



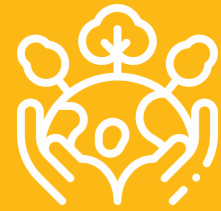
Camera di Commercio
Napoli



Simpresa
Azienda Speciale della CCIAA di Napoli



COMUNITÀ
ENERGETICHE
RINNOVABILI



COMUNITÀ
ENERGETICHE
RINNOVABILI
(CER)

**PROGRAMMA
“TRANSIZIONE ENERGETICA”
Fondo di Perequazione 2021-2022**

**Progetto di ricerca applicata “TRA.EN.IMP”
TRAnsizione ENergetica delle IMPrese**

relazione Task Energetica



Camera di Commercio
Napoli



Introduzione

La transizione energetica rappresenta forse il capitolo più importante ed assolutamente strategico del PNRR, in particolare per un Paese come l'Italia, notoriamente povero di fonti energetiche "convenzionali".

Essa, a sua volta, si sostanzia, essenzialmente, nella decarbonizzazione fossile e nella decentralizzazione e produzione distribuita, puntando al massimo possibile del risparmio nell'uso dell'energia e dell'auto-sufficienza energetica.

Nell'ambito di questa straordinaria sfida epocale, le Comunità di Energia Rinnovabile (CER) rappresentano lo strumento comunitario più promettente dal punto di vista organizzativo e produttivo.

Tali forme virtuose di autoproduzione e condivisione energetica hanno origine normativa nella Direttiva Europea RED II (2018/2001/UE) e hanno visto una prima concreta attuazione italiana nel cosiddetto Decreto "Milleproroghe" (DL 30 dicembre 2019, n. 162), poi convertito nella L. 28 febbraio 2020, n. 8. Dopo questa normativa transitoria, recentemente (15 dicembre 2021) è entrato in vigore il Dlgs 8 novembre 2021 n. 199 che recepisce la Direttiva RED II, con incentivi diretti ad impianti che fanno parte di CER o di configurazioni di autoconsumo collettivo.

In base al D.Lgs. 8 novembre 2021, n. 210, la comunità energetica dei cittadini è un soggetto di diritto, con o senza personalità giuridica, fondato sulla partecipazione volontaria e aperta, controllato da membri o soci che siano persone fisiche, piccole imprese, autorità locali, ivi incluse le amministrazioni comunali, gli enti di ricerca e formazione, gli enti del terzo settore e di protezione ambientale e gli enti religiosi. Lo scopo principale è quello di offrire ai suoi membri, o soci o al territorio in cui opera, benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità, anziché perseguire profitti finanziari, partecipando alla generazione, alla distribuzione, alla fornitura, al consumo, all'aggregazione, allo stoccaggio dell'energia, ai servizi di efficienza energetica, o a servizi di ricarica per veicoli elettrici o fornire altri servizi energetici ai suoi membri o soci.

Il 24 gennaio 2024 è entrato in vigore l'atteso decreto del MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica) contenente il quadro degli incentivi per la nascita e lo sviluppo delle Comunità Energetiche Rinnovabili e dell'autoconsumo diffuso in Italia. Il 23 febbraio scorso sono state pubblicate, inoltre, dal GSE, le regole operative che disciplinano le modalità e le tempistiche di riconoscimento degli incentivi.

Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) sono un soggetto giuridico il cui obiettivo principale è fornire, ai membri e alla comunità in cui opera, benefici economici, sociali e ambientali.

Alle CER possono partecipare le PMI (Piccole e medie imprese) e gli enti locali, ma anche condomini e singoli cittadini, il cui obiettivo è quello di unirsi per produrre e condividere l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, formando una comunità energetica e diventando dei prosumer (consumatori attivi e produttori di energia rinnovabile).

I vantaggi che ne derivano dall'unione di questi soggetti è rappresentato dalla possibilità di poter produrre energia da fonti rinnovabili, ottenere minori costi dell'energia per imprese e cittadini, favorire nuove opportunità economiche per il territorio, la riduzione delle emissioni di CO₂, la possibilità di utilizzo delle Tecnologie 4.0 (doppia transizione), fornire vantaggi sociali per le comunità territoriali.



Camera di Commercio
Napoli



L'**Azienda Speciale della CCIAA di Napoli, SI Impresa**, oltre alla realizzazione di iniziative in materia di sostenibilità quale partner della rete Enterprise Europe Network, **nel quadro del Programma del sistema camerale denominato "Transizione Energetica", a valere del Fondo di Perequazione 2021-2022**, è stata impegnata nel corso del 2023/2024 nell'implementazione delle seguenti attività:

- eventi di informazione e formazione per le imprese sulla transizione energetica e sulle Comunità energetiche rinnovabili, anche in sinergia con il progetto Enterprise Europe Network;
- realizzazione di use cases sull'applicazione dei sistemi di autoproduzione di energia in filiere/settori individuate sulla base dell'interesse riscontrato a livello locale (da parte di imprese / stakeholders locali);
- desk di confronto per le imprese e gli stakeholder locali sulla transizione energetica e sulle Comunità Energetiche Rinnovabili, con il supporto di esperti del settore e/o strutture del sistema camerale;
- desk con i Comuni e le Municipalità della provincia di Napoli, al fine di incentivare attraverso una attività di informazione, assistenza e supporto, la costituzione di CER e/o iniziative di autoconsumo Collettivo;

Tali attività sono state svolte anche nel quadro di una Convenzione operativa sottoscritta da SI IMPRESA con l'Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS) del CNR che ha consentito la realizzazione di un progetto di ricerca applicata denominato: "TRA.EN.IMP" (TRANsizione ENergetica delle IMPrese) di cui il dott. **Ciro Romano** è stato per IRISS il coordinatore tecnico-scientifico, con l'obiettivo di sperimentare pratiche efficaci e dispositivi innovativi per la transizione energetica, il risparmio, l'efficientamento e l'autoproduzione di energia delle Imprese e la costituzione di Comunità Energetiche Rinnovabili, in particolare nelle aree produttive o zone industriali, oppure con gli Enti Locali, ma con un forte coinvolgimento delle Imprese presenti sui territori.

L'Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo (IRISS) del CNR, a sua volta, si è avvalso delle competenze specialistiche del Centro Interdipartimentale di Ricerca Laboratorio di Urbanistica e Pianificazione territoriale "Raffaele d'Ambrosio" – LUPT dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, con il coordinamento generale della prof.ssa **Marina Albanese**.

Per l'espletamento delle attività sono state costituite le seguenti tre Task operative:

- Task Giuridica (Governo dei servizi pubblici) Coordinatore: Prof. **Alberto Lucarelli**
- Task Territoriale (Aree produttive sostenibili) Coordinatrice: Prof.ssa **Emanuela Coppola**
- Task Energetica (Sviluppo energetico e Smart Grids) Coordinatore: Prof. **Amedeo Andreotti**

Di seguito si riporta la Relazione conclusiva del lavoro condotto dalla Task Energetica

Rapporto gruppo di studio sistemi energetici

Sommario

Rapporto gruppo di studio sistemi energetici	1
1) Introduzione	3
2) La Generazione Distribuita	5
2.1. Concetti fondamentali	5
2.2. Vantaggi e svantaggi	6
2.3. Classificazione	7
2.4. Principi di funzionamento e tecnologie utilizzate	8
2.5. Digitalizzazione del sistema energetico	13
2.6. Politiche ed incentivi per la generazione distribuita	17
3) Consumi Energetici, misure di risparmio ed efficientamento	20
3.1. Consumi energetici e misure di risparmio	20
3.2. Tecnologie e metodologie utilizzate	21
3.3. Efficientamento energetico	22
3.4. Efficientamento energetico e riduzione dei consumi nelle CER	25
4) L'autoconsumo diffuso e il modello regolatorio virtuale	28
4.1. Il ruolo del Prosumer	28
4.2. L'autoconsumo diffuso: le diverse configurazioni	29
4.3. Modello di regolazione: virtuale vs fisico	33
4.4. Energia elettrica immessa, prelevata e condivisa	36
5. Accumuli ed altri servizi della rete nelle CER	39
5.1. Parametri tecnici caratteristici dei sistemi di accumulo	39
5.2. Panoramica delle Tecnologie di accumulo	40
5.3. Raffronto tra le tecnologie di accumulo	44
6. Conclusioni	46
Bibliografia	48

Lista delle Figure

Figura 1: Differenza tra sistema di generazione elettrica centralizzato e distribuito.	5
Figura 2: Configurazione GD connesso alla rete.	7
Figura 3: Configurazione GD off-grid.	8
Figura 4: Schematizzazione sistema di generazione distribuito con produzione da fonti rinnovabili.	9
Figura 5: Schema di Cogenerazione costituito da un motore/turbina a gas con unità di recupero del calore.	10
Figura 6: Schema di CHP che consiste di turbina a vapore con unità di recupero del calore.	11
Figura 7: Schema di un sistema CCHP assistito da pannelli solari.	12
Figura 8: Schematizzazione di una Smart Grid.	15
Figura 9: Architettura funzionale di uno Smart meter.	16
Figura 10: Etichetta classi energetiche.	25
Figura 11: Consumer vs Prosumer	29
Figura 12: Schema di autoconsumo collettivo condominiale.	30
Figura 13: Andamento della tariffa premio in funzione del prezzo zonale.	32
Figura 14: Schema di Autoconsumo fisico con connessione privata delle utenze all'impianto di produzione [4].	34
Figura 15: Schema di Autoconsumo Virtuale con connessione su rete pubblica tra utenze e impianto di produzione [4]	34
Figura 16: Flussi energetici di uno schema di autoconsumo collettivo: energia prodotta, prelevata, autoconsumata, immessa in rete e condivisa [4].	37
Figura 17: Funzionamento di un PHS con pompaggio dell'energia fornita dalle turbine eoliche. ...	41
Figura 18: Funzionamento di un CAES.	42
Figura 19: Confronto tra i sistemi di accumulo in base alla potenza nominale e al tempo di carica/scarica	45

1) Introduzione

Le Comunità Energetiche Rinnovabili, note con l'acronimo di CER, sono definite come entità giuridiche costituite da membri come cittadini privati, aziende, enti pubblici locali o piccole e medie imprese che si uniscono volontariamente all'interno di un'area geografica specifica per condividere l'energia prodotta localmente da uno o più impianti di energia rinnovabile.

L'obiettivo principale è l'autoconsumo diffuso, ovvero la condivisione attraverso la rete di distribuzione dell'energia che viene prodotta all'interno della CER, con seguenti benefici economici, sociali e soprattutto ambientali.

Esistono tre principali membri all'interno di una CER:

1. Consumatori passivi (consumer), ovvero i titolari di un punto solo di prelievo;
2. Produttori (producer), ovvero i titolari di un impianto di produzione;
3. Prosumer, ovvero i consumatori che si sono dotati di un impianto di produzione finalizzato all'autoconsumo.

Dalle suddette definizioni, si evince che in una CER prosumer e produttori possono condividere con l'intera comunità l'energia prodotta. Se i membri della CER che si scambiano energia sono ubicati all'interno della stessa area convenzionale sottesa ad una stessa cabina primaria, questa verrà valorizzata in virtù dei minori costi di esercizio della rete elettrica. Ulteriormente, ci saranno degli incentivi in quanto tale energia sarà prodotta da fonti rinnovabili.

Prima di entrare nel dettaglio di quelle che sono le caratteristiche fondamentali di una CER che verranno analizzate dettagliatamente nei seguenti paragrafi, vale la pena menzionare alcuni dei benefici principali derivanti da una CER:

1. Benefici economici: grazie agli autoconsumi virtuali condivisi, i partecipanti di una CER ottengono degli incentivi economici (stabiliti da Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – MASE), a cui si somma il valore di mercato dell'energia immessa in rete, con un ritorno dell'investimento stimato in pochi anni;
2. Benefici sociali: con l'autoproduzione, l'energia viene condivisa tra i membri della stessa CER;
3. Benefici ambientali: riduzione delle emissioni di CO₂ e altri inquinanti sfruttando l'energia prodotta da fonti rinnovabili. Il progressivo passaggio all'energia elettrica dei consumi precedentemente alimentati da altre fonti energetiche garantisce un elevato livello di efficienza ed un utilizzo più sostenibile dell'energia.

Di seguito verranno dettagliati gli aspetti tecnici principali di una CER, cruciali per comprenderne il funzionamento, nonché i benefici derivanti dall'impiego. In particolare, nel Capitolo 2 verrà posta

enfasi sul nuovo paradigma della generazione distribuita, descrivendone i concetti fondamentali e le tecnologie abilitanti. Nel Capitolo 3 verrà effettuata una disamina dei concetti di efficientamento energetico e delle misure atte a ridurre il consumo di energia elettrica e, allo stesso tempo, verranno discusse le metodologie per l'aumento dell'efficienza energetica all'interno di una CER. Il capitolo 4 descriverà il concetto di autoconsumo diffuso e di modello regolatorio virtuale, mostrandone i suoi benefici rispetto ad un convenzionale modello regolatorio fisico. Il Capitolo 5 presenterà i sistemi di accumulo maggiormente utilizzati, fondamentali ai fini della costituzione di una CER. Infine, nel Capitolo 6 verranno tratte le conclusioni del documento.

2) La Generazione Distribuita

All'interno delle emergenti CER, dove i cittadini possono partecipare attivamente alla produzione energetica attraverso l'installazione e la gestione di impianti rinnovabili, la Generazione Distribuita (GD) rappresenta uno degli aspetti fondamentali per adattare l'attuale rete elettrica alle esigenze dettate dalla transizione energetica. Tale tipo di generazione consente di passare da sistemi di distribuzione su larga scala, centralizzati e basati maggiormente su combustibili fossili, alla produzione su piccola scala di energie rinnovabili, permettendo la transizione del sistema elettrico verso un modello più flessibile, sicuro, resiliente e sostenibile

2.1. Concetti fondamentali

La generazione distribuita nelle Comunità Energetiche Rinnovabili abbraccia un approccio decentralizzato alla produzione, distribuzione e consumo di energia, dove la produzione avviene localmente, tramite una serie di generatori distribuiti disseminati nel territorio della comunità. Questi generatori includono impianti fotovoltaici sui tetti degli edifici, turbine eoliche di piccola scala e impianti di cogenerazione. Il concetto chiave è quello di produrre energia direttamente dove viene consumata, riducendo la necessità di trasportare energia attraverso lunghe reti di distribuzione.

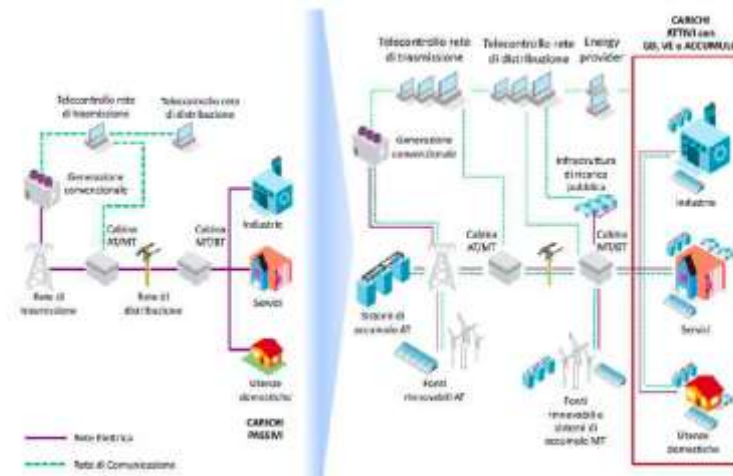


Figura 1: Differenza tra sistema di generazione elettrica centralizzato e distribuito.

