RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

Valutazione e gestione CER: Analisi dell'effetto della penetrazione di tecnologie elettriche per gli usi finali nella configurazione delle comunità energetiche (LA1.14)

A. Gambarotta, M. Morini

UNIVERSITÀ DI PARMA

RdS_PTR 22-24_PR1.7_LA1.14_331

Valutazione e gestione CER: Analisi dell'effetto della penetrazione di tecnologie elettriche per gli usi finali nella configurazione delle comunità energetiche

LA 1.14 - Valutazione e gestione CER: Analisi dell'effetto della penetrazione di tecnologie elettriche per gli usi finali nella configurazione delle comunità energetiche

A. Gambarotta, M. Morini (Università degli Studi di Parma)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Tema di ricerca 1.7 – Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Linea di attività: LA 1.14

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work Package: Angelo Frascella, ENEA

Responsabile Linea di Attività: A. Gambarotta, Università di Parma

Mese inizio previsto: 13

Mese inizio effettivo: 13

Mese fine previsto: 36

Mese fine effettivo 36

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione: "Valutazione e gestione CER: Analisi dell'effetto della penetrazione di tecnologie elettriche per gli usi finali nella configurazione delle comunità energetiche". Si ringrazia per la collaborazione alle attività svolte Costanza Saletti

Indice

1 Risultati attesi 4
2 Risultati ottenuti 5
3 Prodotti attesi 6
4 Prodotti sviluppati 7
5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati 8
6 Sintesi delle attività svolte 9
7 Dettaglio delle attività svolte 10
7.1 Sviluppo e implementazione di una libreria di sistemi energetici 10
7.2 Analisi parametrica di scenari di elettrificazione 14
8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte 16
9 Pubblicazioni scientifiche 17
10 Eventi di disseminazione 18

Indice delle figure

Figura 1. Struttura input/output dei componenti della libreria. 10

Figura 2. Diagramma a blocchi della strategia di gestione automatizzata. 13

Figura 3. Bilanci termici (sinistra) ed elettrici (destra) per un edificio. Micro-grid: rete interna alla comunità. BES: Battery Energy Storage. PV: photovoltaic system.....13

Indice delle tabelle

Tabella 1.Scenari di elettrificazione del fabbisogno di riscaldamento simulati. PdC: Pompa di Calore.....15

Tabella 2. Scenari di elettrificazione del fabbisogno di energia per ricarica di veicoli elettrici 15

1 Risultati attesi

I risultati attesi nell'ambito dell'attività erano i seguenti:

1) Una libreria di modelli per la simulazione del funzionamento di sistemi di conversione e accumulo dell'energia per le comunità energetiche. La libreria potrà essere utilizzata in una logica what/if per la valutazione di possibili soluzioni progettuali o di gestione e come base per lo sviluppo di logiche di gestione o dimensionamento automatizzate.
2) Un'analisi parametrica dell'effetto sulle comunità energetiche della progressiva elettrificazione delle tecnologie per il riscaldamento invernale e per l'autotrazione. L'analisi, seppur basata su un caso studio specifico, potrà fornire indicazioni generali.

2 Risultati ottenuti

I risultati che sono stati ottenuti nell'ambito dell'attività sono i seguenti:

- Uno strumento di simulazione di comunità energetiche rinnovabili e sistemi energetici integrati, che comprende una libreria di modelli per la simulazione del funzionamento di edifici e unità di conversione e accumulo dell'energia. I componenti della libreria sono rappresentati da relazioni fisiche algebriche o alle differenze finite, a seconda che il componente preveda o meno la capacità di accumulo dell'energia. I componenti possono essere richiamati da algoritmi di gestione automatizzati, secondo logiche di gestione ottimizzate o rule-based, per svolgere la simulazione nel tempo di un sistema energetico complesso. Tramite la libreria e l'algoritmo di gestione automatizzato è possibile svolgere analisi di scenario what/if, e valutare e confrontare diverse soluzioni progettuali e di gestione.
- Un'analisi parametrica dell'effetto sulle comunità energetiche della progressiva elettrificazione delle tecnologie per il riscaldamento invernale e per l'autotrazione. L'analisi è basata sul caso studio del Campus dell'Università di Parma, per il quale sono stati simulati e confrontati diversi scenari futuri di penetrazione di tecnologia fotovoltaica, sostituzione di unità di produzione di energia termica a fonte fossile con pompe di calore e crescente installazione di infrastrutture di ricarica di veicoli elettrici. Dall'analisi svolta e dal confronto dei diversi scenari sono stati tratti risultati quantitativi particolari ma anche indicazioni qualitative generali.

