APPUNTI DI ENERGIA

L'integrazione dei veicoli elettrici nella rete e lo *smart charging*

Ottobre 2025

Di cosa si parla

I sistemi energetici e di mobilità stanno vivendo un processo di massiccia elettrificazione, con una crescita prevista nei prossimi anni del numero di veicoli a basse emissioni e dei punti di ricarica, sostenuta da politiche ambiziose che mirano a un sistema energetico e dei trasporti europeo a impatto climatico zero entro il 2050. Questa rapida crescita porta con sé diverse sfide, tra cui un significativo aumento dei consumi elettrici, ma anche grandi opportunità.
Il sistema energetico si trova di fronte a una domanda cruciale: i veicoli elettrici rappresentano un rischio per la rete o una nuova opportunità?
Per rispondere, è necessario guardare oltre la batteria e l'autonomia dei veicoli, concentrandosi su come e quando questi mezzi assorbono energia o, eventualmente, la restituiscono alla rete. Qui entra in gioco lo *smart charging*, il tassello decisivo per integrare trasporti e sistema elettrico.
Oggi, la maggior parte delle ricariche avviene in modo non gestito: l'auto si collega alla presa e ricarica al massimo della potenza disponibile, spesso nelle ore serali quando molti utenti rientrano a casa. Questo comportamento simultaneo può generare picchi di carico e criticità sulla rete.
Quello che viene chiamato *smart charging* (V1G) introduce invece un concetto di ricarica "intelligente": il veicolo ricarica modulando potenza e orario, spostando il consumo nelle ore più favorevoli per il sistema, per esempio quando la domanda è bassa o quando c'è maggiore produzione da fonti rinnovabili.
Un ulteriore passo è il V2X, dove l'energia può fluire dal veicolo verso la rete (*Vehicle-to-Grid*, V2G) o verso la casa (*Vehicle-to*-Home, V2H), trasformando l'auto in una batteria mobile capace di fornire ulteriori servizi di flessibilità al sistema elettrico.

Ricarica mono e bidirezionale

I veicoli elettrici possono essere un'important e fonte di flessibilità per la rete a seconda di come vengono

Entriamo più nello specifico per distinguere le due tipologie di ricarica: monodirezionale (V1G) e bidirezionale (V2G). La ricarica monodirezionale (V1G), il già citato *smart charging*, consiste nel modulare il momento e la potenza di ricarica del veicolo, senza modificare il verso del flusso: l'energia va sempre dalla rete alla batteria. In questo caso il veicolo rimane un utilizzatore, ma diventa un carico intelligente, capace di assorbire quando è più conveniente per l'utenza stessa o per il sistema elettrico. Con la ricarica bidirezionale (V2G) il veicolo può anche restituire energia alla rete o a un'utenza locale. L'auto diventa così una unità di accumulo distribuito, ampliando i servizi di flessibilità che può erogare e, di conseguenza, i ritorni economici per il proprietario, che potrebbe vendere tali servizi alla rete.

