

Rivista ufficiale dell'AEIT Seguito de "L'Elettrotecnica" fondata dall'AEI nel 1914



novembre/dicembre 2022

AEIT

Poste Italiane Spa - Sped. in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

IN PRIMO PIANO: Mobilità elettrica





Associazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni



VOI ESPRIMETE
UN DESIDERIO,
NOI REALIZZIAMO
UN PROGETTO.



Una nuova idea di città, un nuovo modo di vivere.
Costruiamo insieme un futuro di energia sostenibile.

edison.it | seguici su  

Saluto ai Soci

Debora Stefani - Presidente AEIT



Carissime Socæ,
è con grande orgoglio e soddisfazione che vi informo che, per il quinto anno di fila, AEIT ha chiuso in attivo anche l'esercizio dell'anno 2021 e che le previsioni di chiusura per il 2022 sono positive. Per questo con grande orgoglio vi dico: "Grazie!". Grazie per il vostro contributo e impegno che hanno permesso di raggiungere questi eccellenti risultati, che si accompagnano a una sempre maggiore presenza nelle attività proprie dell'Associazione, come ad esempio corsi e seminari tematici che si sono svolti per tutto l'anno.

In particolare, tra le tante iniziative svolte quest'anno mi preme segnalarvi:

- 1.** l'incontro a marzo con la Fondazione Umberto Veronesi su "Alimentazione e longevità tra scienza e tendenze alimentari";
- 2.** il Convegno Annuale Internazionale AEIT 2022 che quest'anno, per la prima volta dal 2019, si è svolto a Roma in presenza, con una parte di sessioni anche da remoto. È stato un evento ricco di interventi, con relatori di prestigio e argomenti trattati che hanno spaziato dalla transizione energetica al mercato dell'energia, dalle Smart Grid ai sistemi di telecomunicazioni. Inoltre, come tutti gli anni, abbiamo trattato gli argomenti che come ben sapete mi stanno particolarmente a cuore, le STEM, con focus sull'accesso delle donne alle facoltà STEM, i giovani e le start up;
- 3.** la formula innovativa lanciata a novembre per il Convegno Automotive: è stato organizzato uno webinar centrato su temi di maggior attualità e con sguardo rivolto al futuro, per il quale sono stati coinvolti alcuni importanti attori del settore e che ha trattato argomenti di grande attualità terminando l'evento con una interessantissima tavola rotonda. Questo evento, che si svolgerà ad anni alterni, sarà di durata più breve rispetto al Convegno Automotive vero e proprio e avrà l'obiettivo di avere un rapido punto della situazione su tutto ciò che di innovativo è in corso.

Nell'ultimo anno abbiamo poi stipulato accordi con FORMA.RE.TE Soc. Cooperativa e con la Fondazione Umberto Veronesi e rinnovato gli accordi in essere con l'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* - IEEE e con Consiglio Nazionale Ingegneri - CNI di Roma.

Queste sono solo alcune delle tante cose che abbiamo portato avanti ma che danno un'idea di quanto la nostra Associazione sia attiva sul territorio e volta a diffondere le continue ed entusiasmanti innovazioni tecniche e scientifiche.

Infine, come sapete, con il 2022 si chiudono i due mandati della mia Presidenza. Sono stati sei anni bellissimi, intensi, in cui ho avuto modo di conoscere nel profondo un'Associazione molto articolata, prestigiosa, presente e partecipe nel mondo scientifico del Paese, ma soprattutto ho trovato persone generose, che si impegnano e si spendono in prima persona per l'Associazione e che mi hanno arricchito moltissimo umanamente e professionalmente. Questa esperienza mi ha fatto crescere come persona e come professionista e per questo ringrazio di cuore tutti voi, che mi avete accompagnato e aiutato in questo fantastico percorso. Sono certa che AEIT, che continuerò a seguire con attenzione come *Past President*, proseguirà nella sua strada di successo!

Carissime Socæ tutti, vi mando un grandissimo abbraccio.

Debora Stefani
Presidente Generale AEIT

IN QUESTO NUMERO

L'importanza della mobilità elettrica, uno dei principali strumenti per giungere alla decarbonizzazione, con vantaggi circa la riduzione delle emissioni entro le città e dell'inquinamento acustico, ha raggiunto in Europa picchi di diffusione, per quanto riguarda le automobili, dai Paesi Bassi in su, che non sono confrontabili con i dati italiani. Sono del resto noti anche alcuni ostacoli soprattutto circa le infrastrutture di ricarica, localizzate nel nostro Paese per poco più di metà al Nord, soprattutto in Lombardia e Piemonte. A tali difficoltà fanno fronte, a livello sia comunitario sia italiano, disposizioni legislative su obblighi e incentivazioni di auto elettriche e su facilitazioni delle norme per la realizzazione di punti di ricarica sia domestica, sia su strade e autostrade. Questo è il focus del fascicolo attuale della rivista, introdotto dall'editoriale di *Dario Zaninelli*, con flash su molti punti già accennati in quel che precede.

Un'eccellente panoramica è fornita dal lavoro di *Stefano Bracco*, *Federico Delfino* e *Giorgio Piazza*, dove in aggiunta si discute sia sull'impatto della mobilità elettrica sul sistema elettrico, sempre più (anche in prospettiva) da fonte rinnovabile, sia sulle tecnologie di ricarica e sulla loro standardizzazione.

La possibilità delle stazioni di ricarica di partecipare al mercato dei servizi di dispacciamento, di contro alle necessità delle reti di distribuzione di essere dimensionate e gestite per fronteggiare la presenza di tali corrispondenti carichi, è presente sia all'Autorità sia ai normatori sia ai costruttori, in vista di un Controllore di Infrastruttura di Ricarica, le cui caratteristiche sono descritte da *Fabrizio Pilo*, *Ettore de Berardinis* e *Roberto Nicolini*.

Un esempio significativo di hub di ricarica è fornito da *Alessandro Bosisio*, *Gaetano Iannarelli*, *Bartolomeo Greco*, *Andrea Morotti*, *Andrea Pegoiani*, *Alessandro Cirocco* e *Luca Cavalletto*. Si tratta del parco di auto aziendali di Unareti, cioè il distributore entro A2A di energia elettrica e gas a Milano e a Brescia, realizzato nel 2017 (quando era il primo e più grande d'Italia per flotte aziendali di auto elettriche) e via via potenziato fino a circa il 50% delle 700 auto aziendali. Le analisi, qui esposte, mostrano possibili benefici (in assenza e tanto più in presenza di un impianto fotovoltaico a servizio dell'*hub*) sulla rete di distribuzione, e un primo giudizio positivo sulle distorsioni di tensione e di corrente prodotte dalle infrastrutture.

Diverse modalità di ricarica per le flotte di trasporto pubblico locale sono confrontate da *Roberto Cameroni* e *Filippo Passente*, esponendo uno strumento già impiegato in Italia e all'estero, che si presta a effettuare le scelte ottimizzando economicamente le varie strategie e tecnologie di ricarica in relazione alle esigenze di trasporto delle città considerate.

I fuori focus che seguono sono l'uno un approfondimento di un tema generale (come diminuire di peso) di largo impatto e qui affrontato come esemplificazione di un bilancio energetico alimentare equilibrato e sano (*Angelo Luvison*, *Guido Roncolato*, *Giuseppe Setaro*); l'altro un ponte gettato verso il futuro delle comunicazioni attraverso il passaggio dal 5G al 6G (*Mauro Ugolini* e *Edward Smith*).



La rivista è pubblicata con il concorso del Consiglio Nazionale delle Ricerche. È vietato riprodurre articoli della rivista senza citarne la fonte.

Registrazione Tribunale di Milano del 29.08.1948 - N. 395
Iscrizione R.O.C. numero 5977 - 10 dicembre 2001

Poste Italiane Spa - Spedizione in Abb. Postale - D. L. 353/2003 (conv. in Legge 27/02/2004 N. 46) Art. 1, comma 1, DCB Milano

Associato all'USPI Unione Stampa Periodica Italiana

Proprietaria ed Editrice © Associazione Italiana di Elettrotecnica, Elettronica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni - AEIT

Direttore:
Andrea Silvestri

Direttore Responsabile:
Maurizio Delfanti

Comitato Editoriale:
Michela Billotti, Alessio Borriello, Alessandro Bosisio, Filippo Bovera, Roberto Cameroni, Sergio Giacomo

Carrara, Luca Cavalletto, Claudio Cherbaucich, Bruno Cova, Eugenio Di Marino, Romina Donazzi, Arrigo Frisiani, Pier Franco Lionetto, Angelo Luvison, Stefano Massucco, Marco Merlo, Maurizio Molinaro, Giampaolo Monti, Giovanni Ricca, Elisa Rondella, Marino Sforza, Mauro Ugolini, Fabio Zanellini

Redazione:
Fabrizio Trisoglio - red_aeit@aeit.it

Hanno collaborato:
A. L. Fontana, G. Notaro

S O M M A R I O

AEIT • numero 1 1/12

novembre/dicembre 2022

Saluto ai Soci **1**
Debora Stefani

Editoriale **4**
Sfide e opportunità della mobilità elettrica
Dario Zaninelli

Mobilità elettrica **6**
Il ruolo della mobilità elettrica nelle reti del futuro
Stefano Bracco, Federico Delfino, Giorgio Piazza

Controllore di Infrastruttura di Ricarica (CEI 0-21:2022 V1) **14**
Fabrizio Pilo, Ettore de Berardinis, Roberto Nicolini

E-hub urbani di ricarica dei veicoli elettrici **20**
Alessandro Bosisio, Gaetano Iannarelli, Bartolomeo Greco,
Andrea Morotti, Andrea Pegoiani, Alessandro Cirocco, Luca Cavalletto

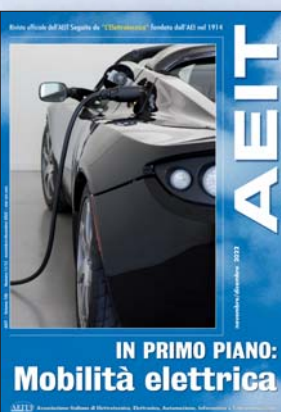
TPL elettrico: operatività e strategie di ricarica **30**
Roberto Cameroni, Filippo Passante

Non si ingrassa da Natale a Capodanno! **38**
Angelo Luvison, Guido Roncolato, Giuseppe Setaro

Il 6G: la promessa e i risultati raggiunti **50**
Mauro Ugolini, Edward Smith

RUBRICHE

AEIT Informa **59**
Giuseppe Notaro



Progetto Grafico - Copertina - Impaginazione:
Antonella Dodi - af@aeit.it

Abbonamenti e Pubblicità:
Tel. 02 873899.67 - aeit@aeit.it

Direzione Redazione Amministrazione:
AEIT - Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi, 32 - 20124 Milano
Tel. 02 873899.67
Telefax 02 66989023

Sito Internet:
<http://www.aeit.it>

Stampa - Fotoservice - Distribuzione:
Arti Grafiche Murelli Via Campania 42
20090 - Fizzonasco di Pieve Emanuele - Milano

Gli autori sono responsabili di quanto scritto nei loro articoli. Le opinioni espresse dagli autori non impegnano l'Associazione.

Sfide e opportunità della mobilità elettrica

Dario Zaninelli
Politecnico di Milano



I veicoli elettrici a batteria hanno caratterizzato le prime fasi della mobilità stradale grazie alla loro semplicità e facilità di utilizzo. Tuttavia, la tecnologia ancora primitiva delle batterie disponibili all'inizio del secolo scorso non ha permesso di rendere competitiva questa soluzione di trazione rispetto alle vetture con motore a scoppio che nel frattempo si stavano affermando. Dopo circa un secolo di mancate ricerche e investimenti a favore del motore a combustione interna, i veicoli elettrici stanno in anni recenti sempre più suscitando interesse e applicazioni nella mobilità stradale finora caratterizzata dalla dominazione dei combustibili fossili.

Le ragioni di questo rinnovato interesse sono da ricercare in diversi ambiti a partire dagli aspetti ambientali fino all'innovazione tecnologica del settore.

Sicuramente una spinta all'auto elettrica, e di seguito all'alimentazione elettrica per le altre tipologie di veicoli stradali come gli autobus e i camion, è venuta dalla necessità di decarbonizzare anche il settore dei trasporti sia per l'inquinamento locale prodotto dai veicoli tradizionali, sia per la possibilità dei veicoli elettrici di utilizzare fonti primarie rinnovabili.

Ma gli aspetti ambientali non sono sufficienti da soli a giustificare un cambiamento così radicale della tecnologia e dell'esperienza d'uso da parte degli utilizzatori finali. Infatti, gli *stakeholder* avrebbero probabilmente preferito il miglioramento della tecnologia esistente in modo da non creare una revisione profonda dei processi produttivi e delle abitudini di utilizzo oramai consolidate.

Ma perché allora si parla sempre più di auto elettrica?

Tralasciando per un momento i già richiamati aspetti ambientali, una ragione è sicuramente da ricercarsi nella tecnologia dei veicoli elettrici, che per loro natura è più semplice di quella dei motori a combustione interna e ciò si traduce in una minore complessità produttiva e una maggiore facilità di impiego associata a una minore necessità di manutenzione da parte degli utenti. Questi ultimi aspetti, sebbene non vengano mai enfatizzati, costituiscono degli aspetti importanti nella scelta di un'automobile o veicolo elettrico rispetto a quelli tradizionali. In particolare, sono aspetti molto apprezzati dalle nuove generazioni sempre più attratte dai sistemi di comunicazione e connessione digitale e meno dal classico "rombo" del motore.

A questo bisogna associare lo sviluppo delle batterie agli ioni di litio, e oggi giorno anche agli ioni di sodio più economiche e sostenibili delle prime, non solo grazie all'interesse verso la mobilità elettrica, ma anche per la necessità di sistemi di accumulo stazionari nelle reti elettriche sempre più caratterizzate da generatori a fonti rinnovabili. Ciò ha permesso di ridurre notevolmente il costo dei veicoli elettrici e aumentarne la percorrenza a livelli oramai tali da far scomparire la nota "ansia da autonomia".

Ma per l'utente un'auto è qualcosa che va oltre al semplice "veicolo", deve anche saper emozionare e divertire, non solamente trasportare. Ed è proprio su questo aspetto che il motore elettrico vince su quello a combustione interna grazie all'elevata coppia di spunto che dà al veicolo una maggiore accelerazione e quindi prontezza in tutte le condizioni

di traffico. Non è infatti un caso che le prime moderne auto elettriche siano state sviluppate proprio nel settore delle auto sportive di alta gamma. Grazie a questa esperienza, ora anche altri segmenti di veicoli stanno beneficiando delle nuove tecnologie associate alla mobilità elettrica.