I due risultati attesi sono stati quindi completamente raggiunti.

In aggiunta ai risultati attesi, è stato ottenuto un ulteriore risultato:

- Lo strumento di simulazione basato sui componenti della libreria comprende anche un algoritmo di gestione basato su regole di priorità completamente automatizzato. Questo svolge la simulazione nel tempo di un sistema energetico integrato risolvendo i bilanci energetici istante per istante, tramite la chiamata dei componenti secondo l'ordine di priorità definito dall'utente. Per applicare tale metodologia ad un caso studio diverso da quello di test, è sufficiente modificare la composizione del sistema nel file di inizializzazione, senza dover alterare in alcun modo la logica di gestione.

I benefici per il sistema elettrico derivanti da questa attività possono essere i seguenti:

- Una maggior comprensione dell'impatto che la penetrazione di sistemi a fonte rinnovabile può avere sulla rete elettrica nazionale e sui sistemi energetici;
- La possibilità di analizzare i costi operativi del sistema energetico per un certo scenario di elettrificazione;
- La possibilità di pianificare lo sviluppo del sistema energetico tramite analisi quantitative di indicatori di prestazione.

I benefici per gli utenti derivanti da questa attività possono essere i seguenti:

- Il confronto di diverse strategie di gestione per un sistema energetico integrato esistente in determinate condizioni, per la selezione della strategia più vantaggiosa dal punto di vista economico o ambientale;
- La possibilità di verificare la convenienza della formazione di una Comunità Energetica Rinnovabile attraverso il confronto di diverse tipologie di sistema;
- La possibilità di pianificare lo sviluppo dei sistemi energetici di una comunità.

3 Prodotti attesi

Rapporto tecnico riportante la struttura matematica dei modelli e la loro implementazione.

Rapporto tecnico riportante la valutazione parametrica degli effetti di un incremento del tasso di sostituzione elettrica dei fabbisogni di riscaldamento e mobilità.

4 Prodotti sviluppati

I prodotti sviluppati sono i seguenti:

1) Documento di dettaglio sulla struttura e l'implementazione della libreria dei modelli matematici per la simulazione dei sistemi energetici integrati e delle comunità energetiche rinnovabili. Il report contiene le seguenti sezioni: metodologia, inizializzazione della simulazione, libreria di componenti suddivisa in unità di conversione dell'energia, unità di accumulo e edifici, logica di gestione del sistema energetico simulato, esempio di implementazione per un sistema energetico e le sue reti. Il report contiene nel dettaglio le liste di variabili, parametri, serie temporali che l'utente deve impostare per ciascun elemento del sistema energetico, e la descrizione dei modelli.
2) Documento di dettaglio riportante l'analisi parametrica degli effetti di un incremento del tasso di sostituzione elettrica dei fabbisogni di riscaldamento e mobilità. Il report è costituito dalle seguenti sezioni: metodologia di simulazione, descrizione dettagliata del caso studio per l'analisi parametrica, descrizione degli scenari di simulazione (nei quali viene implementata nel sistema oggetto di studio una progressiva elettrificazione dei settori del riscaldamento e della mobilità), analisi dei risultati secondo indicatori di prestazione rilevanti, confronto e discussione.

I due documenti (in inglese) sono stati forniti ad ENEA come risultato dell'attività svolta alla presente relazione. I prodotti attesi sono stati quindi ottenuti come da capitolato.

