

SIMUL e Cruise: verso un digital twin per le Comunità Energetiche

L'esigenza di produrre energia da fonte rinnovabile in modo sempre più distribuito sul territorio ha reso necessario introdurre soluzioni per una migliore gestione dei flussi energetici, così da ridurre l'impatto della produzione di energia rinnovabile sulla rete elettrica. Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) nascono in questo contesto, con l'obiettivo di favorire un'azione coordinata delle persone e delle istituzioni presenti nelle comunità locali, al fine di promuovere produzione e consumo energetico complessivamente sostenibili.

DOI 10.12910/EAI2024-038

di Samuele Branchetti, Fabrizio Paolucci, Carlo Petrovich, Laboratorio Cross Technologies per distretti urbani e industriali - ENEA; Gianluca D'Agosta, Responsabile Laboratorio Cross Technologies per distretti urbani e industriali - ENEA

L'esigenza di produrre energia da fonte rinnovabile in modo sempre più distribuito sul territorio ha reso necessario introdurre soluzioni per una migliore gestione dei flussi energetici, così da ridurre l'impatto della produzione di energia rinnovabile sulla rete elettrica. Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) nascono in questo contesto, con l'obiettivo di favorire un'azione coordinata delle persone e delle istituzioni presenti nelle comunità locali al fine di promuovere produzione e consumo energetico complessivamente sostenibili.

Lo scopo di rendere le CER -e quindi i territori- il più possibile energeticamente autosufficienti, in grado di produrre energia e consumarla localmente passa dalla capacità di analizzare dati, digitalizzare i processi e formulare strategie per adottare soluzioni adeguate alle esigenze contingenti e contestualmente sostenibili nel lungo periodo.

La disponibilità di una crescente quantità di dati prodotti anche in ambito energetico (curve di consumo, curve di produzione, previsioni meteorologiche, ecc.) consente la

simulazione e la gestione dei sistemi energetici, e nello specifico delle CER, anche in real-time, al fine di migliorare le configurazioni di comunità, il controllo degli accumuli energetici e la flessibilità nell'utilizzo dell'energia aprendo nuovi scenari nel mercato elettrico.

Gli strumenti SIMUL e CRUISE, sviluppati da ENEA nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale, sono stati pensati per sperimentare la simulazione e la gestione delle CER.

Gli strumenti SIMUL e CRUISE

Lo strumento SIMUL consente di modellare la Comunità Energetica riproducendone il comportamento (digital twin) a partire dai valori orari o quartorari, su dataset storici o in tempo reale, delle curve di consumo, della produzione e dell'accumulo elettrico, con possibilità di valutare l'impatto della comunità energetica in termini di indicatori e performance (energia immessa e prelevata dalla rete, autoconsumi diretti, energia condivisa, autosufficienza, ecc.), utili in fase di progettazione e gestione della comunità, rendendo possibile la

valutazione di diversi possibili scenari e la loro ottimizzazione. L'intento è quello di predire con un buon grado di approssimazione gli andamenti degli indicatori della Comunità al cambiare di alcuni parametri, come il numero di partecipanti o la potenza installata.

Lo strumento CRUISE (CRUscotto Interattivo Smart Energy) è un'applicazione WEB per la gestione delle comunità energetiche che può essere configurata per mostrare differenti indicatori di comunità, in grado di trattare più comunità e capace di rispondere a quelle esigenze di monitoraggio, ma anche di interazione con gli utenti, che sono necessarie per stimolare i partecipanti e creare interesse e consenso verso le azioni energeticamente virtuose.

Questi due strumenti, tuttora in fase di sviluppo, possono operare insieme e prevedono l'utilizzo di una base dati comune e degli stessi sistemi di acquisizione dei dati, come mostrato nella Figura 1.

Questi due strumenti sono stati sperimentati nella loro prima release nei seguenti contesti:

1. in un caso studio di comunità energetica in configurazione di au-

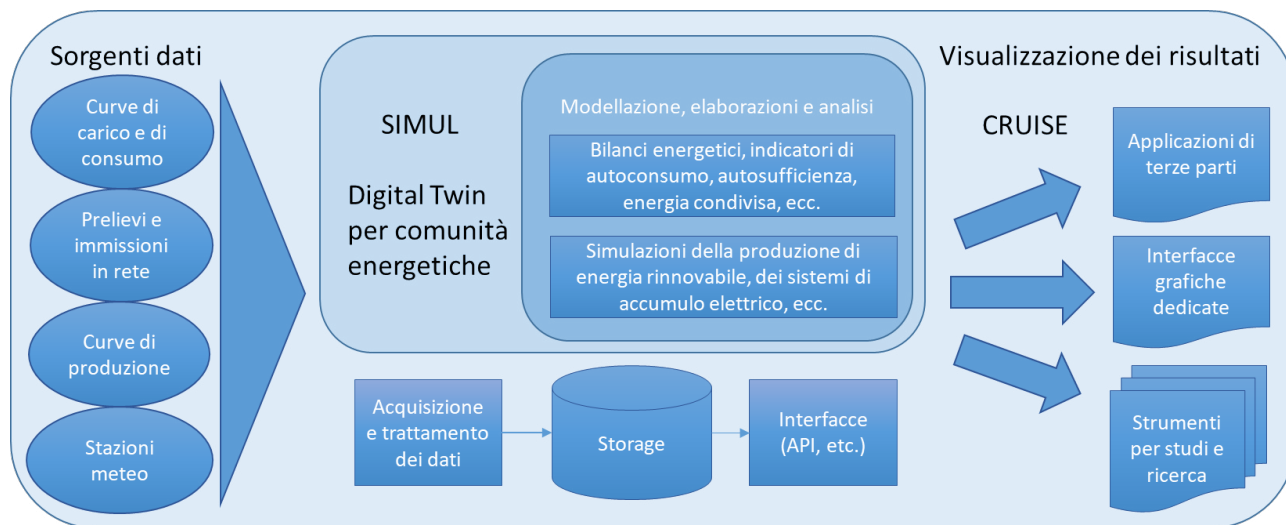


Figura 1: Schema a blocchi del sistema di simulazione e gestione delle comunità energetiche

toconsumo collettivo presso un complesso condominiale composto da 56 utenze, situato in provincia di Reggio Emilia, con dati acquisiti in tempo reale;

2. in un caso studio di CER composta da 88 utenze consumer, prosumer e producer utilizzando dati reali dettagliati raccolti lungo un periodo di 1 anno, in provincia di Udine.

Nel primo caso studio, la sperimentazione è stata condotta utilizzando dati prodotti dall'infrastruttura del progetto regionale SelfUser, concluso ad inizio 2022, (<https://www.selfuser.it/>) e finalizzato a realizzare un condominio pilota in autoconsumo collettivo, dotato di dispositivi di misura e con la previsione di installare un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 60 kWp, un sistema di accumulo elettrico con capacità pari a 80 kWh e delle stazioni di ricarica per autoveicoli.

Le curve di consumo delle utenze sono state acquisite ed elaborate in tempo reale, contestualmente alla simulazione della produzione fotovoltaica e dell'accumulo elettrico.

L'acquisizione e il monitoraggio dei consumi elettrici effettivi e della pro-

duzione elettrica stimata ha permesso di valutare l'autoconsumo diretto associato alle utenze comuni condominiali e l'energia condivisa relativa agli appartamenti della comunità, quindi di controllare l'andamento dei possibili incentivi economici, di valutare strategie di coinvolgimento dei membri della comunità (engagement degli utenti), di adottare misure per il miglioramento del demand response sull'energia consumata e di implementare periodiche azioni per migliorare l'autoconsumo della comunità.

Allo scopo di simulare la configurazione, è stato implementato un sistema per l'acquisizione e l'ingestione dei dati sia energetici che meteo del caso pilota trattato. I flussi raccolti sono i dati quattorari provenienti da ognuno dei 56 dispositivi utente installati (per appartamenti e utenze comuni condominiali) e quelli provenienti dalle centraline meteo installate sull'edificio. I dati riferiti alla potenza attiva, reattiva, tensione, e quelli meteo di temperatura, umidità ed irraggiamento sono stati anonimizzati e "ingeriti", sia da file che da broker MQTT, poi interpretati, trasformati e memo-

rizzati direttamente su un database relazionale PostgreSQL, secondo un processo automatico e temporizzato. Gli schemi del database realizzati sono stati pensati per essere flessibili e generali, in grado di organizzare i dati del caso pilota, ma anche di altre diverse comunità energetiche, garantendo la riservatezza e differenti livelli di accesso con relative restrizioni. Sono stati inoltre implementati algoritmi di clustering dei profili di consumo energetico, ovvero delle tecniche che consentono di raggruppare profili di consumo di diversi utenti in gruppi "simili", così da potere caratterizzare i profili di consumo degli utenti, rendere consapevole ogni utente del proprio "posizionamento" all'interno della comunità e individuare le utenze su cui operare per migliorare le performance energetiche della Comunità.