Tornando ora agli aspetti ambientali, che sicuramente costituiscono una spinta molto importante verso la diffusione di questa tecnologia, vediamo le opportunità introdotte dalla mobilità elettrica.

La prima, e forse la più tangibile da tutti, riguarda una miglior vivibilità delle nostre città. Infatti, gli orientamenti attuali sono volti spesso ad una maggior pedonalizzazione delle aree urbane e all'uso di altri sistemi di mobilità dolce come monopattini e biciclette elettriche, per permettere una maggior fruizione degli spazi all'aperto da parte delle persone. In questo contesto è importante quindi trovare un equilibrio tra le esigenze di mobilità e la disponibilità di spazi tranquilli, vivibili e sicuri per le altre attività. Grazie all'assenza di emissioni locali e a una minore rumorosità i veicoli elettrici sono quindi adatti a conciliare queste due esigenze in apparenza contrastanti tra loro.

Sul fronte invece della transizione ecologica bisogna osservare come la mobilità elettrica permetta, a parità di servizio svolto, di ridurre notevolmente le emissioni di gas climalteranti perché agisce su due fronti: da un lato, infatti, i veicoli elettrici richiedono meno energia primaria grazie alla loro elevata efficienza, mentre dall'altro possono avvantaggiarsi della produzione di energia elettrica da diverse fonti rinnovabili, come quella solare, eolica, idraulica. Non solo le fonti rinnovabili aiutano la decarbonizzazione dei trasporti tramite i veicoli elettrici, ma anche i veicoli elettrici aiutano le reti ad assorbire una maggiore quantità di energia rinnovabile. Esiste infatti una sinergia bidirezionale tra i due sistemi, nel senso che uno supporta l'altro e viceversa, grazie alla capacità di accumulo intrinseca dei veicoli elettrici che permette di mitigare e gestire la naturale variabilità e imprevedibilità delle fonti rinnovabili. Questa sinergia viene attuata da infrastrutture di ricarica avanzate tramite specifiche funzioni di *Vehicle-to-Grid*, o V2G, che permettono il controllo dello scambio di energia tra rete e veicolo, ma anche tra veicolo e rete.

La sfida che ci attende per la diffusione della mobilità elettrica parte innanzi tutto dalla comunicazione e presentazione a livello globale di questa tecnologia già oggi utilizzata da milioni di persone in tutto mondo. Molto spesso la diffidenza verso i veicoli elettrici nasce proprio da una mancanza di conoscenza del loro reale utilizzo e dei benefici e delle potenzialità offerte.

D'altra parte, sarà necessario continuare a sviluppare un'infrastruttura di ricarica pubblica e privata capillare e adeguata alla crescente domanda di mobilità.

A questo proposito si segnala l'interesse sempre più crescente dei Paesi industrializzati verso gli ERS (*Electric Road Systems*), cioè sistemi di ricarica dinamica dei veicoli in movimento con alcune applicazioni sperimentali in Germania, Svezia, Stati Uniti d'America, Israele e anche in Italia, dove la Società Autostradale BREBEMI ha realizzato un anello sperimentale di un chilometro per testare la ricarica wireless dei veicoli durante la loro marcia. Nel progetto sono coinvolte importanti industrie a livello internazionale, Università e istituzioni.

La possibilità di ricaricare le batterie del veicolo mentre percorre tratti di strade e autostrade "elettrificate" apre a prospettive nuove sia riguardo l'autonomia dei mezzi, sia la possibilità di ridurre pesi e ingombri delle batterie installate a bordo.

La ricerca scientifica e tecnologica sta quindi sempre più lavorando per affermare in tempi brevi la rivoluzione della mobilità elettrica.

Elettrificabile

Il ruolo della mobilità elettrica nelle reti del futuro

Stefano Bracco, Federico Delfino, Giorgio Piazza
DITEN, Università degli Studi di Genova

L'articolo tratta la diffusione della mobilità elettrica nel contesto europeo e nazionale e le principali modalità di ricarica. Particolare attenzione è rivolta alla ricarica intelligente e all'impiego delle tecnologie V2X che affidano ai veicoli elettrici un ruolo attivo all'interno del sistema elettrico

Diffusione dei veicoli elettrici

Secondo il recente studio pubblicato dall'*International Energy Agency* - IEA [1], il parco circolante di automobili *Battery Electric Vehicle*, anche dette *full-electric* - BEV, e *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* - PHEV, ibride con la possibilità di essere ricaricate da un punto di ricarica, ammontava a circa 16,5 milioni di unità a fine 2021 nel mondo, pari al triplo del valore registrato nel 2018. L'*European Alternative Fuels Observatory* (EAFO) indica circa 5,1 milioni di automobili elettriche (52% BEV e 48% PHEV) nel 2022 in Europa, rappresentanti l'1,5% della flotta circolante, con un tasso del 19,5% di immatricolazioni di auto elettriche [2]. All'interno dell'Unione Europea, Svezia e Paesi Bassi rappresentano esempi virtuosi, rispettivamente con il 48% e il 28% delle immatricolazioni costituite da veicoli BEV e PHEV. Ancora più eccezionale il caso della Norvegia che registra una percentuale superiore all'85% [1]. I dati riportati in [2] indicano per l'Italia un 8% di immatricolazioni BEV e PHEV nel 2021 e un numero di veicoli

circolanti pari a circa 333 mila (51% BEV e 49% PHEV), valori in linea con quelli forniti dall'associazione nazionale MOTUS-E [3] che parla di 160 mila veicoli BEV circolanti a fine ottobre 2022. La IEA indica circa 450 modelli di veicoli elettrici in commercio, caratterizzati da un'autonomia media di 350 km per i BEV e 60 km per i PHEV; esistono sul mercato veicoli BEV altamente performanti, con autonomia superiore a 600 km e batterie a venti capacità sopra i 100 kWh.

Infrastrutture e modalità di ricarica

Tralasciando la ricarica induttiva (*wireless*) e la mera sostituzione delle batterie scariche (*battery swapping*), applicazioni non particolarmente diffuse, si ha la "ricarica conduttiva" che fa riferimento alla ricarica del veicolo via cavo in corrente alternata (AC) o in corrente continua (DC). Secondo la Norma internazionale CEI EN 61851-1 [4], si possono avere quattro diversi modi di ricarica conduttiva: modo 1 (ricarica domestica in AC monofase, potenza massima 3,7 kW, utilizzo di presa industriale CEE o Schuko) adatto per ricaricare mezzi leggeri (bici e scooter); modo 2 (ricarica domestica o in spazi privati in AC monofase, potenza massima 7,4 kW, cavo dotato di *control box* per monitoraggio e regolazione della ricarica); modo 3 (ricarica sia in spazi privati che pubblici in AC monofase o trifase, potenza massima 43 kW, infrastruttura di ricarica dotata di *control box*); modo 4 (ricarica in DC con potenze massime che possono superare i 300 kW). Se si focalizza l'attenzione sulla ricarica in ambito pubblico, essa può avvenire in AC (modo 3) o in DC (modo 4). Nel primo caso, il veicolo viene connesso tramite un cavo ad una *wall box* o a una colonnina di ricarica connessa alla rete di distribuzione in bassa tensione (BT); il cavo è in dotazione del veicolo (fino a potenze massime di 22 kW) o è già parte della stazione di ricarica (per potenze superiori a 22 kW). La massima potenza di carica è sempre inferiore o uguale al minimo tra la potenza di targa del punto di ricarica e la potenza nominale

del caricabatteria (convertitore AC/DC) interno al veicolo. Lato infrastruttura di ricarica si può trovare la presa tipo 2 (standard europeo Mennekes per ricarica automobili) e/o la presa tipo 3a (per connettere mezzi leggeri), mentre sul veicolo si ha la presa tipo 2 o la presa tipo 1. Nel caso invece di ricarica DC, l'infrastruttura di ricarica è sicuramente più complessa e costosa dal momento che contiene al suo interno i dispositivi di elettronica di potenza AC/DC; il cavo, che trasferisce energia al veicolo in corrente continua, è sempre connesso alla stazione. I connettori impiegati in DC sono il CHAdeMO (standard asiatico) e il CCS Combo 2 (standard europeo). Ci sono sperimentazioni in atto per ricaricare veicoli in DC con potenze superiori a 500 kW (900 kW con connettore ChaoJi), anche se oggi i valori massimi raggiunti per ricaricare automobili presenti sul mercato si attestano sui 300-350 kW e la tendenza è quella di avere veicoli con batterie sempre più capienti (oltre i 100 kWh) e ad elevata tensione (ad oggi fino a 900 V).

Secondo quanto riportato in un recente studio effettuato da ARERA [5], i punti di ricarica possono essere suddivisi nei seguenti quattro segmenti di mercato sulla base del valore di potenza massima: ricarica lenta (*slow*) fino a 7,4 kW, ricarica accelerata (*quick*) da 7,4 fino a 22 kW, ricarica veloce (*fast*) da 22 fino a 50 kW, ricarica ultra-veloce (*ultra-fast*) oltre i 50 kW. MOTUS-E indica, a settembre 2022, circa 33 mila punti di ricarica pubblici o ad accesso pubblico installati in Italia, di cui il 91% in AC (15% *slow* e 85% *quick* o *fast*) [3]. Dal punto di vista della collocazione geografica, tali punti di ricarica sono installati per il 57% al Nord, 23% al Centro e 20% al Sud; Lombardia e Piemonte sono le regioni con il maggior numero di infrastrutture. Si è registrato, nell'ultimo trimestre, una forte crescita dell'installazione di punti di ricarica in DC che hanno rappresentato il 45% delle nuove installazioni. La scelta di quali punti di ricarica installare (in termini di potenza e tipologia) e dei siti ottimali dipende da molti fattori, *in primis*: domanda di trasporto degli utenti "elettrici", tipologia di sosta, densità abitativa, assenza di vincoli paesaggistici, facilità di allaccio alla rete elettrica, ecc. Sicuramente costituiscono siti idonei all'installazione i luoghi di interesse (musei, parchi archeologici, centri storici, ecc.), le grandi direttrici di traffico, i centri commerciali, le stazioni, gli aeroporti, gli ospedali, i centri sportivi, i campus universitari, ecc. Nelle zone residenziali è preferibile scegliere punti di ricarica *slow* o *quick*, considerando che la ricarica avviene prevalentemente di notte per tempi sufficientemente lunghi, al contrario in autostrada è necessario dotare le aree di servizio di stazioni *ultra-fast* visti i ridotti tempi di

sosta degli utenti, mentre in prossimità di centri commerciali e luoghi di interesse si trovano spesso sistemi di ricarica *quick* o *fast*. Un caso particolare è costituito da aeroporti e stazioni ferroviarie, nelle cui aree di sosta si possono prevedere diverse tipologie di punti di ricarica: *ultra-fast* per taxi e veicoli adibiti a *car sharing*, *slow* e *quick* per veicoli che stazionano per lunghi periodi.

Sostegno alla mobilità elettrica

L'Unione Europea ha accelerato lo sviluppo della mobilità elettrica, vista come uno dei principali mezzi per raggiungere la decarbonizzazione, attraverso l'emanazione di importanti direttive e atti legislativi, basti ricordare la Direttiva 2014/94/UE sulla realizzazione di un'infrastruttura per i combustibili alternativi (DAFI), il *Green Deal* [6] e le misure alla base del *Fit for 55*, il *Next Generation EU* [7] *plan* e il *Sustainable and Smart Mobility Strategy and Action Plan* [8] che prevede entro il 2030 almeno 30 milioni di veicoli a emissioni zero in circolazione sulle strade europee. Un impulso alla mobilità elettrica è da imputare anche al Regolamento UE/2019/631, che definisce i livelli di prestazione in termini di emissioni di CO₂ delle nuove autovetture e favorisce l'immissione nel mercato di veicoli sempre più *green*. A livello italiano, è significativo ricordare il D.Lgs. n. 257 del 16 dicembre 2016 (che recepisce la direttiva DAFI), il Piano nazionale infrastrutturale per la ricarica dei veicoli alimentati ad energia elettrica (PNIRE), i Decreti Legge n. 76 del 16 luglio 2020, n. 77 del 31 maggio 2021 e n. 144 del 23 settembre 2022 (di semplificazione delle norme per la realizzazione di punti di ricarica di veicoli elettrici e per la fornitura di energia elettrica) e il D.Lgs. n. 187 del 8 novembre 2021 relativo agli obblighi per le amministrazioni che rinnovano il parco veicolare. Dal punto di vista delle forme di incentivazione alla mobilità elettrica, si ricordano gli incentivi all'acquisto sia di veicoli a bassa emissione (DPCM 6 aprile 2022) che di infrastrutture di ricarica (decreto Milleproroghe 21 dicembre 2022), nonché importanti provvedimenti quali, ad esempio, i cinque anni di esenzione dal pagamento della tassa automobilistica (bollo) per i veicoli BEV e un importo ridotto negli anni successivi, oppure benefici locali quali la possibilità di accedere alle zone a traffico limitato e di parcheggiare gratuitamente sulle strisce blu in alcune città. Nonostante i molteplici vantaggi connessi alla mobilità elettrica, *in primis* la riduzione del rumore e delle emissioni all'interno delle città, esistono tuttora alcuni ostacoli che ne rallentano la diffusione, come evidenziato nello *Smart Mobility Report 2022* del Politecnico di Milano [12]: il costo di acquisto del mezzo elettrico e dell'infra-

struttura di ricarica domestica, la minore autonomia rispetto ai veicoli tradizionali, la scarsa diffusione delle infrastrutture di ricarica in alcune zone e la necessità di un maggior numero di infrastrutture di ricarica in ambito autostradale. Sicuramente in questi ultimi anni si è assistito a un grande sviluppo dell'infrastruttura di ricarica sul territorio nazionale ed europeo, basti citare la rete di *charger ultra-fast Ionity* installati in 24 nazioni [12] e il progetto CEUC (*Central European Ultra Charging*) nell'Est Europa [13], anche se la rete di ricarica, sia *quick* che *fast*, è stata principalmente sviluppata nei grandi centri urbani e in prossimità delle grandi direttrici di traffico. Un altro fattore che sicuramente incide sulla diffusione della mobilità elettrica è anche il costo del servizio di ricarica che dipende fortemente dall'andamento dei prezzi dell'elettricità, che hanno subito un deciso incremento nello scorso semestre. Si è passati infatti, in Italia, da pagare mediamente 0,25 €/kWh per una ricarica domestica e 0,50 €/kWh per una ricarica pubblica nel 2021 a 0,50 €/kWh e 0,80 €/kWh a settembre 2022.