In aggiunta ai prodotti previsti dal capitolato, è stato realizzato un ulteriore prodotto:

3) Il codice dello strumento RECoS, in cui è stata implementata in MATLAB® la libreria completata dalla logica di gestione, è stato caricato e reso disponibile sulla piattaforma open-access Zenodo. I file necessari e le istruzioni per la configurazione e l'utilizzo dello strumento sono quindi disponibili open-access al seguente link: https://zenodo.org/uploads/14626646 . I file presenti sono:
    a. Tutti i file rappresentati i modelli dei componenti nella libreria;
    b. Un file di esempio per la configurazione del caso studio;
    c. Il file di simulazione all'interno del quale devono inoltre essere richiamati o definiti i disturbi secondo il manuale;
    d. Il file per la rappresentazione grafica dei risultati principali;
    e. Il manuale di utilizzo completo e un estratto del manuale per l'easy setup.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si è verificato nessuno scostamento rispetto a quanto atteso. Tutte le attività sono state portate a termine e tutti i risultati attesi sono stati raggiunti.

6 Sintesi delle attività svolte

Le attività svolte sono:

- Definizione della struttura input-output dei modelli della libreria di componenti per assicurare una causalità coerente;
- Sviluppo della libreria di componenti, considerando unità di conversione dell'energia, unità di accumulo e edifici;
- Progettazione e implementazione della strategia di gestione basata su regole di priorità, per il funzionamento dei sistemi in modo da soddisfare i fabbisogni energetici degli utenti;
- Verifica del funzionamento dello strumento di simulazione sviluppato;
- Configurazione del caso studio per lo svolgimento dell'analisi parametrica;
- Svolgimento dell'analisi parametrica secondo scenari di elettrificazione dei fabbisogni termico e di mobilità.

Da ciò sono stati ottenuti i risultati previsti dal capitolato:

1) Libreria di modelli
2) Analisi parametrica sull'effetto dell'elettrificazione

È stato inoltre conseguito il seguente risultato aggiuntivo:

3) Lo strumento di simulazione completamente automatizzato con la logica di gestione.

7 Dettaglio delle attività svolte

Le attività svolte hanno riguardato lo sviluppo e l'implementazione di una libreria di modelli matematici per simulare il funzionamento di sistemi energetici integrati e comunità energetiche, e nell'utilizzo dello strumento sviluppato per svolgere analisi di scenari futuri di progressiva elettrificazione. Queste due attività sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 7.1 e 7.2.

7.1 Sviluppo e implementazione di una libreria di sistemi energetici

La libreria di modelli matematici per simulare il funzionamento nel tempo di sistemi di conversione dell'energia, sistemi di accumulo e utenti finali che possono o potranno essere presenti nelle comunità energetiche è stata sviluppata in ambiente di programmazione MATLAB®. La libreria ha la possibilità di trattare sistemi multi-energia, ovvero dove siano integrate la produzione, distribuzione e utilizzo di diversi vettori energetici (e.g. elettricità, calore, freddo, combustibili di diversa specie, etc). I vettori energetici considerati in una certa simulazione vengono stabiliti nella fase di inizializzazione del caso studio.
È stata dapprima progettata l'impostazione generale della libreria, costituita da una serie di modelli dei vari sottosistemi che compongono un sistema energetico integrato. I modelli hanno una causalità coerente, in modo da favorire la loro composizione in maniera modulare per costituire un sistema complesso. Ciascun modello è una funzione MATLAB® che riceve delle grandezze in ingresso (input) e restituisce delle grandezze in uscita (output), indipendentemente dalla tipologia di sistema energetico in questione, ed è schematizzato in Figura 1.

