Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Costruire le Comunità Energetiche

Un framework di supporto per utenti e prosumer

01/06/2022, Forlì

Samuele Branchetti – TERIN-SEN-CROSS – Centro Ricerche ENEA Bologna

Attività del laboratorio sulle CE

- **Dipartimento Tecnologie Energetiche e Fonti Rinnovabili**
  - **Divisione Smart Energy**
    - **Laboratorio Cross Technologies per distretti urbani e industriali**

ENEA – Laboratorio TERIN-SEN-CROSS di ENEA con sede a Bologna, è attivo sulle Comunità Energetiche in differenti ambiti:

- Definizione di standard di comunicazione, per lo scambio dei dati (protocolli, formati);
- Identificazione delle principali tecnologie applicabili alla Comunità come:
  - Blockchain;
  - Definizione di benchmark, KPI;
  - Clustering dei profili energetici;
  - Messa a punto di modelli di dati, strumenti di aggregazione ed analisi;
  - Progettazione di strumenti avanzati per l'interazione con l'utente (APP, CruISE);
  - Ideazione di modelli di business e di gestione della Comunità.

- Realizzazione di progetti:
  - COME-RES (www.come-res.eu)
  - GECO (https://www.gecocommunity.it)
  - Ricerca di Sistema Elettrico (www.smartenergycommunity.it – in fase di realizzazione)
  - Self-USER (https://www.selfuser.it).

Outline

1. Il contesto di riferimento delle Comunità Energetiche

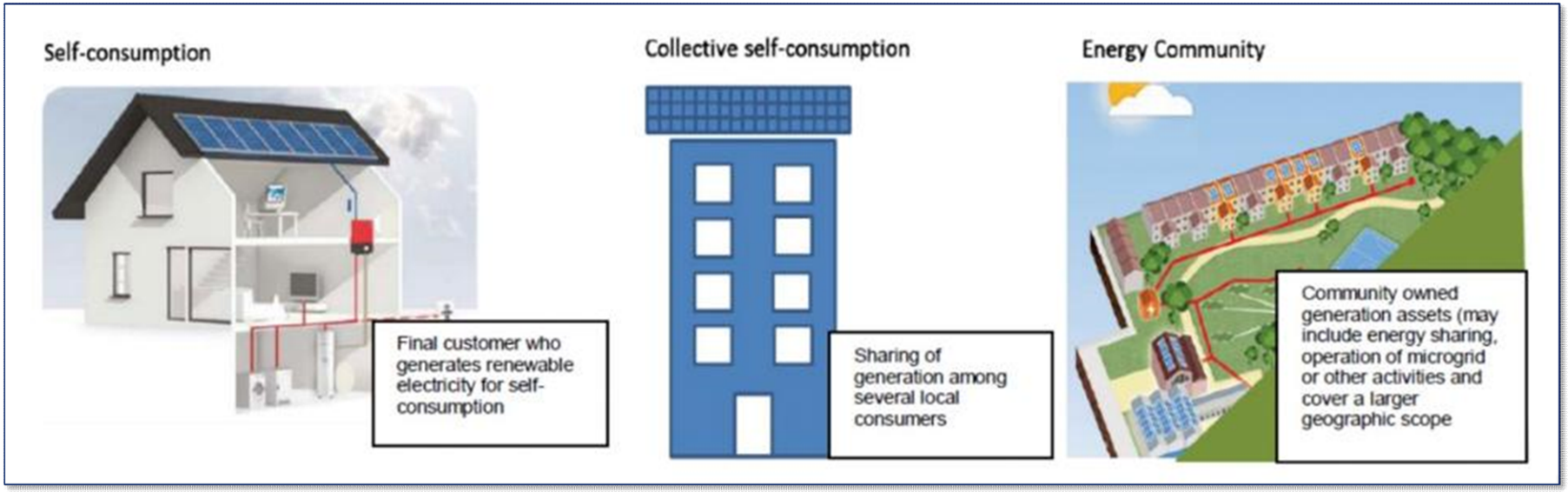
2. Temi aperti su cui lavorare

3. Gli strumenti a disposizione

Le Comunità Energetiche come pilastro dello sviluppo sostenibile

- Il concetto di Energy Community è definito nel **Clean Energy Package** che consiste in 8 direttive proposte dalla Commissione europea. Cardine della normativa è *l'empowerment* dei cittadini.
- La Comunità Energetica è uno strumento per lo sviluppo sostenibile in quanto unisce il concetto di comunità locale, fatta di persone ed istituzioni che vivono il territorio, all'idea di sostenibilità del profilo energetico complessivo.
- Fattore fondamentale della Comunità Energetica è il suo legame stretto con il territorio locale.

Le configurazioni per una Comunità Energetica



Autoconsumo diretto: il produttore consuma direttamente l'energia prodotta e vende alla rete quella in avanzo. Quando serve, ne acquista dalla rete.

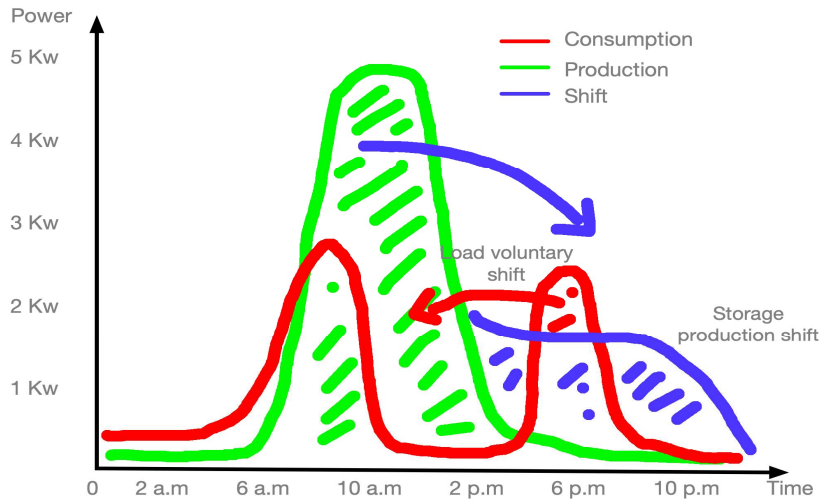
Autoconsumo collettivo: l'energia prodotta viene consumata da più consumatori che vivono nello stesso condominio.

Comunità energetica: l'energia prodotta viene consumata da più consumatori che sono collegati alla stessa cabina AT/MT**. L'energia condivisa** è il minimo tra quella prodotta e quella consumata dalla comunità in un certo istante ed è quella su cui viene calcolata la **restituzione.**

La Comunità Energetica Rinnovabile

La Comunità Energetica Rinnovabile è un soggetto giuridico, che può accedere al servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia elettrica condivisa, determinando delle importanti implicazioni energetiche ed economiche:

- Investimento su nuovi impianti di produzione
- Condivisione della produzione
- Cambiamento dei comportamenti



Temi aperti su cui lavorare

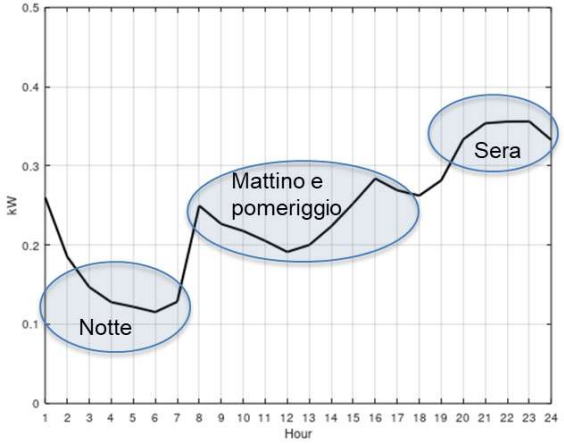
A. Analisi dati energetici / curve di carico elettrico
   - Come reperire dati completi e affidabili?
   - Quali informazioni estrarre?
   - Come rendere fruibili i dati agli utenti e ai decisori?