La presenza di una rete di comunicazione all'interno delle CER è fondamentale per coordinare e gestire in modo efficiente il flusso energetico tra i diversi generatori distribuiti e le infrastrutture energetiche della comunità. Questa rete, nota come smart grid, consente di monitorare in tempo reale la produzione e il consumo di energia, ottimizzando il flusso energetico e adattando la produzione alle esigenze della comunità.

Grazie alla combinazione di generazione distribuita e smart grid, le CER possono massimizzare l'utilizzo delle risorse energetiche locali, migliorare l'efficienza del sistema energetico e ridurre la

dipendenza dalle fonti energetiche esterne. Inoltre, questa infrastruttura permette di favorire la partecipazione e l'interazione attiva dei membri della comunità nella gestione e nell'utilizzo dell'energia, promuovendo un senso di responsabilità condivisa verso la sostenibilità ambientale e l'autosufficienza energetica.

2.2. Vantaggi e svantaggi

La GD offre numerosi vantaggi sia ai consumatori che ai produttori di energia rispetto al tradizionale sistema centralizzato. I consumatori possono diventare anche produttori di energia ovvero prosumer, utilizzando l'energia prodotta dai loro impianti per soddisfare i propri bisogni energetici e vendendo l'energia in eccesso in rete. In questo modo, diventano parte attiva del sistema energetico, contribuendo alla produzione di energia pulita e riducendo i costi dell'energia elettrica. D'altra parte, i produttori di energia possono utilizzare questo sistema per aumentare la loro produzione di energia pulita, riducendo l'impatto ambientale e contribuendo alla transizione energetica ed ecologica. La GD consente ai produttori di energia di diversificare le loro fonti di reddito, vendendo l'energia in eccesso alla rete elettrica centrale o ad altri consumatori. Volendo riassumere i vantaggi della Generazione Elettrica Distribuita in senso generale, ne possiamo individuare di carattere economico, ambientale e sociale. In primo luogo, la GD permette di ridurre la dipendenza da combustibili fossili e contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas serra. In secondo luogo, offre maggiore sicurezza dell'approvvigionamento energetico, poiché non si basa su una singola fonte di energia. In terzo luogo, può ridurre i costi dell'energia elettrica, dato che la produzione di energia avviene vicino al punto di consumo, evitandole perdite di energia lungo la rete. Le tecnologie per questo tipo di sistema sono in continua evoluzione e stanno diventando sempre più efficienti e accessibili. Inoltre, molti Governi stanno incentivando l'adozione di questo modello attraverso politiche e programmi di finanziamento, poiché rappresenta una soluzione importante per la transizione verso un sistema energetico più sostenibile e resiliente. Possiamo quindi riassumere i numerosi benefit legati alla produzione distribuita di energia elettrica come segue:

- Offrono soluzioni energetiche economicamente vantaggiose grazie alla produzione locale e alla riduzione dei costi di trasmissione e distribuzione;
- Garantiscono sistemi energetici più efficienti;
- Forniscono accesso a energia pulita a strutture rurali e remote;
- Tramite l'utilizzo delle fonti rinnovabili garantiscono una produzione elettrica più sostenibile;
- Aiutano a ridurre la domanda di picco sovrapponendosi agli approvvigionamenti della rete;
- Migliorano la sicurezza energetica;

- Richiedono tempi di sviluppo più brevi per realizzare nuovi progetti;
- Aiutano ad evitare costose opere di aggiornamento/sostituzione dei sistemi di trasmissione e distribuzione;
- Dimostrano una maggiore resilienza contro i disastri naturali, comprese inondazioni e tempeste.

Tuttavia, presentano anche alcuni svantaggi rispetto ai sistemi energetici centralizzati:

- Possono causare problemi di qualità dell'energia in termini di connettività alla rete, specialmente nel caso di sistemi basati su energie rinnovabili;
- Possono influenzare la stabilità della rete;
- Potrebbero richiedere un sistema di stoccaggio dell'energia di backup.

2.3. Classificazione

I sistemi energetici distribuiti possono essere classificati in diversi tipi in base a tre parametri principali: la connessione alla rete, l'applicazione e il carico di alimentazione.

- *Connessione alla rete.* In base alla connessione alla rete, i sistemi energetici distribuiti possono essere suddivisi in due tipologie: i sistemi connessi alla rete (vedi Figura 2.) e i sistemi fuori rete (off-grid) (vedi Figura 3.). I sistemi connessi alla rete possono essere ulteriormente distinti in progetti su larga scala e progetti per rete locale. I sistemi off-grid non sono collegati alla rete principale, dipendono completamente dalle proprie fonti di energia rinnovabile. Tale configurazione è adatta per le aree con scarsa penetrazione della rete, come le comunità remote e rurali. Questo tipo di sistemi, spesso basati su tecnologie fotovoltaiche solari, sono stati fondamentali negli sforzi globali di elettrificazione e possono essere classificati ulteriormente in sistemi con backup di batterie, senza batterie e ibridi.

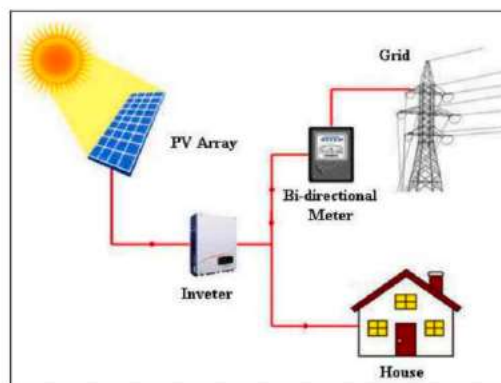


Figura 2: Configurazione GD connesso alla rete.

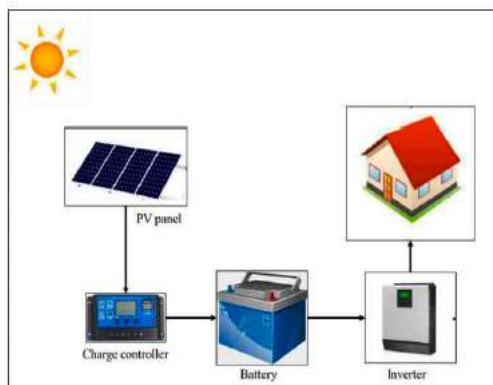


Figura 3: Configurazione GD off-grid.

- Applicazione.* In base alla loro applicazione, i GD possono essere divisi in tre livelli: livello degli edifici di piccola dimensione, livello del distretto e livello urbano[6]. I primi a loro volta vengono ulteriormente suddivisi in base al tipo di edificio e al suo utilizzo. Gli ospedali e le istituzioni educative, ecc., sono considerati edifici pubblici mentre uffici, hotel e centri commerciali sono considerati edifici commerciali. Allo stesso modo, i GD a livello di distretto possono essere suddivisi in: scala del quartiere e scala della comunità [7]. La scala del quartiere può includere quartieri residenziali e a uso misto, mentre il livello della comunità può includere società di abitazione, campus universitari e comunità a uso misto. La distinzione tra scala del quartiere e scala della comunità è oggetto di dibattito, ma si ritiene comunque che rispetto al livello del quartiere, il livello della comunità soddisfi le esigenze di un maggior numero di utenti finali.
- Tipo di carico.* In base alla disponibilità di energia, i DES possono essere categorizzati in due tipi: carico base/garantito e carico intermittente [8]. Il DES a carico garantito può essere affidato per soddisfare completamente la domanda energetica/carico. Può essere utilizzato come fonte di alimentazione di backup in caso di mancanza di elettricità dalla rete e durante le ore di consumo di picco. Il DES a carico intermittente non può essere affidato per soddisfare i requisiti energetici a piacimento. Tipicamente, questi includono sistemi di energia solare e eolica che presentano problemi di intermittenza delle risorse e necessitano di sistemi di stoccaggio come backup per offrire una soluzione affidabile.

2.4. Principi di funzionamento e tecnologie utilizzate

2.4.1. Funzionamento

La GD è un sistema di produzione di energia elettrica decentralizzato che sfrutta le tecnologie delle Smart Grid e delle reti intelligenti per integrare diverse fonti di energia rinnovabile, come impianti fotovoltaici, turbine a vento, generatori a biogas e altre, in un sistema di produzione e distribuzione dell'energia elettrica su scala locale. Il funzionamento di questo sistema è relativamente semplice. Da come si può vedere in Figura 4, l'energia viene prodotta da diverse fonti di energia, come impianti fotovoltaici o eolici di piccole dimensioni. Questa produzione di energia viene utilizzata direttamente dalle famiglie o dalle aziende che la producono. In questo modo viene ridotta la loro dipendenza dalla rete elettrica centrale. Gli impianti di produzione di energia sono collegati a una rete elettrica intelligente o smart grid che, grazie all'uso delle tecnologie digitali, consente di gestire in modo efficiente la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica in modo delocalizzato e bidirezionale.

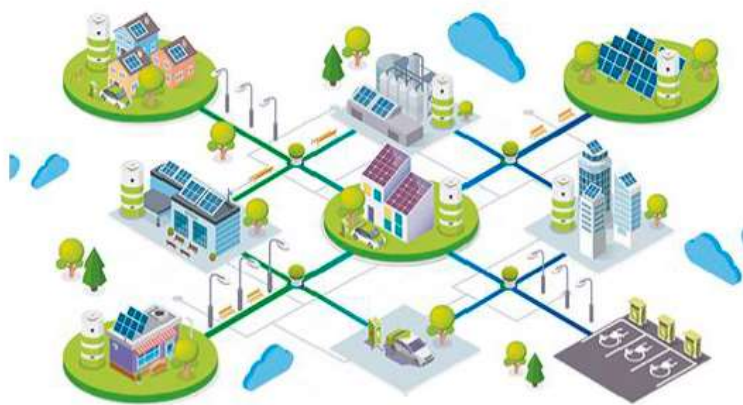


Figura 4: Schematizzazione sistema di generazione distribuito con produzione da fonti rinnovabili.

La GD avviene su due livelli: il livello locale e il livello del punto finale. Le centrali elettriche a livello locale includono spesso tecnologie di energie rinnovabili specifiche del sito, come turbine eoliche, produzione di energia geotermica, sistemi solari (fotovoltaici e a combustione), e alcune centrali idrotermiche. Queste centrali tendono ad essere più piccole e meno centralizzate rispetto ai modelli tradizionali. Sono anche spesso più efficienti dal punto di vista energetico e dei costi e più affidabili. Poiché questi produttori di DG a livello locale tengono spesso conto del contesto locale, producono di solito energia meno dannosa o disturbante per l'ambiente rispetto alle centrali modello più grandi. A livello del punto finale, il singolo consumatore di energia può applicare molte di queste stesse tecnologie con effetti simili. A questo livello, le tecnologie DG possono funzionare come "isole" di produzione di energia elettrica o possono servire come piccoli contribuenti alla rete elettrica. La maggior parte degli studi conferma, tuttavia, che la penetrazione della generazione distribuita fino a un livello del 10-15% del carico massimo può essere facilmente assorbita dalla rete elettrica senza

modifiche strutturali significative. Il livello di penetrazione in molte reti è ancora al di sotto di questo limite, ma questo cambierà.

2.4.2. Generatori distribuiti

Le tecnologie energetiche adottabili nella GD sono molteplici e variano in base ai requisiti specifici del progetto. In base al tipo di risorsa energetica impiegata, le tecnologie impiegate possono essere suddivise in sistemi basati su fonti rinnovabili e sistemi basati su fonti non rinnovabili.

Le tecnologie rinnovabili includono l'energia solare, l'energia eolica, l'energia idroelettrica, l'energia da biomassa, l'energia geotermica e l'energia delle onde e maree. Alcune di queste tecnologie possono essere ulteriormente classificate in diverse tipologie. Ad esempio, le tecnologie solari possono essere suddivise in fotovoltaico solare, energia termica solare, riscaldamento dell'acqua solare, distillazione solare, essiccazione delle colture solare. Allo stesso modo, la biomassa può essere utilizzata per produrre combustibili solidi, combustibili liquidi come il biodiesel e il bioetanolo, e combustibili gassosi. In generale, i principali vantaggi della GD sono dati dal fatto che essa è basata su fonti rinnovabili includendo una riduzione delle emissioni di gas serra e costi di esercizio e manutenzione più bassi [9]. È importante notare che il costo del ciclo di vita di questi sistemi può variare da luogo a luogo a seconda delle condizioni meteorologiche. Ad esempio, la fattibilità dell'energia eolica dipende criticamente dalla velocità del vento, che può variare significativamente a seconda delle condizioni climatiche locali, dei modelli di vento predominanti e della topografia. Inoltre, i sistemi basati su energie rinnovabili sono intrinsecamente intermittenti e necessitano di un sistema di stoccaggio per soluzioni affidabili.

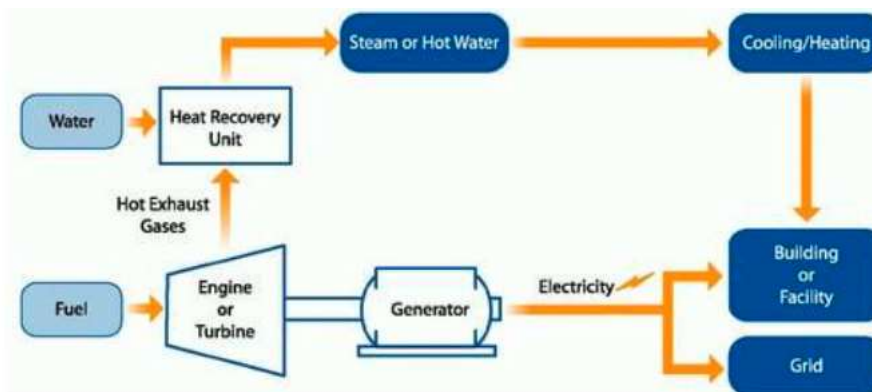


Figura 5: Schema di Cogenerazione costituito da un motore/turbina a gas con unità di recupero del calore.

Le tecnologie dei GD basati su fonti non rinnovabili sono anch'esse disponibili in una vasta gamma e possono includere motori a combustione interna (IC), cogenerazione, raffreddamento, riscaldamento e cogenerazione (CCHP), turbine a gas, microturbine, motore ad aria calda di Stirling

(motore Stirling) e celle a combustibile. Queste tecnologie possono utilizzare diversi tipi di combustibili fossili. I motori Stirling possono essere utilizzati anche su alcune fonti rinnovabili come l'energia termica solare. I sistemi CHP e CCHP di solito sono composti da un motore primario, un'unità di recupero del calore e un'unità azionata termicamente come un chiller ad assorbimento. I sistemi CHP/CCHP possono anche includere turbine a vapore, scambiatori di calore e dispositivi di accumulo energetico. Le Figure 5-6 mostrano schemi tipici di unità CHP basate su motori a combustione interna/turbine a gas e turbine a vapore rispettivamente (vedi <https://www.epa.gov/chp/what-chp>).

Sono stati condotti numerosi studi sull'integrazione di risorse rinnovabili con CHP/CCHP. [10] hanno valutato le prestazioni tecniche della combinazione di energia solare fotovoltaica con un micro-CHP a motore Stirling e hanno riportato una riduzione di oltre 36 tonnellate di emissioni di CO₂ utilizzando questo GD ibrido. [11] hanno condotto analisi tecniche e di sensibilità di GD ibridi autonomi PV e biomass-CHP per una comunità isolata. Questo sistema era composto da PV, generatore diesel e biomass-CHP con sistemi di accumulo di energia termica e batterie. Il costo livellato dell'energia è stato determinato essere di 0,355 \$/kWh.