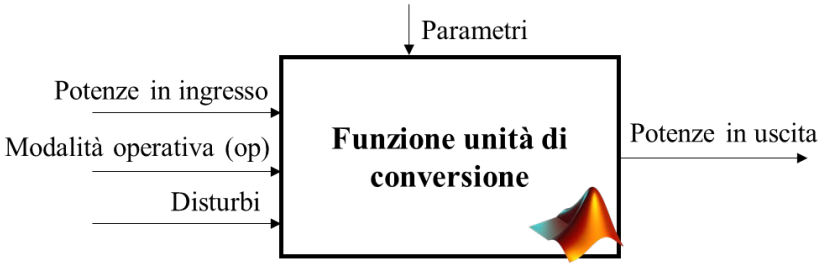

Figura 1. Struttura input/output dei componenti della libreria.

I componenti sono suddivisi in sistemi algebrici, per i quali il funzionamento ad un certo istante temporale dipende esclusivamente dai valori degli input all'istante in questione, e sistemi dinamici, il cui funzionamento è influenzato anche dai valori delle variabili agli istanti temporali precedenti. Nella seconda classe di sistemi, le equazioni differenziali che ne rappresentano la dinamica sono implementate come equazioni alle differenze finite.
Gli input di un sottosistema sono:

- I flussi di potenza di ciascun vettore energetico entranti nel sistema;
- La modalità operativa del componente (op), che può essere acceso, spento o in standby;
- I parametri operativi del componente, generalmente ricavabili dai dati di targa o dai cataloghi del costruttore, come potenza nominale, potenza a funzionamento minimo, rendimenti nominali, potenza necessaria per mantenere il componente in standby, etc.
- Eventuali disturbi, ovvero variabili provenienti dall'ambiente esterno che hanno influenza sul componente (e.g. temperatura dell'ambiente esterno, irraggiamento, etc.)

Gli output di ciascun sottosistema sono i flussi di potenza di ciascun vettore energetico uscenti dal sistema. È necessario precisare che, per mantenere la generalità dell'approccio matematico scelto, i flussi di potenza in input/output ad una unità di conversione sono quelli di tutti i vettori energetici inizializzati. Se uno o più vettori energetici non vengono utilizzati o convertiti all'interno del componente, sono rimandati come output senza subire variazioni. Analogamente, quando una potenza in ingresso (ad esempio combustibile nel caso di una caldaia) non viene interamente convertita a causa di determinate condizioni operative, la quota parte in surplus viene rimandata come output della funzione. Questa impostazione assicura di mantenere i bilanci energetici dei diversi vettori energetici istante per istante, anche nel momento in cui si aggiungano nuovi componenti in maniera modulare.

Dopo aver progettato la struttura base della libreria, sono stati sviluppati i modelli, in forma di funzioni MATLAB®, dedicati alla rappresentazione di ciascuna tipologia di componente. Le unità di conversione dell'energia convenzionali e a fonte rinnovabile sono modellati come sistemi algebrici:

- *Caldaia:* componente che effettua la conversione della potenza chimica di un combustibile in ingresso in potenza termica in uscita. La funzione può considerare la variazione del rendimento in base al carico a partire da coordinate di punti operativi.
- *Cogeneratore:* componente che effettua la conversione della potenza chimica di un combustibile in ingresso in potenza elettrica e potenza termica in uscita. Si considera la variazione del rendimento sia con il carico che con la temperatura esterna, che è gestita come un disturbo del sistema.
- *Pompa di calore*: componente che converte potenza elettrica in ingresso in potenza termica in uscita. Tramite la variabile op, si può impostare il suo funzionamento in configurazione invernale o estiva, ovvero con produzione rispettivamente di potenza termica o frigorifera. Il modello si ispira alla normativa UNI/TS 11300-4, secondo la quale le prestazioni della pompa di calore (il COP – Coefficient of Performance) sono corrette secondo il carico e secondo le temperature delle sorgenti fredda e calda. La funzione realizza questa correzione tramite interpolazione bilineare.
- *Elettrolizzatore*: componente che converte potenza elettrica in ingresso in potenza chimica di idrogeno in uscita e potenza termica di scarto. La produzione di idrogeno, che varia con il carico, è rappresentata da una funzione di regressione che può essere definita dall'utente in fase di inizializzazione.
- *Metanatore*: componente che converte idrogeno e anidride carbonica in metano sintetico e produce potenza termica di scarto secondo una funzione di regressione dipendente dalla Gas Hourly Space Velocity (variabile che tiene conto della portata volumetrica di idrogeno entrante nel reattore).
- *Turbina eolica*: componente che produce potenza elettrica, nota la velocità del vento che investe il componente, data come disturbo. Tra i parametri operativi deve essere definita la curva di potenza adimensionalizzata rispetto alla potenza nominale.
- *Impianto fotovoltaico:* componente che produce potenza elettrica, nota la radiazione solare incidente sui pannelli, data come disturbo. Questa può essere importata da una fonte esterna oppure calcolata in maniera rigorosa tramite una funzione apposita (*solar_irradiance*) che somma le componenti diretta, diffusa e riflessa della radiazione, valutata in base all'angolo di incidenza della radiazione sulla superficie.

