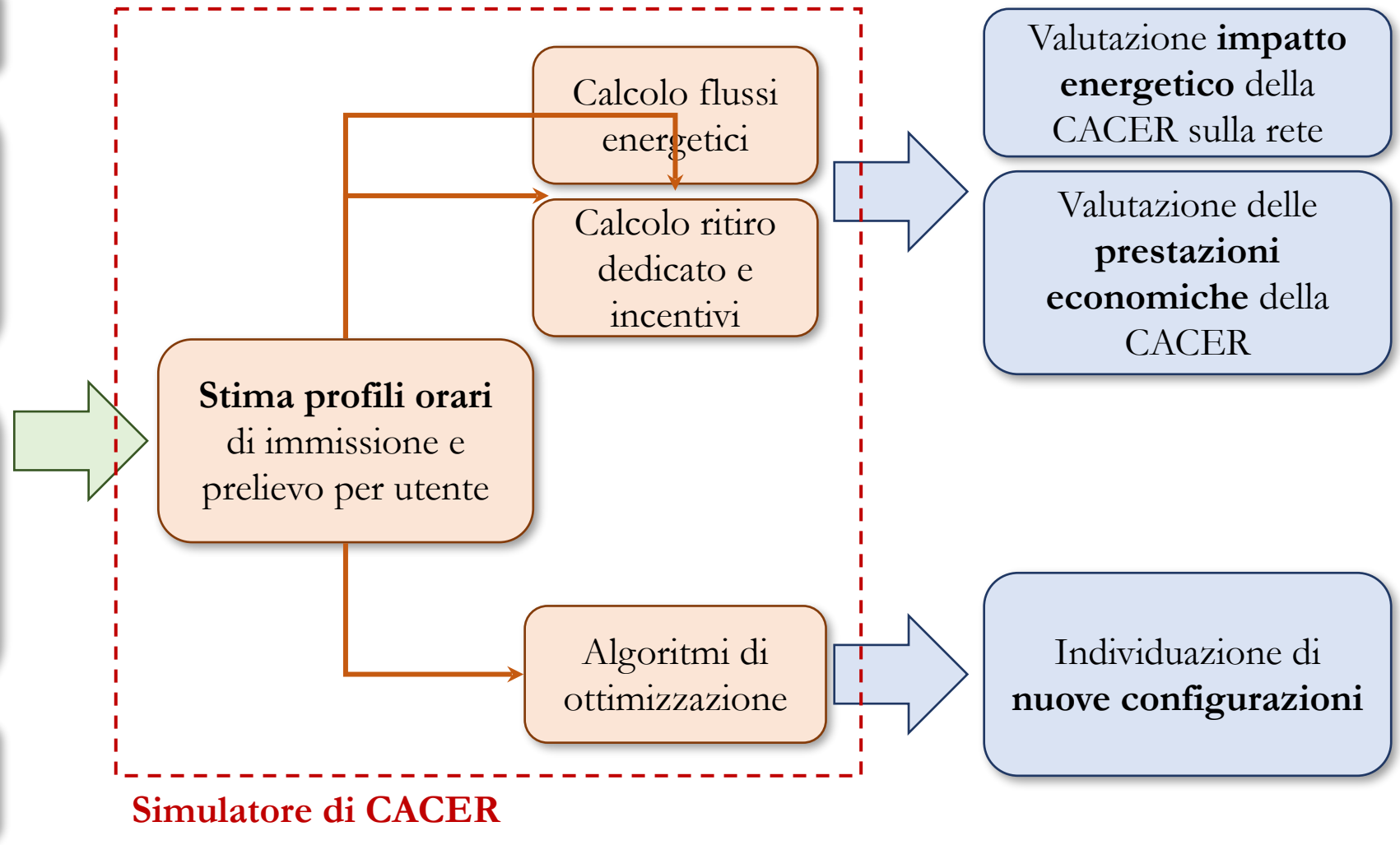
- Aggregati mensili o bimestrali (fasce)
- Orari
- Quartorari

Dati sulla produzione:

- Immissione oraria (se l'impianto è già presente)
- Dati dell'impianto (posizione, tilt, potenza di picco...), se l'impianto è in fase di progetto

Dati sullo storage:

- Capacità



Simulatore di CACER

Dettaglio dati di ingresso al simulatore

- Dati consumatore:

Indirizzo utenza

- Comune
- Provincia

Tipologia cliente

- Residente
- Non residente

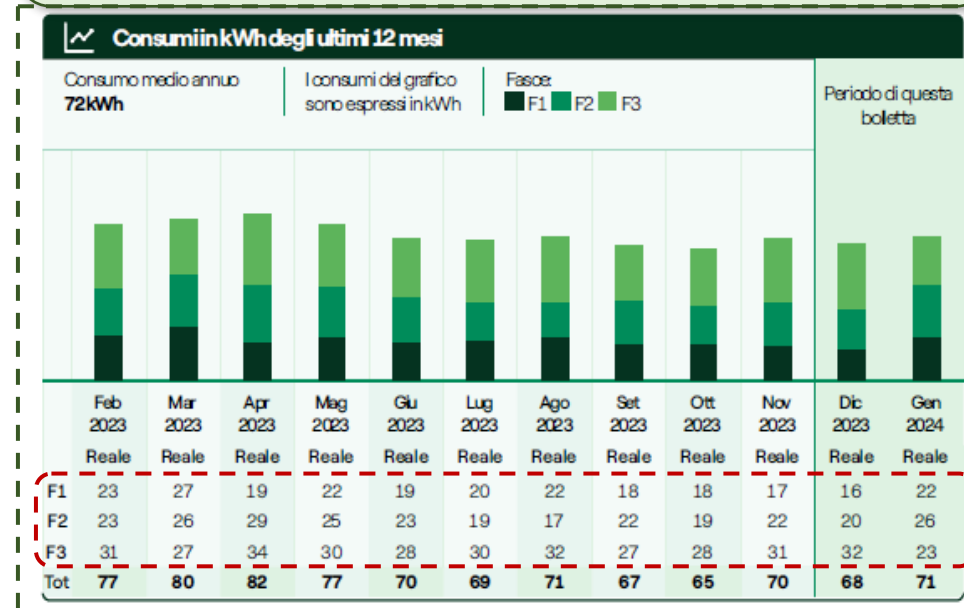
Potenza contrattuale

Codice cabina primaria

<https://www.gse.it/servizi-per-te/autoconsumo/mappa-interattiva-delle-cabine-primarie>

oppure

Consumi in fasce



Consumi orari o quartorari

Scaricabili dal Portale Consumi (<https://www.consumienergia.it/portaleConsumi>) accedendo tramite SPID.