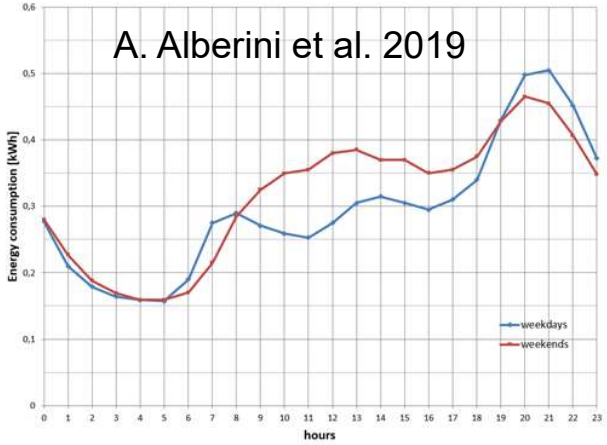
B. Modellazione delle comunità energetiche
   - Quali modelli implementare?
   - Quale accuratezza prevedere?
   - A scopi di pianificazione e/o gestione?

C. Modelli di ripartizione dell'energia condivisa
   - Come ripartire l'incentivo sull'energia condivisa?
   - Come agganciare l'incentivo al contesto territoriale (local token economy)?

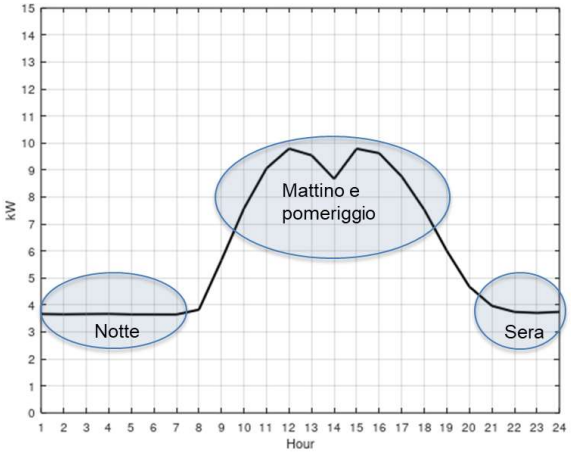
A. Analisi dati energetici / curve di carico elettrico

Curva di carico oraria media giornaliera in ambito <u>residenziale</u>





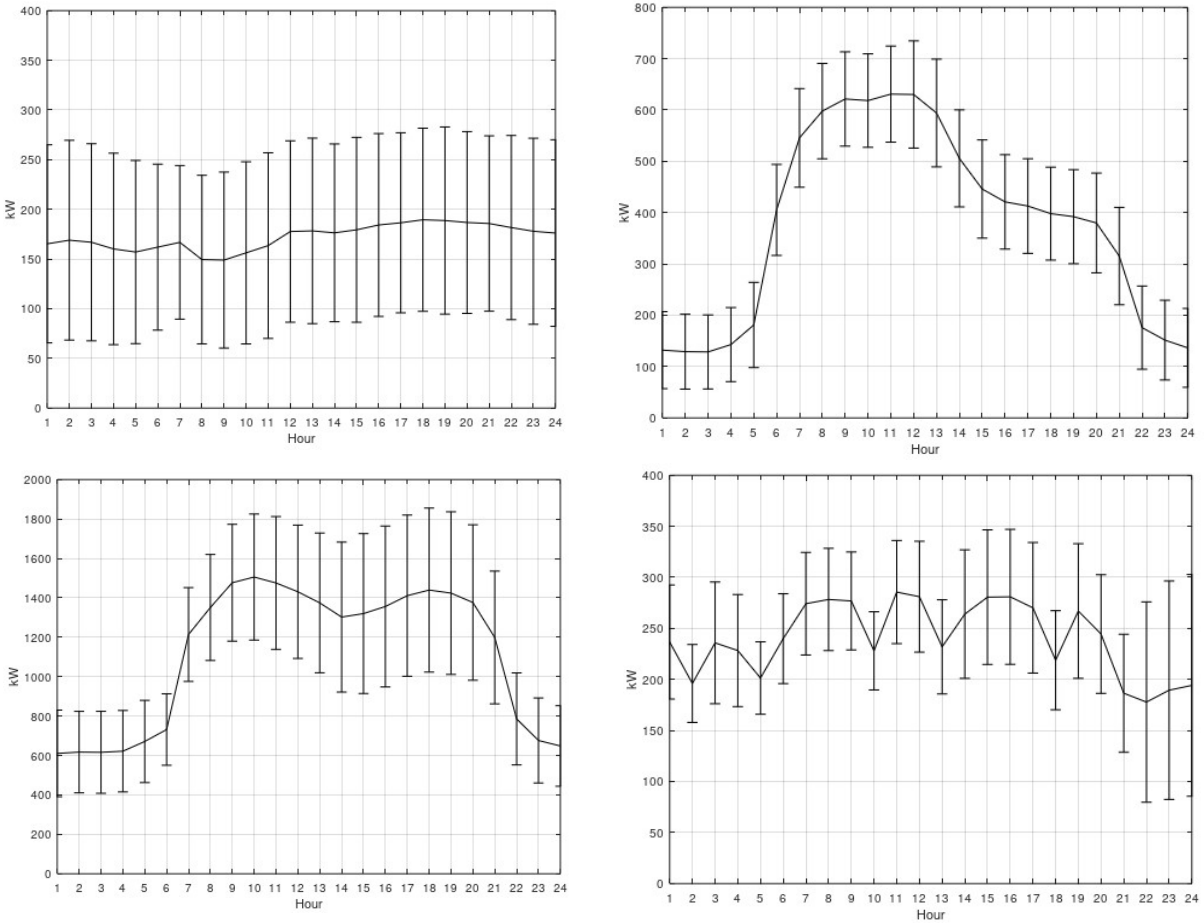
Curva di carico oraria media giornaliera in ambito <u>terziario</u>



I consumi elettrici nel weekend dipendono dal tipo di attività terziaria (es. scuola, uffici, centro commerciale)

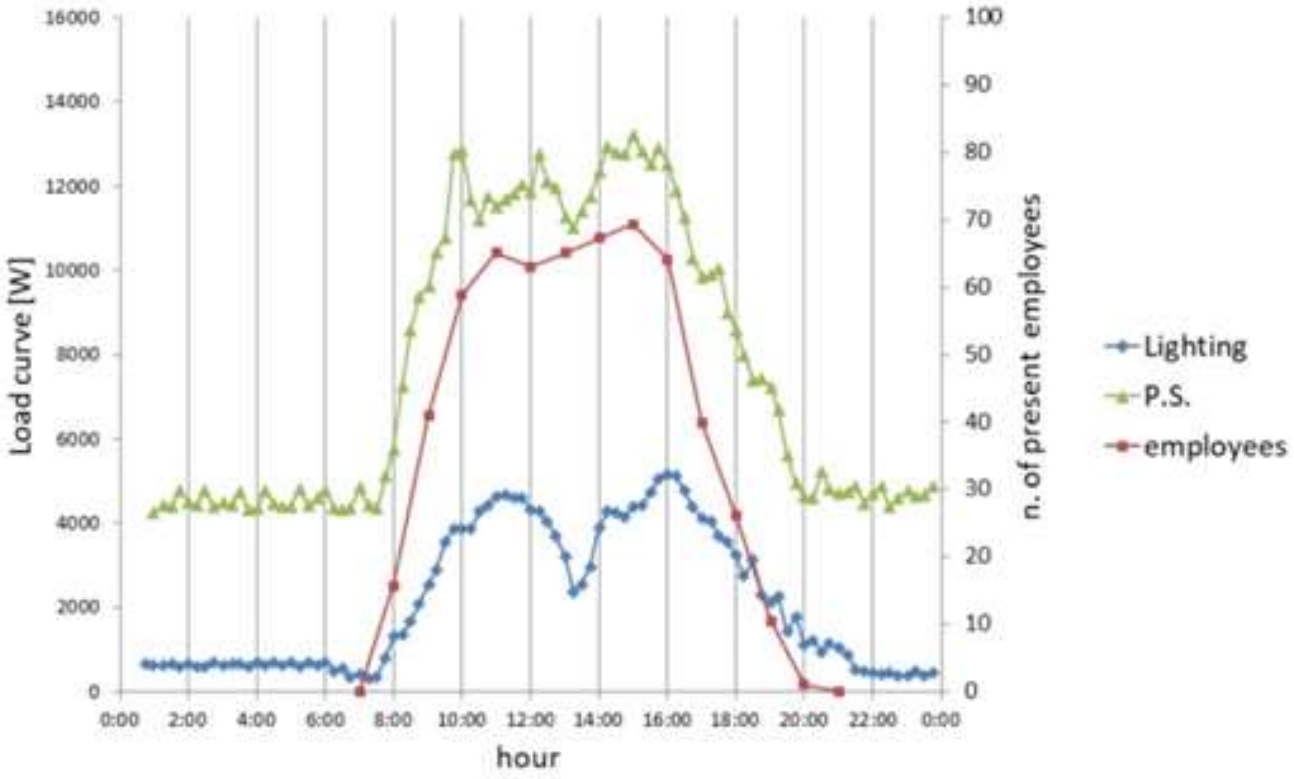
Curve di carico elettrico in ambito industriale