Analisi sempre più evolute

I dati del caso pilota sono stati anche utilizzati per sperimentare un cruscotto (dashboard), ovvero lo strumento CRUISE, che raccoglie e visualizza i dati di maggiore interesse (Key Performance Indicator), sia per l'amministratore della comunità che

per i singoli membri. In questo modo è stato fornito un punto di accesso configurabile per tutti gli utenti della comunità, siano essi semplici prosumer, consumer o i gestori della comunità, mettendo in comune servizi specifici, dalla visualizzazione dei propri consumi fino all'analisi dei comportamenti degli utenti o alla gestione del gruppo. **Nel secondo caso studio, sono stati acquisiti, elaborati e analizzati i dati relativi ad una configurazione di Comunità Energetica Rinnovabile in fase di costituzione presso il territorio del Comune di Lignano Sabbiadoro (UD). L'analisi è stata realizzata utilizzando dati relativi all'anno 2022 e riferiti a 88 utenze che complessivamente hanno consumato 2,26 GWh di energia elettrica e che possono produrre circa 1,18 GWh di energia elettrica all'anno, tramite una potenza fotovoltaica nominale di quasi 1 MWp, composta in parte da impianti già esistenti e in parte da impianti previsti che devono essere installati.** Valutando i dati di consumo reali e le possibili produzioni orarie in base ai dati meteorologici, è stato calcolato che l'autoconsumo diretto delle utenze prosumer è pari a circa il 19% dell'energia elettrica potenzialmente prodotta dalla comunità energetica, mentre l'energia condivisa è circa il 57% dell'energia elettrica prodotta. Nella configurazione analizzata il

tasso di autosufficienza della CER è risultato prossimo al 40%.

Gli strumenti implementati hanno permesso di realizzare l'analisi per l'intera comunità energetica, ma anche in dettaglio per tutte le singole utenze che la compongono.

La sperimentazione è stata svolta in collaborazione con la cooperativa Part-Energy e LEGACOOOP che si sono occupati della raccolta dei dataset.

L'analisi dei risultati è stata condotta utilizzando, ove disponibili, le curve di consumo quartorarie delle utenze coinvolte nella comunità energetica, registrate grazie ai contatori di ultima generazione. I dati che compongono tali curve sono di norma accessibili tramite il portale internet del distributore di energia oppure tramite il "portale dei consumi" di ARERA (<https://www.consumienergia.it>). Nel caso di indisponibilità delle curve di consumo quartorarie per motivi tecnici (assenza dei contatori di ultima generazione) o di accessibilità ai dati, sono state elaborate e simulate delle curve di carico sintetiche utilizzando curve standard fornite dal GSE (eventualmente modulate su valori mensili o annuali delle fasce di consumo F1, F2, F3)^[1].

In entrambi i casi studio, i dati di produzione elettrica oraria degli impianti fotovoltaici sono stati simulati, quando necessario, utilizzando

un'implementazione del modello CNR Energy+^[2] e dei dati reali di irraggiamento solare, temperatura ambiente e velocità del vento estratti da centraline meteo disponibili in prossimità della comunità energetica.

L'eventuale accumulo elettrico è stato invece simulato utilizzando un modello semplificato, adattando quanto proposto da Ciocia et al.^[3].

I dati elaborati e le simulazioni realizzate sono stati utilizzati dagli utenti per identificare la dimensione potenziale della Comunità e per avviare un percorso di installazione e accrescimento delle sorgenti rinnovabili in base, anche, alle potenzialità di espansione della Comunità stessa in termini di energia condivisa e crescita finanziaria.

SIMUL e CRUISE sono tool in continuo sviluppo, nell'intento di realizzare **analisi sempre più evolute** di tipo parametrico finalizzate ad individuare le soluzioni più convenienti per aumentare l'autoconsumo e l'autosufficienza delle CER. Tali strumenti si affiancano a prodotti software commerciali permettendo una maggiore configurabilità dei dati analizzati e visualizzati, anche a fini sperimentali, e un'integrazione verso altri strumenti orientati alla creazione di economie locali, allargando così l'orizzonte delle CER.

per info: samuele.brachetti@enea.it

Riferimenti bibliografici:

1. GSE, Gruppi di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e comunità di energia rinnovabile, Modalità di profilazione dei dati di misura e relative modalità di utilizzo ai sensi dell'articolo 9 dell'Allegato A alla Delibera 318/2020/R/eel, Versione n. 1 - 04/04/2022.
2. Di Cristofalo, S. (2016). Progetto CNR Energy+: metodo di calcolo semplificato per la scomposizione della radiazione solare globale e la stima della produzione da fotovoltaico. Technical Report. IAMC-CNR, Palermo. <http://eprints.bice.rm.cnr.it/14398/>
3. Ciocia, A., Amato, A., Di Leo, P., Fichera, S., Malgaroli, G., Spertino, F., Tzanova, S. (2021). Self-consumption and self-sufficiency in photovoltaic systems: Effect of grid limitation and storage installation. *Energies*, 14(6): 1591. <https://doi.org/10.3390/en14061591>