[12] hanno accoppiato un sistema micro-CHP basato su celle a combustibile a scambio protonico con batteria al litio (Li)-ion, riportando un'efficienza dell'81,2%. La Fig. 7 rappresenta lo schema di CCHP assistita da un'aliquota di energia proveniente da pannelli solari.

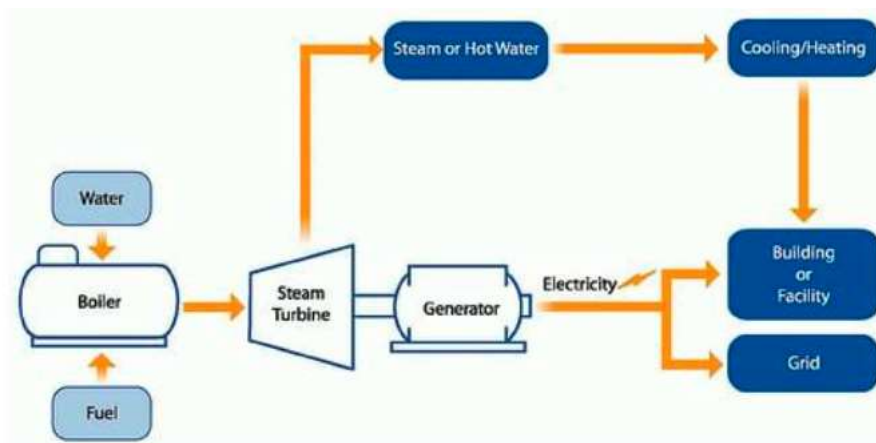


Figura 6: Schema di CHP che consiste di turbina a vapore con unità di recupero del calore.

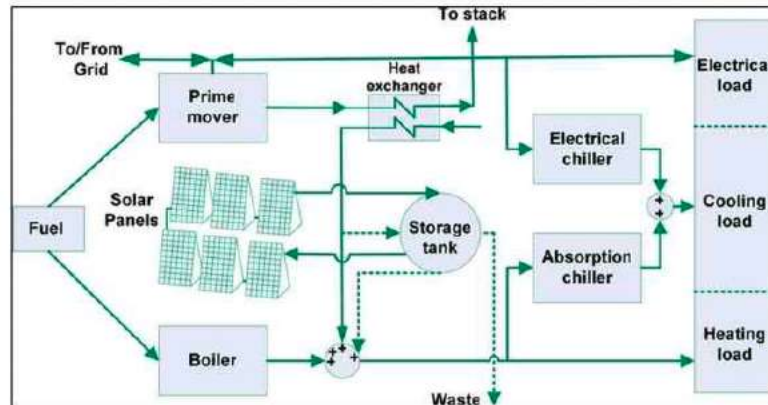


Figura 7: Schema di un sistema CCHP assistito da pannelli solari.

2.4.3. Sistemi di stoccaggio

Al fine di garantire una fornitura continua e di alta qualità in risposta a variazioni dinamiche della domanda energetica, l'utilizzo di sistemi di stoccaggio si conferma come una delle opzioni più promettenti per i sistemi a GD.

La base di un sistema energetico risiede nella capacità di generare energia sufficiente per soddisfare la domanda a prezzi accessibili e garantire elettricità pulita, sicura e affidabile. Pertanto, lo stoccaggio dell'energia elettrica è sempre stato una sfida, poiché le varie tecnologie di generazione energetica sono soggette a forniture non lineari basate su fattori come la stagione (idroelettricità e vento) e l'intermittenza (solare), senza considerare le variazioni di carico. Le tecnologie di stoccaggio dell'energia coprono un'ampia gamma di applicazioni nel sistema di alimentazione elettrica. Queste applicazioni richiedono scariche di energia che vanno da frazioni di secondo nelle applicazioni ad alta potenza a ore nelle applicazioni ad alta energia. Attualmente esistono varie tecnologie per l'applicazione dei sistemi di stoccaggio all'interno della rete. In [13] viene riportato un confronto tra diverse tecnologie, come super condensatori, batterie a flusso (ZnBr, VRB and PSB), batterie al sodio-zolfo (NaS), batterie al litio-ione (Li-ion), batterie al nichel-cadmio (Ni-Cd), batterie al piombo-acido, batterie metallo-aria, pompaggi idroelettrici, accumulo di aria compressa e volani. I dettagli relative alle varie tecnologie per i sistemi di accumulo saranno ampiamente discusse nella Sezione 5 del suddetto documento.

La tecnologia più promettente per lo stoccaggio energetico industriale e di rete attualmente è lo stoccaggio elettrochimico tramite batteria. Le batterie agli ioni di litio, disponibili da oltre dieci anni, offrono una vasta gamma di opzioni di accumulo di energia, che variano da pochi kW a centinaia di MW e possono fornire energia per pochi minuti o molte ore di fornitura continua. I sistemi di batterie agli ioni di litio sono costituiti da diversi elementi:

- Celle batteriche assemblate in moduli.
- Rack di alloggiamento che connettono i moduli per ottenere la corrente continua desiderata.
- Un sistema di batterie containerizzato composto da più rack di alloggiamento collegati in parallelo.
- Un sistema di conversione di potenza per convertire la corrente continua generata dalla batteria in corrente alternata alla tensione di rete.
- Un sistema di controllo personalizzabile, che può variare da un livello di base per controllare parametri come temperatura e tensione, fino a soluzioni più complesse che offrono un controllo più intelligente per ottimizzare l'aspetto economico della gestione dello stoccaggio energetico.

2.5. Digitalizzazione del sistema energetico

La digitalizzazione del sistema energetico è un elemento che caratterizza in modo sensibile l'evoluzione del modo di produrre, distribuire, stoccare e gestire energia, fondamentale per favorire la diffusione della generazione distribuita. Man mano che la trasformazione digitale progredisce, le imprese stanno sempre più concentrando la loro attenzione sulla ristrutturazione operativa, adottando nuovi approcci per gestire ed ottimizzare il consumo di energia. Questo processo è guidato dalle stesse tecnologie digitali e da analisi approfondite. In questo senso, la digitalizzazione del sistema energetico costituisce un obiettivo di primaria importanza a livello politico, in stretta connessione con Green Deal europeo (<https://modofluido.hydac.it/green-deal-industrial-plan>) e con il piano strategico per il decennio digitale 2030, rappresentando così una doppia transizione. La trasformazione digitale del sistema energetico rappresenta un fattore significativo che modifica profondamente il processo di produzione, distribuzione, accumulo e gestione dell'energia.

Come sostiene l'International Agency Association, "Le tecnologie digitali e i dati hanno un enorme potenziale per accelerare le transizioni di energia pulita nel settore energetico" (<https://www.iea.org/energy-system/decarbonisation-enablers>).

La digitalizzazione si riferisce all'incorporazione delle tecnologie digitali in vari aspetti della società e dell'economia. Nel contesto energetico, questa rivoluzione digitale è visibile in diversi modi:

- Rete Intelligente (Smart Grid): le reti elettriche tradizionali stanno evolvendo in reti intelligenti che utilizzano sensori, dispositivi di controllo e analisi dati per ottimizzare la distribuzione dell'energia. Smart Grid per una rete più flessibile e decentrata: queste reti permettono una migliore gestione della domanda e dell'offerta, riducendo gli sprechi e

migliorando l'efficienza complessiva. Le proiezioni suggeriscono che circa il 17% degli investimenti nelle reti sarà orientato verso le innovazioni riguardanti la trasmissione (TSO, Transmission System Operator) e soprattutto la distribuzione (DSO, Distribution System Operator) delle fonti rinnovabili.

- **Monitoraggio e analisi dei dati:** realizzare la digitalizzazione del sistema energetico implica l'ottimale utilizzo dei dati disponibili. La digitalizzazione permette la raccolta e l'analisi dettagliata dei dati relativi alla produzione, distribuzione e consumo di energia. Queste informazioni sono essenziali per ottimizzare i processi e identificare aree di miglioramento.
- **Energia distribuita:** la produzione decentralizzata di energia da fonti rinnovabili, come pannelli solari e turbine eoliche, è resa possibile dalla digitalizzazione. Le tecnologie digitali consentono la gestione intelligente di queste risorse distribuite.

La Commissione europea ha sottolineato le potenzialità delle tecnologie digitali, tra cui dispositivi offerti dall'Internet of Things (IoT) e contatori intelligenti, reti di connettività 5G e 6G. L'utilizzo di tali tecnologie infatti tenderà ad aumentare nel prossimo futuro, infatti in <https://www.lumi4innovation.it/digitalizzazione-sistema-energetico/> si attesta che “ *Il numero di dispositivi IoT attivi nel mondo si prevede supererà i 25,4 miliardi nel 2030, mentre il 51% di tutte le famiglie e le Pmi in Unione Europea dispone di contatori elettrici intelligenti*”.

Investire in queste tecnologie apre la strada a un "spazio dati energetico paneuropeo", supportato da server di cloud-edge computing e modelli digitali del sistema energetico, agevolando così la transizione verso un'energia pulita e portando benefici alla vita quotidiana.

La trasformazione digitale del sistema energetico richiede soluzioni digitali aperte e interconnesse, insieme alla garanzia di sovranità dei dati, come elementi fondamentali:

- *Monitoraggio e controllo preciso:* la digitalizzazione consente un monitoraggio più accurato delle fonti rinnovabili e dei consumi energetici. Questi dati guidano decisioni informate per ottimizzare la produzione e l'uso dell'energia.
- *Gestione della domanda:* i sistemi di gestione della domanda supportati dalla digitalizzazione consentono di spostare il consumo energetico verso momenti di disponibilità più elevata di energia rinnovabile, riducendo così la dipendenza dalle fonti fossili.
- *Efficienza energetica:* le tecnologie digitali aiutano a individuare inefficienze nei processi energetici e a implementare soluzioni mirate per ridurre gli sprechi.

- *Innovazione tecnologica*: la digitalizzazione stimola l'innovazione nel settore energetico, favorendo lo sviluppo di nuove tecnologie e soluzioni più efficienti e sostenibili.

Nonostante i benefici, operare in questa direzione implica far fronte a diverse sfide. Queste includono preoccupazioni sulla sicurezza informatica, sulla privacy dei dati, sulla gestione degli scarti elettronici e sulla questione dell'accesso equo alle tecnologie in un contesto globale.

In conclusione, l'integrazione di tecnologie digitali nell'infrastruttura energetica contribuisce non solo alla riduzione dell'impatto ambientale, ma anche a una maggiore efficienza, resilienza e innovazione nel settore energetico globale. Tuttavia, è importante affrontare le sfide in modo responsabile, garantendo un equilibrio tra progresso tecnologico, sostenibilità ambientale e giustizia sociale.

2.5.1. *L'importanza delle Smart Grids*

Con l'inesorabile aumento delle energie rinnovabili, la flessibilità sta diventando sempre più rilevante nel mix energetico. Inoltre, poiché le fonti rinnovabili per loro stessa natura sono fortemente dipendenti dalle condizioni meteo e stagionali, la generazione distribuita è caratterizzata da un certo margine di imprevedibilità. Sono utilizzati criteri di valutazione che consentono di stimare la produzione attesa per il giorno successivo, che comunque rimane in parte subordinata alla non completa prevedibilità delle condizioni meteorologiche. Tale fenomeno fa emergere sempre di più la necessità ed opportunità di gestire la rete elettrica con logiche diverse da quelle usate in passato, ossia in termini di Smart Grid, la cui schematizzazione viene riportata in Figura 8, in modo da mettere in comunicazione impianti di produzione e carichi per far sì che l'energia venga prodotta nel momento in cui viene richiesta. In tale processo viene quindi introdotto il concetto di gestione smart della rete intesa nel suo complesso di carichi, impianti di produzione e topologia della connessione.

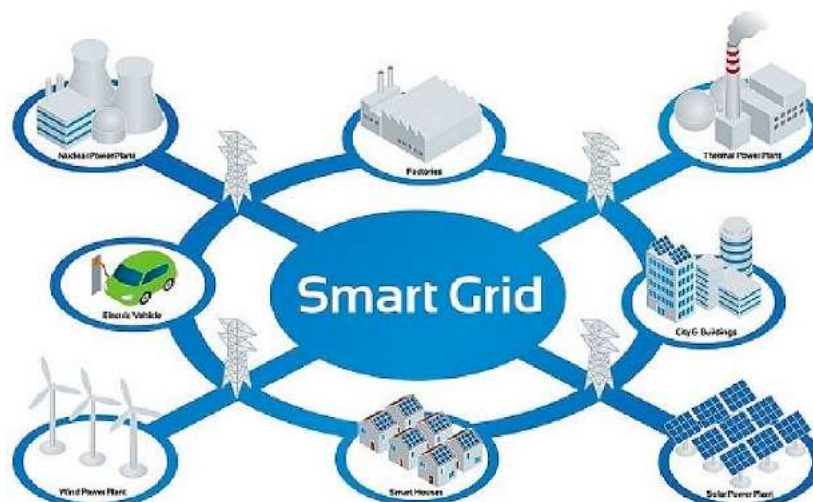


Figura 8: Schematizzazione di una Smart Grid.

quanto considerate uno strumento importante per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dalla UE. Il cosiddetto decreto CER, approvato dall'Unione Europea nel novembre 2023, nasce per incentivare l'espansione delle comunità energetiche rinnovabili (CER) su tutto il territorio nazionale grazie anche a una importante dotazione finanziaria: 5,7 miliardi di euro, parte dei quali dai fondi del PNRR, che serviranno a finanziare diverse misure.

2.6. Politiche ed incentivi per la generazione distribuita

Il progresso dei sistemi energetici decentralizzati è stato fortemente incentivato dall'introduzione di politiche favorevoli, oltre che dall'avanzamento della tecnologia e dall'economia di scala. Un efficace supporto politico non solo ha portato allo sviluppo delle tecnologie dei GD, ma anche all'implementazione di progetti in tutto il mondo. L'implementazione dei GD, in particolare quelli basati su energie rinnovabili, è anche correlata alle politiche a basso tenore di carbonio e di cambiamento climatico. Le politiche pertinenti riguardano aree come la riduzione della quota di combustibili fossili, in particolare il carbone, la riduzione delle emissioni di gas serra, l'incorporazione delle energie rinnovabili e lo sviluppo di programmi di pricing del carbonio e di scambi di emissioni. Negli ultimi dieci anni, lo sviluppo delle politiche rinnovabili ha visto una crescita notevole. Un gran numero di paesi si è già impegnato a utilizzare tecnologie rinnovabili e sostenibili e il numero è in continua crescita ogni anno. Facendo riferimento al "*PIANO NAZIONALE INTEGRATO PER L'ENERGIA E IL CLIMA - giugno 2023*" ([PNIEC 2023 \(Piano Nazionale Integrato Energia Clima\) - BibLus](#)), gli obiettivi e i traguardi nazionali riguardano nello specifico:

- *Dimensione della decarbonizzazione:* in particolare il Regolamento (UE) 2018/842 ([Regolamento - 2018/842 - EN - EUR-Lex](#)) che richiede riduzioni annuali vincolanti delle emissioni di gas serra per gli Stati membri nel periodo 2021-2030. L'Italia si impegna a ridurre le sue emissioni nazionali del 33% rispetto al 2005, obiettivo che è stato recentemente aumentato al -43,7% con il Regolamento (UE) 2023/85724 ([Regolamento - 2023/857 - EN - EUR-Lex](#)), rendendo la sfida ancora più impegnativa. I settori interessati includono trasporti, residenziale, terziario, industria non ricadente nel settore ETS (Sistema di scambio di quote di emissione dell'UE), rifiuti, agricoltura e settore LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry). Le politiche e le misure nazionali devono affiancare il meccanismo di cap and trade previsto dalla direttiva ETS. Inoltre, vengono discusse le misure specifiche relative alla decarbonizzazione dei trasporti e all'efficienza energetica nel residenziale, terziario e nell'industria non ricadente nel settore ETS. Le politiche e le misure per l'economia circolare, i rifiuti, l'agricoltura, il settore LULUCF e i gas fluorurati sono delineate per raggiungere gli

obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra entro il 2030. Viene anche menzionata la riduzione delle emissioni di metano grazie agli interventi nei settori dei rifiuti, dell'agricoltura, della zootecnia e del settore energetico.