Curve di carico orarie medie delle giornate lavorative



L'autoconsumo diretto in un contesto industriale dipende dal profilo di carico orario della singola azienda

Analisi dati energetici e informazioni di contesto



Ad esempio occupazione degli ambienti di lavoro, ecc.

Analisi dati energetici tramite metodi di clustering

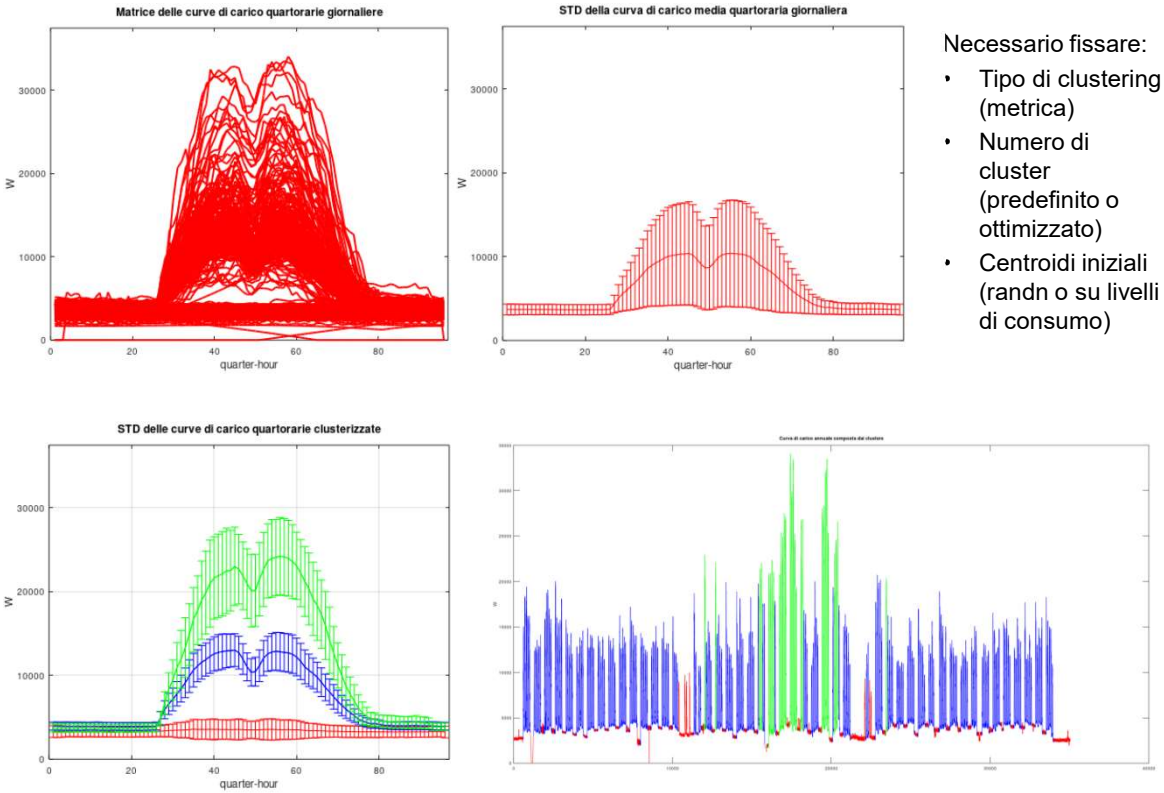
Letteratura:

Methods for electrical load pattern grouping.

Method
Adaptive vector quantization (AVQ)
Entropy-based (Renyi)
Follow-the-leader (FDL)
Fuzzy logic (FL)
Fuzzy and ARIMA
Fuzzy k-means (FKM)
Hierarchical clustering (HC)
Iterative refinement clustering (IRC)
k-means (KM)
Min–max neuro-fuzzy (MMNF)
Multivariate statistics (MANOVA)
Probabilistic neural network (PNN)
Self organizing map (SOM)
Support vector clustering (SVC)
Weighted evidence accumulation clustering (WEACS)

G. Chicco, Overview and performance assessment of the clustering methods for electrical load pattern grouping, Energy 42 (2012) 68-80

Esempio:

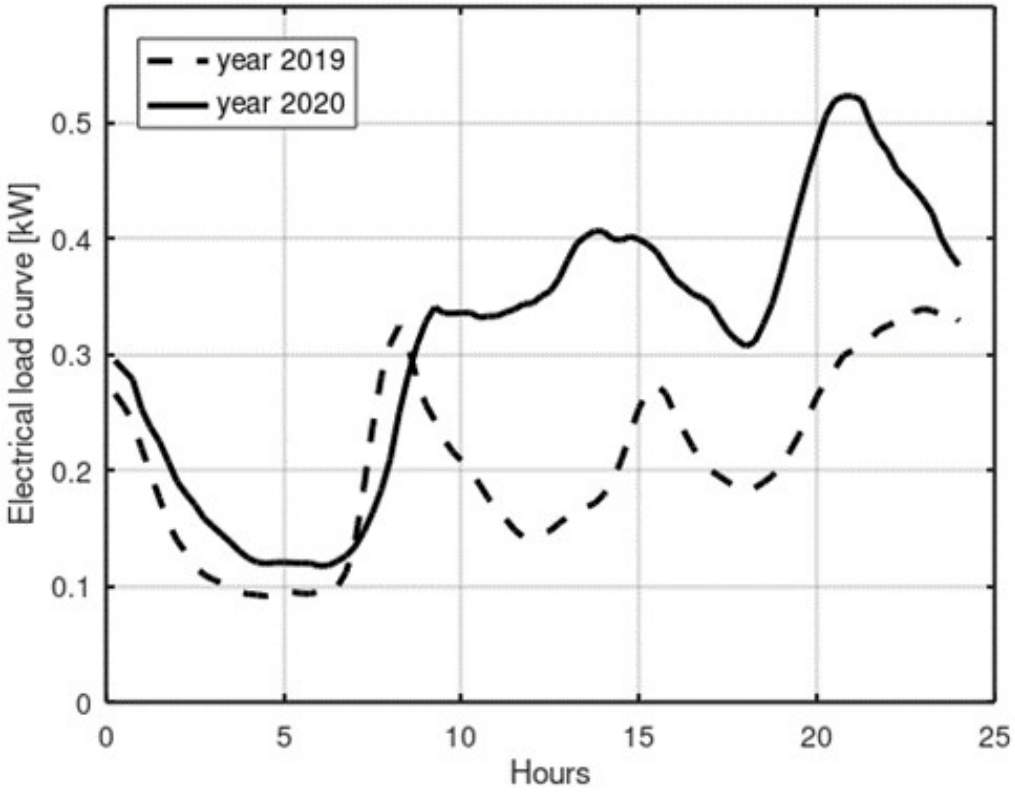


Necessario fissare:

- Tipo di clustering (metrica)
- Numero di cluster (predefinito o ottimizzato)
- Centroidi iniziali (randn o su livelli di consumo)