I modelli dinamici riguardano le possibili unità di accumulo di energia del sistema energetico integrato. Questi sono caratterizzati da una variabile di stato, che dà una rappresentazione dell'energia accumulata nel sistema (e.g. stato di carica, temperatura). Oltre agli input

presentati in precedenza, questi prevedono come input aggiuntivo il valore della variabile di stato del sottosistema all'inizio del passo temporale (ottenuto dalla condizione iniziale o da calcoli degli istanti precedenti) e come output il valore della variabile di stato alla fine del passo temporale attuale. I sistemi considerati sono dinamici a parametri concentrati:

- *Serbatoio di accumulo termico*: componente che ha come stato l'energia termica accumulata sottoforma di temperatura del fluido termovettore. Il suo andamento viene valutato tramite il bilancio energetico scritto alle differenze finite.
- *Batteria elettrochimica*: componente che ha come stato l'energia elettrica accumulata. Il suo andamento viene valutato tramite il bilancio energetico scritto alle differenze finite, considerando la potenza immessa, quella prelevata, e quella persa per autoscarica.
- *Edificio*: modello a singola zona (a parametri concentrati) che ha come stato la temperatura dell'aria interna all'edificio, che deve essere mantenuta entro i limiti di comfort termico degli utenti. Il suo andamento viene valutato tramite il bilancio energetico alle differenze finite, semplificato tramite l'introduzione di quattro coefficienti di prestazione dell'edificio. Si considerano le perdite termiche attraverso l'involucro dell'edificio, quelle per ventilazione forzata e naturale, e i contributi di impianto di riscaldamento, irraggiamento e apporti gratuiti da occupazione.

Questi modelli permettono di valutare i flussi energetici con un generico passo temporale definito dall'utente. La configurazione di un caso studio può essere svolta tramite (i) inizializzazione dei vettori energetici e delle caratteristiche operative dei sistemi di conversione e accumulo presenti e (ii) creazione delle serie temporali dei disturbi esterni.

Dopo la realizzazione della libreria, è stata progettata e implementata una strategia di gestione automatizzata, basata su regole di priorità preimpostate, che richiama i modelli e svolge per ogni istante di tempo di simulazione i bilanci energetici per soddisfare i fabbisogni degli utenti, gestendo inoltre gli scambi con le reti energetiche interne alla comunità e con quelle esterne.
Indipendentemente dalla composizione e complessità del caso studio, sono svolti gli stessi passaggi per ciascun istante di tempo, secondo il diagramma a blocchi in Figura 2.
Il listato MATLAB® complessivo dedicato alla simulazione è quindi costituito dalle seguenti parti:

1) Inizializzazione della simulazione: parametri temporali e geografici del sistema, condizioni iniziali, disturbi provenienti dall'ambiente;
2) Inizializzazione dei componenti del sistema: per ciascun componente viene creata una struttura nella quale possono essere definiti e compilati i campi caratteristici di ciascuna unità.
3) Simulazione: partendo dall'istante inziale, si svolge la logica di gestione in Figura 2 per tutti gli istanti di tempo dell'orizzonte selezionato e si ottiene il funzionamento di tutti i componenti presenti.