- *Dimensione dell'efficienza energetica*: testo descrive le politiche, le misure e i programmi previsti dall'Italia per raggiungere gli obiettivi nazionali di efficienza energetica al 2030, conformemente alla direttiva 2012/27/UE ([Direttiva - 2012/27 - EN - EUR-Lex](#)). L'Italia si avvale di regimi obbligatori di efficienza energetica basati sui Certificati Bianchi e di misure alternative per garantire il risparmio energetico richiesto. Si prevede un miglioramento dei regimi di sostegno attuali, con una maggiore specializzazione degli strumenti per settori e interventi, al fine di massimizzare i risparmi e semplificare l'accesso alle risorse. Il piano nazionale integra una serie di politiche e misure per migliorare l'efficienza energetica, tra cui lo schema d'obbligo dei Certificati Bianchi, detrazioni fiscali per interventi energetici, il Conto Termico, il Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica, i piani di transizione industriale, la riqualificazione energetica degli edifici pubblici, programmi di informazione e formazione, il Fondo Kyoto, misure del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, politiche di coesione, obiettivi di risparmio energetico per la pubblica amministrazione, requisiti minimi di prestazione energetica ed un pacchetto di misure per la mobilità sostenibile. Queste misure, già in atto o in fase di avvio, saranno descritte sinteticamente nei paragrafi successivi, inclusa una stima dei risparmi attesi per raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico al 2030. Inoltre, sono previsti monitoraggi e rendicontazioni delle misure di promozione dell'efficienza energetica, in particolare nel settore dei trasporti. Si fa riferimento anche alla relazione allegata al Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima del 2020 per ulteriori dettagli sulle singole misure e sulle modalità di attuazione.
- *Dimensione della sicurezza energetica*: il piano prevede interventi per garantire la sicurezza e l'adeguatezza del sistema elettrico, del gas e dei prodotti petroliferi. Nel settore del gas, si mira alla diversificazione delle fonti di approvvigionamento attraverso il GNL e al potenziamento delle infrastrutture di rigassificazione e trasporto. Si prevedono anche miglioramenti nell'infrastruttura di trasporto del gas per garantire flessibilità e resilienza al sistema. Per l'industria petrolifera, si pianificano la riconversione delle raffinerie in bioraffinerie e la produzione di biocarburanti avanzati, oltre al sostegno alla ricerca e all'industrializzazione di processi per combustibili sintetici e idrogeno. Nel settore elettrico, si propone l'aggiornamento del Piano per la Sicurezza del Sistema Elettrico e l'aumento della resilienza del sistema elettrico attraverso misure passive e attive. Questo piano mira a

garantire l'adeguatezza e la sicurezza degli approvvigionamenti energetici nazionali, mantenendo l'industria petrolifera sostenibile e all'avanguardia tecnologica.

- *Dimensione del mercato interno e dell'energia*: Il piano si concentra sul potenziamento delle interconnessioni nel settore dell'energia elettrica, del gas e petrolifero. Nel settore elettrico, si mira a sviluppare la capacità di interconnessione con Paesi confinanti, sia a nord che a sud-est, considerando anche l'interconnessione con il Nord Africa. Progetti come il cavo Italia-Tunisia (ELMED) sono considerati strategici per ottimizzare l'uso delle risorse energetiche. Il finanziamento dei progetti di interconnessione avviene tramite fondi europei, come il programma "Connecting Europe Facility". Nel settore del gas, si pianifica il potenziamento delle interconnessioni esistenti, soprattutto considerando la crisi legata alla dipendenza dalle forniture russe. Si prevede l'incremento delle importazioni dal Nord Africa e dall'Azerbaijan, la costruzione di nuovi rigassificatori di GNL e il potenziamento delle capacità di esportazione verso l'Austria, il Nord Europa e Malta. Nel settore petrolifero, l'oleodotto transalpino TAL rappresenta un'infrastruttura strategica per il trasporto di petrolio grezzo attraverso le Alpi.
- *Dimensione della ricerca, dell'innovazione e della competitività*: Il panorama energetico futuro richiede un approccio completo e interdisciplinare alla Ricerca e Sviluppo (R&S), focalizzato sulle tecnologie chiave per la decarbonizzazione e la competitività. Nel breve termine (2024), le politiche si concentrano sulla promozione di tecnologie prioritarie per la decarbonizzazione e la competitività, come i progetti integrati nel settore elettrico, le iniziative legate all'idrogeno coinvolgendo le imprese, la cybersecurity e la realizzazione della Hydrogen Demo Valley presso il Centro Ricerche di ENEA della Casaccia. Nel medio periodo (2025-2030), oltre al consolidamento delle tecnologie promettenti avviate precedentemente, si prevede di includere nel programma di R&S anche gli ambiti tecnologici prioritari delineati. Sarà data maggiore attenzione al trasferimento delle nuove tecnologie nell'economia nazionale, coinvolgendo nuovi attori emergenti nel settore energetico, come i living lab e le start-up.

3) Consumi Energetici, misure di risparmio ed efficientamento

3.1. Consumi energetici e misure di risparmio

I consumi energetici rappresentano il livello di utilizzo di energia da parte di un individuo, di una comunità o di un'intera nazione per soddisfare le proprie esigenze energetiche. Queste esigenze possono includere l'illuminazione degli ambienti, il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici, la produzione industriale, il trasporto e molti altri settori. I consumi energetici sono strettamente correlati allo sviluppo economico e al tenore di vita, poiché una maggiore disponibilità di energia spesso si traduce in una maggiore produttività e comfort.

Tuttavia, l'elevato consumo di energia comporta diverse problematiche, tra cui l'emissione di gas serra e altri inquinanti atmosferici, la dipendenza da fonti di energia non rinnovabile e l'instabilità economica dovuta alla volatilità dei prezzi delle materie prime energetiche. Di conseguenza, è essenziale adottare misure di risparmio energetico per mitigare questi problemi e promuovere uno sviluppo sostenibile. Tali misure di risparmio possono essere suddivise in diverse categorie:

- *Efficienza energetica degli edifici*: Gli edifici rappresentano una quota significativa dei consumi energetici globali. Migliorare l'efficienza energetica degli edifici attraverso l'isolamento termico, l'installazione di finestre a doppio vetro, l'utilizzo di materiali da costruzione ad alta efficienza energetica e l'adozione di sistemi di riscaldamento e raffreddamento avanzati può ridurre notevolmente il consumo energetico necessario per mantenere il comfort all'interno degli ambienti.
- *Efficienza energetica degli elettrodomestici*: Gli elettrodomestici domestici, come lavatrici, frigoriferi, lavastoviglie e condizionatori d'aria, rappresentano una parte significativa del consumo energetico di un'abitazione. Scegliere elettrodomestici con classificazioni energetiche elevate e utilizzare programmi a basso consumo energetico può ridurre in modo significativo il consumo energetico domestico.
- *Mobilità sostenibile*: Il settore dei trasporti è responsabile di una grande quantità di emissioni di gas serra e di consumo di combustibili fossili. Promuovere la mobilità sostenibile attraverso l'uso di mezzi pubblici, biciclette, veicoli elettrici e car pooling può ridurre notevolmente il consumo di carburante e le emissioni di gas serra,
- *Efficienza energetica industriale*: Le industrie sono tra i maggiori consumatori di energia. Adottare pratiche di gestione energetica efficienti, utilizzare tecnologie e processi industriali più efficienti dal punto di vista energetico e ottimizzare l'uso delle risorse possono ridurre notevolmente il consumo energetico nel settore industriale.

- Consapevolezza e cambiamento comportamentale: Sensibilizzare le persone sull'importanza del risparmio energetico e incoraggiare comportamenti come lo spegnimento delle luci quando non sono necessarie, la riduzione dell'uso dei dispositivi in standby e il corretto utilizzo degli elettrodomestici può portare a significativi risparmi energetici.
- Utilizzo delle energie rinnovabili: L'adozione di fonti di energia rinnovabile come il solare, l'eolico, l'idroelettrico e la biomassa può ridurre la dipendenza dalle fonti di energia non rinnovabile e contribuire a una maggiore sostenibilità energetica.

Queste misure di risparmio energetico possono essere implementate a livello individuale, comunitario, aziendale e governativo. Tuttavia, per massimizzare l'impatto del risparmio energetico, è fondamentale adottare un approccio integrato che coinvolga politiche pubbliche, incentivi economici, innovazioni tecnologiche e cambiamenti comportamentali. Solo attraverso un impegno collettivo e coordinato possiamo affrontare efficacemente le sfide legate ai consumi energetici e promuovere uno sviluppo sostenibile e responsabile.

3.2. Tecnologie e metodologie utilizzate

Un esempio di misura di risparmio energetico è rappresentato dalla sostituzione delle lampadine a incandescenza con lampade fluorescenti o a LED. Queste nuove tecnologie permettono di ottenere una maggiore efficienza energetica, poiché emettono una quantità di energia radiante superiore rispetto alle lampadine tradizionali, consumando la stessa quantità di energia. Ad esempio, le lampade a LED hanno un consumo energetico pari solo al 20% rispetto alle lampadine a incandescenza, pur mantenendo lo stesso livello di luminosità.

Oltre al cambiamento delle lampadine, un'altra misura importante riguarda la sostituzione delle sorgenti fluorescenti obsolete con sorgenti fluorescenti ad alta efficienza. Questo comporta, ad esempio, la sostituzione dei tubi T8 con tubi T5 più efficienti, che possono offrire un risparmio energetico fino al 50% grazie alla maggiore efficienza della nuova tecnologia e all'utilizzo di adattatori che consentono il "retrofit" senza modificare il cablaggio esistente.

Nel settore del riscaldamento degli edifici, per ridurre i consumi energetici si adottano diverse strategie, come l'utilizzo di valvole termostatiche, di cronotermostati e la sostituzione delle caldaie tradizionali con caldaie a condensazione. Inoltre, si migliorano gli infissi obsoleti e si incrementa l'isolamento termico delle pareti, riducendo così le dispersioni di calore e migliorando l'efficienza energetica complessiva degli edifici ([Detrazioni fiscali - ENEA - Dipartimento Unità per l'efficienza energetica](#)).

Un altro ambito in cui si può ottenere un significativo risparmio energetico è nella produzione di energia elettrica. Si possono utilizzare sistemi di cogenerazione per aumentare l'efficienza dei processi produttivi, ottenendo contemporaneamente energia elettrica e calore. In alternativa, si possono sfruttare in "cascata" gli stessi flussi energetici per diverse utenze, o implementare forme di recupero energetico a circuito chiuso.

Inoltre, si possono sfruttare fonti di energia rinnovabile, come i pannelli solari, per produrre energia elettrica in modo sostenibile. Ad esempio, nei Paesi Bassi vengono utilizzati pavimenti sensibili alla pressione nelle stazioni della metropolitana più frequentate, che trasformano il movimento delle persone e delle automobili in energia elettrica.

Tuttavia, è importante considerare gli effetti di queste politiche in relazione al Paradosso di Jevons [14], che mette in luce come un aumento dell'efficienza energetica possa portare a un aumento complessivo dei consumi energetici a causa dell'incremento dell'uso dell'energia resa più economica. Infine, per evitare lo spreco di energia nella produzione di calore, si possono adottare alcune misure, come l'utilizzo di condizionatori e pompe di calore con scambiatori di calore ad acqua ad alta efficienza, l'impiego di gruppi di assorbimento che funzionano ad acqua calda anziché compressori elettrici, e la promozione di elettrodomestici come lavatrici con doppio ingresso per acqua calda e fredda.

Inoltre, l'implementazione di reti di sensori wireless può consentire un monitoraggio più efficiente dell'uso dell'energia e l'ottimizzazione dei consumi. Queste misure, se adottate congiuntamente, possono contribuire in modo significativo al risparmio energetico complessivo e alla promozione di un uso più sostenibile dell'energia.

3.3. Efficientamento energetico

3.3.1. *La differenza tra efficientamento energetico e risparmio energetico*

I concetti di efficientamento energetico e risparmio energetico delineano due categorie di interventi distinti, entrambi rivolti a migliorare significativamente l'efficienza energetica, l'aspetto economico e la gestione dei consumi all'interno dei fabbricati.

Le azioni di ottimizzazione energetica sono applicabili a tutte le tipologie di edifici e possono essere implementate sia da soggetti privati che pubblici senza distinzione.

Nel contesto dei fabbricati, la valutazione dei fattori di produzione e consumo energetico, nota come diagnosi energetica, è fondamentale per identificare gli interventi più efficaci nel migliorare l'utilizzo dell'edificio. Questa diagnosi considera il sistema integrato tra l'involucro edilizio e gli impianti tecnologici, come riscaldamento, condizionamento, illuminazione e ventilazione.

La distinzione concettuale tra efficientamento energetico e risparmio energetico è stabilita a livello normativo attraverso la direttiva europea 2012/27/CE. Secondo questa direttiva, il risparmio energetico è definito come la quantità di energia risparmiata, determinata tramite una misurazione o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di misure volte al miglioramento dell'efficienza energetica, garantendo al contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influenzano il consumo energetico. Invece, l'efficienza energetica è definita come il rapporto tra un risultato in termini di rendimento, servizi, merci o energia e l'input di energia. L'efficientamento energetico consiste quindi nel miglioramento del valore dell'efficienza energetica.

In termini pratici, il risparmio energetico si traduce in un insieme di interventi che consentono di ridurre i consumi di energia necessari per le diverse attività. Questi obiettivi possono essere raggiunti tramite modifiche tecniche agli impianti e alle strutture, mirate a limitare gli sprechi, così come attraverso l'ottimizzazione dell'uso delle fonti di energia. Va notato che il risparmio energetico non necessariamente si traduce in una migliore efficienza energetica, ma piuttosto in una riduzione del fabbisogno, promuovendo stili di vita e modelli di consumo responsabili. L'obiettivo principale del risparmio energetico è dunque quello di consumare meno.

L'efficienza energetica di un sistema, d'altra parte, indica la sua capacità di ottimizzare l'utilizzo dell'energia per soddisfare un determinato fabbisogno. Una maggiore efficienza consente di ottenere lo stesso risultato con un minore consumo di energia. L'obiettivo dell'efficienza energetica è quindi quello di utilizzare l'energia nel modo più efficace possibile, al fine di aumentare il comfort termico e il benessere abitativo. L'efficienza energetica comporta sempre un risparmio energetico, sia in termini economici (riducendo le bollette energetiche) sia in termini ambientali (riducendo l'inquinamento). A differenza del risparmio energetico, l'efficienza energetica è misurabile e può essere espressa tramite un numero percentuale o, più comunemente, tramite la valutazione della classe energetica di un edificio. Attraverso la classificazione energetica è possibile valutare come gli edifici sono stati progettati in termini di isolamento, coibentazione e impianti tecnologici, e identificare gli interventi necessari per migliorare l'efficienza energetica degli edifici.