ENEA CROSS-TEC: clustering della curva di carico quartoraria giornaliera di un'utenza terziaria (75 uffici) su un intero anno di dati

Scenari evolutivi sui consumi energetici



Variazione delle curve di carico elettrico in ambito residenziale durante giornate lavorative nel periodo di lockdown (Marzo-Maggio 2020)

Branchetti S., Petrovich C., Nigliaccio G., Paolucci F., The Lockdown and Smart Working Effects on Electric Energy Consumption: the Analysis for a Group of Employees https://doi.org/10.18280/ti-ijes.652-423

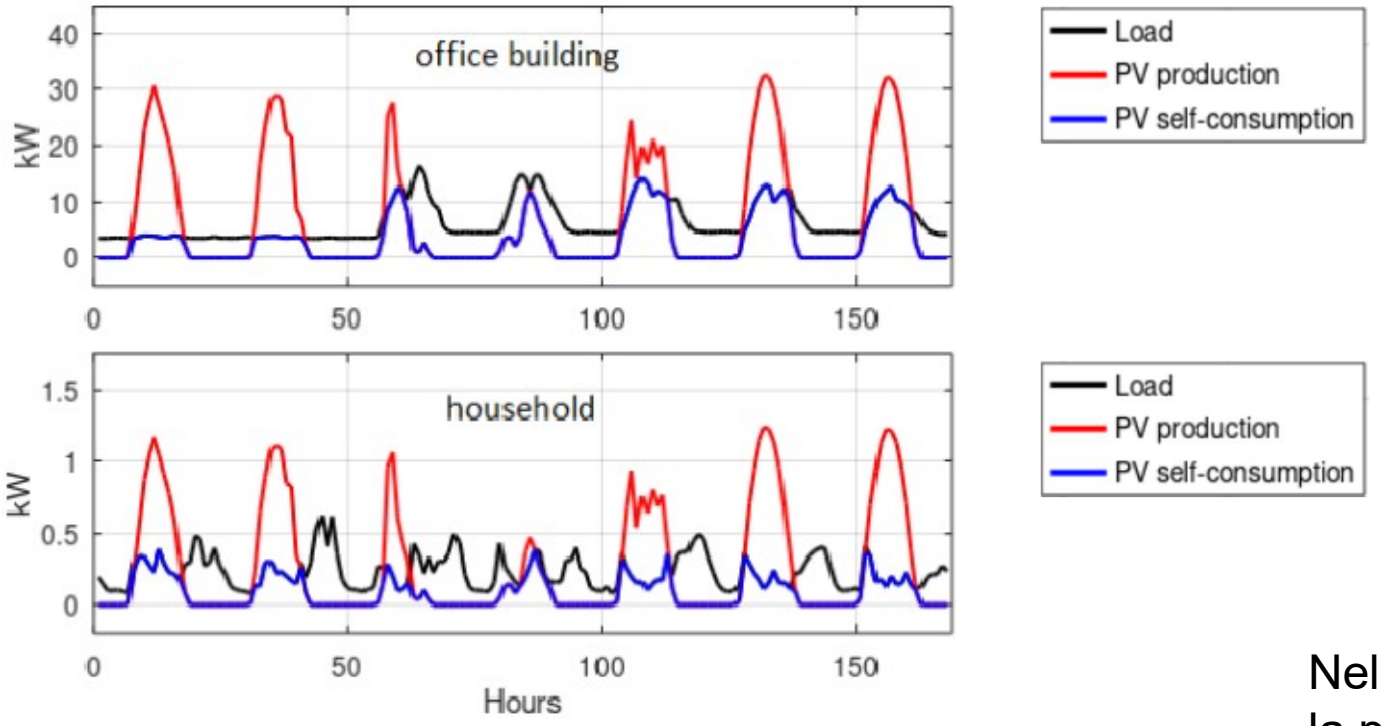
B. Modellazione delle comunità energetiche

- Consumi elettrici nelle diverse tipologie di utenze:
  - Residenziali
  - Terziarie
  - Industriali

- Modelli semplificati per la produzione, l'accumulo, il calcolo degli autoconsumi e dell'energia condivisa

Componente	Modello
Produzione fotovoltaica	$P_{gen} = P_{stc} \frac{I_t}{G_{stc}} \eta_{rel}(I_t, T_m)$
Accumulo elettrico	$SOC(t_i) = SOC(t_{i-1}) + \frac{P_{bat} \cdot \Delta t}{C_{bat}}$
Etc.	

Produzione e consumo di energia rinnovabile

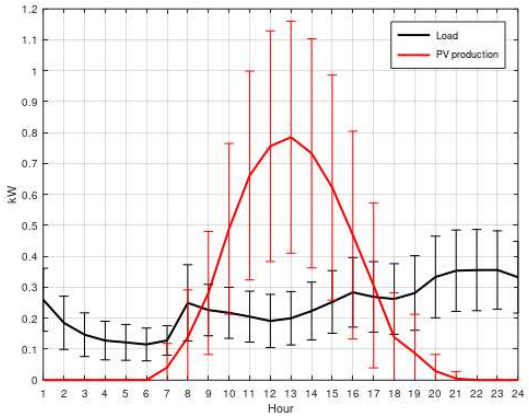


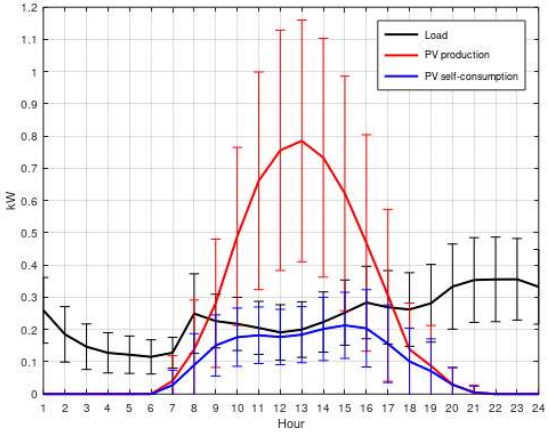
$$Absolute\ self consumption(t) = min\{Load(t), P_{gen}(t)\}$$

Nel caso in esame la produzione totale annuale è uguale al consumo totale annuale ma…

Consumo elettrico e produzione fotovoltaica

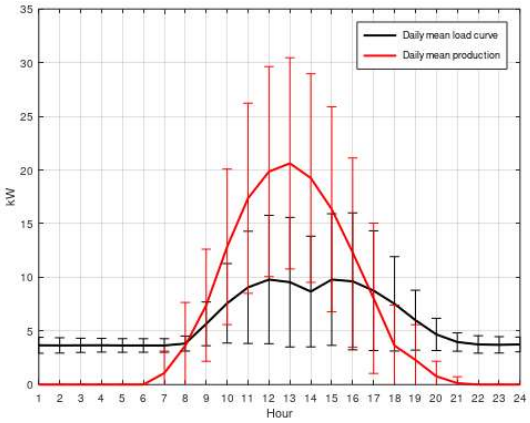
Profili orari medi giornalieri su un anno di dati in ambito residenziale

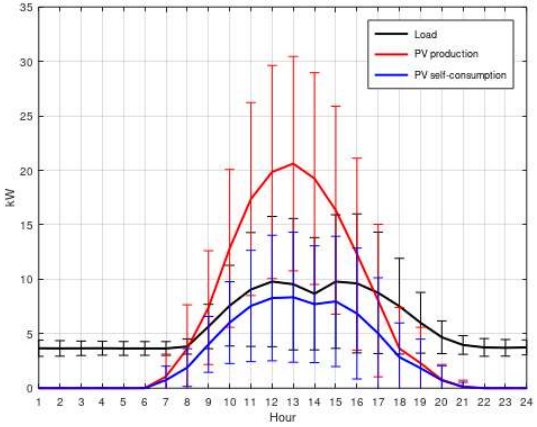




Solamente il 30-35 % della produzione fotovoltaica diventa autoconsumo diretto in un contesto residenziale