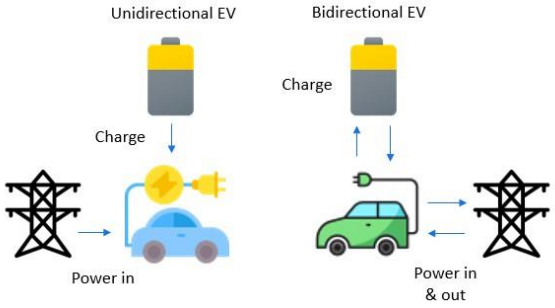


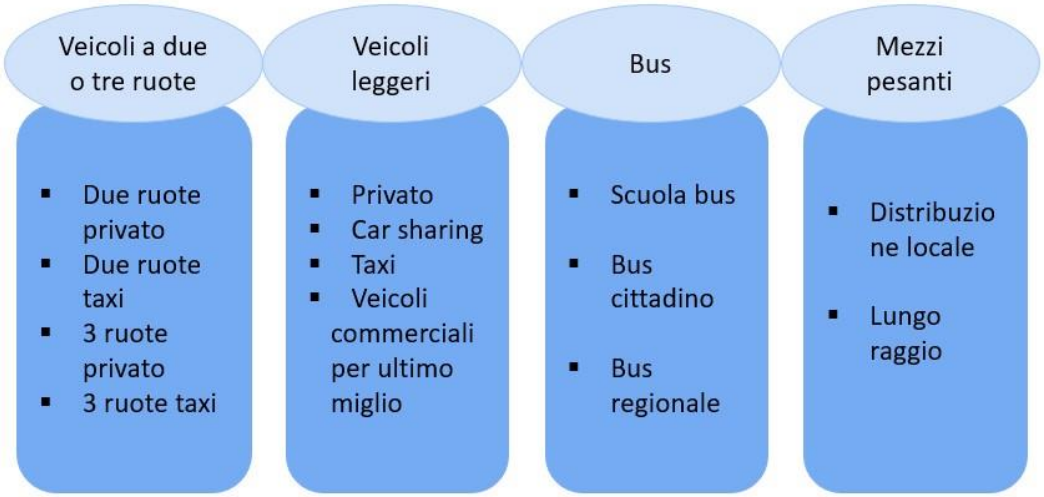
Figura 1 – Tipologie di ricarica dei veicoli elettrici

L'impatto dei veicoli elettrici nei mercati dell'energia

IEA

I veicoli elettrici in Italia raggiungeranno nello scenario PNIEC al 2030 un carico di 15 TWh divisi tra autoveicoli, mezzi pesanti, bus e

Un aspetto importante risiede nella valutazione dell'impatto dei veicoli elettrici nel contesto dei mercati, per trarne conseguentemente delle considerazioni dal punto di vista regolatorio. RSE ha condotto uno studio dedicato, tramite l'utilizzo di uno strumento in grado di quantificare e rappresentare in modo più fruibile il profilo di domanda di ricarica dei veicoli elettrici, prodotto dalla International Energy Agency (IEA), e utilizzando il proprio software sMTSim (stochastic Medium Term Simulator) per simulare il funzionamento di un generico mercato del giorno prima su un orizzonte annuale.
Per prima cosa è stato stimato l'impatto sui profili di prelievo delle diverse modalità di ricarica (tipologia di veicolo, finestra temporale di ricarica, strategia ecc.).
Le diverse tipologie di veicoli sono mostrate in figura seguente.



Tipologie di veicoli elettrici

A ogni tipologia di veicoli è assegnata una specifica batteria con una determinata capacità (kWh), un consumo specifico di energia per spostarsi (kWh/km) e una distanza media percorsa distinta tra giorni festivi e giorni feriali.

Definiti i veicoli, lo strumento permette di definire le "opportunità di ricarica", vale a dire i diversi luoghi dove il veicolo può ricaricarsi, come indicato nella tabella seguente:

Ricarica domestica	Ricarica presso l'abitazione del conducente.	Luogo di ricarica predefinito per i veicoli privati.
Ricarica sul luogo di lavoro	Ricarica presso il luogo di lavoro del conducente.	Prima alternativa alla ricarica domestica per chi si reca quotidianamente in ufficio o in azienda.
Ricarica stradale	Ricarica in parcheggi pubblici o privati situati lungo la strada.	Modalità di ricarica predefinita per chi non dispone di un parcheggio dedicato.
Ricarica a destinazione	Ricarica presso luoghi di interesse ovvero la destinazione del viaggio, al di fuori di casa e lavoro.	Opzione aggiuntiva per la ricarica, spesso parziale, durante il tempo di sosta.
Ricarica lungo il percorso	Ricarica presso una stazione situata lungo il tragitto verso la destinazione, ad esempio su autostrade.	Opzione aggiuntiva per la ricarica, spesso parziale, che può avvenire più volte nel corso della giornata.