Dettaglio dati di ingresso al simulatore

- Dati produttore/prosumer:

Dati consumi (come per consumatore)

Indirizzo utenza

- Comune
- Provincia

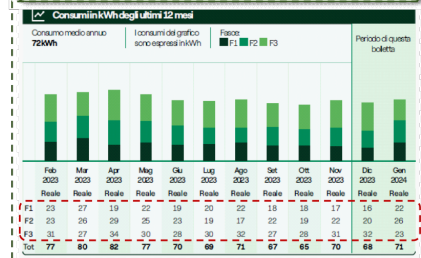
Tipologia cliente

- Residente
- Non residente

Codice cabina primaria

<https://www.gse.it/servizi-per-autoconsumo/mappa-interattiva-delle-cabine-primarie>

Consumi in fasce



oppure

Consumi orari o quortorari

Scaricabili dal Portale Consumi (<https://www.consumienergia.it/portaleConsumi>) accedendo tramite SPID.

Dati produzione

- Potenza di picco¹
- Latitudine
- Longitudine
- Tilt
- Orientamento
- Efficienza pannelli

Dati immissione oraria (solo se l'impianto è già presente)

Dati storage (per valutarne l'installazione)

- Capacità storage²

¹In caso di impianto in fase di progetto, può essere il simulatore stesso a scegliere una taglia per l'impianto in base, ad esempio, ai consumi forniti.

²Anche in questo caso, può essere il simulatore a scegliere una taglia per lo storage in base ai consumi forniti.

Ad esempio...

- Ecco un esempio di profili orari di prelievo ed immissione che si ottengono per un prosumer.

Dati impianto fotovoltaico (progetto)

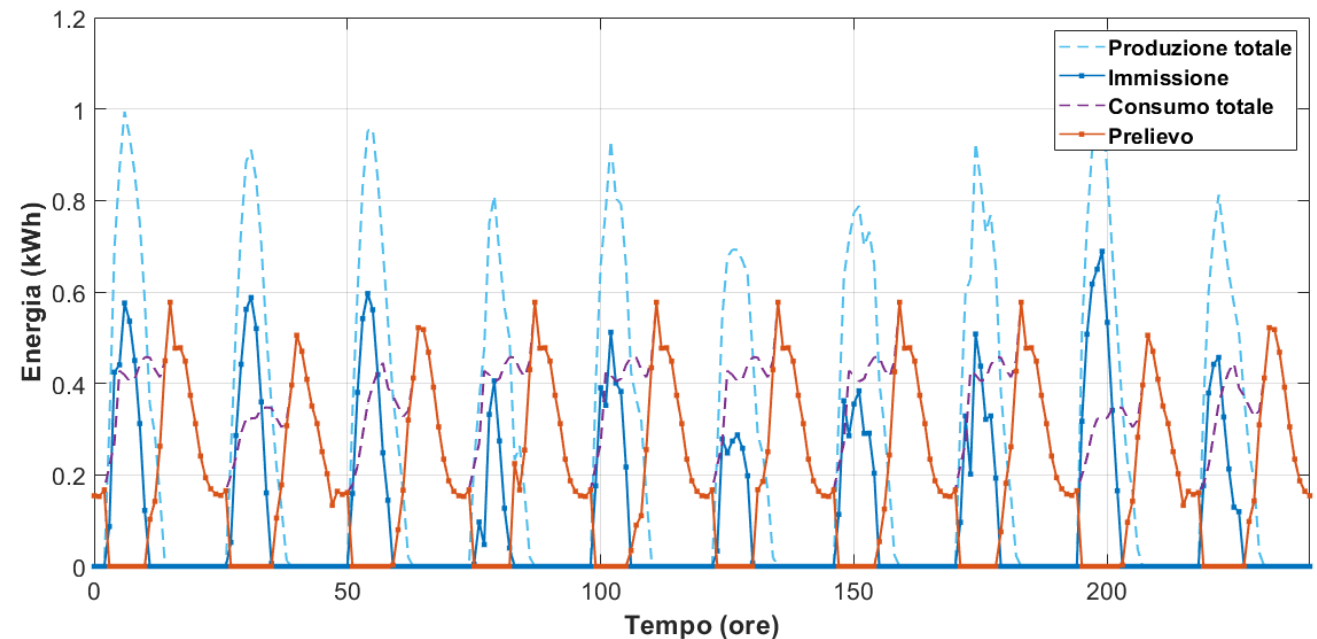
- Potenza di picco: ~ 2 kW stimato da simulatore
- Latitudine: 43.7799
- Longitudine: 11.2555
- Tilt: 30°
- Orientamento: Sud-Ovest
- Efficienza pannelli: 20%

Dati anagrafici

- Comune: Firenze (FI)
- Residente
- Codice cabina: AC001E00654
- Potenza contrattuale: 3 kW