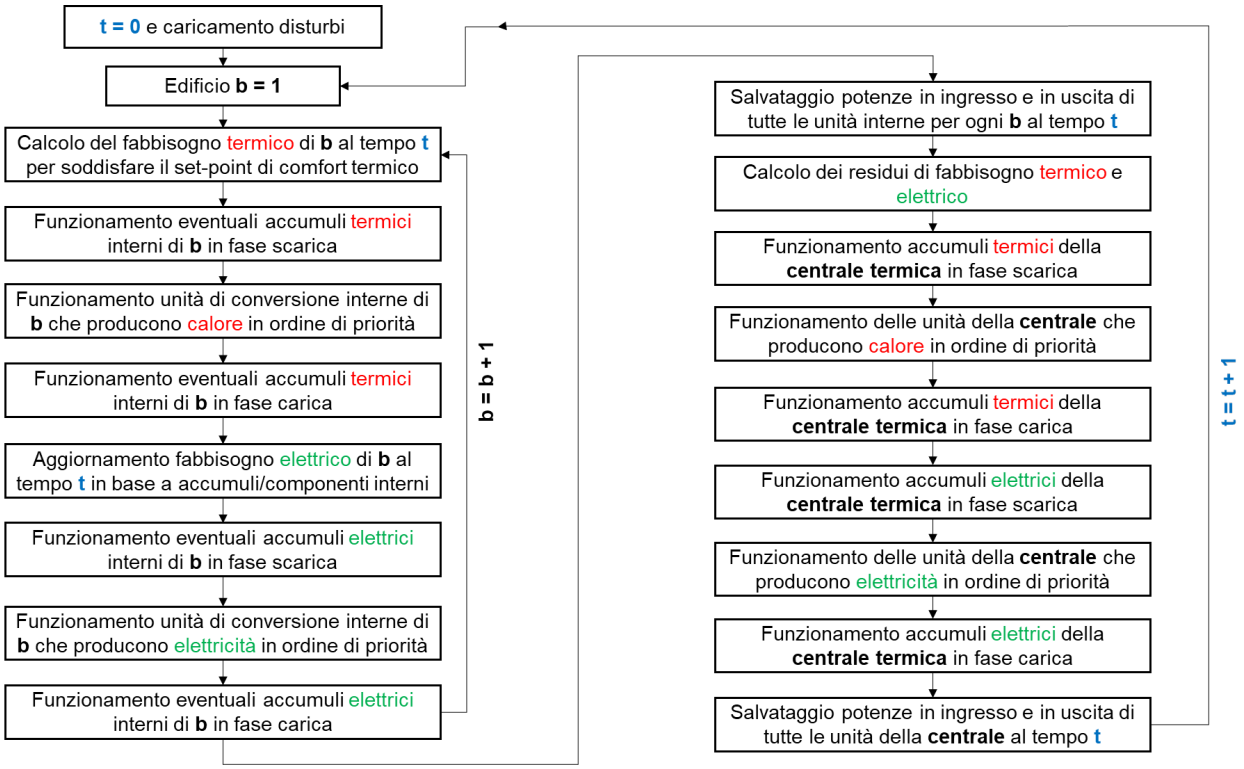

Figura 2. Diagramma a blocchi della strategia di gestione automatizzata.

Per verificare il funzionamento e l'operatività del codice sviluppato, è stato creato un caso studio semplice con due edifici e una centrale termica con alcune unità di conversione. Sono state svolte diverse simulazioni aumentando e diminuendo le taglie dei sistemi a fonti rinnovabile, rendendo indisponibili alcune unità di conversione (ad esempio a causa di interventi manutentivi) e variando le modalità di gestione degli accumuli. Tutte le simulazioni hanno confermato il buon funzionamento e la robustezza dell'algoritmo sviluppato al variare delle condizioni. A titolo di esempio, si riporta la visualizzazione dei risultati di uno degli edifici del caso studio in Figura 3.