Profili orari medi giornalieri su un anno di dati in ambito terziario



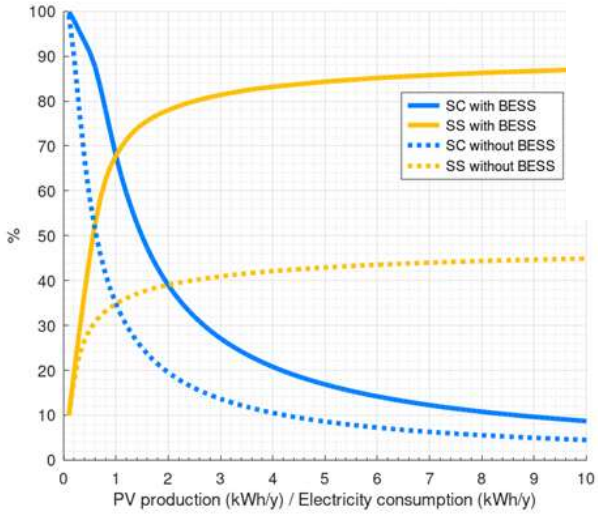


Un quota maggiore (es. 50%) della produzione fotovoltaica può diventare autoconsumo diretto in un contesto terziario

Nota: i valori di autoconsumo dipendendo dall'applicazione specifica

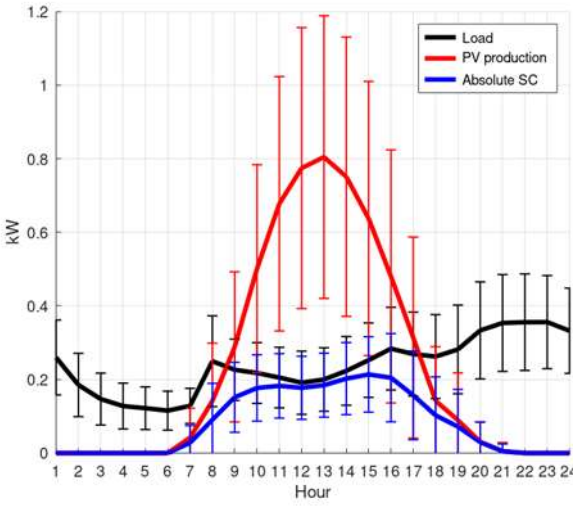
L’accumulo aumenta le performance

Profili orari medi giornalieri su un anno di dati in ambito residenziale senza e con BEES (Battery Energy Storage Systems)

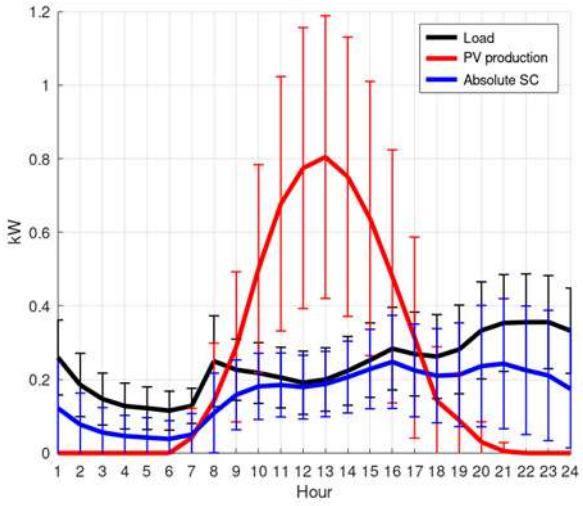


Branchetti S., Petrovich C., Naldi R., Paponetti I.M., Nigliaccio G., Paolucci F., PV Self-Consumption and Self-Sufficiency for Household and Office Users: the Lockdown Effects During the COVID-19 Pandemic https://doi.org/10.18280/ijsdp.170231

senza accumulo



con accumulo



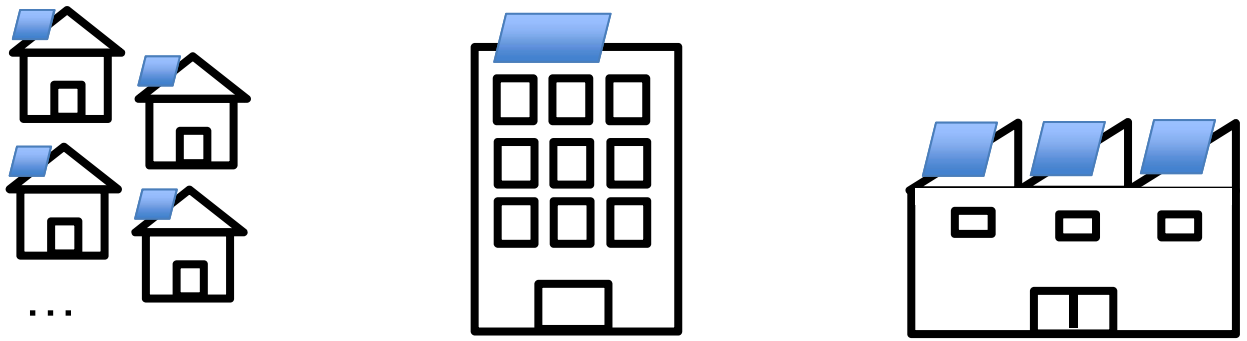
$$SelfConsumption\ rate = \frac{\int_{t=t_1}^{t_2} A(t)dt}{\int_{t=t_1}^{t_2} P_{gen}(t)dt}$$

$$SelfSufficiency\ rate = \frac{\int_{t=t_1}^{t_2} A(t)dt}{\int_{t=t_1}^{t_2} Load(t)dt}$$

È importante valutare entrambi i rate

La Comunità Energetica aumenta le performance

Esempio di prosumer coinvolti per una CER da 287,5 kWp

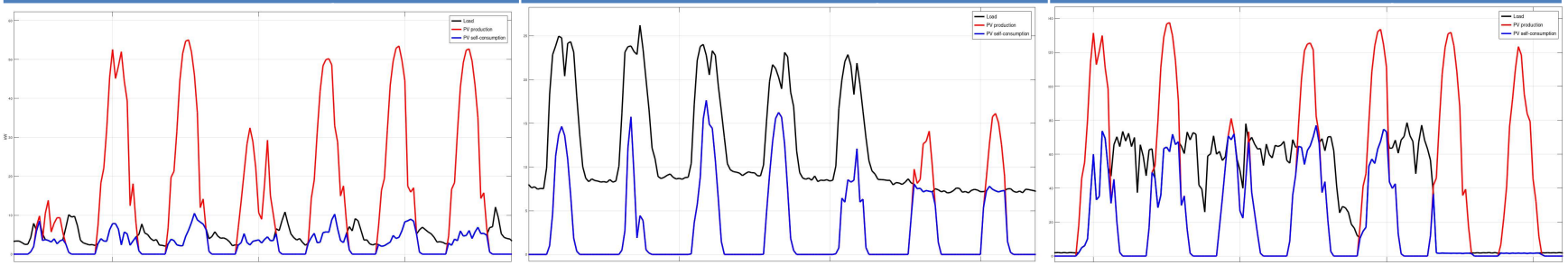


Tipi di utenza	Abitazioni	Terziario (es. uffici/scuola)	Industria (PMI)
Utenze prosumer	25	1	1
Consumo totale	52.000 kWh/anno	105.000 kWh/anno	224.000 kWh/anno
Superficie disponibile	600 mq	200 mq	1500 mq
Potenza installata	75 kWp	25 kWp	187,5 kWp
Produzione prevista	95.000 kWh/anno	32.000 kWh/anno	237.000 kWh/anno
Autoconsumo diretto	20.000 kWh/anno	27.000 kWh/anno	80.000 kWh/anno