Tra le azioni di efficientamento energetico più comuni troviamo:

- Miglioramento termico dell'edificio, ad esempio attraverso l'installazione di isolamento o la sostituzione di pavimenti e infissi per sfruttare meglio l'energia naturale e ridurre la necessità di energia artificiale.
- Adozione di comportamenti "virtuosi" come ridurre il tempo di utilizzo degli impianti termici e di illuminazione, utilizzare in modo razionale gli elettrodomestici, e regolare correttamente la temperatura degli apparecchi di riscaldamento e condizionamento.

- Installazione di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili come pannelli solari.
- Sostituzione di apparecchiature obsolete con dispositivi ad alta efficienza energetica.

Inoltre, è importante sottolineare che i concetti di risparmio ed efficienza energetica, sebbene distinti, sono strettamente correlati poiché entrambi conducono a una riduzione complessiva dei consumi energetici e dell'impatto ambientale. Tuttavia, mentre il risparmio energetico si concentra sulla riduzione della quantità di energia consumata, l'efficienza energetica mira a utilizzare l'energia in modo più efficiente e razionale, portando benefici non solo in termini di riduzione dei consumi, ma anche di qualità delle risorse impiegate.

Infine, l'adozione di fonti energetiche rinnovabili, come l'energia solare, può contribuire a promuovere un approccio sostenibile e responsabile verso l'energia, riducendo gli sprechi e aumentando l'autonomia energetica.

3.3.2. Gli interventi di efficientamento energetico

L'efficienza energetica, rappresentata dal rapporto tra consumi energetici e prestazioni ottenute, può essere quantificata mediante percentuali o classi che identificano i livelli di efficienza energetica per un'attività produttiva o un'abitazione. Per massimizzare l'efficienza energetica è necessario intervenire in modo da ridurre il consumo di energia senza compromettere le prestazioni.

L'efficientamento energetico offre anche l'opportunità di beneficiare di agevolazioni fiscali, come detrazioni IRPEF o IRES, per determinati interventi. In particolare, le detrazioni sono disponibili per:

- Migliorare le prestazioni energetiche tramite l'installazione di coibentazioni, pavimentazioni e infissi specifici.
- Acquistare e installare nuovi pannelli solari fotovoltaici.
- Sostituire vecchi sistemi di climatizzazione con modelli più efficienti.
- Inoltre, le detrazioni fiscali sono previste anche per l'acquisto e l'installazione di:
- Impianti fotovoltaici, inclusi i pannelli solari fotovoltaici.
- Impianti di climatizzazione invernale alimentati da biomasse combustibili.
- Sistemi di domotica e dispositivi di controllo remoto per il riscaldamento degli ambienti.
- Micro-cogeneratori per sostituire impianti esistenti.
- Generatori d'aria calda a condensazione.
- Sistemi ibridi di climatizzazione invernale composti da pompe di calore integrate con caldaie a condensazione.

Le agevolazioni fiscali per l'efficientamento energetico degli edifici sono applicabili a strutture che risultino già esistenti al momento dell'inizio dei lavori, ossia dichiarate al catasto o in fase di richiesta di accatastamento. La tipologia dell'abitazione non è determinante: può trattarsi di edifici di qualsiasi categoria catastale, inclusi quelli rurali o strumentali per attività aziendali o professionali.

3.3.3. La classe di efficienza energetica

Come accennato precedentemente, la classe di efficienza energetica rappresenta il livello di efficienza energetica di un prodotto, come un elettrodomestico o un veicolo, e indica la quantità di energia che il prodotto consuma per svolgere la sua funzione principale. Queste classi sono indicate tramite una scala di lettere, che va dalla A (indicante la maggiore efficienza energetica) alla G (indicante la minore efficienza energetica), come viene riportato in Figura 10.

Riconoscere la classe di efficienza energetica è di fondamentale importanza poiché i prodotti a basso consumo energetico non solo possono contribuire a ridurre le bollette energetiche degli utenti, ma anche a limitare l'impatto ambientale causato dal consumo eccessivo di energia. Recentemente, sono state introdotte nuove normative che richiedono ai produttori di assegnare una classe di efficienza energetica a ciascun prodotto, in modo che i consumatori possano prendere decisioni informate e scegliere di acquistare prodotti più efficienti dal punto di vista energetico. Questo aiuta a promuovere una maggiore consapevolezza sull'importanza del risparmio energetico e a incentivare il mercato verso soluzioni più sostenibili "Direttiva Case Green e serramenti in PVC Veka - Guidafinestra." 12 Mar. 2024, <https://www.guidafinestra.it/direttiva-case-green-e-serramenti-in-pvc-veka/>.

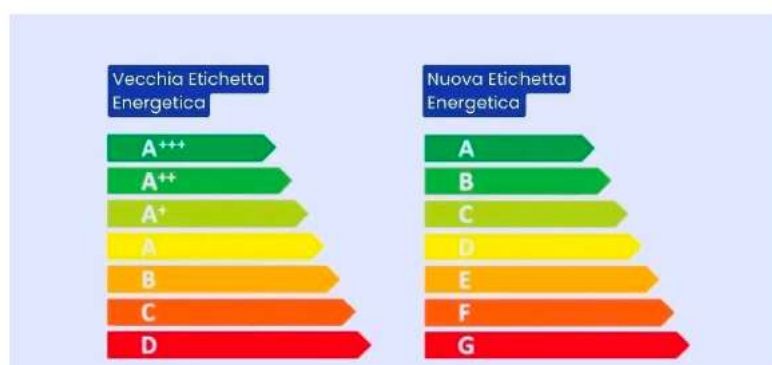


Figura 10: Etichetta classi energetiche.

3.4. Efficientamento energetico e riduzione dei consumi nelle CER

Nelle CER, l'efficientamento energetico e la riduzione dei consumi rappresentano due obiettivi primari e interconnessi, fondamentali per promuovere uno sviluppo energetico sostenibile e ridurre l'impatto ambientale. Questi concetti vanno oltre la semplice implementazione di misure tecniche e coinvolgono un approccio integrato che contempla aspetti sociali, economici e tecnologici.

L'efficientamento energetico all'interno delle CER mira a ottimizzare l'uso delle risorse energetiche, riducendo gli sprechi e massimizzando l'efficienza dei processi energetici. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso una serie di interventi mirati:

- **Tecnologie avanzate:** L'adozione di tecnologie avanzate, come sistemi fotovoltaici, pompe di calore ad alta efficienza e dispositivi di gestione energetica intelligente, rappresenta un elemento fondamentale nell'efficientamento energetico delle CER. Tali soluzioni consentono di ottimizzare il consumo di energia e di sfruttare al meglio le risorse rinnovabili disponibili all'interno della comunità.
- **Consapevolezza e educazione:** È essenziale promuovere la consapevolezza e l'educazione all'interno della comunità riguardo all'importanza dell'efficientamento energetico. Attraverso campagne informative e programmi educativi, i membri della comunità possono apprendere pratiche di consumo responsabile, che contribuiscono a ridurre gli sprechi e a ottimizzare l'uso dell'energia.
- **Coinvolgimento attivo:** Il coinvolgimento attivo dei membri della comunità rappresenta un altro elemento chiave nell'efficientamento energetico delle CER. Attraverso la partecipazione a progetti collaborativi e decisioni condivise riguardanti l'adozione di tecnologie energetiche sostenibili, i membri possono contribuire attivamente alla riduzione del consumo energetico complessivo.

La riduzione dei consumi energetici è un obiettivo complementare all'efficientamento energetico, che si concentra sull'ottimizzazione dell'uso delle risorse energetiche disponibili all'interno della comunità. Questo obiettivo può essere realizzato attraverso una serie di strategie:

- **Mobilità sostenibile:** Promuovere la mobilità sostenibile all'interno della comunità è fondamentale per ridurre i consumi energetici legati al trasporto. L'adozione di mezzi di trasporto a emissioni zero, come biciclette elettriche e veicoli elettrici, e l'implementazione di infrastrutture di ricarica per veicoli elettrici sono interventi efficaci per ridurre l'impatto ambientale del trasporto.
- **Efficienza degli edifici:** Investire nell'efficienza energetica degli edifici è un altro approccio cruciale per ridurre i consumi energetici all'interno delle CER. L'adozione di pratiche di costruzione sostenibile, l'installazione di sistemi di riscaldamento e raffreddamento ad alta

efficienza e l'implementazione di soluzioni di isolamento termico sono interventi chiave per ottimizzare l'uso dell'energia negli edifici.

- Sensibilizzazione e cambiamento comportamentale: La sensibilizzazione e il cambiamento comportamentale sono elementi essenziali per ridurre i consumi energetici all'interno delle CER. Attraverso campagne di sensibilizzazione e programmi di educazione, i membri della comunità possono apprendere pratiche di consumo responsabile e adottare comportamenti che favoriscono la riduzione degli sprechi energetici.

In conclusione, l'efficientamento energetico e la riduzione dei consumi rappresentano due obiettivi chiave per promuovere uno sviluppo energetico sostenibile all'interno delle CER. Attraverso l'adozione di tecnologie avanzate, la promozione della consapevolezza e l'educazione della comunità, e l'implementazione di strategie mirate, le CER possono contribuire in modo significativo alla transizione verso un sistema energetico più sostenibile e resiliente, riducendo l'impatto ambientale e migliorando la qualità della vita dei propri membri.

4) L'autoconsumo diffuso e il modello regolatorio virtuale

Per comprendere meglio il concetto di autoconsumo diffuso, è bene capire la differenza tra *autoconsumo* e *autoconsumo diffuso*.

L'*autoconsumo* è la possibilità di consumare in loco, ovvero nella propria abitazione, in ufficio o in uno stabilimento produttivo, l'energia elettrica prodotta da un impianto di generazione per far fronte ai propri fabbisogni energetici. Viceversa, l'autoconsumo diffuso prevede la possibilità per i consumatori finali di associarsi per produrre e condividere l'energia elettrica prodotta all'interno della medesima configurazione [1].

Prima di entrare nel dettaglio delle possibili configurazioni di autoconsumo diffuso, nel successivo paragrafo verrà descritta in maniera più dettagliata una nuova figura cruciale nell'ambito delle CER e, più in generale, nella transizione energetica, ovvero quella dei *prosumer*.

4.1. Il ruolo del Prosumer

La parola *Prosumer* rappresenta un neologismo nato dalla fusione di *producer* e *consumer*: si tratta di soggetti che sono allo stesso tempo produttori e consumatori di energia. Tradizionalmente questi due ruoli sono separati, ma nel nuovo scenario dell'elettrificazione non sono più mutualmente esclusivi. Pertanto, i *prosumer* sono cittadini o aziende che scelgono di installare un impianto fotovoltaico o un impianto mini-eolico per produrre energia elettrica per le proprie esigenze, immettendo la quantità in eccesso sulla rete di distribuzione mettendola quindi a disposizione di altri utenti. I *prosumer* sono anche coloro che decidono di installare stazioni di ricarica domestica per ricaricare un'auto elettrica o qualsiasi altro modo per contribuire a generare (e usare) energia green. L'energia prodotta in questo modo, quindi, può essere *autoconsumata* da chi l'ha prodotta oppure immessa nella rete nazionale e utilizzata da altre persone. In definitiva, quindi, i *prosumer* consentono di aumentare sempre di più l'utilizzo di fonti rinnovabili, contribuendo a ridurre le emissioni di CO_2 che provocano il riscaldamento globale.

Si evince, quindi, che la figura del *prosumer* abilita il cosiddetto autoconsumo individuale, realizzato dal singolo cittadino-*prosumer* che usa e non condivide l'energia prodotta dal suo impianto. Da qui la differenza tra *prosumer* e *consumer*. Infatti, quest'ultimo acquista energia dal mercato in maniera del tutto passiva, al contrario dei *prosumer* che invece partecipano attivamente al processo di produzione di energia.

Si conclude che quindi i *prosumer* sono “un cliente o un insieme di utenti che agiscono congiuntamente che consumano, immagazzinano o vendono l'elettricità generata nei propri locali”. Man mano che sempre più persone generano la propria elettricità da risorse energetiche disperse

aumenta il numero di prosumer nel settore energetico. I pannelli solari sul tetto sono il modo più comune per raggiungere questo obiettivo.

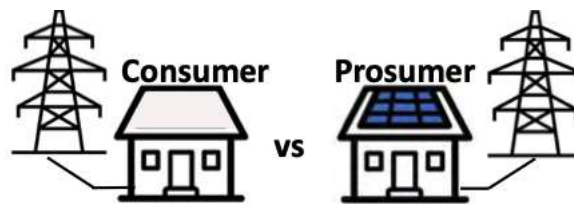


Figura 11: Consumer vs Prosumer

4.2. L'autoconsumo diffuso: le diverse configurazioni

La delibera ARERA 318/2020/R/eel regolava due configurazioni in merito all'autoconsumo [2]:

1. Gruppi di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente;
2. Comunità Energetiche Rinnovabili (CER).

La configurazione di primo tipo è nota come Autoconsumo Collettivo (AUC) e si costituisce quando due o più consumatori si dotano di impianti per la produzione e la condivisione di energia da fonti rinnovabili. Si tratta di un sistema pensato prevalentemente per i condomini. Infatti, i membri dell'AUC sono gli utenti residenziali o le attività commerciali presenti nello stesso edificio o condomini e condividono "virtualmente" l'energia. Come nel caso delle CER, anche l'AUC garantisce benefici sia di natura ambientale (producendo da fonti rinnovabili vi è una riduzione sostanziale delle emissioni di inquinanti; ulteriormente è possibile intraprendere una serie di azioni volte a aumentare significativamente l'efficienza energetica), che economici (numerose sono gli incentivi disponibili per coloro che decidono di costituirsi come un gruppo di AUC). In definitiva, un condominio che costituisce un gruppo AUC gode dei seguenti vantaggi:

- Risparmi sulla bolletta energetica, ovvero riduzione della spesa annua nelle utenze domestiche;
- Benefici economici, con possibilità di godere di incentivi statali e riduzione della spesa di installazione di impianti di risorse rinnovabili;
- Aumento del valore dell'immobile, grazie al miglioramento della classe energetica dell'edificio;
- Riduzione dell'impatto ambientale, con riduzione delle emissioni di CO₂ e altri inquinanti.

La differenza principale tra la prima e la seconda configurazione, ovvero le CER, sta nel fatto che in queste ultime i membri capaci di autoprodurre energia attraverso impianti vicini tra di loro non sono necessariamente installati nello stesso edificio.

Pertanto, l'AUC riguarda uno stesso edificio o condominio dotato di fonti rinnovabili in cui l'energia prodotta può essere condivisa tra i condomini o proprietari, ma solo nello specifico luogo dove tale energia viene generata.

Viceversa, gli impianti delle CER hanno il solo vincolo di essere connessi alla stessa cabina primaria dei clienti finali che fanno parte della configurazione e devono avere una potenza non superiore ad 1 MW.

Vale la pena notare che il processo di costituzione di un gruppo di AUC è molto snello rispetto a quello di una CER. Infatti, per costituire un gruppo di AUC è sufficiente una delibera dell'assemblea condominiale attraverso cui il condominio stesso può costituire un gruppo di autoconsumo, gestendo impianti e ricevendo incentivi. Ciò permette a tutti i partecipanti di godere fin da subito dei vantaggi di un gruppo AUC. Quest'ultimo può in un secondo momento diventare una CER o far parte di una CER già esistente. Una CER, invece, è costituita da gruppi di privati, enti, PMI o individui afferenti alla stessa cabina secondaria che si uniscono legalmente per produrre e condividere energia.