I veicoli elettrici nelle reti elettriche

I veicoli elettrici e le relative infrastrutture di ricarica si trovano ad essere parte del sistema elettrico nazionale, oggi sempre più caratterizzato dalla presenza di impianti di produzione di energia da fonte rinnovabile, anche di piccola-media taglia (la cosiddetta "generazione distribuita rinnovabile"). Come riportato da Terna, la produzione elettrica nazionale è stata coperta nel 2021 per il 59% dalle centrali termoelettriche non rinnovabili e per il 41% da impianti a fonte rinnovabile, con un incremento del 11,5% e dello 0,4% rispettivamente di eolico e fotovoltaico rispetto al 2020. In termini di potenza installata, si hanno 62,7 GW di termoelettrico, 23,1 GW di idroelettrico, 11,3 GW di eolico e 22,6 GW di fotovoltaico. I consumi annui nazionali, pari a 300,9 TWh, hanno registrato un aumento dello 6% rispetto al 2020 con un picco di domanda di 55 GW [14].

All'interno dello scenario sopra descritto i veicoli elettrici rappresentano carichi elettrici e, come tali, incidono sulla curva della domanda e la loro ricarica impatta sulla gestione delle reti di distribuzione in bassa e media tensione alle quali tipicamente sono connesse le stazioni di ricarica. Come indicato in [11], se si assume di avere 6 milioni di autovetture elettriche al 2030 (di cui 4 milioni BEV), l'incremento dei consumi nazionali dovuto alla mobilità elettrica è stimabile nel 3% (pari a circa 10 TWh/anno). Un impatto maggiore sul sistema elettrico si ha se si ragiona in termini di potenza

assorbita. Supponendo di avere, in un dato istante, 1 milione di veicoli BEV in carica (25% del totale) a 3 kW, si avrebbe un incremento della curva della domanda di 3 GW (pari a circa il 10% dell'assorbimento tipico notturno). Se si applica un calcolo simile ad una porzione ristretta di territorio, come una città o un quartiere, si può giungere a evidenziare criticità legate a sovraccarichi e congestioni, come evidenziato in un recente studio sviluppato dall'RSE [15]. Sarà quindi sempre più necessario, al crescere del numero di veicoli elettrici e punti di ricarica, applicare strategie di ricarica intelligente (*smart charging*) e implementare le tecnologie V2X (*vehicle-to-everything*), onde evitare problematiche sulle reti elettriche e rendere i veicoli elettrici soggetti attivi all'interno dei mercati dell'energia. È significativo anche considerare l'importanza di integrare le infrastrutture di ricarica con sistemi di produzione di energia a fonte rinnovabile, *in primis* con il fotovoltaico. Numerose sono le installazioni di moduli fotovoltaici sulle coperture di parcheggi pubblici o privati dotati di postazioni di ricarica, e vale la pena nominare anche i lampioni pubblici intelligenti, dotati di prese per la ricarica dei veicoli in sosta a beneficio dell'ottimizzazione dell'occupazione del suolo pubblico.

Prima di parlare di ricarica intelligente e tecnologie V2X, è opportuno nominare i molteplici soggetti coinvolti nell'ambito della mobilità elettrica, come illustrato dal GSE in [16]: il detentore del veicolo (utente finale che effettua la ricarica), il venditore di energia che fornisce l'energia elettrica all'intestatario del POD, il distributore che gestisce la rete di distribuzione e il POD a cui è connessa la stazione di ricarica, il proprietario (*Charging Station Owner* - CSO) e il gestore (*Charging Point Operator* - CPO, che installa e cura la manutenzione) dell'infrastruttura di ricarica, e il fornitore di servizi di mobilità (*Mobility Service Provider* - MSP, che offre il servizio di ricarica all'utente finale gestendo i relativi pagamenti). A tali figure si aggiunge la figura dell'aggregatore (*Balance Service Provider* - BSP) che fa da interfaccia tra più infrastrutture di ricarica e i mercati dell'energia nel caso in cui le stesse erogano servizi di flessibilità in rete attraverso l'implementazione di logiche di ricarica intelligente e V2X. È importante evidenziare che in funzione della tipologia di installazione (ricarica privata o ad accesso pubblico) le figure sopra elencate possono essere non tutte presenti e alcune, in certi casi specifici, coincidere [16].

Smart Charging

Con il termine *smart charging* (ricarica intelligente) si intende la possibilità di implementare strategie di ricarica del singolo veicolo elettrico che

consentano di modulare la potenza di ricarica o dilazionare la ricarica nel tempo in funzione di segnali esterni, quali indicazioni di prezzo o informazioni tecniche derivanti dalla gestione della rete elettrica, pur garantendo le necessità dell'utente finale utilizzatore del veicolo. Si riportano in figura 1 e in figura 2 alcuni esempi di *smart charging*. Tali strategie possono sia apportare benefici economici all'utente finale che garantire una migliore gestione della rete elettrica di distribuzione, evitando nuovi investimenti in componenti della rete (necessari in presenza di un crescente numero di infrastrutture di ricarica gestite in maniera non *smart*), nonché sovraccarichi o interruzioni del servizio di fornitura energetica conseguenti a eccessivi picchi di prelievo. *Smart charging* significa quindi ricaricare un veicolo, o più in generale una flotta di veicoli, in momenti di bassa domanda (per esempio durante la notte), in fasce orarie caratterizzate da prezzi dell'elettricità contenuti, oppure in periodi caratterizzati da un'elevata produzione locale di energia da fonte rinnovabile. Si è soliti distinguere le strategie di

smart charging in due macro gruppi: *user-managed charging* e *supplier-managed charging*. Nel primo caso è l'utente finale che decide quando effettuare la ricarica sulla base delle proprie necessità e in fasce orarie con prezzi favorevoli, mentre nel secondo caso la strategia di ricarica intelligente implementata è decisa da un soggetto terzo, quale il gestore della rete o un aggregatore, in funzione di particolari condizioni di funzionamento della rete (curva di carico della zona in cui è installata l'infrastruttura di ricarica, disponibilità di un eccesso di produzione di energia da impianti a fonte rinnovabile, ecc.).

È importante sottolineare come, al crescere del numero di veicoli elettrici, maggiore sarà il contributo della ricarica intelligente alla compensazione della variabilità delle fonti rinnovabili. Concentrando le ricariche in momenti di surplus di produzione, si potrà evitare il *curtailment* degli impianti rinnovabili; ciò sarà possibile sfruttando sia i veicoli di privati cittadini, che mediamente rimangono parcheggiati per il 95% della giornata, che flotte

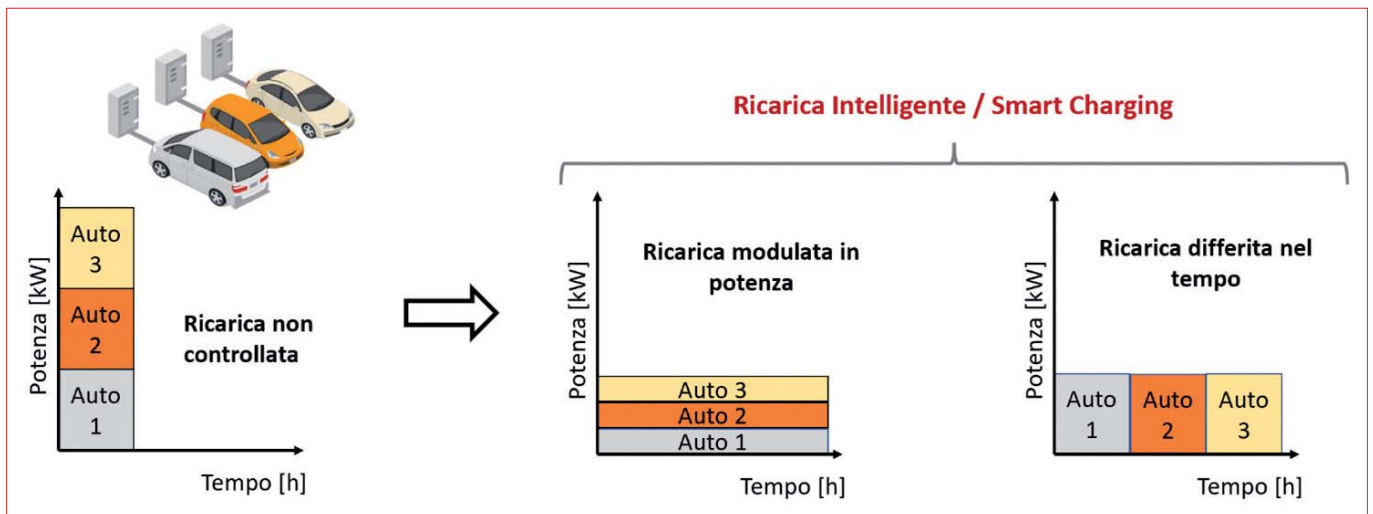


Figura 1
Esempi di smart charging di flotte di veicoli

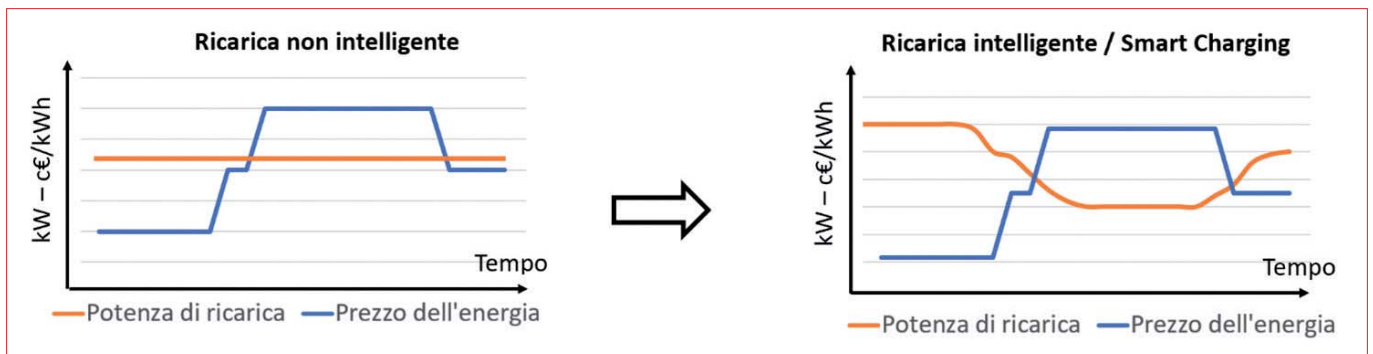


Figura 2
Esempio di smart charging in funzione del prezzo dell'energia elettrica

aziendali (poste, polizia municipale, raccolta rifiuti, ecc.), queste ultime più facilmente prevedibili in termini di orari di stazionamento. Nell'ottica di sviluppare la ricarica intelligente sul territorio nazionale, ARERA con la Deliberazione 541/2020/R/eel del 15 dicembre 2020 [17] ha avviato una sperimentazione finalizzata a facilitare la ricarica nelle fasce orarie notturne e festive (fascia F3) in luoghi non accessibili al pubblico, per utenti in bassa tensione con potenza impegnata tra 2 kW e 4,5 kW. Dal 1° luglio 2021 al 31 dicembre 2023 essi avranno infatti la possibilità di ricaricare il proprio veicolo avendo la disponibilità di una potenza di circa 6 kW, di notte, di domenica e negli altri giorni festivi, senza dover richiedere un aumento di potenza al proprio fornitore di energia elettrica, e quindi senza dover sostenere costi fissi aggiuntivi dovuti all'incremento della potenza impegnata. Inoltre, molti fornitori di sistemi di ricarica in ambito domestico suggeriscono oggi soluzioni integrate che vedono l'installazione di *wall box*, moduli fotovoltaici sulla copertura degli edifici e batterie di accumulo al fine di gestire in maniera ottimale i diversi flussi energetici (di produzione e consumo) durante la giornata: può essere conveniente infatti accumulare l'energia prodotta in surplus dal fotovoltaico e utilizzarla in un secondo momento per soddisfare i fabbisogni dell'abitazione o per ricaricare il veicolo.

Tecnologie V2X

Secondo quanto riportato da ARERA in [5], con il termine "V-to-G" si indica l'interazione tra veicoli elettrici e sistema elettrico, che consente ai veicoli di erogare, tramite le infrastrutture di ricarica a cui sono connessi, servizi di riserva, bilanciamento, regolazione di frequenza e di tensione. Nel caso in cui il flusso di energia sia monodirezionale, dalla rete alla batteria del veicolo, si parla nello specifico di V1G che indica lo *smart charging*: il flusso di energia può essere variato di intensità, interrotto o anticipato/ritardato, ma non cambiare direzione. Viceversa, si introduce la sigla V2G (*Vehicle-to-Grid*) per indicare il caso particolare di V-to-G in cui il flusso di energia è bidirezionale, prevedendo quindi anche la possibilità di iniezione di potenza dalla batteria del veicolo verso la rete. Nella pratica si parla anche di V2H (*Vehicle-to-Home*), V2B (*Vehicle-to-Building*), V2V (*Vehicle-to-Vehicle*), V2L (*Vehicle-to-Load*), che possono essere raggruppati con la sigla V2X (*Vehicle-to-Everything*). Nei casi di V2H e V2B si pone l'accento sullo scambio bidirezionale di energia tra il veicolo e l'edificio (singola unità abitativa o edificio generico) all'interno o in prossimità del quale è installato il dispositivo di ricarica del mezzo considerato. In alcuni casi particolari, già oggi presenti

sul mercato, è possibile anche avere uno scambio di energia tra veicoli (V2V) oppure, nel caso V2L, si possono alimentare dispositivi (come elettrodomestici) con energia prelevata dalla batteria del veicolo attraverso la presa usualmente utilizzata per le ricariche.

Attraverso l'impiego della tecnologia V2G i veicoli si trovano ad operare come e veri proprio sistemi di accumulo in grado di assorbire energia dalla rete, in fase di carica, e cedere energia in fase di scarica. Flotte di veicoli elettrici connessi in rete possono essere caricate (*Grid-to-Vehicle - G2V*) in corrispondenza di momenti di bassa domanda, bassi prezzi o quando si prevede un surplus di produzione di energia in impianti rinnovabili non programmabili (fotovoltaico, eolico, idroelettrico ad acqua fluente, ecc.). I veicoli verranno poi scaricati (V2G) per erogare energia in rete al fine di sopperire ad un incremento della domanda o a una diminuzione non programmata della produzione rinnovabile. Come illustrato in figura 3, la tecnologia V2G può essere quindi impiegata per implementare logiche di "rasatura dei picchi" (*peak shaving*) e di "livellamento del carico" (*load leveling*) al fine di avere la curva della domanda di una determinata area geografica la più costante possibile.