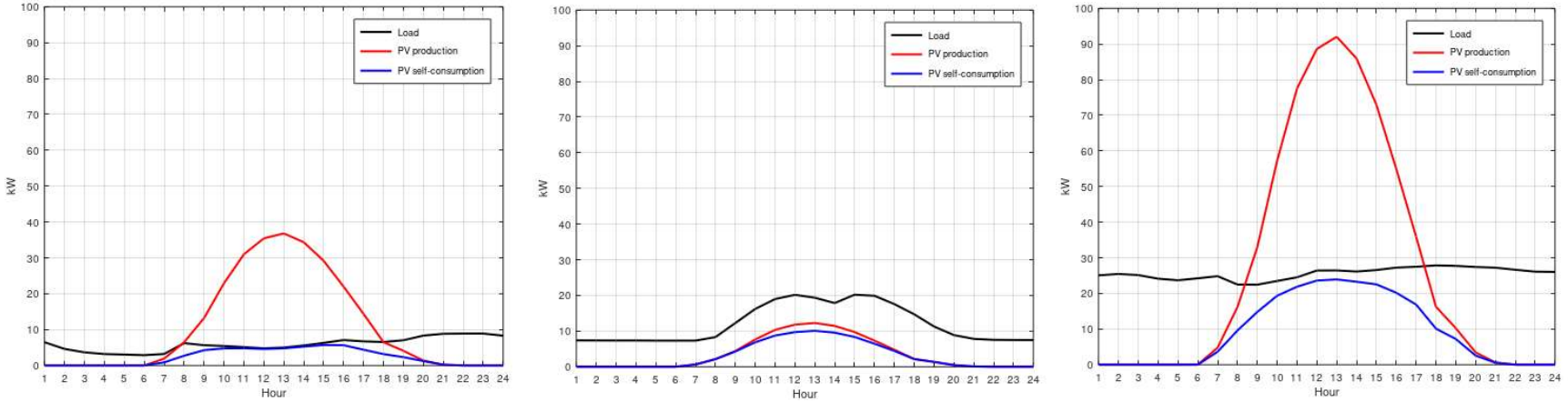
La Comunità Energetica aumenta le performance

Profili orari reali giornalieri relativi ad una singola settimana

Abitazioni	Terziario (es. uffici/scuola)	Industria (PMI)



Profili orari medi giornalieri elaborati su un intero anno di dati

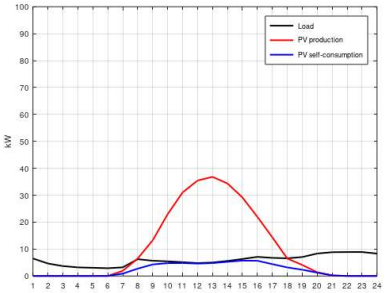


Autoconsumo	21%	Autoconsumo	87%	Autoconsumo	34%
Autosufficienza	39%	Autosufficienza	26%	Autosufficienza	36%

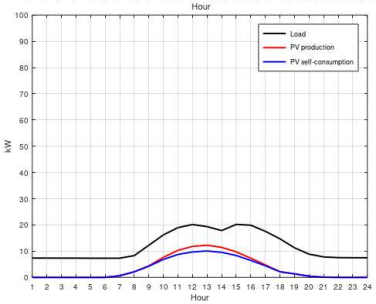
La Comunità Energetica aumenta le performance

Singole utenze «prosumer»

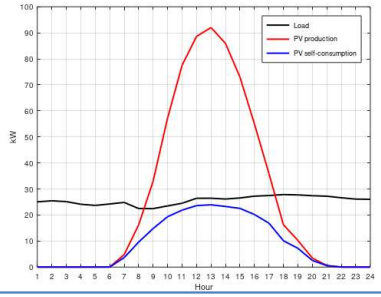
Abitazioni (25)



Terziario (1)

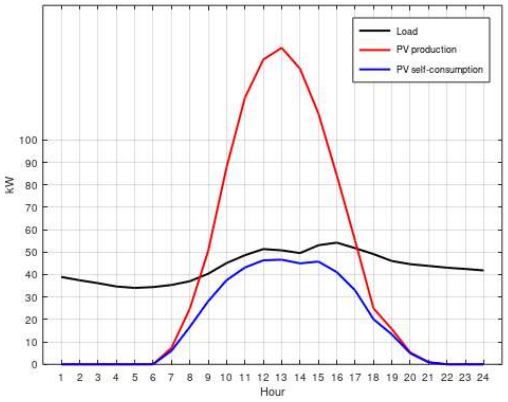


Industria (1)

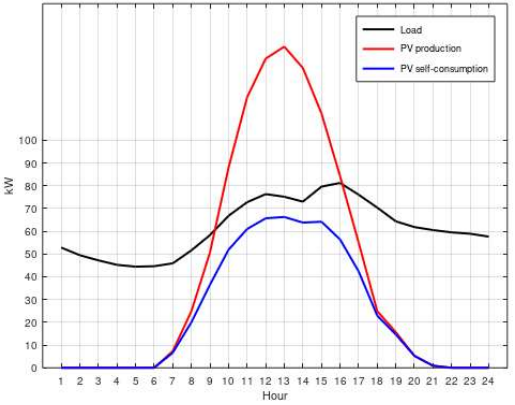


Autoconsumo
127.000 kWh/anno

Aggiungo utenze «passive»
(ulteriori 25 abitazioni e 1 terziario)



Autoconsumo
156.000 kWh/anno
ovvero +23%
(nel caso d'esempio)

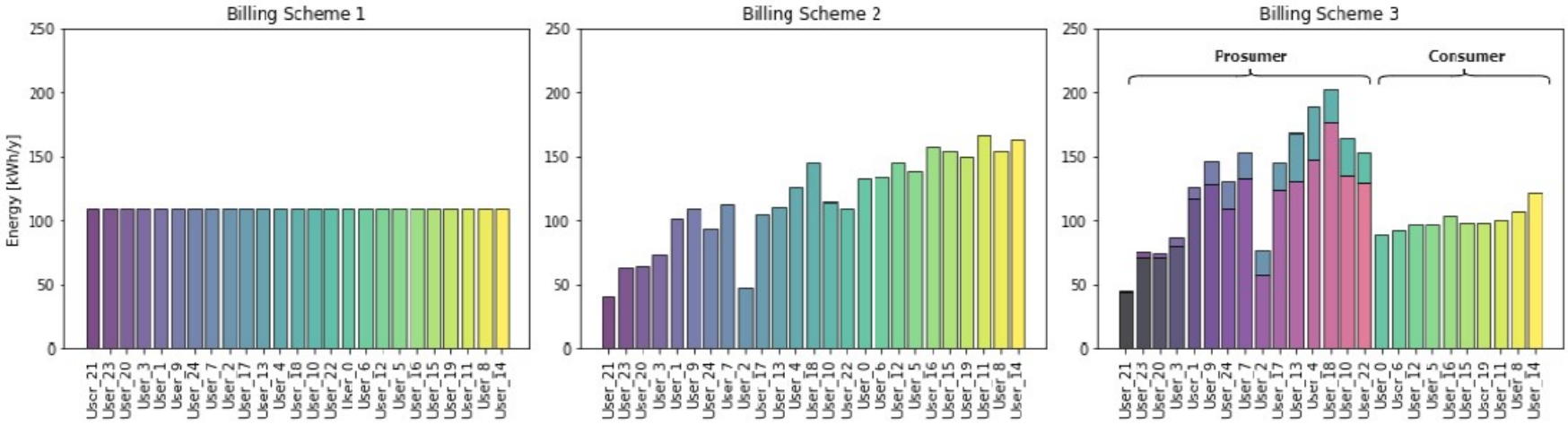


Autoconsumo
211.000 kWh/anno
ovvero +66%
(nel caso d'esempio)

C. Modelli di ripartizione dell'energia condivisa

I **modelli di ripartizione economica** delle restituzione possono essere molteplici e possono essere formalizzati con accordi scritti all'interno del contratto alla base della Comunità Energetica

Abbiamo ipotizzato diversi scenari a seconda dei comportamenti energetici da incentivare



Modelli POLITO per ENEA (progetto GECO)

Modello per energia condivisa basato su blockchain

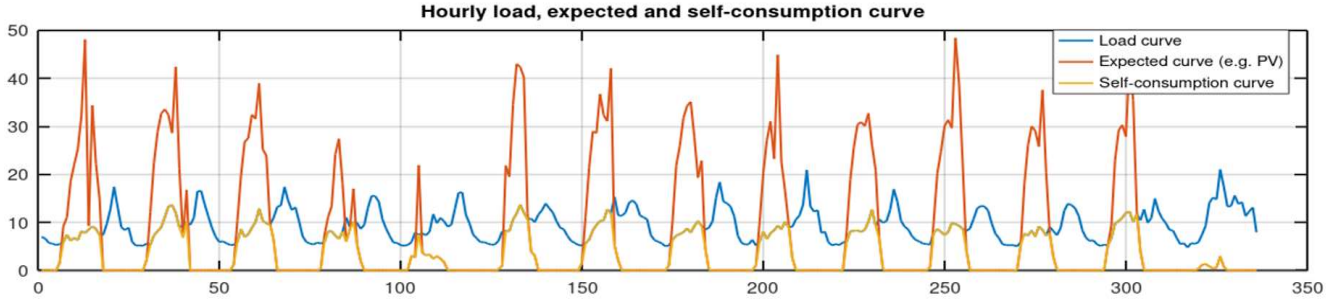
1. massimizzare l'energia condivisa

Se la comunità dispone di impianti fotovoltaici tanto più l'energia prodotta è messa a disposizione e consumata all'interno della comunità tanto più la stessa comunità viene premiata.