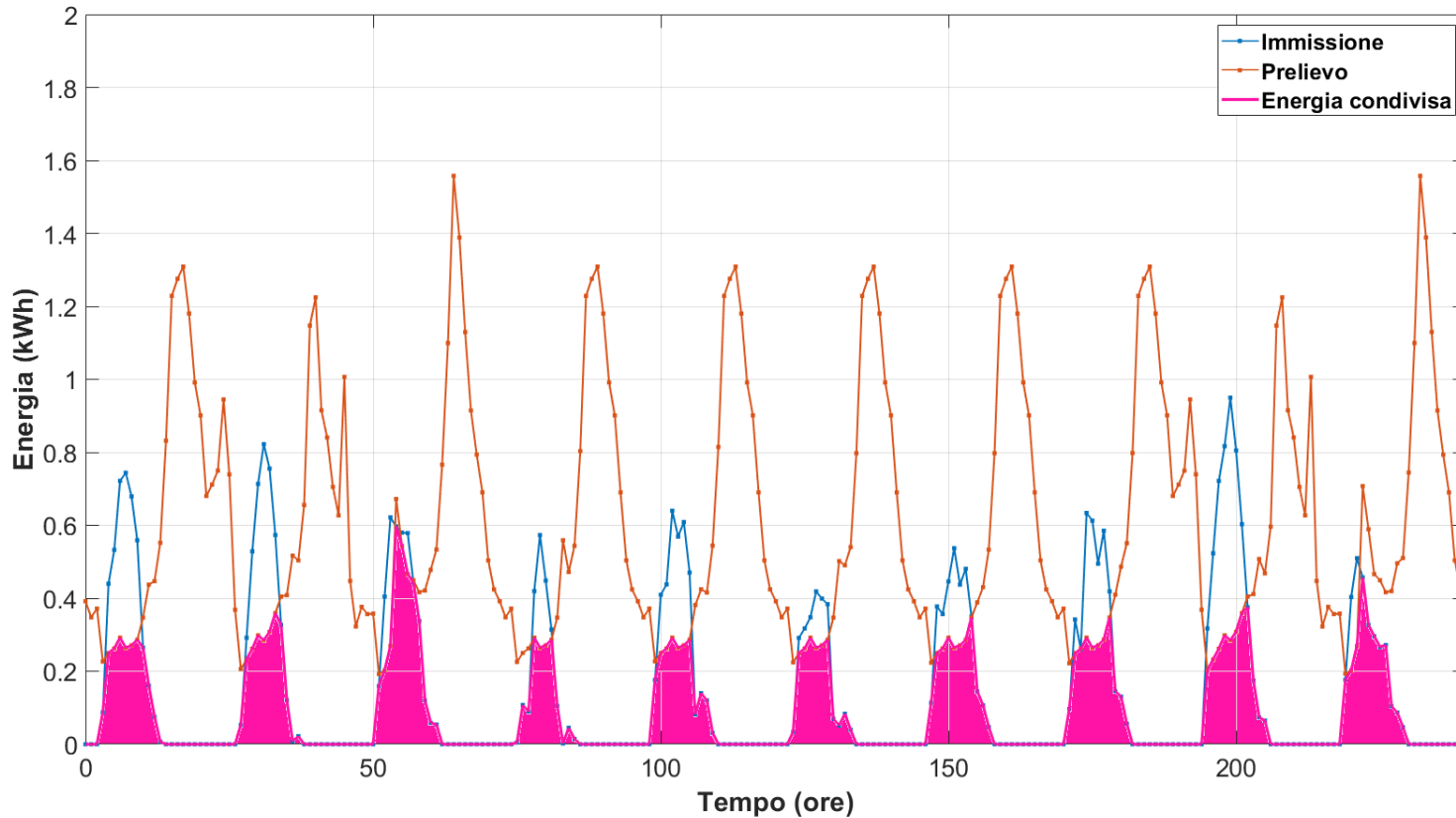
Dati consumi

Periodo	F1 (kWh)	F2 (kWh)	F3 (kWh)
Gen-Feb	165	145	205
Mar-Apr	215	135	145
Mag-Giu	180	184	115
Lug-Ago	220	214	240
Set-Ott	236	190	175
Nov-Dic	190	160	180



Ad esempio...

- Esempio di curve orarie di immissione e prelievo calcolate dal simulatore per una CACER. La curva viola, che coincide con il minimo tra prelievo ed immissione, corrisponde all'energia condivisa.



Configurazione dell'esempio:

- 5 utenze:
 - 3 consumatori
 - 2 prosumer

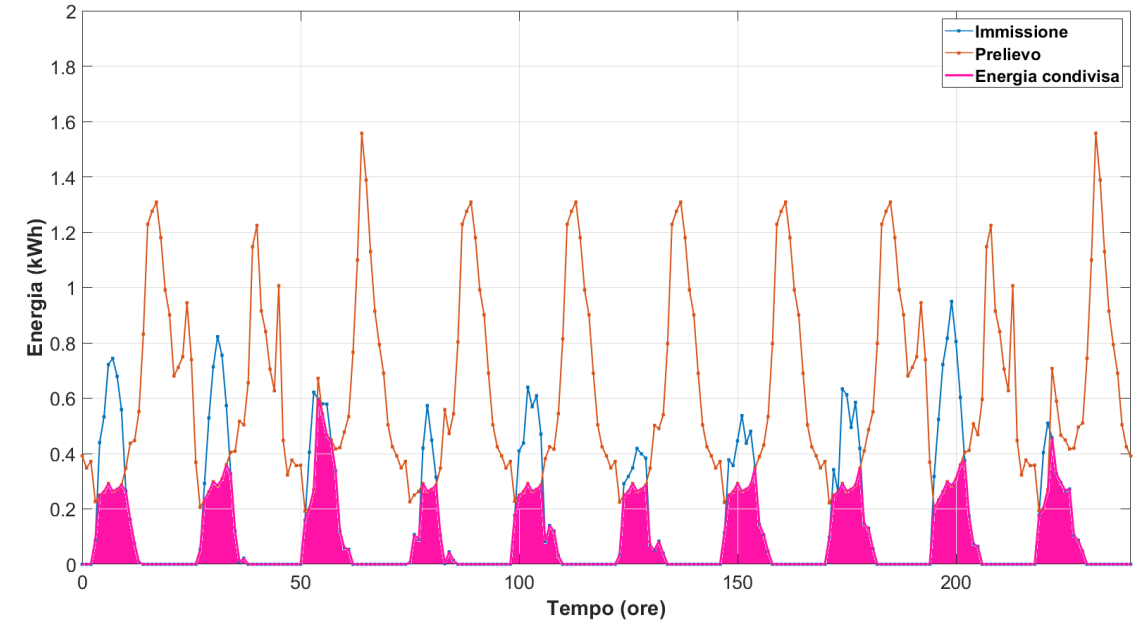
Gli incentivi sono calcolati sull'energia condivisa (curva viola)

Regole di incentivazione

- L'energia condivisa incentivabile viene valorizzata secondo le regole del DM 414/2023 tramite la Tariffa Incentivante Premio (TIP).