La figura 4 mostra due esempi di applicazione delle tecnologie V2X in ambito domestico, con riferimento a una abitazione dotata di un impianto fotovoltaico e di una *wall box* per la ricarica del veicolo elettrico di proprietà. Il grafico di sinistra è relativo al caso di puro *smart charging* (V1H), mentre il grafico di destra considera la possibilità sia di caricare che scaricare il veicolo (V2H). Il veicolo verrà caricato prevalentemente sfruttando la fonte rinnovabile, se esso sarà presente presso l'abitazione nelle ore centrali della giornata, e fornirà energia all'abitazione (caso V2H) in giornate particolarmente nuvolose o durante la notte.

Dal punto di vista normativo, con il D.M. 30 gennaio 2020 del MiSE [18] si consente alle infrastrutture di ricarica dotate di tecnologia V2G di partecipare al Mercato per il Servizio di Dispacciamento (MSD) in forma aggregata tramite le Unità Virtuali Abilitate Miste (UVAM), al fine di erogare servizi di riserva terziaria e bilanciamento, articolati nelle modalità "a salire" e "a scendere", nonché di risoluzione delle congestioni e ulteriori servizi tra i quali la regolazione primaria e secondaria di frequenza e la regolazione di tensione, ove tecnicamente fattibile. Per favorire la suddetta partecipazione, si è ridotta la capacità minima modulabile da 1 MW a 0,2 MW obbligatoriamente

per le sole UVAM costituite esclusivamente da infrastrutture di ricarica. Come illustrato in [16], il detentore del veicolo deve poter definire dei limiti all'utilizzo del sistema di accumulo del proprio veicolo a fini di partecipazione all'MSD (massima energia erogabile, esprimibile in termini di chilometri equivalenti, stato di carica desiderato entro un certo orario, livello minimo di carica al di sotto del quale non erogare servizi verso la rete) e deve poter accedere a benefici economici, anche per compensare l'eventuale riduzione della vita utile della batteria conseguente a ripetuti cicli di carica e scarica, anche se al momento non esiste ancora una letteratura consolidata per asserire che tale modalità di funzionamento penalizzi eccessivamente le prestazioni delle batterie.

Nel corso dell'ultimo decennio nel mondo numerose sperimentazioni sono state condotte al fine di sviluppare e testare le tecnologie V2X. In larga parte, le applicazioni V2G hanno riguardato infrastrutture di ricarica in DC equipaggiate con connettori CHAdeMO. Il sito web [19] riporta l'elenco di 107 progetti V2G sviluppati dal 2009 ad oggi, la maggior parte dei quali nel Regno Unito (22), negli Stati Uniti (19) e nei Paesi Bassi (14). Si desidera ricordare qui alcuni dei progetti più significativi.

- *Parker* (Danimarca), dal 2016 al 2018: applicazione V2G (50 stazioni di ricarica in DC da 10 kW) alla flotta di veicoli Mitsubishi, PSA e Nissan di proprietà dell'utility Frederiksberg Forsyning.

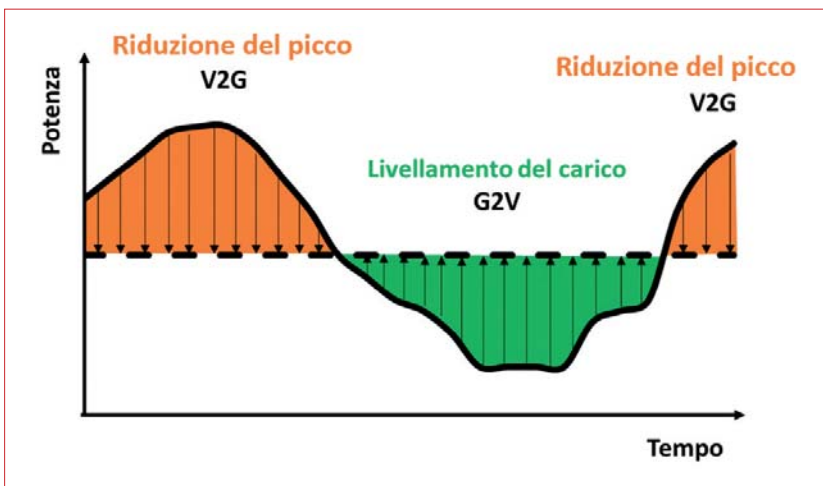


Figura 3

Utilizzo della tecnologia V2G per servizi di peak shaving e load leveling

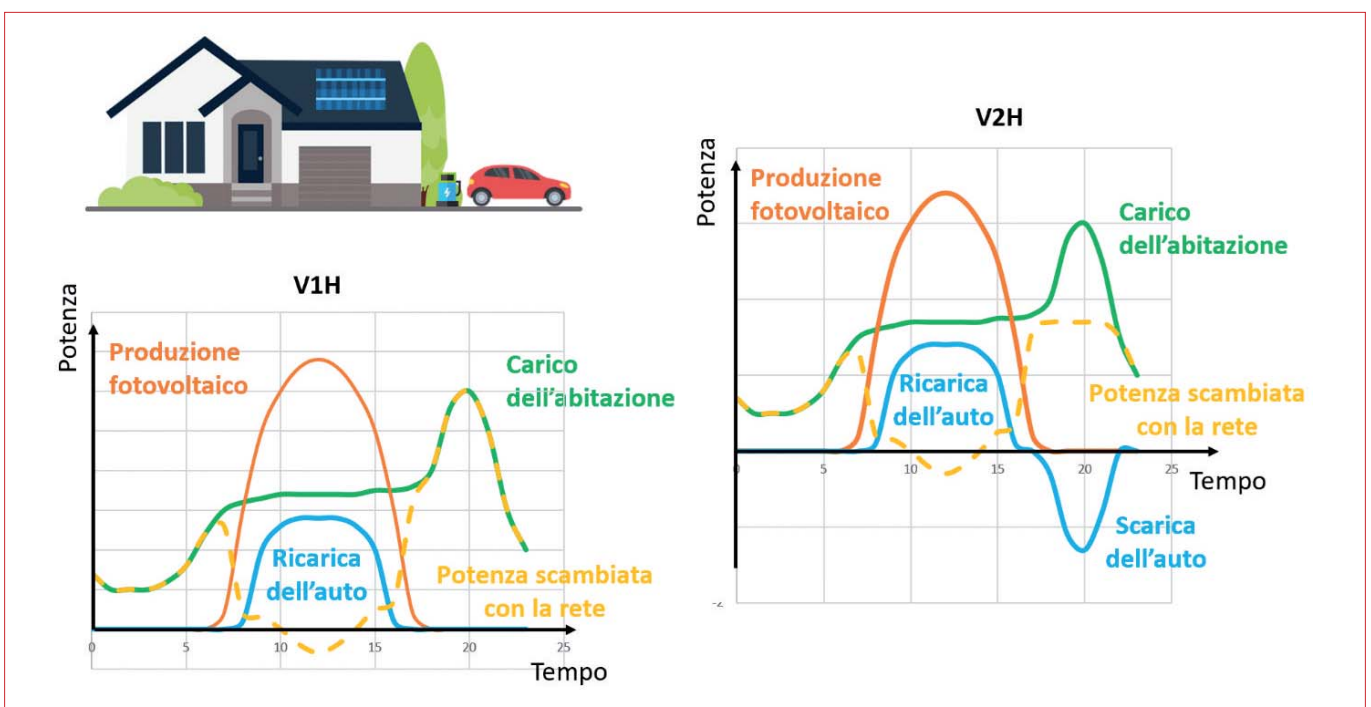


Figura 4

Utilizzo della tecnologia V2H in ambito residenziale

- *Electric Nation Vehicle to Grid* (Regno Unito), dal 2020 al 2022: 100 utenti (del settore domestico e commerciale) proprietari di una Nissan Leaf hanno sperimentato la tecnologia V2G ricevendo una remunerazione.
- *Elia V2G* (Belgio), dal 2018 al 2019: applicazioni V1G (AC) e V2G (DC) per fornire al TSO servizi di regolazione della frequenza. 40 stazioni di ricarica, diversi modelli di veicoli.
- *SCALE* (Paesi Bassi), in corso: progetto Horizon per lo sviluppo di applicazioni smart charging e V2G. 13 casi pilota in Norvegia, Paesi Bassi, Francia, Germania, Ungheria e Svezia.
- *Dendo Drive House* (Giappone): prototipo di casa intelligente (proposto da Mitsubishi nel 2019) equipaggiata con un impianto fotovoltaico a tetto, un sistema di accumulo stazionario a batterie, una *wall box* V2H e un veicolo PHEV (Mitsubishi Outlander) in grado di scambiare energia con l'abitazione e fornire servizi di flessibilità (*peak shaving, load leveling, backup* in caso di disconnessione dalla rete).
- *BloRin - Blockchain* per la gestione decentrata delle *Rinnovabili* (Italia): progetto in corso per la realizzazione di una piattaforma tecnologica basata sulla *blockchain* per la diffusione delle energie rinnovabili e la gestione di scambi energetici, tra cui la gestione di infrastrutture di ricarica V2G, in isole minori quali Favignana e Lampedusa.
- *DrossOne V2G* (Italia): progetto in corso di realizzazione a Mirafiori (Torino) e sviluppato da Free2move eSolutions e Stellantis. Realizzazione di un parcheggio per nuove auto (destinate

ad essere inviate alle concessionarie) dotato di 280 punti di ricarica bidirezionali fast (50 kW) integrati con un impianto fotovoltaico da 12 mila moduli e con un sistema di accumulo stazionario costituito da batterie *second life*. Servizi forniti a DSO e TSO con previsione di 25 MW di riserva ultra-fast entro il 2025.

- *E-mobility lab di Terna* (Italia): nuovo polo tecnologico a Torino dove sperimentare le potenzialità di auto e colonnine elettriche come risorse di flessibilità per il sistema elettrico.

Conclusioni

La mobilità elettrica riveste un ruolo centrale all'interno dell'attuale transizione energetica verso un sistema elettrico sempre più *green*. I veicoli elettrici diventano, per il tramite delle infrastrutture di ricarica ad essi associati, soggetti attivi all'interno dei mercati dell'energia e fondamentale è il contributo che essi possono fornire nell'incrementare la flessibilità del sistema elettrico nazionale, caratterizzato da una presenza sempre maggiore di sistemi di generazione distribuita di energia rinnovabile in distretti urbani sostenibili. L'applicazione di strategie di *smart charging* dei veicoli elettrici e l'implementazione delle tecnologie V2X, accompagnate da una maggiore standardizzazione e digitalizzazione delle architetture operative, possono contribuire al miglioramento della gestione delle reti elettriche e portare vantaggi economici ed ambientali anche agli utenti dei servizi di mobilità elettrica.

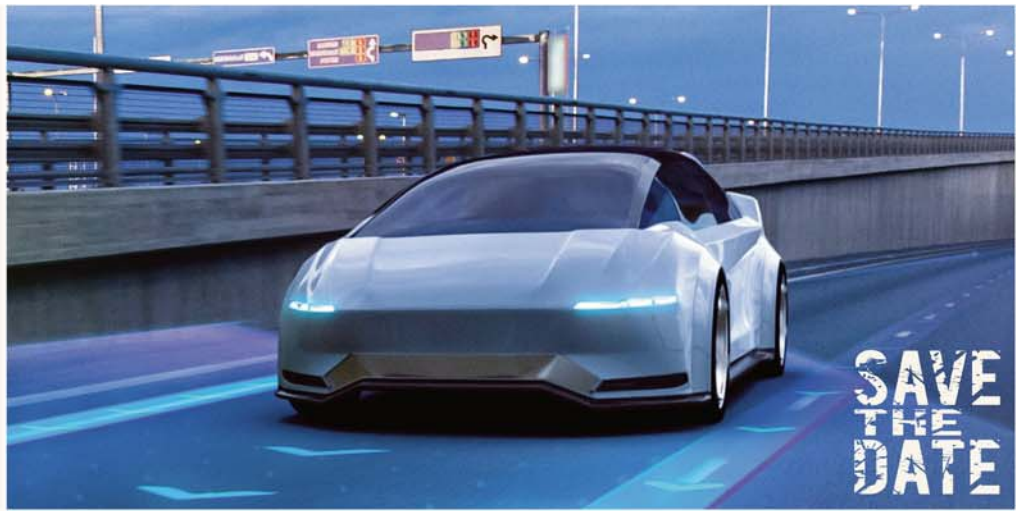
BIBLIOGRAFIA

- [1] IEA: *Global EV Outlook 2022 - Securing supplies for an electric future*, Francia, maggio 2022.
- [2] EAFO: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/>
- [3] MOTUS-E: www.motus-e.org/
- [4] IEC 61851-1:2017: *Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements*.
- [5] ARERA: *Rapporto finale della ricognizione su Mercato e caratteristiche dei dispositivi di ricarica per veicoli elettrici*, aprile 2021.
- [6] European Green Deal: www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/
- [7] Next Generation EU: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/recovery-plan-europe_en
- [8] EU Sustainable and Smart Mobility Strategy and Action Plan: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en
- [9] Regolamento (EU) 2019/631: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0631>
- [10] ARERA: *Mobilità elettrica*, www.arera.it/it/eletricita/veicoli_ele.htm#norme
- [11] Energy & Strategy Group: *Smart Mobility Report 2022*, Politecnico di Milano, 2022.
- [12] Ionity: <https://ionity.eu/>
- [13] CEUC: www.electrive.com/2018/04/26/ceuc-new-fast-charge-corridor-for-europe/
- [14] Terna: www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche
- [15] RSE: *Impatto delle infrastrutture di ricarica sulla rete elettrica di distribuzione*, luglio 2022.
- [16] GSE: *Informativa ai detentori dei veicoli in merito all'utilizzo dei sistemi di accumulo in ambito V2G*, novembre 2020.
- [17] ARERA: *Deliberazione 541/2020/R/eel*, 15 dicembre 2020.
- [18] *Ministero Sviluppo Economico - MiSE: Decreto 30 gennaio 2020*.
- [19] V2G Hub: www.v2g-hub.com/

AUTO MOTIVE

Modena, Italy
July 17-19, 2023

University of Modena
and Reggio Emilia



SAVE
THE
DATE

Organized by



in cooperation with
HPEGROUP



International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive

AEIT AUTOMOTIVE 2023 Conference will be held on July 17-19, 2023 in Modena to host regular papers in several areas of the multiform automotive field. The 7th AEIT International Conference on Electrical and Electronic Technologies for Automotive (**AEIT AUTOMOTIVE 2023**) aims to be a solid reference of the technical community to present and discuss the most recent results of scientific and technological research for the automotive industry, with particular emphasis to applications and new trends.