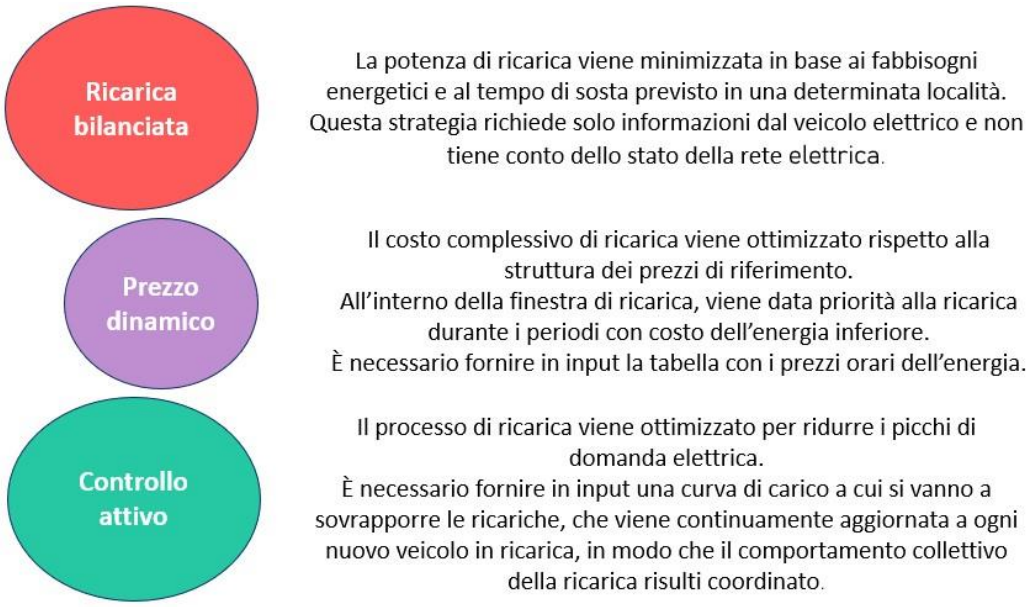
Luoghi di ricarica

Non tutti i veicoli hanno accesso a tutte e cinque le tipologie di ricarica sopra richiamate. Per tutte le tipologie si assume che la ricarica avvenga una volta al giorno; pertanto, si può definire una finestra di ricarica (*range* per l'orario di arrivo, e tempo di sosta).

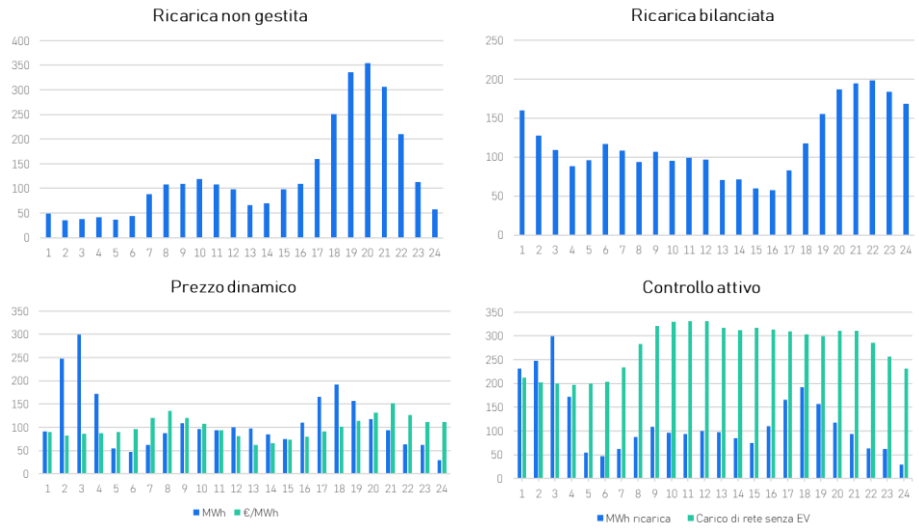
Infine, per stimare i profili di carico caratteristici dei veicoli elettrici e conseguentemente elaborare delle considerazioni dal punto di vista regolatorio su come gestire tali nuovi sistemi di trasporto, è importante individuare delle strategie di ricarica. Oltre alla domanda di ricarica "non gestita" (*unmanaged*), secondo la quale ogni veicolo ricarica totalmente la propria batteria immediatamente al termine di ciascun viaggio, si possono definire delle strategie di ricarica "gestita" che consentono di spostare l'energia all'interno del periodo di sosta presso un punto di ricarica mantenendo inalterata l'energia totale prelevata. Gli obbiettivi della ricarica gestita possono essere molteplici: ridurre la potenza di picco quando la rete è sovraccaricata, ridurre la potenza contrattuale del punto di ricarica, aumentare la quota di energia ricaricata proveniente da fonti rinnovabili, ricaricare quando i prezzi dell'energia sono più convenienti.