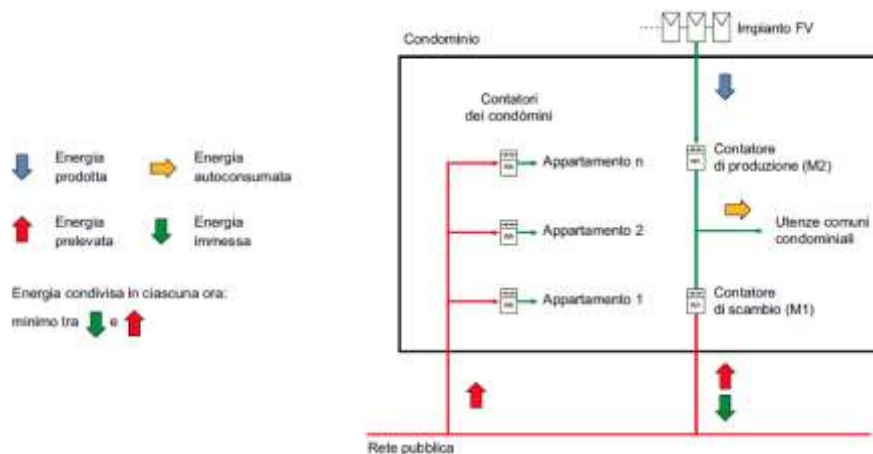


Figura 12: Schema di autoconsumo collettivo condominiale.

In Figura 1 si riporta uno schema di autoconsumo collettivo condominiale [3], il quale resta valido anche per le CER considerando il perimetro della cabina primaria. Per completezza, è bene riportare anche la definizione di energia condivisa Ec_t , la quale risulta il minimo in ciascun periodo orario t , tra l'energia prodotta e immessa in rete dagli impianti a fonti rinnovabili Ei_t e l'energia elettrica $Eut_{1,2,\dots,n_t}$ prelevata dall'insieme delle utenze degli n clienti finali associati alla configurazione, ovvero:

$$Ec_t = \min(Ei_t, \sum_{i=1}^n Eut_{1,2,\dots,n_t}).$$

Si noti che per energia immessa Ei_t si intende l'energia prodotta e immessa nella rete da fonti rinnovabili al netto dell'autoconsumo fisico, cioè dell'energia consumata sotto lo stesso POD cui è connesso l'impianto di produzione (ad esempio, i consumi delle utenze comuni condominiali).

Successivamente, con la delibera ARERA 727/2022/R/eel è stato definito il Testo Integrato per l'Autoconsumo Diffuso (TIAD) il quale, rispetto alla delibera precedente, comprende anche configurazioni di autoconsumo diffuso con energia proveniente da fonti non rinnovabili, oltre ad estendere l'area in cui è possibile veder valorizzata l'energia autoconsumata dalla configurazione. In accordo al TIAD, vi sono sette diverse configurazioni per l'autoconsumo diffuso, raggruppate nelle seguenti classi principali:

1. gruppi di autoconsumatori che agiscono collettivamente in edifici e condomini, che comprendono:
 - a) Gruppo di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente;
 - b) Gruppo di clienti attivi che agiscono collettivamente.

In questo caso i membri agiscono collettivamente all'interno dello stesso edificio o condominio.

2. Comunità Energetiche (CE), che comprendono:
 - a) Comunità Energetiche Rinnovabili (CER);
 - b) Comunità Energetiche dei Cittadini (CEC);
3. autoconsumatori individuali a distanza, che comprendono:
 - a) autoconsumatore individuale di energia a distanza con linea diretta;
 - b) Autoconsumatore individuale di energia rinnovabile "a distanza" che utilizza la rete di distribuzione;
 - c) Cliente attivo "a distanza" che utilizza la rete di distribuzione.

Nelle suddette configurazioni le unità di produzione e consumo devono appartenere alla stessa zona di mercato o, in caso di linea diretta, questa non deve superare i 10km di lunghezza.

In accordo al decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica del 7 dicembre 2023, n. 414, noto come decreto CACER (Configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione di Energia Rinnovabile), le tipologie di configurazioni che accedono alla tariffa incentivante sono:

- L'autoconsumatore a distanza;
- Gruppo di autoconsumatori;
- CER.

Le tariffe incentivanti si differenziano in base alla potenza degli impianti a fonti rinnovabili che producono l'energia condivisa. In particolare, si ha quanto segue:

- Impianti con potenza $> 600kW$ e $\leq 1 MW$:
 $Tariffa = 60 + \max\{0; 180 - prezzo\ zonale\}$ con un massimo di 100€/MWh;
- Impianti con potenza $> 200kW$ e $\leq 600 kW$:

$Tariffa = 70 + \max\{0; 180 - \text{prezzo zonale}\}$ con un massimo di 110€/MWh;

- Impianti con potenza $\leq 200 \text{ kW}$:

$Tariffa = 80 + \max\{0; 180 - \text{prezzo zonale}\}$ con un massimo di 120€/MWh.

Come si evince, in tutti i casi la tariffa comprende una parte fissa (che a seconda dell'impianto vale 60, 70 oppure 80€/MWh) e da una parte variabile che decresce al crescere del prezzo zonale dell'energia, fino ad azzerarsi per un prezzo zonale pari a 180€/MWh o superiore. In ogni caso, la tariffa non supera un livello massimo definito in funzione della taglia dell'impianto (pari a 100, 110 o 120€/MWh).

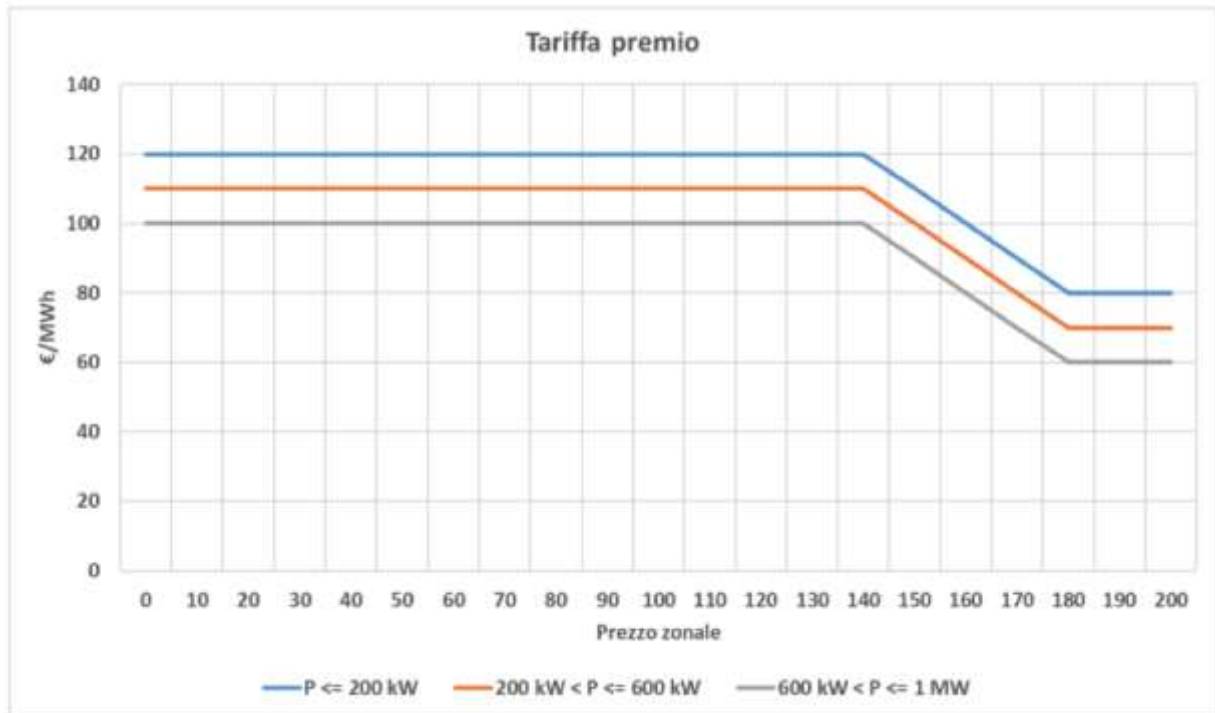


Figura 13: Andamento della tariffa premio in funzione del prezzo zonale.

Ai suddetti valori, si possono aggiungere 4€/MWh nel caso di impianti fotovoltaici localizzati nelle regioni del Centro Italia (Lazio, Marche, Toscana, Umbria e Abruzzo) e 10€/MWh nel caso delle regioni del Nord Italia (Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Trentino Alto Adige, Valle d'Aosta e Veneto).

Ulteriormente, rispetto alla normativa precedente, vengono definiti i seguenti due perimetri geografici:

- La zona di mercato, che serve ad individuare l'energia elettrica condivisa;
- L'area sottesa alla cabina primaria, che permette di rilevare la vera e propria energia elettrica autoconsumata.

Secondo le disposizioni del TIAD, per accedere alle agevolazioni sull'energia autoconsumata i punti di connessione facenti parti della stessa configurazione devono essere ubicati nell'area convenzionale sottesa alla stessa cabina primaria.

4.3. Modello di regolazione: virtuale vs fisico

In generale, un modello di regolazione ha l'obiettivo di abilitare uno schema di autoconsumo collettivo.

Il modello regolatorio "virtuale" sviluppato dall'Autorità ha l'obiettivo di valorizzare l'autoconsumo diffuso reale senza dover richiedere nuove connessioni o realizzare nuovi collegamenti elettrici o installare nuove apparecchiature di misura. Infatti, la CER rappresenta una configurazione di un autoconsumo diffuso dove la condivisione di energia è soltanto "virtuale": la rete di distribuzione abilita l'aggregazione virtuale degli utenti, senza la necessità di costruire nuove reti private e ciascun utente membro della CER continua a mantenere il proprio contratto di fornitura attraverso il fornitore scelto, prelevando energia elettrica dalla rete di distribuzione.

Sulla base di quanto detto, si sottolinea quindi che, l'energia prelevata dalla rete è quindi acquistata da ogni membro secondo le modalità ordinarie, l'energia elettrica immessa è venduta e valorizzata nel mercato all'ingrosso e il GSE, successivamente, eroga alla CER un incentivo per la quota parte di energia elettrica autoconsumata. L'incentivo, una volta riscosso dalla CER, verrà redistribuito tra tutti i partecipanti della stessa in quote definite dal regolamento interno della comunità stessa.

Pertanto, l'Autorità individua tra tutti i possibili modelli da adottare quello virtuale come il più semplice ed efficace modello per abilitare e rendere operativi gli schemi di Autoconsumo collettivo e le CER.

Per comprendere meglio il suo significato nonché i suoi benefici, di seguito si riporta la differenza tra un modello di regolazione virtuale e un modello di regolazione fisico.

Finora, l'attività di autoconsumo in Italia avviene secondo uno schema "uno a uno", vale a dire da una singola Unità di Produzione (UP) a servizio di una Unità di Consumo (UC, ad esempio le utenze comuni dell'edificio nel caso di autoconsumo condominiale). Il passaggio ad un modello di autoconsumo collettivo "uno a molti" (una UP e più UC) può avvenire mediante due diversi schemi di funzionamento:

1. Schema di autoconsumo fisico: prevede una connessione diretta privata tra gli impianti di generazione e utenze domestiche/comuni attraverso un unico punto di accesso (Point of Delivery - POD) alla rete pubblica attraverso un contatore fiscale (Figura 3);

2. Schema di autoconsumo virtuale (detto anche commerciale o su perimetro esteso): che prevede l'utilizzo della rete pubblica per lo scambio di energia tra unità di generazione e di consumo (Figura 4). In questa configurazione i soggetti condividono l'energia sfruttando la rete ed ognuno di essi è in possesso di un contatore fiscale; perciò, è connesso alla rete pubblica tramite un proprio POD. In questo caso, il gestore dello schema provvede a quantificare le quote di autoconsumo attribuibili ad ogni singolo partecipante sulla base dei dati di misura fiscali di consumo dei partecipanti e di produzione dell'impianto.

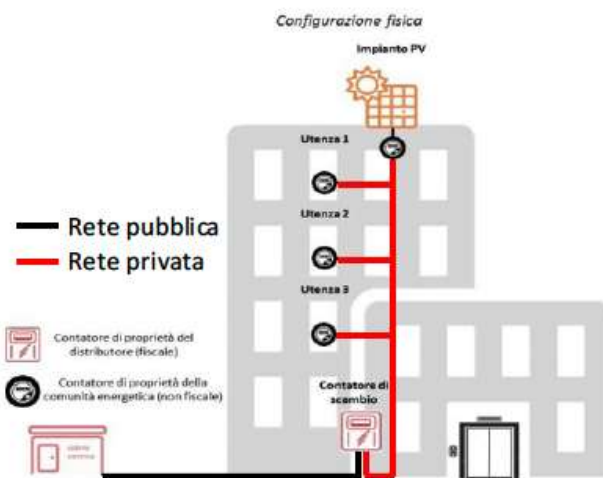


Figura 14: Schema di Autoconsumo fisico con connessione privata delle utenze all'impianto di produzione [4]

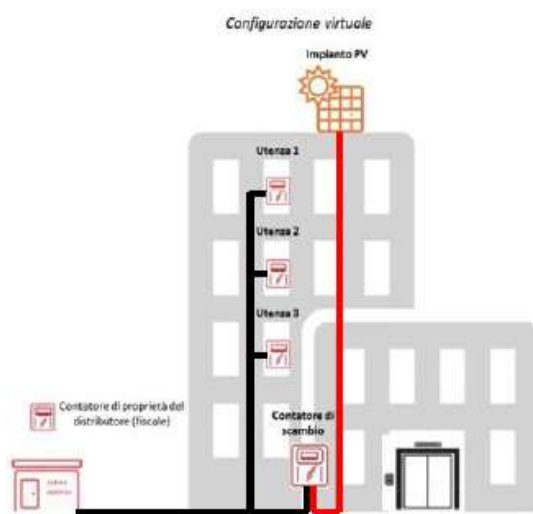


Figura 15: Schema di Autoconsumo Virtuale con connessione su rete pubblica tra utenze e impianto di produzione [4]

Come si evince dalla Figura 3, con lo schema di autoconsumo fisico si ha un solo POD di scambio con la rete e l'energia prodotta e autoconsumata rimane effettivamente all'interno del perimetro della rete privata dell'edificio. Di seguito si riportano le principali caratteristiche di uno schema di autoconsumo fisico:

- rete interna condominiale privata con unica connessione alla rete pubblica attraverso un singolo contatore fiscale;
- unico contratto di fornitura dell'energia elettrica a servizio delle utenze comuni e domestiche del condominio;
- infrastruttura di misura non fiscale per la contabilizzazione dei consumi delle utenze.

Viceversa, nello schema di autoconsumo virtuale (Figura 4), ogni utente è connesso alla rete pubblica tramite un proprio POD e pertanto è mantenuta la piena libertà da parte di ciascuno di poter scegliere il proprio fornitore di energia o anche di uscire dallo schema di autoconsumo. Le caratteristiche di questa configurazione, pertanto, sono:

- la configurazione della rete resta invariata: la rete pubblica termina nel punto di consegna POD dei singoli utenti finali;
- ogni cliente finale può scegliere in piena libertà il proprio fornitore di energia ed è libero di uscire dallo schema in qualunque momento;
- il distributore elettrico esercita il servizio di misura.