The Conference covers all aspects of the segment focusing on 6 tracks:

- **Track 1: Energy storage, fuel cells, and batteries**
- **Track 2: Advanced driver assistance systems and autonomous driving, safety and connectivity**
- **Track 3: Smart mobility and energy grid**
- **Track 4: Power Electronics, active and passive components, sensors and transducers**
- **Track 5: AI for automotive: Hardware and software architectures**
- **Track 6: Electric Motors and Drives for green transportation**

AEIT AUTOMOTIVE 2023 will bring together the Electrical and Electronic

Automotive specialists with the Information and Communication Technology ones. The Executive and the Technical Program Committee include experts from the Academic world, Associations, Key Industrial Stakeholders and Regulatory Authorities.

AEIT AUTOMOTIVE 2023 will be structured in Scientific Sessions, including both lectures and poster sessions, Key-note Speeches, Round tables and Panel discussions, covering current electric automotive scenario with its national and international perspectives, development trends and the regulatory framework. A Technical Exhibition with Industry attendance will be held.

AEIT AUTOMOTIVE 2023 is aimed at an academic and industrial audience, professionals active in automotive, including designers, manufacturers and users of technology, as well as analysts and investors interested in this sector in great development and of high social impact.

Authors are invited to submit preliminary papers containing a complete description of the proposed technical contribution along with results, suitably framed in the related state of the art. Conference content will be submitted for inclusion into IEEE Xplore as well as other Abstracting and Indexing (A&I) databases.

Info for the submission will soon be at disposal on the conference website.

EXECUTIVE COMMITTEE

Enrico Sangiorgi • *General Chair, Italy*
Giovanni Franceschini • *Technical Program Co-Chair, Italy*
Enrico Macii • *Technical Program Co-Chair, Italy*
Giovanni Cancellieri • *Co-Chair, Italy*
Antonio Imbruglia • *Co-Chair, Italy*
Stefano Massucco • *Co-Chair, Italy*
Giuseppe Parise • *Co-Chair, Italy*
Gaia Petrelli • *Publication Chair, Italy*
Gianni Pasolini • *Local Committee Chair, Italy*
Adamo Nicola Panzanella • *Logistics Chair, Italy*
Stefano Pirani • *Web Services Chair, Italy*
Gianfranco Veglio • *Finance Chair, Italy*

TECHNICAL PROGRAM COMMITTEE

Program Co-Chairs: Giovanni Franceschini, • *University of Modena and Reggio Emilia, Italy*
Enrico Macii • *Politecnico di Torino, Italy*
• **Track 1: Energy storage, fuel cells, and batteries** • *Track Chair:* Massimo Ceraolo, *University of Pisa, Italy*
Track 2 • Advanced driver assistance systems and autonomous driving, safety and connectivity • *Track Chair:* Marko Bertogna, *University of Modena and Reggio Emilia, Italy*
Track 3 • Smart mobility and energy grid • *Track Chair:* Carlo Alberto Nucci, *University of Bologna, Italy*
Track 4 • Power Electronics, active and passive components, sensors and transducers • *Track Chair:* Matteo Meneghini, *University of Padua, Italy*
Track 5 • AI for automotive: Hardware and software architectures • *Track Chair:* Angelo Garofalo, *University of Bologna, Italy*
Track 6 • Electric Motors and Drives for green transportation • *Track Chair:* Davide Barater, *University of Modena and Reggio Emilia, Italy*

SECRETARIAT

AEIT - Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi, 32 • 20124 Milano

• email: automotive@aeit.it • web site: <https://convegni.aeit.it/automotive>

Controllore di Infrastruttura di Ricarica (CEI 0-21:2022 V1)

Fabrizio Pilo *Presidente CT 316 - Università di Cagliari*
Ettore de Berardinis *Vicepresidente CT 316 CEI*
Roberto Nicolini *KEMA - CESI*

La memoria descrive il Controllore di Infrastruttura di Ricarica (CIR) previsto dalla CEI 0-21:2022 V1, dispositivo obbligatorio per le stazioni di ricarica domestica che intendano partecipare al mercato dei servizi di dispacciamento

Il raggiungimento degli obiettivi nazionali e internazionali per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica richiede importanti interventi per conseguire l'obiettivo della mobilità sostenibile. L'elettrificazione dei trasporti su gomma, ovvero l'impiego dei veicoli elettrici nella tipologia *plug-in* che si connettono alla rete elettrica per la ricarica della batteria, è una delle principali azioni di sviluppo attese. Stime nazionali prevedono una presenza di veicoli elettrici al 2035 intorno al 16% dell'attuale parco veicolare (circa sei milioni di veicoli). Le recentissime scelte del Parlamento Europeo in merito alle caratteristiche di emissioni dei veicoli che potranno essere immatricolati in Europa dal 2035 certamente fanno prevedere che i veicoli elettrici saranno un tassello essenziale per raggiungere la mobilità sostenibile. In questo contesto, è evidente che la crescita della mobilità elettrica ponga sfide importanti al sistema elettrico in generale, e alle reti di distribuzione in particolare. Le reti di distribuzione dovranno infatti essere dimensionate o gestite per far fronte alla presenza di stazioni di ricarica rapida e ultrarapida e alla moltitudine di ricariche domestiche. Le elevate potenze in gioco e la contemporaneità

delle ricariche porranno quindi sfide importanti ai pianificatori del sistema di distribuzione di media e bassa tensione nel tentativo di trovare un punto di equilibrio fra investimenti e qualità della fornitura. Tuttavia, nonostante le problematiche derivanti dall'impatto sul sistema elettrico, i veicoli elettrici *plug-in* sono anche una importantissima risorsa di flessibilità per il sistema elettrico in quanto costituiranno, una volta connessi alla rete, inizialmente un carico modulabile di grandissima dimensione e, in prospettiva, un sistema di accumulo distribuito di grande dimensione. Lo sfruttamento della flessibilità nel programma di ricarica può quindi rendere meno critico l'impatto sulle infrastrutture elettriche, ad esempio limitando la contemporaneità delle ricariche, e contribuire alla gestione di un sistema di produzione dell'energia caratterizzato da quote di produzione sempre più elevate da fonti a energia rinnovabile non programmabile. Prospettive ancora più importanti si apriranno con l'adozione di modalità di connessione bidirezionale che permetteranno di sfruttare i veicoli elettrici esattamente come qualunque sistema di accumulo.

In questo contesto, il Governo con il DM MISE 30/1/2020 *Vehicle to grid* ha previsto che ARERA "in collaborazione con il Comitato elettrico italiano (CEI)", individui "specifiche tecniche minime, perseguendo principi di semplicità ed economicità, che i dispositivi e i misuratori installati presso il punto di connessione, anche già integrati nelle infrastrutture di ricarica, devono possedere ai fini della partecipazione al mercato per il servizio di dispacciamento. ARERA provvede alla copertura, anche in via forfettaria, dei costi aggiuntivi connessi alla installazione dei dispositivi e dei sistemi di misura necessari ad assicurare, per entrambe le configurazioni V1G e V2G, l'interazione tra veicolo e rete elettrica". La consultazione pubblica ARERA 201/2020/R/eel aggiunge: "Ciò consentirà di razionalizzare, nel caso delle infrastrutture di ricarica, le specifiche tecniche e costruttive dei dispositivi sopra richiamati (oggi oggetto di potenziale libera iniziativa nel rispetto dei requisiti necessari

per l'erogazione dei servizi ancillari), identificando soluzioni minime ai soli fini dell'erogazione dei servizi ancillari: tali requisiti non saranno quindi necessari per le infrastrutture di ricarica i cui gestori non intendano erogare servizi ancillari”.

Il CT 316 del CEI in ottemperanza a quanto richiesto da ARERA ha quindi avviato un complesso iter di aggiornamento normativo finalizzato alla definizione delle specifiche funzionali di un dispositivo che rispondesse ai requisiti di economicità richiesti dal citato DM e che consentisse alle stazioni di ricarica di permettere la partecipazione al mercato dei servizi di dispacciamento, ovvero di fornire servizi ancillari globali al sistema elettrico nazionale, garantendo nel contempo i necessari requisiti di cybersicurezza. Al termine dell'iter normativo, a dicembre 2022, il CEI ha pubblicato la variante V1 della norma CEI 0-21 (CEI 0-21:2022 V1) che contiene il nuovo Allegato X che fornisce le prescrizioni per le infrastrutture di ricarica operanti in modalità V1G (ricarica di tipo monodirezionale in modo 3 e in modo 4 come da serie CEI EN 61851) installate in utenze passive o attive allacciate a reti BT con obbligo di connessione di terzi che partecipano ai mercati di servizi di flessibilità nel quadro di provvedimenti di ARERA.

Per permettere l'erogazione di tali servizi, la Norma CEI 0-21:2022 V1 definisce le specifiche tecniche e funzionali del *Controllore di Infrastruttura di Ricarica - CIR*, un nuovo apparato i cui compiti sono:

- la raccolta dei dati relativi alla misura della potenza prelevata dall'infrastruttura di ricarica, alla potenza scambiata con la rete al punto di connessione e, opzionalmente, alla potenza prelevata e immessa da eventuali generatori presenti in impianto;
- lo scambio dei dati con il soggetto esterno abilitato (*Remote Operator - RO*) per la fornitura di servizi ancillari; il RO è il soggetto abilitato alla comunicazione da parte dell'utente che ha installato il CIR nel proprio impianto (ad es., aggregatore, distributore, ecc.);
- la regolazione dinamica e parametrizzabile della potenza, prelevata dalla rete per la ricarica della batteria del veicolo, effettuata attraverso una Stazione di Ricarica per veicoli elettrici in modo 3 e in modo 4 (definito come da serie CEI EN 61851);
- la fornitura dei servizi di rete per la sicurezza del sistema elettrico (risposta in sotto-frequenza) basata sulla disponibilità di una misurazione locale della frequenza di rete.

Il CIR consente di:

- ottimizzare la potenza destinata alla ricarica dei veicoli elettrici, in funzione dell'assorbimento degli altri carichi utilizzatori presenti nell'utenza, nonché di eventuale produzione in loco;
- rendere disponibili risorse di modulazione affin-

ché il RO possa offrire/richiedere servizi ancillari;

- contribuire alla sicurezza del sistema elettrico fornendo i servizi di rete in condizioni di sotto-frequenza.

I requisiti funzionali tengono conto delle prescrizioni della norma CEI 0-21:2019 per gli utenti attivi e passivi. Dal momento che l'Allegato X non si applica alle infrastrutture di ricarica operanti in modalità V2G¹ tramite le quali il veicolo elettrico può immettere energia in rete, gli utenti passivi che operino la ricarica in modalità V1G agendo mediante il CIR rimangono passivi e quindi non necessitano della installazione della protezione di interfaccia (SPI). Le specifiche funzionali del CIR sono state definite dal CT 316, tenendo in considerazione le limitazioni tecnologiche degli standard attualmente in uso per le infrastrutture di ricarica e autoveicoli per quanto relativo alla modulazione della potenza di carica e della sospensione della carica stessa.

Controllore dell'Infrastruttura di Ricarica - CIR

Il CIR si interfaccia con una o più infrastrutture di ricarica CSI che possono a loro volta gestire uno o più veicoli elettrici EV. È comunque previsto un solo CIR per ciascun punto di interconnessione con la rete (POD) (Figura 1).

Il CIR può essere una apparecchiatura indipendente o integrata nella infrastruttura di ricarica (CSI) o in altre apparecchiature, quali il sistema di gestione

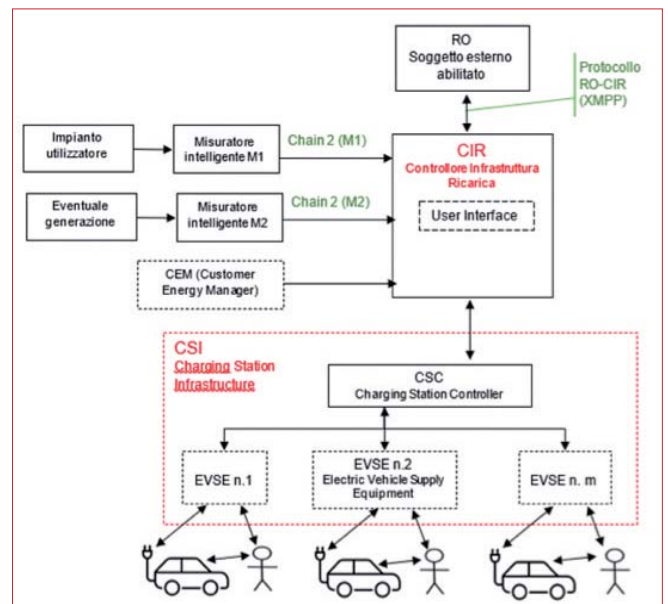


Figura 1
Architettura di riferimento per le interfacce di comunicazione del CIR - Allegato X CEI 0-21:2022 V1

¹ Le prescrizioni normative per la ricarica V2G sono allo studio del CT 316.

dell'energia elettrica (CEM) o il Controllore Centrale di Impianto (CCI), qualora presente. Le funzioni del CIR possono essere realizzate anche in altre modalità, purché rispettino i requisiti funzionali indicati.

Modalità di funzionamento del CIR

Il CIR assolve le funzionalità di scambio dati e le funzionalità di controllo, regolazione e comando in modalità autonoma e in modalità asservita (alternative tra loro). Nella modalità di controllo autonoma, modula la potenza dell'infrastruttura di ricarica sulla base dei dati di potenza prelevata e immessa rilevati dal misuratore intelligente 2G al punto di consegna e dei parametri impostati in precedenza tramite interfaccia locale o remota. Il CIR deve impedire il superamento della potenza disponibile con il conseguente intervento del limitatore di potenza del misuratore M1. Il CIR deve pertanto calcolare in tempo reale il margine di potenza a disposizione per l'infrastruttura di ricarica, calcolato sulla base della potenza disponibile e della potenza scambiata al punto di consegna. A tal fine devono essere acquisite dal misuratore intelligente 2G (M1) la potenza attiva istantanea prelevata e immessa (Chain 2) e la potenza attiva istantanea assorbita dall'infrastruttura di ricarica, rilevata dal sistema di misura di cui sono dotate le stazioni di ricarica. Al fine di evitare l'intervento del sistema di prote-

zione degli accumulatori dell'autoveicolo, deve essere possibile definire la tempistica per l'invio di comandi consecutivi al veicolo secondo un intervallo di tempo parametrizzabile tra 1 e 60 secondi con valore di default pari a 30 secondi.