Caratteristiche veicoli

Con *prezzo* qui si intende il prezzo della materia prima energia.



La distribuzione oraria del carico sul sistema elettrico viene modificata in funzione della strategia scelta. Nella figura sottostante riportiamo il carico giornaliero relativo alla zona Centro-Nord, corrispondente a circa 40.000 veicoli elettrici leggeri ad uso privato (complessivamente 2700 MWh), di cui il 90% può ricaricarsi a casa e il 50% ha anche la possibilità di ricaricare per strada o a destinazione. Per quanto riguarda la modalità di ricarica guidata dai prezzi, si è preso il costo dell'energia (€/MWh) uscente dal Mercato del Giorno Prima per una giornata feriale selezionata del 2024; per la modalità guidata dalla domanda elettrica, infine, è stato considerato il fabbisogno di energia elettrica di tutta la zona di mercato (MWh) in assenza di veicoli, sempre della stessa giornata nella zona Centro-Nord.

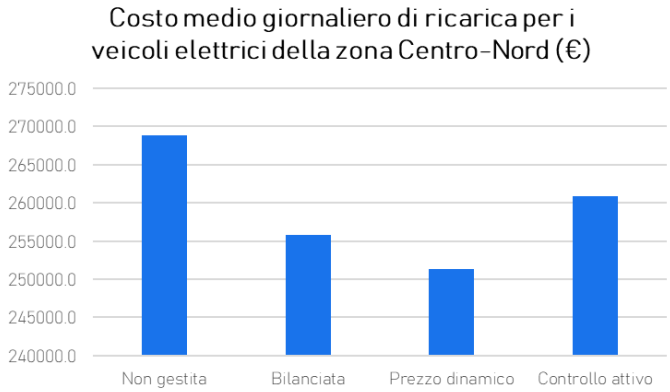


----------Il profilo di prelievo con le diverse strategie di ricarica ----------

Il carico aggiuntivo portato dai veicoli sulla rete elettrica e l'impatto sui prezzi dell'energia sono elementi fondamentali per studiare le evoluzioni regolatorie

Dai grafici sopra riportati si nota che la ricarica non gestita porta picchi di carico molto marcati in determinate fasce orarie (dalle 17.00 alle 22.00) mentre con la ricarica bilanciata il profilo di carico è distribuito in modo più uniforme riducendo tali picchi. La strategia basata sui prezzi orari comporta, come atteso, un picco di ricarica durante l'orario in cui l'energia costa meno e i veicoli sono connessi presso la propria abitazione (orario notturno), mentre con il controllo attivo il profilo di ricarica aumenta quando il carico sulla rete è minimo (nelle prime tre ore della giornata). In sintesi, le strategie di ricarica intelligente permettono di ottimizzare i periodi in cui i veicoli elettrici si ricaricano, riducendo l'impatto sulla rete elettrica nelle ore più critiche o consentendo agli utenti di beneficiare di costi energetici più bassi. Il carico dei veicoli elettrici sulla rete è sempre presente perché, in ogni ora della giornata, almeno una parte dei veicoli risulta connessa alla infrastruttura di ricarica.