Pertanto, i vantaggi del modello regolatori virtuale sono:

- possibilità di ogni partecipante di modificare le proprie scelte con facilità, sia in relazione alla configurazione di autoconsumo, sia in relazione alle proprie scelte di approvvigionamento dell'energia, proprio perché non vi sono state nuove connessioni o nuovi collegamenti elettrici;
- trasparenza e flessibilità per tutti coloro che intendono prendervi parte: clienti e produttori hanno la propria autonomia;
- valorizzazione dell'autoconsumo;
- flessibilità ai gruppi di autoconsumo collettivo e alle comunità che possono organizzarsi come ritengono più opportuno.

Come anticipato precedentemente, in questo schema di regolazione virtuale, il gestore dello schema ha l'obiettivo di quantificare le quote di autoconsumo da attribuire a ciascun partecipante sulla base dei dati di misura fiscali di produzione dell'impianto, di consumo delle utenze domestiche e

condominali. Tali quote di autoconsumo possono essere calcolate dal gestore secondo due principali criteri:

1. criterio energetico: la quota è proporzionale ai prelevi dell'utente in un determinato intervallo di tempo;
2. criterio fisso: la quota è fissa e non è in relazione ai consumi energetici del singolo utente.

4.4. Energia elettrica immessa, prelevata e condivisa

Al fine di quantificare i benefici apportati alla rete attraverso il suddetto modello di regolazione virtuale, è opportuno introdurre le seguenti definizioni:

- Energia elettrica effettivamente immessa: è l'energia elettrica immessa nella rete al netto delle perdite convenzionali;
- Energia elettrica prelevata: è l'energia elettrica prelevata dalla rete da ciascuna utenza partecipante allo schema;
- Energia elettrica condivisa per l'autoconsumo: è, in ogni ora, il minimo tra la somma dell'energia elettrica effettivamente immessa e la somma dell'energia elettrica effettivamente prelevata tramite dei punti di connessione che rilevano ai fini di un gruppo di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente o in una CER.

Relativamente all'autoconsumo collettivo, ARERA individua un contributo per la valorizzazione dell'energia elettrica condivisa C_{AC} costituito da due principali aliquote da dover restituire ai partecipanti in accordo alla seguente relazione:

$$C_{AC} = CU_{af,m} \times E_{AC} + \sum_{i,h} (E_{AC,i} \times c_{PR,i} \times P_z)_h$$

Dove:

- E_{AC} è l'energia elettrica condivisa;
- $CU_{af,m}$ è il corrispettivo unitario di autoconsumo forfettario mensile;
- $c_{PR,i}$ è il coefficiente delle perdite evitate;
- P_z è il prezzo zonale orario;
- h è l'ora di riferimento;
- i è il livello di tensione;
- $CU_{af,m}$ è la somma algebrica, arrotondata alla terza cifra decimale, delle parti unitarie variabili della tariffa di trasmissione definita delle utenze in bassa tensione e del valore più

elevato della componente variabile di distribuzione definita per le utenze per altri usi in bassa tensione.

Si noti che il coefficiente $c_{PR,i}$ è pari a 1.2% nel caso di energia elettrica condivisa per effetto della produzione di impianti di produzione connessi alla rete di distribuzione in media tensione oppure 2.6% nel caso di energia elettrica condivisa per effetto della produzione di impianti di produzione connessi alla rete di distribuzione in bassa tensione.

Quindi in sintesi le due aliquote costituenti C_{AC} rappresentano, rispettivamente, *i*) un corrispettivo unitario di autoconsumo mensile moltiplicato per l'energia elettrica condivisa; *ii*) un coefficiente per le perdite di rete evitate moltiplicato sempre per l'energia condivisa.

In Figura 5 sono riportati schematicamente i flussi energetici relativi a uno schema di autoconsumo collettivo condominiale.

È importante sottolineare che nel caso di CER, il contributo per la valorizzazione dell'energia elettrica condivisa C_{AC} tiene conto solo della prima aliquota del corrispettivo unitario moltiplicato per l'energia elettrica condivisa.

Da una prima valutazione [4], si stima che le componenti da restituire sono uguali circa a 10€/MWh per l'energia condivisa in schema di autoconsumo collettivo e a circa 8€/MWh per l'energia condivisa all'interno di una CER. A queste componenti si aggiunge anche l'incentivo definito del MiSE calcolato sempre sulla base dell'energia condivisa.

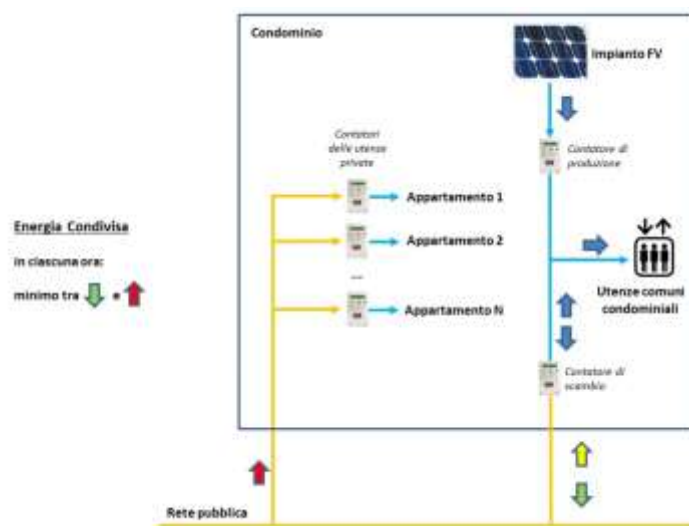


Figura 16: Flussi energetici di uno schema di autoconsumo collettivo: energia prodotta, prelevata, autoconsumata, immessa in rete e condivisa [4].

In definitiva, in accordo alla Legge 8/2020 [4], è possibile concludere che i partecipanti agli schemi di autoconsumo collettivo e le CER vedranno riconosciuti:

- La restituzione di alcune componenti definite da ARERA secondo la logica descritta sopra, ovvero $10\text{€}/MWh$ per l'Autoconsumo Collettivo e $8\text{€}/MWh$ per le CER sull'energia condivisa;
- Un incentivo sull'energia condivisa pari a $100\text{€}/MWh$ per l'Autoconsumo Collettivo e $110\text{€}/MWh$ per le CER;
- La remunerazione dell'energia immessa in rete a Prezzo Zonale Orario, che si potrebbe assumere pari a circa $50\text{€}/MWh$;
- L'accesso a un sistema di detrazioni fiscali per i partecipanti agli schemi.

5. Accumuli ed altri servizi della rete nelle CER

I sistemi di accumulo (noti come *Energy Storage System - ESS*) per la generazione distribuita hanno la loro principale applicazione laddove vi è la necessità di massimizzare l'autoconsumo. Quest'ultimo, infatti, basandosi sulla produzione di energia proveniente da fonti rinnovabili, necessita di essere massimizzato tenendo conto che la produzione da fonti rinnovabili potrebbe non essere costante a causa della sua dipendenza dalle condizioni meteorologiche. Tale variabilità e incertezza della produzione di energia proveniente da fonti rinnovabili può essere affrontata in maniera opportuna mediante l'integrazione di sistemi di accumulo, sempre più diffusi e performanti, che rappresentano quindi la risposta per far decollare la transizione energetica verso un'energia sempre più pulita.

I sistemi di accumulo sono essenzialmente batterie che permettono l'ottimizzazione della produzione di consumi elettrici. La funzione principale di queste batterie è quella di immagazzinare l'energia elettrica non consumata che altrimenti verrebbe immessa nella rete elettrica nazionale, mettendola così a disposizione nei momenti in cui gli impianti alimentati da rinnovabili non producono energia. Di seguito si analizzano i principali parametri tecnici caratterizzanti i sistemi di accumulo.

5.1. Parametri tecnici caratteristici dei sistemi di accumulo

Per analizzare diversi tipi di sistemi di accumulo attualmente disponibili in termini di prestazioni e caratteristiche, di seguito vengono elencati i parametri fondamentali:

- Tempo di carica e scarica t_{cs} [s]: si riferisce al periodo richiesto per portare il sistema di accumulo dall'0% al 100% o viceversa, supponendo che il sistema abbia una capacità di assorbimento o di scarica infinita. Nei vari sistemi di accumulo, questi tempi possono variare, con alcune differenze tra il tempo di ricarica e quello di scarica;
- Efficienza globale di conversione: è definita come il rapporto tra l'energia immagazzinata dal sistema di accumulo e la frazione di questa energia che il sistema è in grado di restituire all'esterno (sia alla rete o al sistema alimentato), senza considerare le perdite dovute all'autoscarica. Questo termine viene ridotto dalle perdite interne del sistema di accumulo causate dalla tecnologia utilizzata, dai servizi ausiliari necessari per far funzionare il sistema e da tutta l'energia che non contribuisce né all'immagazzinamento né alla resa disponibile;
- Potenza nominale sviluppabile P_n [W]: potenza nominale del sistema di accumulo e quindi anche la sua massima potenza sviluppabile verso l'esterno;
- Energia specifica nominale immagazzinabile E_n [Wh/W]: indica la quantità di energia erogabile in un ora alla potenza nominale ed è espressa in rapporto all'unità di potenza

sviluppare P_n in modo da riferire l'energia ad una sempre costante quantità di potenza erogabile. In termini analitici:

$$E_n = \frac{E_{h=1}}{P_n}$$

- Costo specifico di realizzazione C_s [€/kWh]: è il costo specifico del sistema di accumulo dato dal rapporto del costo totale del sistema di accumulo e l'energia in esso immagazzinabile, ovvero:

$$C_s = \frac{C_{totale}}{E_n}$$

- Cicli di carica e scarica realizzabili o vita utile t_l : la vita utile di un sistema di accumulo è il tempo necessario a far degradare del 20% l'energia immagazzinabile dal sistema compiendo continuamente cicli di carica e scarica. Questo tempo è anche esprimibile come il numero di cicli C di carica/scarica realizzabili per arrivare al degrado:

$$t_l = \sum_{E_n=100}^{E_n=80} t_{cs}; \quad C = \frac{t_l}{t_{cs}}$$

Dove E_n è la suddetta energia immagazzinabile dal sistema di accumulo in termini percentuali.

5.2. Panoramica delle Tecnologie di accumulo

I sistemi di accumulo possono essere classificati in:

- 1) Meccanici;
- 2) Elettrochimici;
- 3) Elettromagnetici.

Si seguito verranno riportate le caratteristiche principali dei più diffusi sistemi di accumulo.

5.2.1. Sistemi di accumulo meccanici – Pumped Hydro Storage (PHS)

È stato il primo sistema di accumulo sviluppato a livello mondiale per lo storage di energia elettrica. Essi, inoltre, rappresentano il 99% della potenza di accumulo installata nel mondo, utilizzata soprattutto nelle applicazioni ad alta potenza (da poche decine di GWh a 100MWh) [5]. I sistemi PHS richiedono grandi spazi a disposizione ed usano per il loro funzionamento la forza dell'acqua.

Il principio di funzionamento è ben noto: quando c'è un surplus di produzione di energia, si usa un sistema di pompe idrauliche per trasferire acqua da una quota bassa a una quota più alta. Quando le

fonti rinnovabili smettono di generare energia a causa della mancanza di fonti primarie (come sole o vento), l'acqua conservata in quota superiore viene rilasciata e, attraverso le stesse macchine che fungono da turbine, viene convertita nuovamente in energia elettrica.

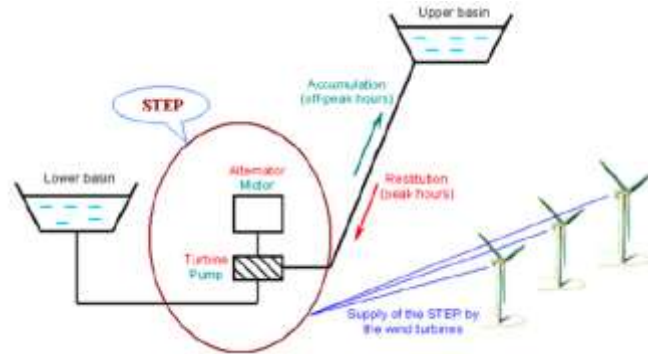


Figura 17: Funzionamento di un PHS con pompaggio dell'energia fornita dalle turbine eoliche.

La potenza sviluppata da un sistema di accumulo idroelettrico è data da:

$$P = Qh\rho g \eta$$

Dove:

- P è la potenza nominale del sistema risultante erogabile [W];
- Q è la portata della condotta/turbina;
- ρ è la densità del fluido impiegato nel sistema;
- h è l'altezza della colonna d'acqua che va dalla turbina all'inizio del vaso di raccolta del fluido;
- g è l'accelerazione di gravità;
- η è l'efficienza del sistema (nel caso di PHS può essere stimata pari a 80%).

Grazie alle nuove tecnologie a magneti permanenti usate nei motori reversibili, si è riusciti ad accelerare i tempi di inversione del pompaggio fino all'ordine dei minuti, migliorando anche le prestazioni dell'intero sistema in termini di efficienza di conversione globale, raggiungendo oggi cifre comprese tra il 70% e 85%.

Ad oggi, questa risulta una delle migliori tecniche di accumulo esistenti grazie alle sue elevate potenze e densità, specifiche ed assolute, raggiungibili. Un altro vantaggio molto importante sta nel fatto che, se la rete elettrica è sufficientemente adeguata, tali accumulatori possono trovarsi anche a distanza notevole dalle fonti di energia primaria, compensando i picchi e le mancanze di produzione tipiche delle fonti rinnovabili non programmabili.

5.2.2. Sistemi di accumulo meccanici – Sistemi ad aria compressa (Compressed Air Energy Storage - CAES)

Tali sistemi usano un generatore reversibile per comprimere aria o un altro gas in un ambiente sigillato e confinato, che può essere una caverna sotterranea o contenitori artificiali. Quando è necessario utilizzare l'energia immagazzinata, il gas viene rilasciato per espandersi attraverso delle turbine, riconvertendo così l'energia in elettricità. La caratteristica principale di questo sistema è che il processo di compressione è esotermico, il che significa che raffredda il gas e l'ambiente circostante, producendo calore che può essere recuperato. D'altro canto, il processo di espansione è endotermico, il gas (ad esempio l'aria) assorbe energia dall'ambiente, riscaldandosi di conseguenza.

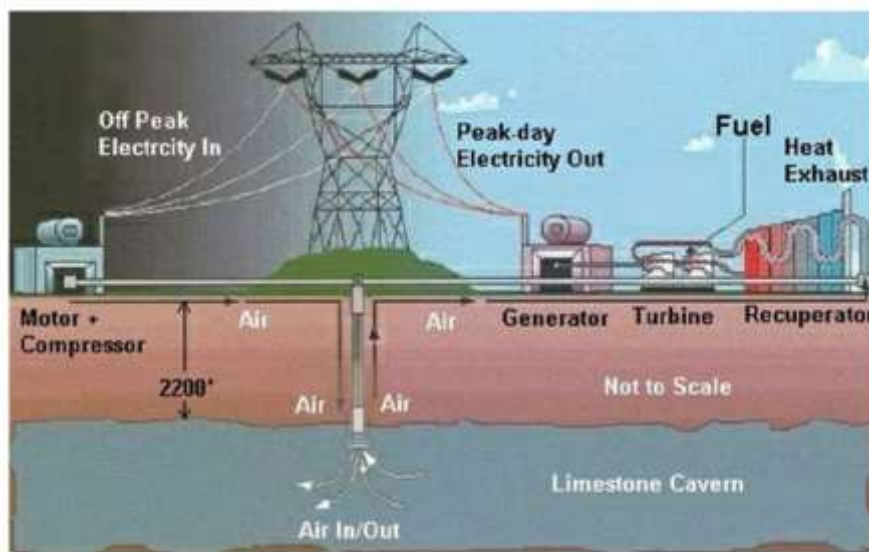


Figura 18: Funzionamento di un CAES.