Taglia impianto P [kW]	Incentivo [€/MWh]	Valore minimo incentivo [€/MWh]	Valore massimo incentivo [€/MWh]
$P \leq 200$ kW	$80 + \max(0; 180 - P_z)$	80	120
200 kW $< P \leq 600$ kW	$70 + \max(0; 180 - P_z)$	70	110
$P > 600$ kW	$60 + \max(0; 180 - P_z)$	60	100

Zona geografica	Fattore di correzione
Regioni del Centro (Lazio, Marche, Toscana, Umbria, Abruzzo)	+ 4 €/MWh
Regioni del Nord (Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Trentino-Alto Adige, Valle d'Aosta, Veneto)	+ 10 €/MWh



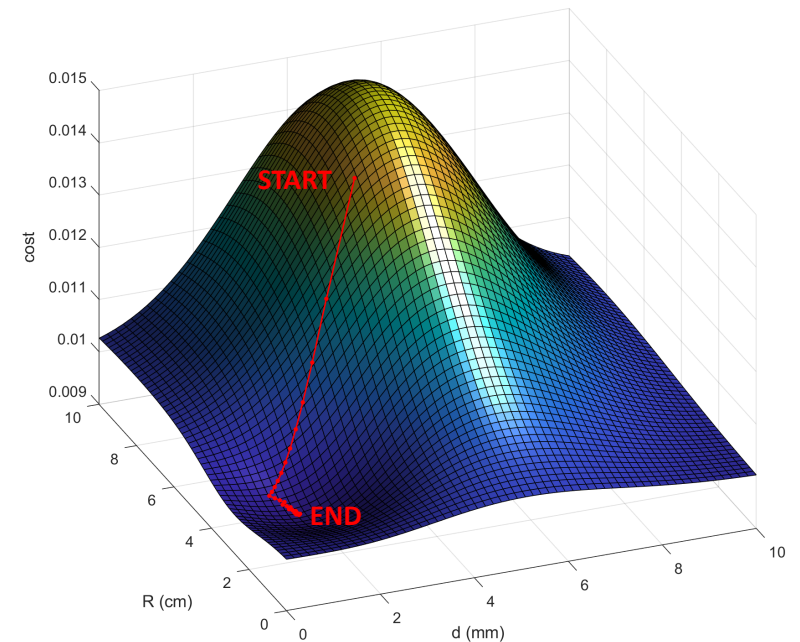
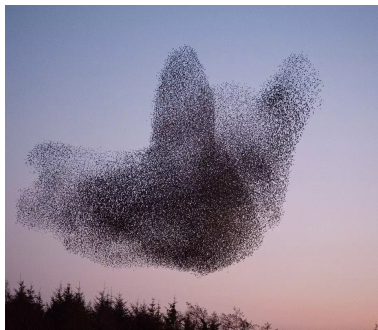
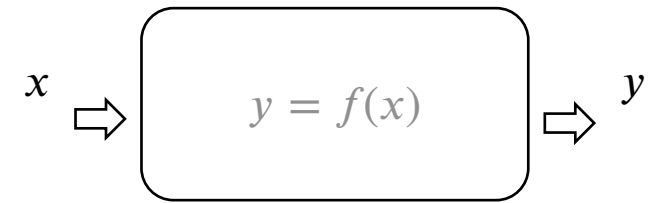
Energia condivisa

Tariffa incentivante MASE per le configurazioni di autoconsumo diffuso per 20 anni
(INCENTIVAZIONE)