La logica di controllo carica prevede che venga modulata la potenza dell'infrastruttura di ricarica in modo che l'assorbimento complessivo rilevato dal misuratore intelligente 2G (M1) rimanga inferiore alla soglia di intervento del limitatore posto nel misuratore intelligente stesso. Nel caso di contratto domestico da 3 kW, il livello di "potenza soglia" è pari alla potenza contrattuale + 10% (3,3 kW, corrispondente alla "Potenza disponibile"), livello al di sotto del quale l'utente è autorizzato a prelevare per un tempo indefinito. Nel misuratore intelligente 2G, è presente un sistema che prevede, all'attraversamento di specifiche soglie di potenza (S1, S2, S3...), scelte in fase di configurazione del misuratore intelligente 2G, l'invio ai dispositivi utente della potenza attiva istantanea prelevata o immessa (campionata dal misuratore intelligente 2G ogni secondo) come meglio definito nella CEI TS 13-82 parte 7.2.

A titolo esemplificativo nelle seguenti figura 2 e figura 3 viene riportata l'interazione tra il misuratore intelligente 2G di tipo M1 e il dispositivo CIR attraverso il canale Chain 2 durante l'evento di superamento della potenza disponibile. L'esempio prende in considerazione un utente domestico che dispo-

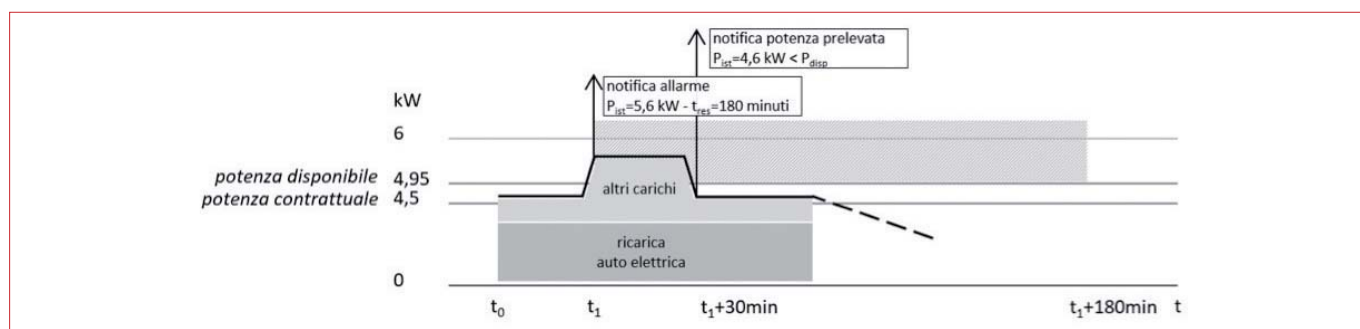


Figura 2

Esemplificazione dell'invio di segnali provenienti dal misuratore intelligente 2G M1 sul canale Chain 2 durante l'evento di superamento della potenza disponibile

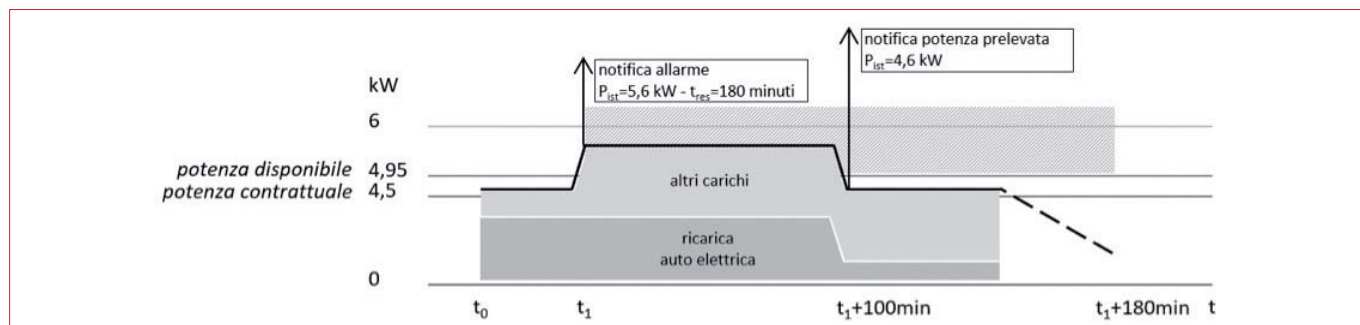


Figura 3

Esemplificazione dell'invio di segnali provenienti dal misuratore intelligente 2G M1 sul canale Chain 2 durante l'evento di superamento della potenza disponibile e successivo intervento della funzione di power management presente nel CIR

ne di una fornitura con potenza contrattuale pari a 4,5 kW, a cui corrisponde una potenza disponibile pari a 4,95 kW. Nella condizione di partenza è in corso la ricarica del veicolo elettrico che sta impegnando una potenza di 4 kW mentre gli altri carichi della casa correntemente attivi stanno prelevando 600 W, con una potenza prelevata totale al punto di consegna pari a 4,6 kW. In tale condizione il misuratore intelligente 2G non è in allarme. Successivamente l'utente attiva un ulteriore carico da 1 kW, portando il totale della potenza prelevata al punto di consegna pari a 5,6 kW. Da questo momento il misuratore intelligente 2G è in allarme, e notifica tale condizione sul canale della Chain 2 trasmettendo un messaggio contenente le seguenti informazioni (valori forniti come esempio):

- potenza attiva istantanea prelevata - 5,6 kW;
- potenza disponibile - 4,95 kW;
- tempo residuo all'intervento del limitatore - 180 minuti.

A partire dalle informazioni ricevute, il dispositivo CIR può decidere se comunicare all'infrastruttura di ricarica il valore di potenza da prelevare al fine di portarla al di sotto della soglia di potenza disponibile, oppure se mantenere la potenza di ricarica monitorando da un lato il *time-out* di intervento del limitatore che avrà attivato al suo interno, e dall'altro eventuali ulteriori notifiche da parte del misuratore intelligente 2G. Infatti, qualora l'utente dopo, per esempio, dopo 30 minuti spegnesse il carico da 1 kW, la potenza prelevata totale tornerebbe al di sotto della potenza disponibile e il misuratore intelligente 2G uscirebbe dalla condizione di allarme. Quest'ultimo notificherebbe tale condizione sul canale della Chain 2 trasmettendo un messaggio contenente il nuovo valore di potenza attiva istantanea prelevata.

Il CIR in questo caso sarebbe in grado di mantenere la potenza dell'infrastruttura di ricarica inizialmente impostata. Diversamente il CIR interverrà riducendo il livello di ricarica entro i limiti temporali notificati attraverso il canale della Chain 2, salvaguardando l'utente dall'intervento del limitatore del misuratore intelligente 2G. L'intervento da parte del CIR dovrà avvenire mantenendo sempre un opportuno margine temporale di anticipo rispetto all'istante in cui interverrà il limitatore.

Secondo quanto specificato dalla CEI TS 13-83, l'informazione relativa al tempo residuo prima dell'intervento del limitatore e di tipo addizionale e potrebbe non essere supportata dai misuratori intelligenti 2G di tutti i DSO. Qualora tale informazione non fosse presente all'interno del messaggio di allarme, il dispositivo CIR sarebbe comunque in grado di intervenire immediatamente dopo la notifica per riportare la potenza prelevata totale al di sotto della potenza disponibile.

Per infrastrutture con più stazioni di ricarica, e lasciata al progettista/costruttore la definizione degli algoritmi di allocazione della potenza di ricarica tra i diversi veicoli presenti.

Nella modalità di controllo asservita, la potenza dell'infrastruttura di ricarica in V1G è modulata sulla base di comandi ricevuti dal RO. La modalità asservita ha priorità sul controllo autonomo, rispettando il vincolo della potenza disponibile rilevata dal misuratore intelligente 2G di scambio. In caso di fallimento della comunicazione il CIR ritorna in modalità di funzionamento autonoma. Il CIR deve essere in grado di attuare i comandi da RO che pervengano dopo un intervallo di tempo non inferiore al tempo di attesa rispetto all'ultimo *set-point* processato. Trascorso il tempo di attesa, il CIR deve garantire un tempo di reazione dalla ricezione del successivo comando che non preveda ritardi intenzionali, sia tarabile e abbia come default 1 secondo. Il ripristino della potenza massima dell'infrastruttura di ricarica disponibile può avvenire automaticamente allo scadere del periodo di tempo per il quale è stata programmata la riduzione, oppure a fronte dell'invio di un nuovo messaggio con potenza massima dell'infrastruttura di ricarica diversa che sovrascrive il *set-point* in vigore.

Le grandezze elettriche inviate dal CIR a RO sono elencate nell'allegato X, alla sezione Parametri elettrici gestiti dal CIR.

Per quanto riguarda la funzione di *power management* locale, le funzioni di regolazione devono agire con tempi tali da prevenire l'intervento del limitatore del misuratore M1. E quindi opportuno che il CIR sia in grado di processare il segnale di preavviso di intervento del limitatore per supero della potenza disponibile inviato dal misuratore intelligente 2G tramite la "Chain 2" e di intervenire tempestivamente per ridurre la potenza prelevata complessivamente al punto di consegna. Per la fornitura di servizi ancillari, la funzione di regolazione deve avere tempistiche coerenti con limitazioni delle autovetture ovvero con variazioni del set point compatibili con la frequenza di variazioni accettata dalle stazioni di ricarica. L'informazione sulla potenza scambiata al punto di consegna da M1 attraverso la Chain 2 quando disponibile, deve arrivare entro un intervallo di 1 minuto rispetto l'ultima comunicazione inviata, oppure immediatamente qualora si registrasse una variazione di prelievo superiore a una certa soglia.

Contributo alla sicurezza del sistema elettrico

I veicoli elettrici connessi al sistema elettrico sono un'importante risorsa di sistema in grado di erogare servizi ancillari globali e, in un futuro possi-

mo, locali, in base ai risultati delle sperimentazioni previste dalla deliberazione 352/2021 di ARERA.

Le stazioni di ricarica dei veicoli elettrici e i veicoli elettrici ad esse connessi (in modalità V1G) costituiscono un carico flessibile direttamente raggiungibile da sistemi di comunicazione tramite il CIR che può contribuire alla sicurezza del sistema elettrico nazionale qualora siano ravvisate condizioni critiche di sotto frequenza. Il CIR deve tal fine interrompere l'eventuale ciclo di carica in atto inviando alla stazione di ricarica il comando di sospensione della ricarica del veicolo elettrico in condizioni di sotto-frequenza. Il comando di sospensione della ricarica deve essere attuato per superamento di valori di soglia in sotto-frequenza regolabile tra 47,5 e 50 Hz (di default pari a 49,5 Hz) oppure per superamento di una soglia di frequenza determinato in modo casuale nell'intervallo 47,5 e 49,5 Hz. Tale comando è prioritario rispetto alla esecuzione di comandi per la fornitura di servizi ancillari. Al ritorno della frequenza nella banda $50 \pm 0,05$ Hz per un tempo minimo continuativo di 300 secondi (regolazione di default, tempo tarabile tra 1 e 900 secondi con risoluzione di 1 secondo), il CIR deve interrompere la richiesta di sospensione della ricarica ripristinando il normale funzionamento della funzionalità precedentemente interrotta con due passi di modulazione della potenza. Il primo gradino rende disponibile, per un tempo di 5 minuti, il 50% del valore massimo tra la potenza dell'infrastruttura di ricarica assorbita prima del comando di stand-by e la potenza minima di ricarica del veicolo elettrico. Il secondo gradino rende disponibile il 100% della potenza dell'infrastruttura di ricarica assorbita prima del comando di *stand-by*.

Protocollo di Comunicazione

Le interfacce di comunicazione tra CIR e CSMS (*Charging Station Management System*) del *Charging Station Operator* - CSO, Interfaccia Utente per configurazione e manutenzione, infrastruttura di ricarica e CEM, non sono oggetto dell'Allegato e possono essere realizzate nella modalità ritenuta più opportuna dal costruttore. La Comunicazione con i misuratori intelligenti 2G M1 e M2 è definita dalle norme del CT 13. L'interfaccia di comunicazione per lo scambio dati con RO si basa sul protocollo *eXtensible Messaging and Presence Protocol* - XMPP. L'impiego del protocollo di trasporto XMPP assicura le caratteristiche di scalabilità, modularità e flessibilità richieste dal gran numero di Infrastrutture di Ricarica da controllare. Il protocollo XMPP è definito nei documenti emessi da *Internet Engineering Task Force* - IETF. Vale la pena di segnalare la definizione dei casi d'uso relativi al protocollo per la comunicazione fra RO e CI

per la quale il CT 57 del CEI ha prodotto il documento CEI PAS 57-127 con l'obiettivo di facilitare la realizzazione del dispositivo in grado di rispettare le specifiche funzionali normative.

Certificazione

Il CIR deve ottenere una certificazione sulla base di prove tecniche di conformità indicate nell'Allegato X. In particolare, sono richieste:

- a. prove funzionali corrispondenti alla comunicazione CIR - RO secondo ciascun caso d'uso;
- b. prove funzionali corrispondenti alla comunicazione dal misuratore intelligente 2G al CIR;
- c. prove relative alla *cybersecurity*.

Per la definizione completa delle procedure di prova di cui ai punti a) e c), si fa riferimento al documento CEI PAS 57-127. Per la definizione completa delle procedure di prova di cui alla lettera b), si veda quanto previsto per il Dispositivo Utente dal CT 13. Il CIR deve essere dotato di marcatura CE. Inoltre, per rispondere ai requisiti di isolamento, ambientali e di compatibilità elettromagnetica relativi allo specifico ambiente di installazione, dovrà essere sottoposto a prove secondo le norme di riferimento. Qualora il CIR sia realizzato come funzionalità integrata in altri elementi d'impianto (ad es., l'infrastruttura di ricarica), per le prove di isolamento, ambientale ed EMC si deve fare riferimento a quanto previsto nella norma di prodotto relativa all'elemento di impianto considerato.

La rispondenza ai requisiti elencati nei punti precedenti deve essere attestata da "Dichiarazione di conformità" dell'apparecchiatura del Costruttore, nella forma di autocertificazione da parte del Costruttore medesimo, redatta ai sensi dell'Articolo 47 del DPR 28 dicembre 2000, n. 445, che deve essere resa disponibile dall'Utente al DSO all'atto della connessione. La documentazione attestante il superamento delle prove (rapporti di prova) deve essere conservata dal costruttore per almeno 20 anni dall'ultima produzione. L'esecuzione delle prove di compatibilità ambientale previste deve avvenire presso un laboratorio accreditato secondo CEI UNI EN ISO/IEC 17025. Le prove funzionali possono in alternativa avvenire presso il laboratorio di cui sopra, oppure presso i laboratori del costruttore, o laboratori esterni non accreditati. In quest'ultimo caso, le prove devono avvenire sotto la sorveglianza e responsabilità di apposito organismo certificatore che abbia i requisiti della UNI CEI EN ISO/IEC 17065 o, in alternativa, sotto la sorveglianza e responsabilità del laboratorio accreditato presso il quale sono state fatte le prove EMC. Si deve infine rendere disponibile l'attestazione che la produzione del dispositivo avviene in regime di qualità (secondo ISO 9001).