Questo processo ha un'efficienza media globale che non supera spesso il 70%.

5.2.3. Sistemi di accumulo meccanici – Volani (Flywheel Energy Storage- FES)

Tali sistemi sono costituiti da masse in rotazione rispetto al proprio asse le quali vengono accelerate quando l'energia elettrica, convertita in meccanica, deve essere immagazzinata per poi decelerare al momento che l'energia deve essere riceduta alla rete. In questo caso, l'energia immagazzinabile è pari a:

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Dove:

- ω è la velocità angolare del corpo in rotazione;
- I è il momento di inerzia.

Maggiore è l'inerzia, più il corpo avrà la capacità di accumulare energia ma, allo stesso tempo, più sarà difficile far variare la sua velocità di rotazione.

5.2.4. Sistemi di accumulo elettrochimici – Le batterie

Sono i sistemi di accumulo maggiormente utilizzati e sono costituite da una o più celle connesse in serie o parallelo nelle quali l'energia contenuta sottoforma elettrochimica viene convertita in energia elettrica. Nelle batterie primarie tale processo è irreversibile, mentre in quelle secondarie non lo è e, infatti, la batteria può essere ricaricata anche se per un numero finito di cicli, riportandola così al suo stato di carica originario. Le batterie funzionano mediante reazioni di ossidoriduzione, ovvero reazioni in cui i due elementi che costituiscono gli elettrodi si scambiano elettroni. L'elemento che perde elettroni si ossida, mentre l'elemento che acquista elettroni si riduce. Il processo avviene mediante un altro elemento, detto elettrolita, il quale è interposto tra i due elettrodi. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche di tali sistemi di accumulo:

- L'intensità della corrente elettrica erogabile da un accumulatore elettrochimico è direttamente proporzionale all'area della superficie di contatto interposta tra gli elettrodi e l'elettrolita;
- La quantità totale di energia che un accumulatore elettrochimico può immagazzinare è direttamente proporzionale alla quantità di molecole degli elementi che entrano a far parte della reazione durante il processo di carica/scarica.

Di seguito si elencano alcune tipologie di batterie:

- Batterie a piombo-acido: molto usate in molte applicazioni, soprattutto in autovetture;
- Batterie Nickel – Cadmio, Nickel – idrato e Nickel – Metal idrato;
- Batterie a ioni di litio;
- Batterie zebra.

5.2.5. Sistemi di accumulo elettromagnetici – Supercondensatori o supercapacitors

I supercondensatori derivano la loro tecnologia dai classici condensatori elettrolitici. A differenza di questi ultimi, i supercondensatori hanno un'elevata capacità e, di conseguenza, sono in grado di immagazzinare grandi quantità di energia. Un condensatore (nella sua forma più semplice) è costituito da due armature conduttive che formano anodo e catodo. Fra anodo e catodo è inserito un materiale isolante. Applicando una tensione fra anodo e catodo il condensatore fa depositare cariche elettriche opposte sulle armature (processo di carica). Questo appena descritto è il principio base dei più semplici condensatori ossia i condensatori elettrostatici. In questo caso l'energia immagazzinata è pari a:

$$E = \frac{1}{2} CV^2$$

Dove:

- V è la tensione nominale applicata tra anodo e catodo;

- C è la capacità del condensatore.

Altri sistemi di accumulo elettromagnetici sono i Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)

5.3. Raffronto tra le tecnologie di accumulo

Di seguito si riportano e si riassumono in forma tabellare i valori medi delle principali caratteristiche dei sistemi di accumulo finora descritti.

Tipologia	Tempo di carica/scarica [h]	Efficienza di conversione [%]	Vita utile (in cicli)	Energia specifica [Wh/W]	Potenza Nominale [kW]	Costo di realizzazione [€/kWh]	Auto scarica [%/h]
PHS	22	80	12500	7	1500000	350	0
CAES	7	70	40000	10	137500	350	0
FES	0.51	90	100000	0.05	10000	6500	0.830
Batterie a piombo acido	1	90	150	0.25	5000	900	0.03
Batterie Nickel metal idrato	2	70	1000	0.15	2500	1500	0.004
Batterie ioni di litio	3	90	1300	0.24	4000	1300	0.014
Batterie zebra	6	70	1000	0.55	5000	400	0.520
Supercap.	0.167	97	500000	0.005	250	1500	0.125
SMES	0.0014	80	1000000	0.005	1000	37000	0

Come si evince dalla tabella, ogni tecnologia ha i suoi punti di forza e di debolezza. Ad esempio, i PHS e i CAES costano poco, le batterie hanno alti rendimenti medi, gli SMES non presentano autoscarica. In base alle loro caratteristiche e in base alla funzione che sono chiamati ad adempiere, viene scelta una determinata tecnologia di sistemi di accumulo. Le principali applicazioni dei sistemi di accumulo sono:

- Applicazioni di brevissima durata: in questi casi il sistema di accumulo deve intervenire in tempi molto rapidi e con energie limitate. La loro funzione principale è quella di garantire qualità della tensione di alimentazione ad utenze privilegiate. Le energie totali accumulabili sono spesso basse e i costi notevoli.
- Applicazioni di supporto ai transitori di rete o per lo spostamento di carico: a questa categoria appartengono i sistemi di accumulo che compiono funzioni principalmente di load shifting. L'esempio classico di questo utilizzo è quello che si prefigura nel mercato fotovoltaico residenziale dove, nel breve periodo, assisteremo all'installazione di batterie associate agli inverter fotovoltaici. Questi sistemi accumulano energia solare durante il giorno, quando c'è sole ma il carico familiare è pressoché nullo poiché nessuno è in casa, e la restituiscono la

sera quando invece le utenze domestiche tornano a salire. Fanno parte di questa categoria anche applicazioni *energy intensity* come l'installazione nelle reti di distribuzione e di trasmissione di batterie ZEBRA atte a livellare eccessivi picchi di produzione (tipicamente da parchi eolici) o di domanda di carico a seguito di mancanza di produzione. Sono applicazioni che utilizzano grandi quantità di batterie spesso caricate e scaricate alla corrente massima nominale e sono ad oggi la tecnologia maggiormente utilizzata e in via di commercializzazione;

- Applicazioni di rete: in questo campo rientrano installazioni di grande potenza che possono essere considerate a tutti gli effetti centrali elettriche e, come tali, sono atte a regolare la rete in tensione e in frequenza. Al momento gli unici sistemi di regolazione di rete sono PHS e, più raramente, sistemi CAES. Queste applicazioni, nel mercato elettrico moderno, costituiscono delle vere e proprie risorse privilegiate poiché capaci di aumentare la penetrazione delle fonti rinnovabili intermittenti all'interno del sistema elettrico. La loro applicazione, tuttavia, risulta delle volte ostacolata a causa del fatto che la loro costruzione è quasi sempre problematica a causa dei vincoli paesaggistici e territoriali nei territori in cui vanno ad impiantare

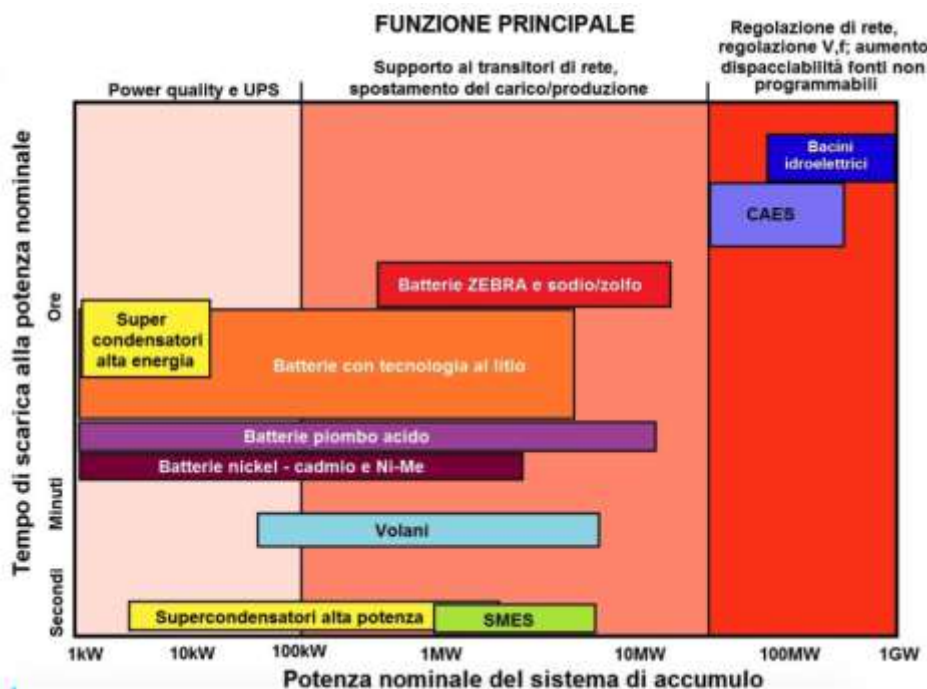


Figura 19: Confronto tra i sistemi di accumulo in base alla potenza nominale e al tempo di carica/scarica

In Figura 9 viene riportato un confronto ulteriore tra le diverse tecnologie dei sistemi di accumulo in base alla potenza massima generabile e al loro tempo di carica e scarica.

6. Conclusioni

In conclusione, tale documento ha messo in evidenza come le comunità energetiche rinnovabili costituiscono un'importante risposta alle sfide globali in termini di sostenibilità ambientale, sicurezza energetica e inclusione sociale. Questi modelli decentralizzati di produzione, distribuzione e consumo energetico offrono una serie di vantaggi sia dal punto di vista ambientale che economico, promuovendo al contempo una maggiore partecipazione dei cittadini nel settore dell'energia.

In primo luogo, si è messo in evidenza una delle principali caratteristiche delle comunità energetiche rinnovabili, ovvero la presenza generazione distribuita proveniente da fonti rinnovabili. Mediante la generazione distribuita si è visto come è possibile raggiungere una riduzione delle emissioni di gas serra e l'impatto ambientale associato alla produzione di energia, promuovendo al contempo la diversificazione delle fonti energetiche e la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili. Inoltre, la generazione distribuita può aumentare la resilienza del sistema energetico, riducendo il rischio di interruzioni di servizio e migliorando la sicurezza dell'approvvigionamento energetico.

In secondo luogo, si è analizzato un altro elemento chiave delle comunità energetiche, ovvero l'adozione di misure di risparmio ed efficientamento energetico con l'obiettivo di massimizzare i benefici derivanti dalla produzione da fonti rinnovabili. Attraverso l'implementazione di tecnologie e pratiche volte a ridurre i consumi energetici, le comunità possono ottimizzare l'uso delle risorse disponibili, riducendo i costi operativi e migliorando la sostenibilità economica del sistema energetico. Altro elemento che contraddistingue una comunità energetica è il concetto di autoconsumo diffuso, mediante il quale i membri della comunità possono utilizzare l'energia prodotta localmente per soddisfare le proprie esigenze, riducendo la dipendenza dalla rete elettrica nazionale e promuovendo una maggiore autonomia energetica. L'autoconsumo diffuso favorisce inoltre una maggiore consapevolezza sui consumi energetici e promuove comportamenti più sostenibili tra i membri della comunità. Tale concetto di autoconsumo diffuso è strettamente legato a quello di modello regolatorio virtuale, nonché all'utilizzo di sistemi di accumulo. Tali strumenti consentono di ottimizzare l'uso delle risorse energetiche disponibili, facilitando la gestione della produzione e del consumo energetico all'interno della comunità. Inoltre, favoriscono una maggiore flessibilità e resilienza del sistema energetico, consentendo una migliore integrazione delle fonti rinnovabili e una maggiore sicurezza dell'approvvigionamento energetico.

In sintesi, le comunità energetiche rinnovabili rappresentano un'opportunità per promuovere la transizione verso un sistema energetico più sostenibile, decentralizzato e inclusivo. Tuttavia, affinché questo potenziale possa essere pienamente realizzato, è necessario un impegno congiunto da parte dei governi, delle istituzioni, dell'industria e della società civile. È fondamentale sviluppare politiche e incentivi adeguati per favorire lo sviluppo e la diffusione di queste soluzioni innovative, nonché

promuovere l'adozione diffusa da parte dei cittadini. Solo attraverso un approccio collaborativo e inclusivo possiamo creare un futuro energetico più sostenibile per le generazioni presenti e future.

Bibliografia

- [1] <https://www.e-distribuzione.it/a-chi-ci-rivolghiamo/casa-e-piccole-imprese/comunita-energetiche/autoconsumo-diffuso.html>
- [2] <https://www.arera.it/atti-e-provvedimenti>
- [3] https://dossierse.it/wp-content/uploads/2023/05/230431_DossieRSE_draft.pdf
- [4] <https://dossierse.it/wp-content/uploads/2020/11/Gli-schemi-di-Autoconsumo-Collettivo-e-le-Comunita-dell-Energia.pdf>
- [5] Ibrahim, H., Ilinca, A., & Perron, J. (2008). Energy storage systems—Characteristics and comparisons. *Renewable and sustainable energy reviews*, 12(5), 1221-1250.
- [6] Ahmed, A., Nadeem, T. B., Naqvi, A. A., Siddiqui, M. A., Khan, M. H., Zahid, M. S. B., & Ammar, S. M. (2022). Investigation of PV utilizability on university buildings: A case study of Karachi, Pakistan. *Renewable Energy*, 195, 238-251.
- [7] Huawei Chang, X. X. (2019). Performance analysis of a micro-combined heating and power system with PEM fuel cell as a prime mover for a typical household in North China,. *International Journal of Hydrogen Energy*,.
- [8] Juan Antonio Auñón-Hidalgo, M. S.-d.-C.-R. (2021,). Performance and CO2 emissions assessment of a novel combined solar photovoltaic and thermal, with a Stirling engine micro-CHP system for domestic environments,. *Energy Conversion and Management*.
- [9] Ling Ji, X. L. (2021). Optimal design and sensitivity analysis of the stand-alone hybrid energy system with PV and biomass-CHP for remote villages,. *Energy*,.
- [10] Nourai, A. (2002). Large-scale electricity storage technologies for energy management. *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*.
- [11] Qiong Wu, H. R. (2018). Coupling optimization of urban spatial structure and neighborhood-scale distributed energy systems. *Energy*, 472-481.
- [12] Tyler H. Ruggles, J. A. (2021). Opportunities for flexible electricity loads such as hydrogen production from curtailed generation,. *Advances in Applied Energy*, 2666-7924.

[13] Wen, Q. L. (2020). Applications, evaluations and supportive strategies of distributed energy systems: A review. *Energy and Buildings*.

[14] Alcott, B. (2005). Jevons' paradox. *Ecological economics*, 9-21.



Camera di Commercio
Napoli



Simpresa
Azienda Speciale della CCIAA di Napoli



www.siimpresana.it

SI IMPRESA
Azienda Speciale
della Camera
di Commercio di Napoli

Piazza Bovio, 32
80133, Napoli

tel. (+39) 081.7607112
info@si-impresa.na.camcom.it