60-130
€/MWh

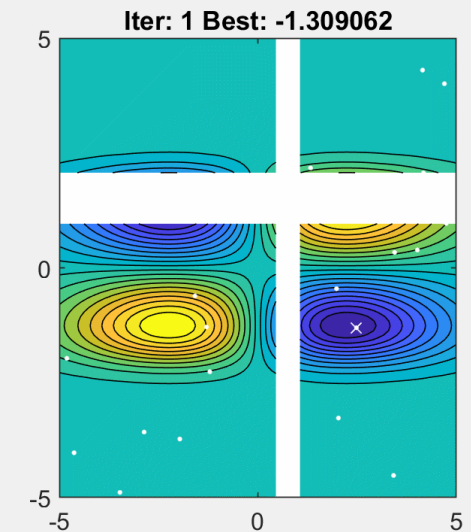
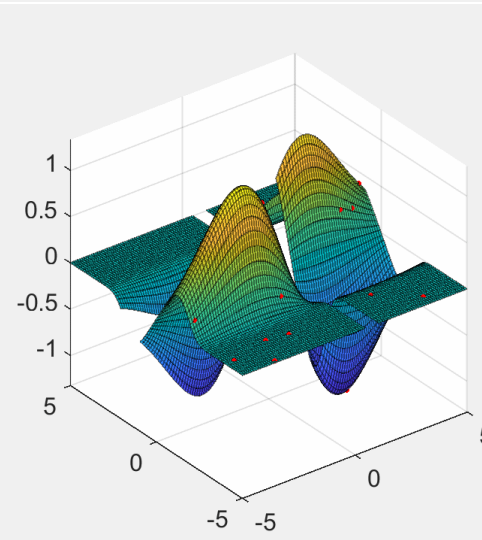
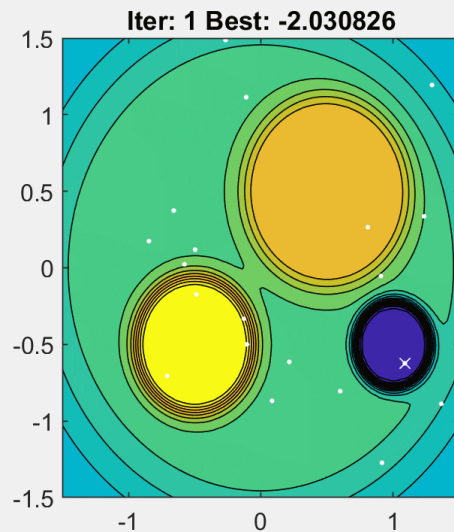
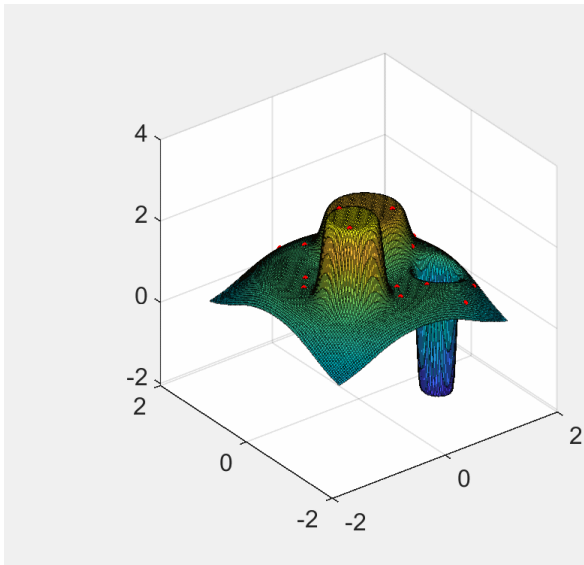
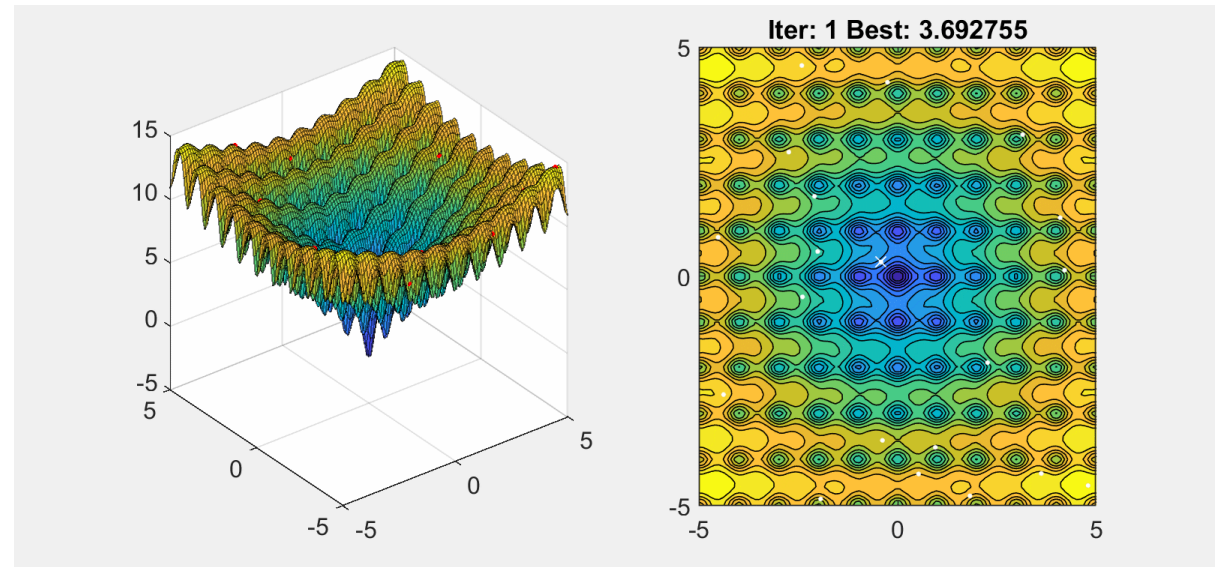
Algoritmi di ottimizzazione

- Dato un sistema, di cui siamo in grado di modellare la relazione ingresso-uscita, l'ottimizzazione è la ricerca della combinazione degli ingressi (soluzione) che minimizza (o massimizza) l'uscita.
- Nei problemi di ottimizzazione più complessi possono essere presenti molteplici obiettivi e vincoli che limitano lo spazio delle soluzioni a determinate aree.
- La soluzione a questi problemi viene spesso cercata tramite degli algoritmi definiti “metaeuristiche ispirate alla natura”.
- I più famosi prendono il nome di Ottimizzazione a Sciame di Particelle (PSO) e Algoritmi Genetici (GA).



Algoritmi di ottimizzazione

- PSO e GA individuano per approssimazioni successive il punto di minimo della funzione di costo, ovvero la soluzione ottima.
- Sono in grado di ovviare ai problemi dei metodi classici di ottimizzazione:
 - Minimi locali
 - Plateau
 - Discontinuità



Ottimizzazione delle configurazioni

- Vogliamo formare una Comunità Energetica avendo a disposizione un certo numero di utenti (N_c) sotto la stessa cabina primaria.
- Ci chiediamo: qual è la migliore configurazione in termini di numero di impianti nuovi da installare (N_p) e di potenza installata (P_{tot})? Quali soggetti dovrebbero installare tali impianti?
- Ad esempio, possiamo formulare il problema di ottimizzazione come:

Questo termine diventa particolarmente rilevante per comuni con meno di 5000 abitanti

maximize CF

subject to

Cash Flow

$$CF = RID + TIP + ICC - C_i - C_E$$

$$0 \leq P_j < 1 \text{ MW}, 0 \leq S_j < S_{j,max}$$

RID : Ritiro Dedicato

TIP : Tariffa Incentivante Premio (in conto esercizio)

ICC : Incentivo in Conto Capitale

C_i : Costo dell'investimento iniziale

C_E : Costo dell'energia

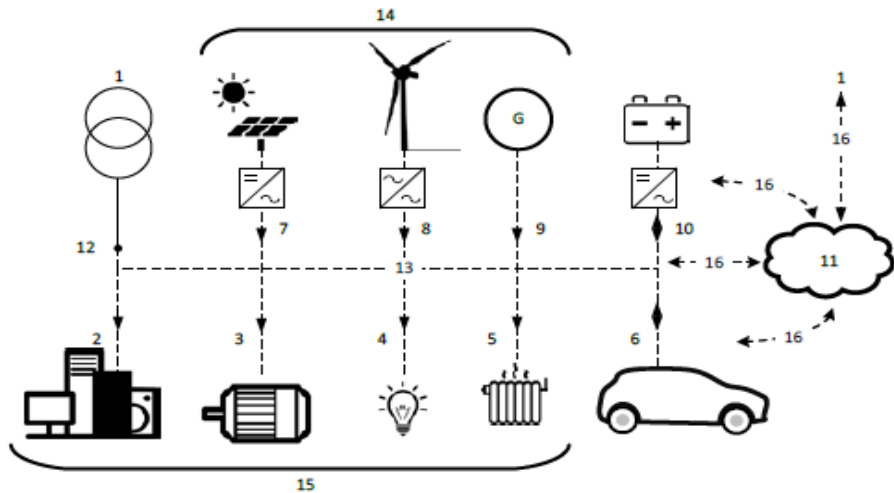
P_j : Potenza installata dal j-esimo utente, $j = 1, \dots, N_c$