AEIT HVDC

internationalconference2023

Operational Experience and
Technological Development
for Application Worldwide

Rome, Italy ■ May 25-26 ■ 2023



Overview

High Voltage Direct Current (HVDC) transmission draws an ever increasing interest of TSO in Europe and all over the world.

Major developments in technology make HVDC in many cases more reliable, easy to apply and operate, economically affordable. Wider applications are now possible and many projects are under development, making HVDC an even more interesting business than before also for manufacturers and engineering companies.

AEIT HVDC International Conference 2023 will serve

as an International forum for the presentation and exchange of technological advances and research results in the broad fields of HVDC Power Systems applications.

The following issues are within the scope of the conference:

- HVDC operational experience;
- Outlook of HVDC projects planned and at design or construction stage;
- Latest (ongoing) and next coming developments in HVDC technology (converter stations, cables, overhead lines);
- Market perspective.

AEIT HVDC International Conference 2023 will bring together leading utilities, universities, transmission system operators, consultants, equipment suppliers, and solution providers to help shape the future of power transmission industry.

Registration fee is posted on the conference website.



Important Dates

- | | |
|--|------------------|
| Full Papers submission | • March 31, 2023 |
| Acceptance notification | • April 20, 2023 |
| Final Manuscript and authors' registration: | |
| | • May 10, 2023 |

Secretariat

AEIT Ufficio Centrale
Via M. Macchi 32 • 20124 Milano, Italy
E-mail: hvdc2023@aeit.it
Website: <https://convegni.aeit.it/HVDC2023>

E-hub urbani di ricarica dei veicoli elettrici

Alessandro Bosisio *Università di Pavia* • Gaetano Iannarelli *Sapienza Università di Roma* • Bartolomeo Greco *A2A SpA*
Andrea Morotti, Andrea Pegoiani, Alessandro Cirocco, Luca Cavalletto *Unareti SpA*

L'articolo si pone l'obiettivo di comprendere il potenziale contributo della mobilità elettrica per una efficiente transizione energetica, considerando come caso studio l'hub di ricarica dei veicoli aziendali di Unareti, il distributore di energia elettrica e gas di Milano e Brescia

La spinta delle politiche globali ed europee che mirano a limitare l'inquinamento nei prossimi decenni ha sostenuto e continua a sostenere l'incremento della domanda di energia elettrica, confermandone il primato come vettore della transizione energetica [1-3]. In questo contesto, le grandi città, come per esempio Milano, stanno affrontando una crescita della domanda di energia elettrica più marcata rispetto alle aree rurali, principalmente a causa dell'adozione della mobilità elettrica e all'uso intensivo del condizionamento estivo [4]. L'aumento dei flussi di energia sulle proprie reti sta spingendo i distributori, tra cui Unareti, il distributore di energia elettrica e gas di Milano e Brescia, a condurre analisi e predisporre nuovi e aggiornati scenari di sviluppo, alla ricerca di soluzioni innovative per soddisfare la crescente domanda sia in termini di numerosità dei punti di prelievo che di intensità. Unareti, per esempio, al fine di programmare i propri interventi di potenziamento della rete elettrica di distribuzione al 2030, ha ipotizzato i seguenti tre scenari di crescita.

a. Scenario base: prevede un incremento del 24% della potenza di picco assorbita con un aumento del 10% dell'energia elettrica consumata.

b. Scenario rallentato: prevede un incremento del 15% della potenza al picco e un incremento dell'energia pari al 6%.

c. Scenario accelerato: prevede un incremento del 36% della potenza al picco e un incremento dell'energia pari al 15%.

Questi scenari sono fortemente influenzati dalla ormai non più trascurabile crescita della mobilità elettrica. Unareti ha infatti stimato un incremento per la città di Milano di circa il 15% maggiore rispetto alle stime nazionali, che potrebbe avere effetti significativi sulla rete di distribuzione, per esempio il possibile sovraccarico di cavi e trasformatori, problemi di tensione, asimmetria del carico e incremento delle armoniche. Il sovraccarico, per esempio, è dovuto all'aumento della domanda legata alla ricarica dei veicoli elettrici [4], soprattutto nel caso di retrofit delle stazioni di ricarica, il quale carico incrementale non era stato preso in considerazione nel dimensionamento iniziale della rete. Inoltre, le stazioni di ricarica situate alla fine delle linee, potrebbero causare problemi di tensione, in particolare problemi di sotto tensione [5]. Un terzo effetto che spesso viene misurato è il carico asimmetrico tra le tre fasi [6]. Anche con una stazione di ricarica trifase correttamente installata, in alcuni casi, i veicoli si caricano principalmente attraverso una fase, creando asimmetrie alla rete che potrebbero danneggiare i componenti e portare a problemi di tensione. Infine, l'elettronica di potenza nelle infrastrutture di ricarica potrebbe generare armoniche, impattando negativamente sulla qualità della fornitura dell'energia elettrica [7].

A fronte di questi scenari e di analisi già condotte nei periodi di maggiore carico della rete [8], l'utilizzo di servizi di flessibilità sulla rete di distribuzione sembra essere sempre più una reale opportunità per i distributori, che potrebbero attingere alle risorse locali allacciate alla propria rete per risolvere criticità non ancora strutturali. Le recenti direttive

europee e italiane già hanno aperto a questi nuovi servizi incentivando progetti sperimentali utili alla loro definizione e realizzazione [3, 9-11]. Il ricorso alla flessibilità potrebbe risolvere temporanee congestioni lungo la rete, che si verificano in determinate ore del giorno e in determinati periodi dell'anno, differendo il carico, modulando la generazione, o nel caso di accumulo immettendo in rete parte dell'energia precedentemente assorbita [12].

L'articolo riporta quindi le analisi condotte sull'E-hub di ricarica dei veicoli elettrici sito nella Ricevitrice Nord di Unareti, proponendo una possibile logica di *Demand Response* (DR) volta alla potenziale partecipazione nei mercati di flessibilità locale dei veicoli elettrici. Inoltre, attraverso una campagna di misura sperimentale, verranno evidenziati i potenziali effetti delle infrastrutture di ricarica sulla qualità del servizio.

L'E-hub di ricarica dei veicoli elettrici di Unareti

A2A SpA, la holding di cui fa parte Unareti, si sta preparando a un ruolo da protagonista nel settore della mobilità sostenibile. Come riportato nel proprio piano strategico [13], al 2030, nei territori di Milano e Brescia, si prevede saranno quadruplicate le installazioni di punti di ricarica per veicoli elettrici. Oltre a contribuire allo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica pubblica, A2A ha recentemente rinnovato il proprio parco auto operativo, acquistando più di 700 vetture elettriche e installando oltre 1.200 punti di ricarica in 90 sedi di proprietà del Gruppo. Con questo progetto il Gruppo A2A sta contribuendo a favorire l'adozione di una mobilità più sostenibile, grazie ad una percentuale di auto elettriche di proprietà superiore a quella di tutte le società italiane con flotte operative di dimensioni confrontabili. L'iniziativa consentirà inoltre di ridur-

re di oltre il 25% le emissioni di CO₂, circa 1.000 tonnellate all'anno. Tra gli hub di ricarica del gruppo che hanno subito un ampliamento c'è quello di Unareti nella sede di via Ponte Nuovo a Milano, all'interno della storica Ricevitrice Nord. Quando, nel 2017, l'E-hub è stato realizzato, era il primo e il più grande in Italia per la ricarica della flotta aziendale di auto elettriche. Il recente rinnovo dei mezzi ha portato ad un sensibile aumento delle auto elettriche che vengono utilizzate dai tecnici di Unareti per le operazioni quotidiane di rinnovo e manutenzione della rete di distribuzione dell'energia elettrica. La flotta è composta da 700 veicoli, di cui più del 50% elettrici: Renault Zoe, Opel Corsa, furgoni Nissan EN V-200 e Citroen Jumpy (Figura 1).

Dalle iniziali 37 stazioni di ricarica a doppia presa, di cui 27 monofase da 3,6 kW e 10 wallbox, si è passati, nell'estate del 2022, a un totale di 96 stazioni di ricarica: 10 wallbox da 3,7 kW, 84 stazioni di ricarica da 3,6 kW e due stazioni di ricarica *fast charge* da 100 kW. Pertanto, l'E-hub può ricaricare un totale di 192 veicoli elettrici, con una capacità massima installata maggiore di 500 kW. La Tabella 1 riassume le principali caratteristiche della flotta di veicoli elettrici a servizio delle attività operative di Unareti.

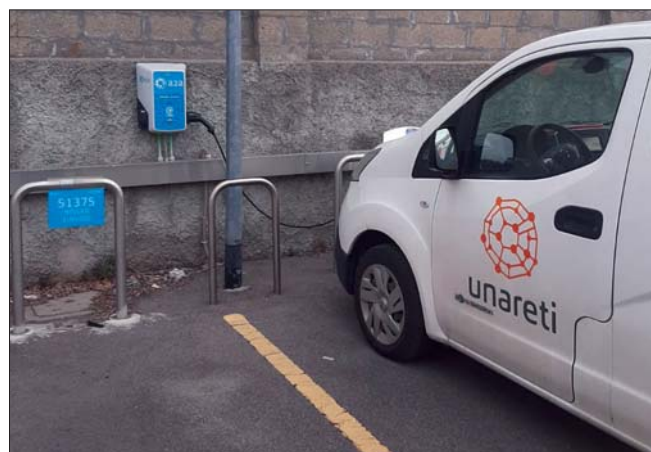
Tabella 1 Dati principali relativi dell'E-hub di Unareti

Numero totale di veicoli elettrici	356
Numero minimo di veicoli elettrici utilizzati al mese	300
Capacità della batteria della singola auto elettrica	45 kWh
Energia utilizzata per la ricarica delle batterie dei veicoli elettrici	12.000 kWh
Energia dei veicoli elettrici mediamente parcheggiati nell'e-hub (<i>virtual storage</i>)	4.500 kWh



Figura 1

Veicoli elettrici in ricarica presso l'E-hub di Unareti all'interno della cabina primaria Nord - Fonte Unareti





▲ Figura 2
Stazioni di ricarica e wallbox installati nell'E-hub di Unareti - Fonte Unareti

La figura 2 mostra le stazioni di ricarica e wallbox installati presso l'E-hub di Unareti.

Attualmente, l'E-hub e i veicoli elettrici presenti non consentono l'utilizzo della tecnologia *Vehicle-to-Grid* (V2G). I prossimi obiettivi sono già stati però fissati dall'azienda: coprire il parcheggio con pensiline fotovoltaiche e implementare una infrastruttura che consenta il *Vehicle-Grid-Integration* (VGI) al fine di testare alcune logiche di supporto alla rete di distribuzione dell'energia elettrica.

Gestione intelligente delle stazioni di ricarica dei veicoli ai fini della modulazione della domanda d'energia elettrica

In questa sezione sono riportate le principali risultanze delle analisi condotte sulle curve di assorbimento dell'E-hub di Unareti, con particolare riferimento al periodo estivo, giugno e luglio 2021, periodo dell'anno in cui la rete di distribuzione milanese registra un marcato aumento delle criticità, e durante il quale una modulazione della domanda risulterebbe sicuramente un asset utile ad una migliore gestione della rete. La figura 3 riporta l'andamento quartorario del profilo di assorbimento totale dell'E-hub, dove si notano due picchi di ricarica, uno la mattina e il secondo nel primo pomeriggio. Il grafico riporta gli andamenti dei primi quattro giorni della settimana.

L'andamento riportato in figura 3 è stato confrontato con alcuni studi precedentemente effettuati da Unareti sulle criticità di alcune sottostazioni di Milano. Come è possibile notare nella Tabella 2, la ricarica della flotta aziendale contribuisce ad aumentare le possibili criticità della rete di distribuzione a causa dell'aumento del carico durante le ore di già maggiore stress, tra le 8 e le 20. Pertanto un servizio di DR erogato tra le ore 14 e le ore 18 dal lunedì al giovedì risulterebbe certamente un utile ausilio a una migliore gestione delle criticità di rete.

La Tabella 3 riassume invece il potenziale servizio di DR dell'E-hub, imponendo una soglia massima di potenza di ricarica pari a 10,8 kW durante la fascia oraria dedicata al DR, in modo da lasciare a disposizione del personale Unareti tre punti di ricarica liberi da vincoli.