Si vuole aumentare giorno per giorno il virtuosismo energetico degli utenti e remunerare con token di comunità i comportamenti virtuosi.

a) calcolare il "Numero token assegnati alla comunità grazie a % di autoconsumo"
b) distribuzione dei token fra gli utenti, in base al loro consumo momento per momento durante la giornata

Ulteriori modelli ENEA



Elaborazione su documento Gessa e Branchetti per Ricerca di Sistema

Modello per riduzione picchi basato su blockchain

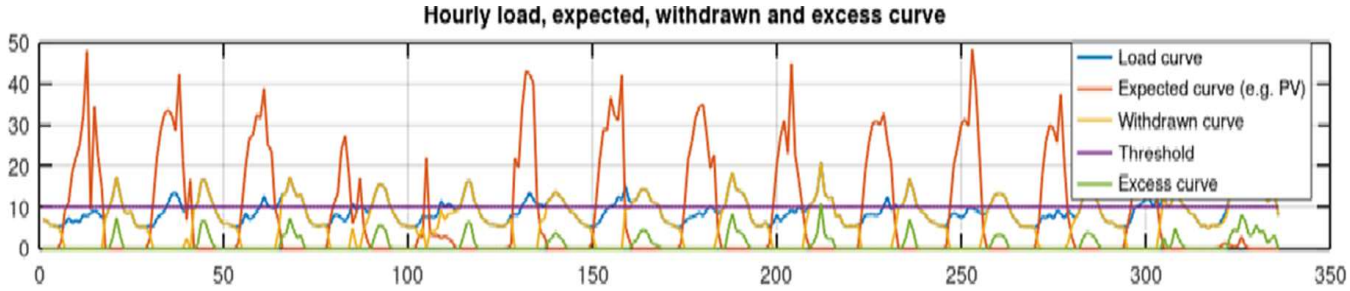
2. limitare i picchi di carico nel consumo di energia

Si imposta una soglia di carico dei consumi che sarebbe meglio non superare, e la comunità è premiata quando riesce a stare sotto tale soglia.

Si vuole remunerare i comportamenti virtuosi nel non creare picchi di carico.

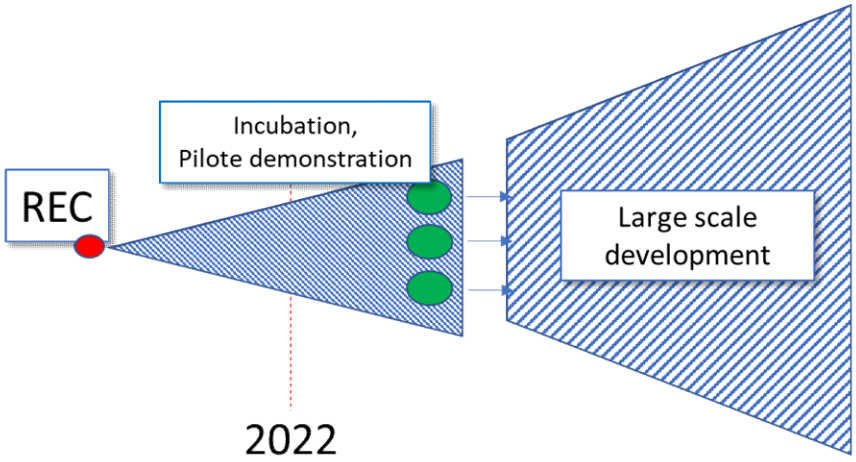
a) calcolare il “Numero token massimi assegnati se non si supera mai la soglia”
b) diminuzione token assegnabili ad ogni picco, redistribuisco i rimanenti in base al consumo

Ulteriori modelli ENEA



Elaborazione su documento Gessa e Branchetti per Ricerca di Sistema

La visione di ENEA per le Comunità energetiche

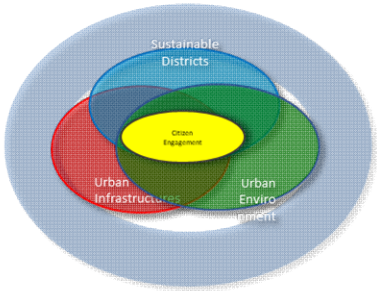


Information

Dissemination

New policies

Juridical
models



Enabling
technologies

Business
Models

Ciclo di vita di una comunità energetica e gli strumenti di ENEA

Il ciclo di vita di una Comunità Energetica prevede:

- una fase di analisi di fattibilità economica e progettazione tecnica, 1
- una fase implementativa e di gestione, 2
- una fase di valorizzazione e networking con altre realtà. 3

ENEA sta sviluppando una serie di strumenti e servizi per il supporto delle varie fasi di questo ciclo di vita per la Local Energy Community.

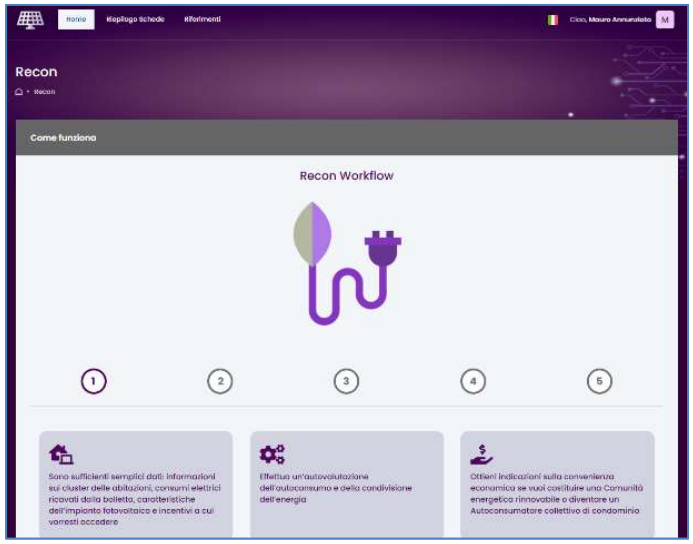
RECON: Simulatore di Comunità energetiche

- Analisi e ricostruzione profili di consumo di una comunità
- Ipotesi progettuale e calcolo investimento/spese di gestione
- Stima profili di produzione fotovoltaica
- Analisi dei profili di autoconsumo collettivo ed energia condivisa
- Analisi scenari economici (investimento, eco-Bonus, superbonus, energia condivisa)
- Analisi flussi di cassa, payback, ROI, ecc…

https://recon.smartenergycommunity.enea.it/

Partners
- Politecnico di Torino (Energy Center)
- Politecnico di Milano (Energy Strategies)
- LUISS (LabGov)
- JRC (PVGis)