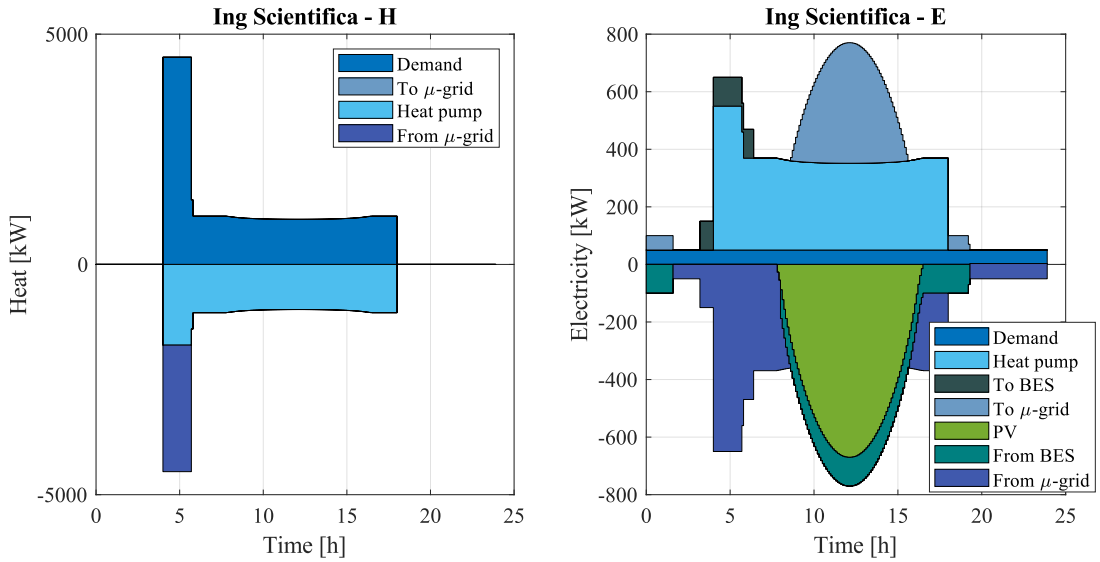

Figura 3. Bilanci termici (sinistra) ed elettrici (destra) per un edificio. Micro-grid: rete interna alla comunità. BES: Battery Energy Storage. PV: photovoltaic system.

Tutte le attività descritte e i relativi risultati ottenuti sono dettagliate nel documento intitolato "Handbook of RECoS – Renewable Energy Community Simulator - A general simulation tool for Renewable Energy Communities and Multi-Energy Systems".

7.2 Analisi parametrica di scenari di elettrificazione

L'attività di analisi parametrica è stata svolta attraverso una campagna di simulazioni svolta sul caso studio del Campus dell'Università di Parma, in cui si considerano i seguenti aspetti:

- il fabbisogno elettrico complessivo del Campus;
- per il fabbisogno termico, il ramo di rete di teleriscaldamento Sud Nuova. Questo alimenta nove edifici, dei quali sono state raccolte le proprietà per la valutazione della dinamica termica;
- il fabbisogno di energia frigorifera, essendo soddisfatto tramite gruppi frigo a compressione, è aggregato al fabbisogno elettrico complessivo;
- la centrale termica consta di cinque caldaie di taglie differenti;
- sono presenti due impianti fotovoltaici, di taglia complessiva pari a circa un quarto del picco di fabbisogno del Campus.

Sono stati quindi raccolti i dati necessari all'applicazione dell'algoritmo: le caratteristiche tecniche degli edifici e dei componenti sono state appositamente impostate nel file MATLAB® di definizione del caso studio. I dati raccolti per l'inizializzazione del programma di simulazione sono le serie temporali annuali dei seguenti disturbi del sistema:

- Fabbisogno elettrico del Campus raccolto tramite il portale IRETI;
- Temperatura esterna;
- Apporti gratuiti di occupazione degli edifici;
- Programma di condizionamento degli edifici.