S_j : Superficie occupata dall'impianto j-esimo

$S_{j,max}$: Massima superficie disponibile dell'utente j-esimo

Gestione delle CACER – Energy Management System (EMS)

- Nella nuova sezione della norma CEI 64-8/8-2 è stato formalmente introdotto il concetto di EEMS (Electrical Energy Management System – sistema di gestione dell'energia elettrica).
- È stato inoltre introdotto, ancora con la norma CEI 64-8/8-2, il concetto di PEI (Prosumer's low-voltage Electrical Installations).

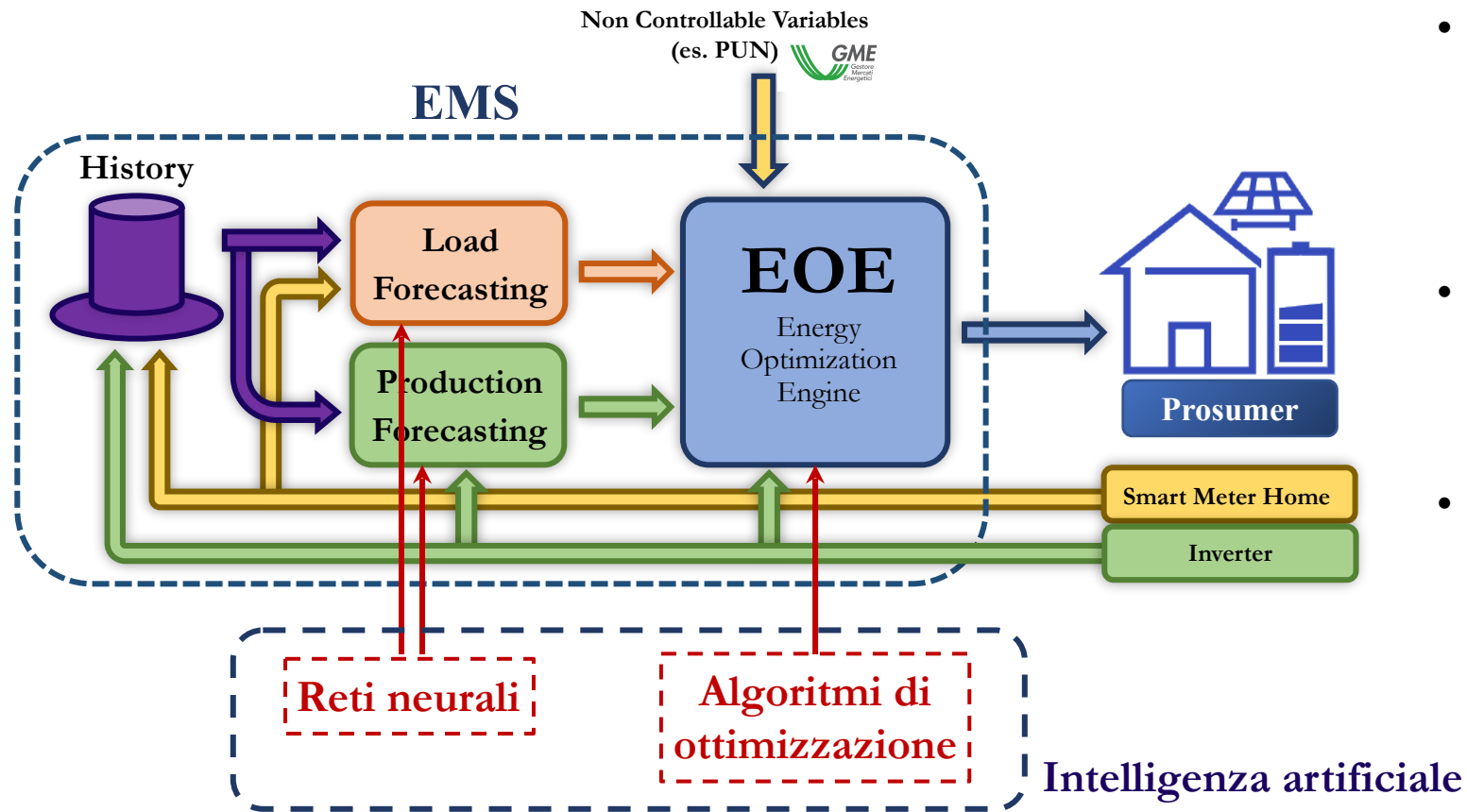


Gli scopi specifici dell'EEMS:

- Comandare il collegamento del PEI alla rete intelligente
 - Gestire localmente la produzione e l'accumulo di energia elettrica
 - Gestire localmente il consumo di energia elettrica
- L'EEMS (intelligenza del sistema) deve monitorare e comandare il funzionamento di tutte le alimentazioni elettriche, il carico delle unità di accumulo ed il funzionamento dei carichi come riportato nella seguente figura presente nella norma.

Gestione delle CACER – Energy Management System (EMS)

- Anche il problema della gestione delle CACER è un problema di ottimizzazione.
- In questo caso, ci chiediamo: qual è il modo ottimale di gestire i carichi controllabili e i sistemi di accumulo a disposizione della CACER?



- **Ingressi:**

- Misurazioni smart meter
- Variabili non controllabili (PUN, temperatura...)