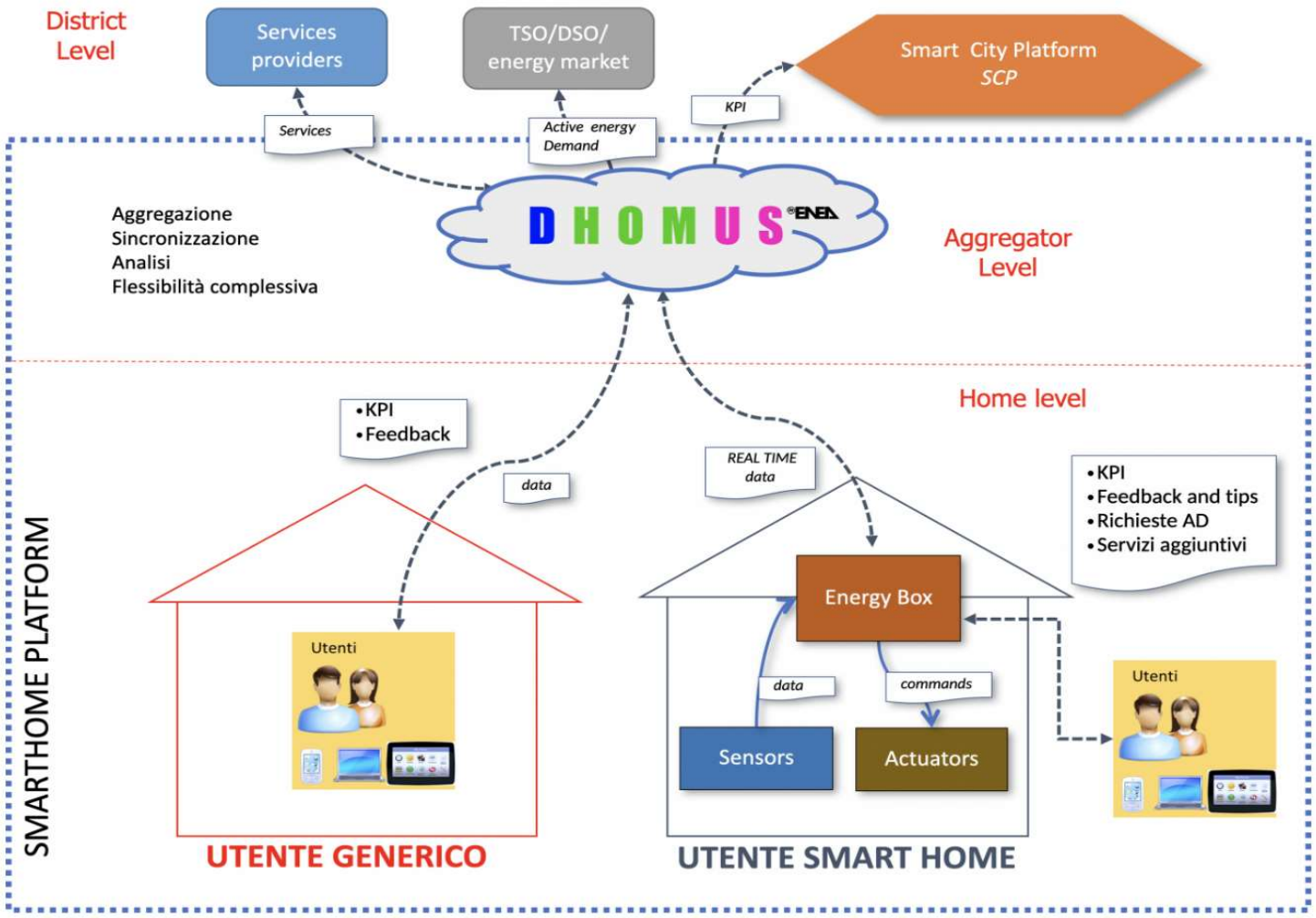
- Collaborazione con GSE



RECON: Simulatore di Comunità energetiche

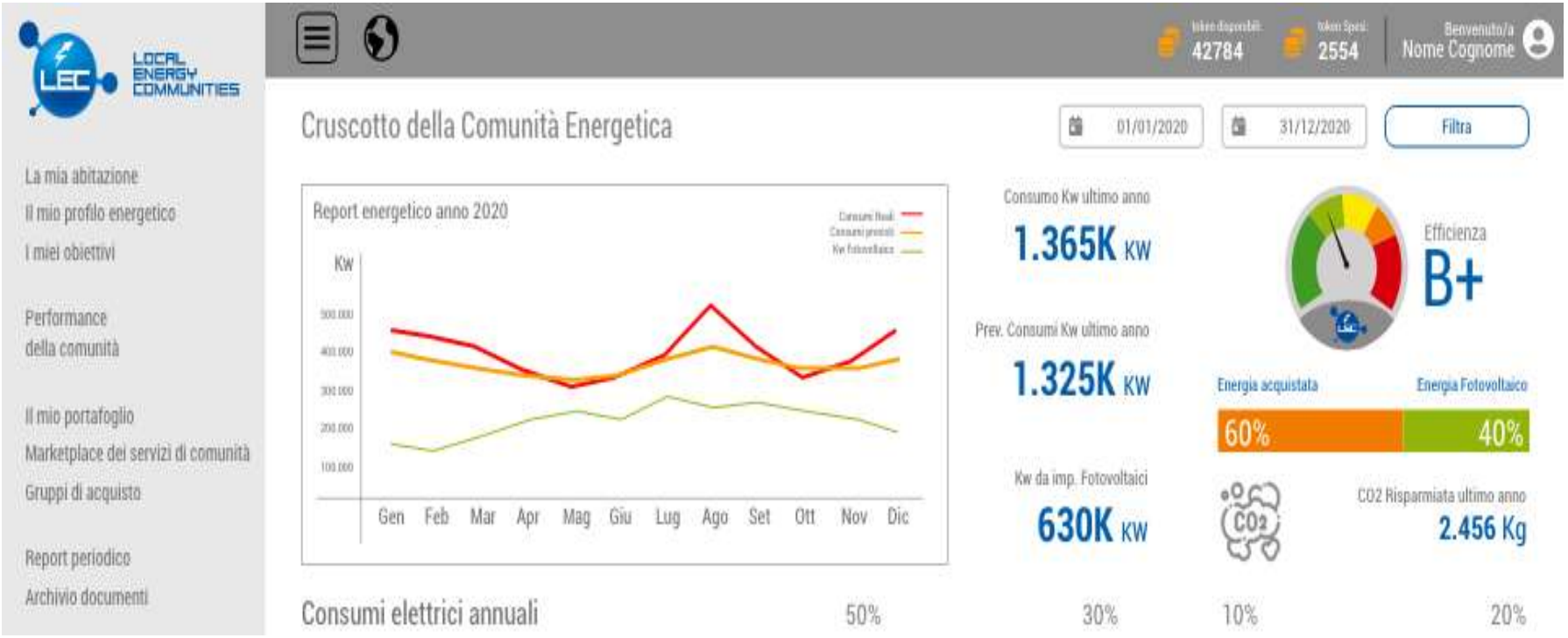
Principali output:
- Flussi di cassa
- Stima produzione e consumo
- KPI

DHOMUS: Supporto alle abitazioni



DHOMUS: Supporto alle abitazioni

CRUISE: cruscotto per la gestione delle comunità energetiche



I **modelli** matematici per l'analisi dei dati permetto di comprendere differenti aspetti relativi alla Comunità Energetica:

- la **dimensione** ottimale in base ai consumi **reali** dei partecipanti;
- le azioni da adottare per incrementare l'energia condivisa;
- i **modelli di ripartizione economica** dei benefici da applicare secondo gli accordi scritti nel contratto alla base della Comunità Energetica.

Verso una comunità ambientalmente neutra: sharing economy nella CE

L'evoluzione della Comunità energetica verso la condivisione di **beni e servizi** in una **Smart Energy Community** che:

- supporta una economia locale che **recupera valore** rimettendo in circolazione nella comunità, beni, conoscenze e spazi inutilizzati (**sharing economy**);
- realizza la sharing community attraverso una economia locale basata su "**token**" che vengono scambiati con beni e servizi;
- consente l'uso dei **token** ***localmente*** per l'acquisto di altri beni o servizi.

Samuele Branchetti
samuele.branchetti@enea.it