Tramite il software sMTSim (stochastic Medium Term Simulator), sviluppato da RSE per simulare il funzionamento di un generico mercato del giorno prima su un orizzonte annuale, è stato possibile studiare l'impatto di queste strategie sui prezzi dell'energia. In particolare, riportiamo una stima dei costi in € della componente energia annua (esclusi quindi oneri di sistema, di trasmissione, distribuzione e misura, di commercializzazione e vendita, accise e IVA) sostenuti dai veicoli elettrici per ricaricarsi, calcolati come somma giornaliera del prodotto tra i prezzi dell'energia orari (€/MWh) ed i consumi (MWh); lo scenario preso in considerazione è quello prospettato dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima al 2030, che vede in circolazione 6 milioni di veicoli elettrici per un totale di 15 TWh di carico elettrico annuo sulla rete.



---------- ***Costi annuali in base alle strategie di ricarica*** ----------

I vantaggi di una ricarica gestita non si limitano alla rete – riducendo le congestioni rendendo il profilo di carico più uniforme – ma, come evidenziato dal grafico, si riflettono in modo significativo anche sui costi sostenuti dagli utenti. La strategia non gestita, portando i veicoli a ricaricarsi anche quando l'energia costa molto - in quanto incurante del prezzo o non potendo fare altrimenti - risulta essere economicamente la meno conveniente, mentre quella basata proprio sui prezzi della materia energia risulta coerentemente quella meno costosa. Anche le strategie di ricarica bilanciata e il controllo attivo, oltre a portare una riduzione degli impatti sulla rete, riducono i costi di ricarica dei veicoli. In primo luogo, durante i momenti di elevata domanda il sistema deve attivare impianti di generazione più costosi per garantire l'equilibrio tra domanda e offerta, il che comporta un aumento del prezzo marginale dell'energia. Inoltre, quando la rete è soggetta a congestione, ovvero quando le linee di trasmissione sono sature, diventa impossibile importare energia da zone più economiche; di conseguenza, si rende necessario produrre localmente con risorse meno efficienti, generando picchi di prezzo nelle aree interessate.
Occorre inoltre considerare l'impatto della ricarica sulla rete di distribuzione, non incluso nel modello sopra descritto, che può comportare la necessità di rinforzo ed espansione dell'infrastruttura – soprattutto quando la ricarica avviene negli orari di prelievo di altre tipologie di carico, quali le pompe di calore. Si noti, inoltre, che la ricarica guidata dai prezzi all'ingrosso potrebbe a sua volta comportare congestioni locali, qualora numerosi veicoli si ricaricassero contemporaneamente per sfruttare i prezzi inferiori.

Sperimentazione ARERA ricarica in F3

A tal proposito, da alcuni anni l'Autorità di regolazione (ARERA) ha avviato la sperimentazione che consente fino al 30 giugno 2027 di aumentare gratuitamente la potenza disponibile fino a 6 kW in fascia F3 (23:00-07:00 e festivi), favorendo la ricarica intelligente dei veicoli elettrici e lo spostamento dei consumi verso ore in cui le reti sono meno congestionate.

Progetti pilota servizi di flessibilità locale

Accanto a strategie di ricarica basate sui prezzi, dell'energia o di componenti tariffarie (*demand response* implicito), si può avere la partecipazione ai già citati servizi di flessibilità, sia verso la rete di trasmissione che per la rete di distribuzione. Strategie di ricarica intelligenti devono pertanto comporre tutti questi *input*, spostando il prelievo al fine di sfruttare costi inferiori ed erogare i servizi pattuiti.

Direttiva 944/2019

Appunti a cura di:

Andrea Alberizzi

Ricercatore del Dipartimento Sviluppo Sistemi Energetici (SSE), gruppo Regolazione dei Mercati Energetici (REM).
Ha conseguito un Dottorato di Ricerca in Ingegneria Elettrica, elettronica e *computer science.*

appuntidienergia@rse-web.it

Questo lavoro è stato finanziato dal Fondo di Ricerca per il Sistema Elettrico nell'ambito del PianoTriennale 2025-2027 (DM MASE n.388, 06-11-2024), in ottemperanza al DM 12 aprile 2024