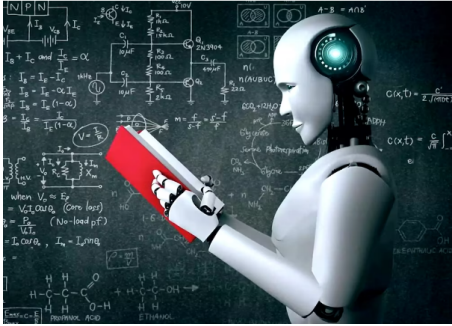
- **Elaborazione:**

- Algoritmi previsionali (reti neurali)
- Algoritmi di ottimizzazione

- **Uscite:**

- Comandi di attuazione per i carichi controllabili e gli storage
- Consigli di utilizzo dell'energia per gli utenti

Reti neurali



La **memoria associativa** è l'elemento essenziale che contraddistingue gli algoritmi cosiddetti «intelligenti».

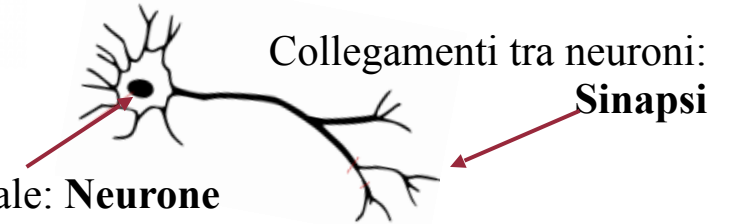
Così come avviene per le reti neurali biologiche, anche per gli algoritmi artificiali la memoria scaturisce dall'**esperienza**.

Per maturare esperienza è necessaria una fase di **apprendimento**

Reti Neurali Artificiali



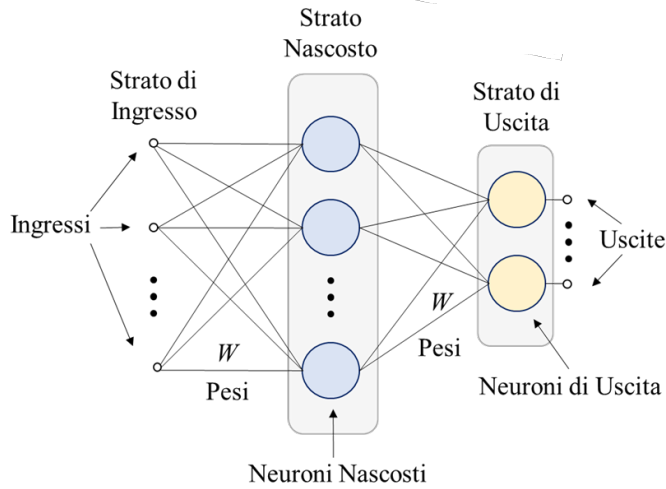
Modelli computazionali aventi una struttura ispirata a quella delle reti neurali biologiche



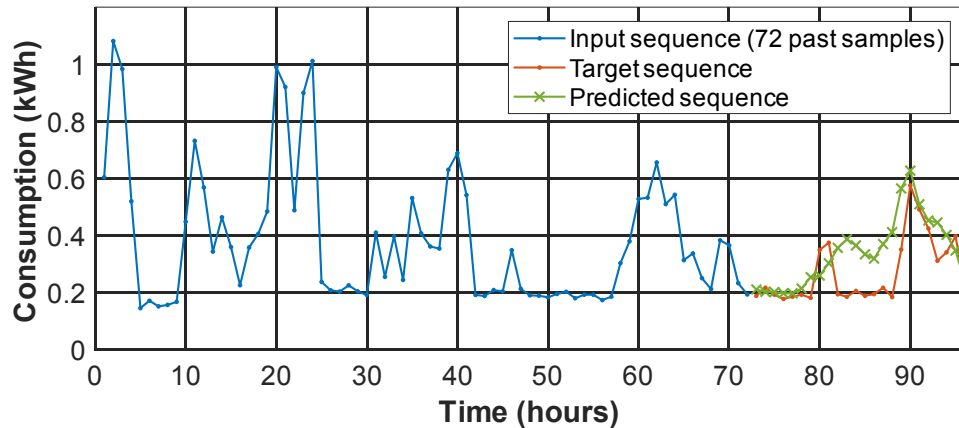
- **Rete Neurale:** modello computazionale dotato di **memoria associativa** che consente di rappresentare delle relazioni ingresso-uscita altrimenti troppo complesse da descrivere mediante un modello matematico, oppure di eseguire la classificazione dei pattern presenti in ingresso.
- **Regressione:** la grandezza di uscita del sistema considerato è continua e la rete neurale viene utilizzata come approssimatore della relazione input/output.
- **Classificazione:** la rete neurale viene utilizzata per classificare la risposta del sistema preso in considerazione.

Previsione del carico elettrico

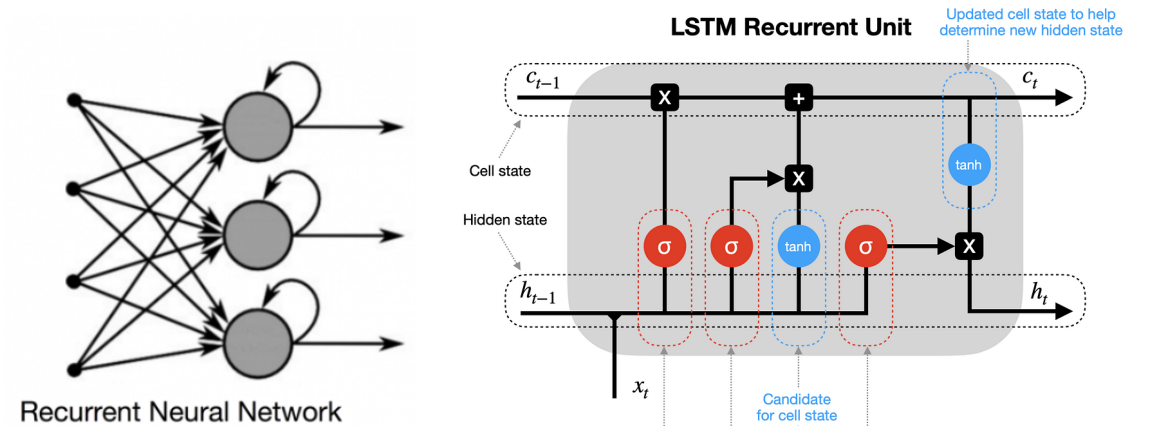
- Soluzioni basate su reti neurali classiche.