È stata svolta la simulazione del periodo luglio 2023 – giugno 2024 (un anno di funzionamento), che costituisce il caso base.

Sono stati infine definiti gli scenari di progressiva elettrificazione degli usi finali di energia secondo il seguente programma di simulazioni. Tabella 1 rappresenta la progressiva elettrificazione del fabbisogno di riscaldamento tramite introduzione di pompe di calore in scenari diversi di crescente penetrazione di fotovoltaico installato. Tabella 2 rappresenta invece la progressiva crescita di fabbisogno elettrico per la ricarica dei veicoli elettrici all'interno del Campus, valutata tramite lo strumento Citiwatts.

I risultati delle diverse simulazioni possono essere valutati con riferimento (i) alle serie temporali di operazione delle unità di conversione dell'energia, che indicano la modalità di soddisfacimento dei fabbisogni elettrico e termico, (ii) alla temperatura interna degli edifici presenti, e (iii) a indicatori di prestazione aggregati (mensili e/o annuali) così individuati:

- Energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici;
- Energia elettrica da fotovoltaico autoconsumata dal Campus;
- Energia elettrica prelevata dalla rete;
- Energia elettrica immessa in rete, e quindi disponibile per la condivisione nella prospettiva di costituzione di una Comunità Energetica Rinnovabile;
- Fabbisogno elettrico delle utenze del Campus;
- Fabbisogno elettrico aggiuntivo determinato dalla progressiva elettrificazione (introducendo pompe di calore e/o veicoli elettrici).

Tutte le attività descritte e i relativi risultati ottenuti sono dettagliate nel documento intitolato "Analysis of the effect of a progressive electrification of heat and mobility in district energy systems".

Tabella 1.Scenari di elettrificazione del fabbisogno di riscaldamento simulati. PdC: Pompa di Calore

Pompe di calore / Fotovoltaico	-	+	++
-	Caso base	Sostituzione di una caldaia con una PdC	Sostituzione di due caldaie con due PdC
+	Potenza installata di fotovoltaico doppia	1) Potenza installata di fotovoltaico doppia 2) Sostituzione di una caldaia con una PdC	1) Potenza installata di fotovoltaico doppia 2) Sostituzione di due caldaie con due PdC
++	Potenza installata di fotovoltaico quadrupla	1) Potenza installata di fotovoltaico quadrupla 2) Sostituzione di una caldaia con una PdC	1) Potenza installata di fotovoltaico quadrupla 2) Sostituzione di due caldaie con due PdC

Tabella 2. Scenari di elettrificazione del fabbisogno di energia per ricarica di veicoli elettrici

Veicoli elettrici / Fotovoltaico	+	++
-	Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050 dimezzato	Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050
+	1) Potenza installata di fotovoltaico doppia 2) Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050 dimezzato	1) Potenza installata di fotovoltaico doppia 2) Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050
++	1) Potenza installata di fotovoltaico quadrupla 2) Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050 dimezzato	1) Potenza installata di fotovoltaico quadrupla 2) Fabbisogno ricarica veicoli elettrici al 2050

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non sono state utilizzate consulenze per lo svolgimento dell'attività o per l'ottenimento dei risultati.

9 Pubblicazioni scientifiche

Al momento non si segnalano pubblicazioni scientifiche scaturite dall'attività.

Tuttavia, si segnala che è stato sottomesso un abstract intitolato "Evaluating the effects of electrification in integrated energy systems" alla 38th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization and Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS 2025) che si terrà a Parigi (Francia) dal 29 giugno 2025 al 4 luglio 2025. In caso di accettazione, verrà pubblicato un articolo su atti di conferenza internazionale derivante dal lavoro svolto.

10 Eventi di disseminazione

Non si segnala alcun evento di disseminazione scaturito dall'attività svolta.