MIMO FFNNs

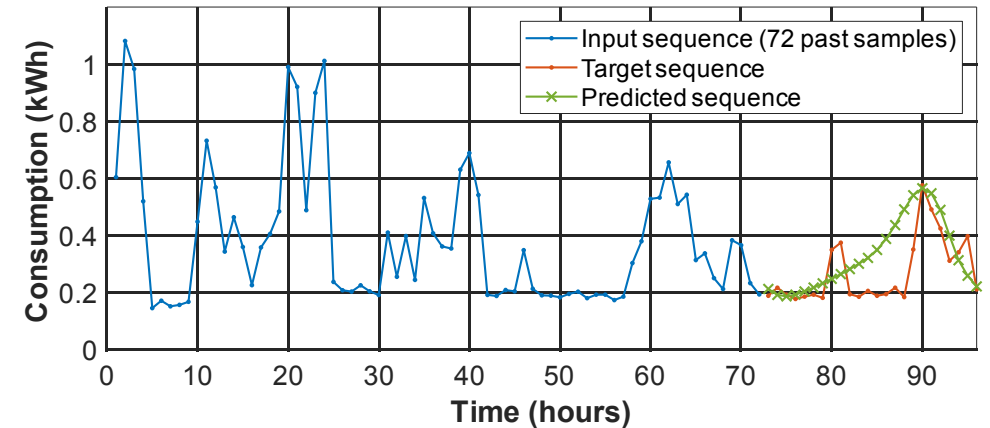


- Soluzioni basate su reti neurali ricorrenti (come le reti di Elman e le LSTM).



Recurrent Neural Network

LSTM



Reinforced rule-based EMS

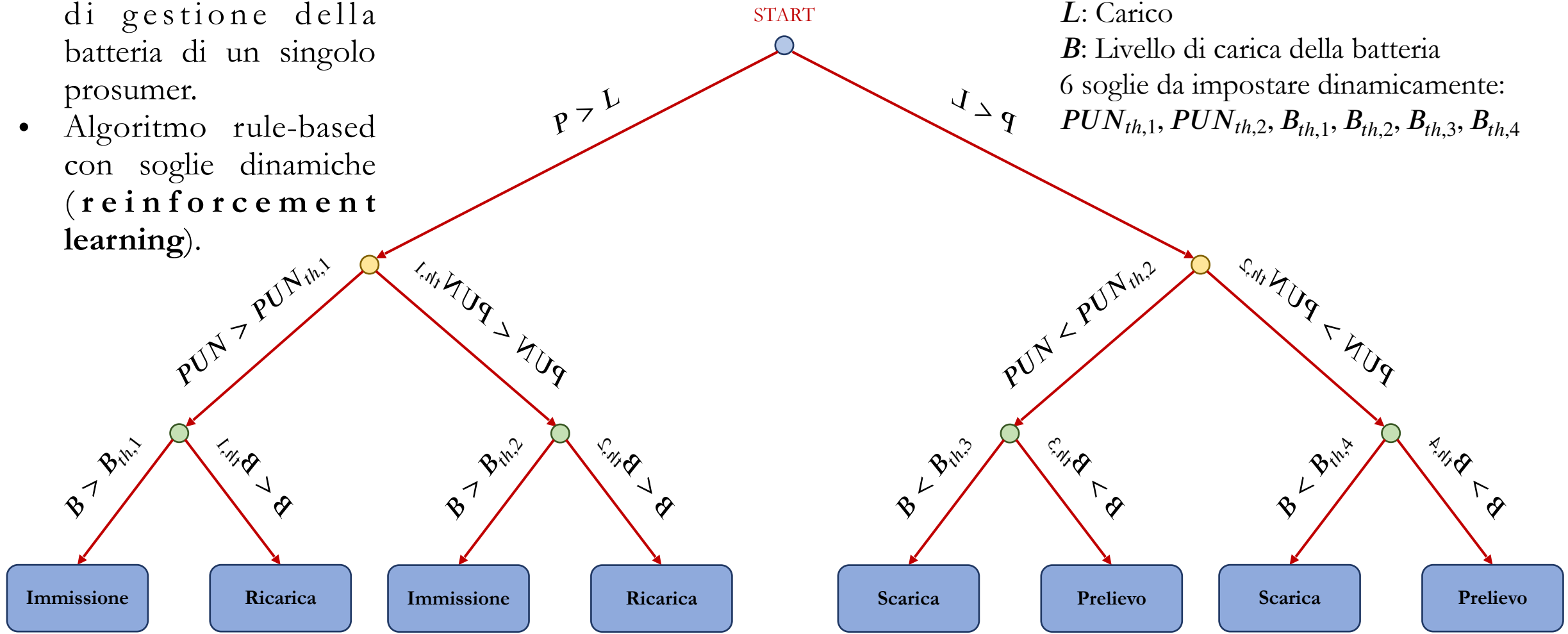
- Esempio di algoritmo di gestione della batteria di un singolo prosumer.
- Algoritmo rule-based con soglie dinamiche (**r e i n f o r c e m e n t l e a r n i n g**).

P : Energia prodotta

L : Carico

B : Livello di carica della batteria

6 soglie da impostare dinamicamente:
 $PUN_{th,1}$, $PUN_{th,2}$, $B_{th,1}$, $B_{th,2}$, $B_{th,3}$, $B_{th,4}$



Conclusioni

Tecnologie per favorire la diffusione e l'affermazione delle CACER:

- Simulatori per l'analisi dei flussi energetici
- Simulatori per la valutazione economica
- Strumenti di ottimizzazione per individuare le configurazioni migliori
- Logiche di gestione dei carichi controllabili e degli accumuli presenti all'interno della CACER
 - Algoritmi di intelligenza artificiale per la previsione del carico elettrico
 - Algoritmi di intelligenza artificiale per la previsione della produzione rinnovabile
 - Algoritmi di ottimizzazione/reinforcement learning per stabilire lo scheduling

Scenari futuri

- Implementazione di nuove strategie per fornire servizi ancillari e di bilanciamento della rete

Tecnologie per la valutazione, l'ottimizzazione e la gestione di Comunità Energetiche e Gruppi di Autoconsumo

Relatore: Ing. Marco Bindi
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Smart Energy Lab
Università degli Studi di Firenze

Contatti: m.bindi@unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