Affinchè il DR sia efficace, bisogna verificare che sia sempre garantita l'energia richiesta dall'E-hub, anche se in momenti differenti della giornata. La figura 4 mostra la potenza media in verde, gli effetti del DR sull'assorbimento dell'E-hub in blu e le quattro fasce orarie del DR stesso, in arancione, con diversi quantitativi di potenza che possono essere potenzialmente offerti al mercato. Grazie alla logica di controllo implementata, si possono notare dei sostanziali cambiamenti nella curva di carico media dell'E-hub: tra le 7 e le 11 si nota un aumento importante dell'assorbimento di potenza a fronte di una sensibile riduzione nella fascia 14-18 grazie ad un sistema di controllo delle batterie che limita, come già detto, il prelievo di ogni colonnina a 10,8 kW. Tale spostamento della domanda di energia elettrica nel tempo ben si accoppia alle risultanze della Tabella 2: la domanda viene ridotta nelle ore di maggior richiesta di flessibilità spostandola

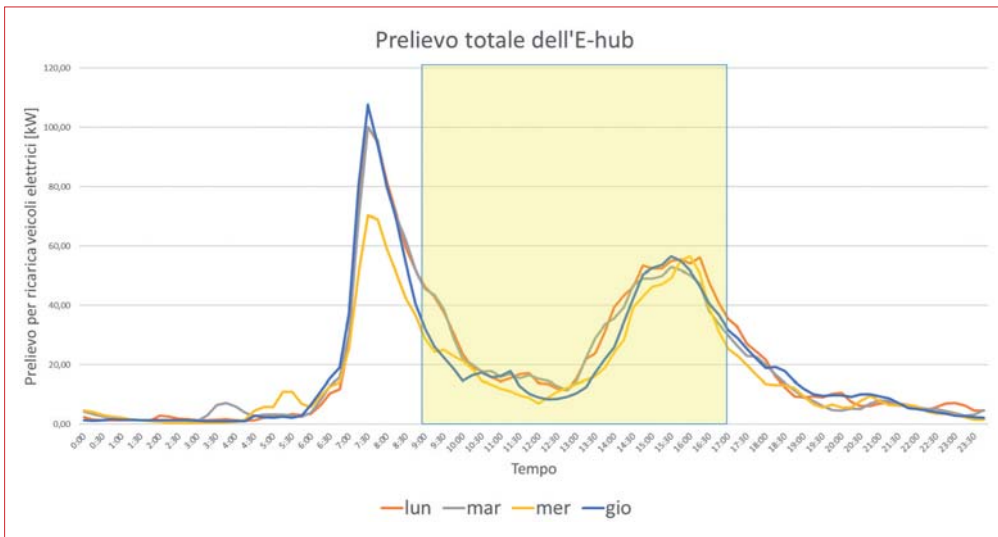


Figura 3
Andamento quartorario degli assorbimenti dell'E-hub

Tabella 2 Intervalli all'interno dei quali la flessibilità della domanda risulterebbe utile a risolvere le criticità sulla rete di distribuzione

Sottostazione	Potenza [MW]	Finestra temporale nei mesi di Giugno e Luglio	Energia totale [MWh]
A	1.4	11:00 – 12:00	884
	2.1	12:00 – 15:00	
	1.4	15:00 – 17:00	
	1.0	17:00 – 20:00	
B	0.5	09:00 – 10:00	1.165
	2.1	10:00 – 14:00	
	2.1	14:00 – 17:00	
	1.3	17:00 – 20:00	
C	4.0	10:00 – 20:00	2.733
	2.2	20:00 – 23:00	
	1.1	23:00 – 24:00	

Tabella 3 Flessibilità potenzialmente fornibile dall'E-hub

Finestra temporale nei mesi di Giugno e Luglio	P [kW]	E [kWh]
2 – 3 PM	20	80
3 – 4 PM	39	156
4 – 5 PM	24	96
5 – 6 PM	10	40

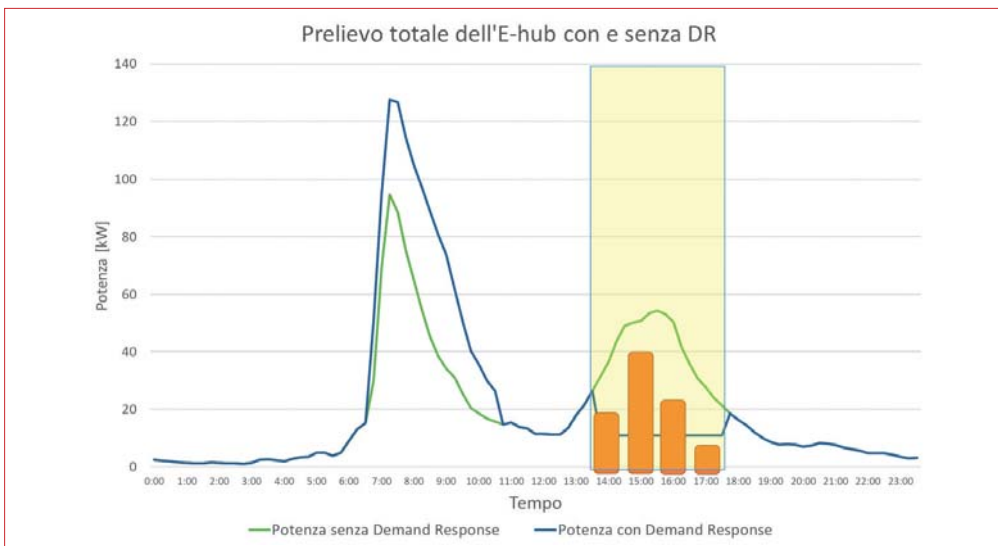


Figura 4
Andamento degli assorbimenti delle stazioni di ricarica senza e con DR

nelle alle prime ora della mattina. Dall'analisi emerge anche che si è ben lontani dall'assorbimento massimo di potenza di 300 kW che l'E-hub potrebbe raggiungere. Infatti, il picco potenza, calcolato in base al carico medio, è di circa 135 kW, ben al di sotto dei 340 kW di potenza massima erogabile dalle stazioni di ricarica, se non si considerassero le due *fast charge* da 100 kW.

Come ulteriore analisi, è stata simulata l'ipotesi di installazione di pannelli fotovoltaici a copertura dell'E-hub. Grazie anche alla situazione particolarmente favorevole dal punto di vista installativo, si stima siano disponibili circa 1.000 m² di superficie. Come si può osservare dalla figura 5, la simulazione suggerisce che installando un impianto fotovoltaico da 230 kW, non solo sarebbe possibile soddisfare la stessa potenza offerta dal servizio di DR ma anche la potenza media richiesta dai veicoli elettrici nella fascia 9-19.

Impatto dell'infrastruttura di ricarica per veicoli elettrici sulla qualità dell'energia elettrica delle reti di distribuzione

Questa sezione riporta le risultanze di una analisi dell'impatto delle infrastrutture di ricarica sulla qualità dell'energia. Per fare ciò è stata eseguita una campagna di misura presso il medesimo E-hub sito nella cabina primaria Nord. In particolare, sono state acquisite le principali grandezze elettriche al punto di scambio con la rete di distribuzione per un periodo di 15 giorni, dal 21 dicembre 2021 al 04 gennaio 2022. I dati di ricarica dei veicoli elettrici sono stati acquisiti utilizzando un analizzatore Chauvin Arnoux 8336 (Qualistar+). L'analizzatore è stato utilizzato per misurare le principali grandezze elettriche, come il valore effi-

cace della tensione e della corrente, la distorsione armonica totale (THD), la potenza attiva e reattiva, i flickers ecc. Di seguito si riporta una breve definizione delle grandezze misurate che sono state oggetto dell'analisi che sarà successivamente presentata.

Valore efficace (RMS) di tensione (V) e corrente (A)

Il termine valore efficace, in inglese *Root Mean Square* (RMS), quando si riferisce a tensione e corrente alternate, è generalmente definito come il valore che dovrebbe avere la stessa grandezza se fosse un segnale continuo, per produrre nel corso di ogni periodo la stessa quantità di calore. Il valore efficace si calcola come la radice quadrata del valore medio del quadrato dei valori istantanei misurati. Pertanto, l'RMS di tensione (V_{RMS}) e corrente (A_{RMS}) viene dunque calcolato come indicato nelle equazioni (1):

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N V_n^2} \quad A_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N A_n^2} \quad (1)$$

dove V_n e A_n sono gli N campioni misurati di tensione o corrente.

Squilibrio di tensione (V) e corrente (A)

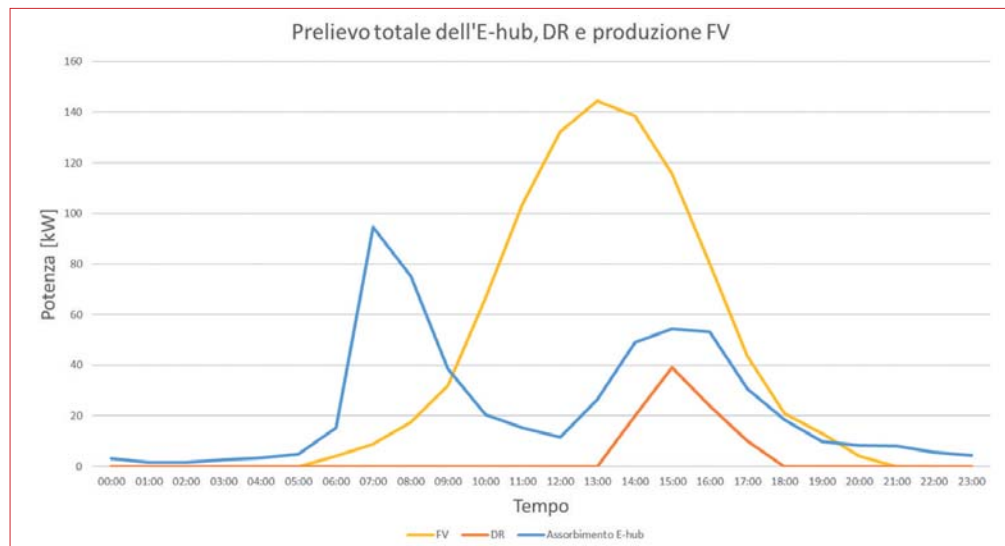
Lo squilibrio di tensione (V_{UNB}) e corrente (A_{UNB}) è calcolato usando le componenti simmetriche di Fortescue risultanti dall'omonimo teorema [14]. Le componenti positive di tensione e corrente sono calcolate tramite le equazioni (2) e (3):

$$V_{RMS+} = \frac{1}{3} (V_{RMS+}^1 + a \cdot V_{RMS+}^2 + a^2 \cdot V_{RMS+}^3) \quad (2)$$

$$A_{RMS+} = \frac{1}{3} (A_{RMS+}^1 + a \cdot A_{RMS+}^2 + a^2 \cdot A_{RMS+}^3) \quad (3)$$

Figura 5

Potenziale fotovoltaico dell'E-hub



mentre le componenti negative di tensione e corrente tramite le equazioni (4) e (5):

$$V_{RMS-} = \frac{1}{3} (V_{RMS1}^1 + a^2 \cdot V_{RMS}^2 + a \cdot V_{RMS}^3) \quad (4)$$

$$A_{RMS-} = \frac{1}{3} (A_{RMS1}^1 + a^2 \cdot A_{RMS}^2 + a \cdot A_{RMS}^3) \quad (5)$$

dove $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$

Lo squilibrio di tensione e corrente viene infine calcolato tramite le equazioni (6):

$$V_{UNB} = \frac{|V_{RMS-}|}{|V_{RMS+}|} \quad A_{UNB} = \frac{|A_{RMS-}|}{|A_{RMS+}|} \quad (6)$$

Armoniche di tensione (V) e corrente (A)

In un sistema di alimentazione elettrica, un'armonica è una tensione o corrente caratterizzata da una frequenza maggiore della fonda-

mentale del sistema. Le armoniche possono essere meglio descritte come la forma o le caratteristiche di una forma d'onda di tensione o corrente rispetto alla sua frequenza fondamentale. Quando le forme d'onda si discostano da una forma sinusoidale, contengono armoniche. Le armoniche di tensione e corrente possono essere calcolate attraverso l'algoritmo *Fast Fourier Transform* - FFT [15].

Distorsione armonica totale (THD) di tensione (V) e corrente (A)

Le armoniche di corrente e tensione in un sistema sono spesso espresse come distorsione armonica totale (THD). Il THD di una grandezza misura la distorsione armonica presente ed è il rapporto tra tutte le componenti armoniche e la componente fondamentale. Per tensione e corrente sono state utilizzate le seguenti equazioni (7):

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{25} 2V_{RMS,h}^2}}{V_{RMS1}}$$

$$THD_A = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{25} 2A_{RMS,h}^2}}{A_{RMS1}}$$

La figura 6 mostra il valore efficace e il THD della corrente di una delle fasi. Le festività del 25, 26, 31 dicembre, 1 gennaio e domenica 2 gennaio si identificano facilmente. La domanda in questi giorni è infatti molto ridotta per via del periodo festivo. Concentrando l'attenzione sul THD, è immediatamente chiara la sua correlazione con il valore efficace: maggiore è la corrente, più alto è il THD. Le altre due fasi presentano un andamento simile e si è quindi deciso di non riportarle.

La figura 7 e la figura 8 mostrano le tendenze giornaliere

Figura 7

Valore efficace della corrente media giornaliera e squilibrio tra le fasi

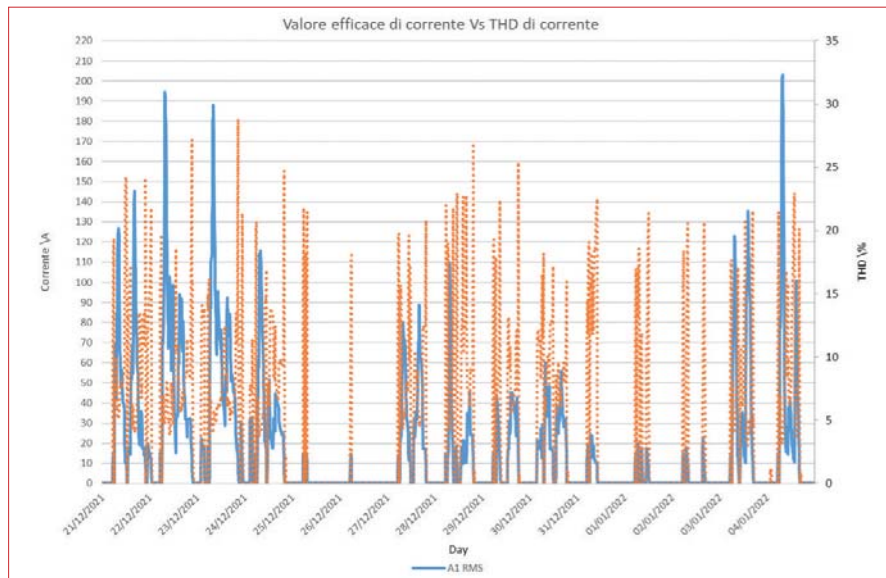
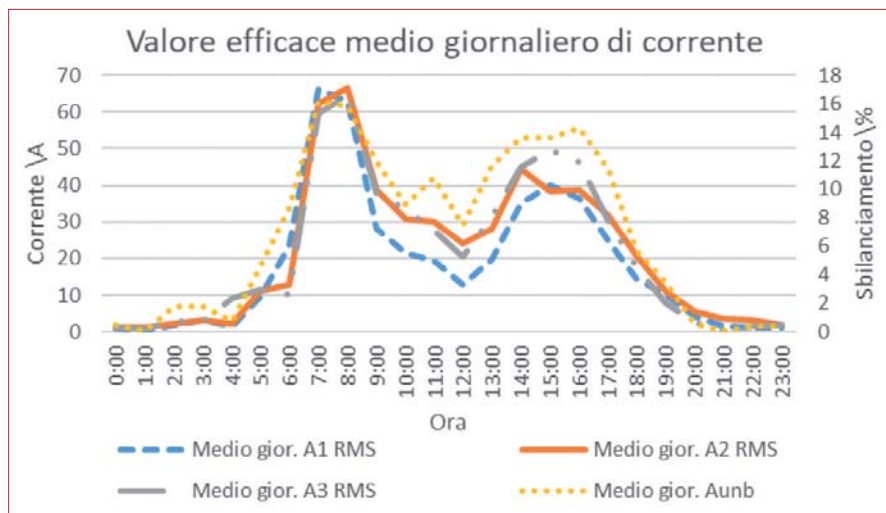


Figura 6

Valore efficace e THD della corrente di una fase



delle correnti e il loro squilibrio. La forma delle tre correnti è simile, con un picco al mattino presto, una valle durante la tarda mattinata e un picco ridotto a partire da metà fino al tardo pomeriggio. L'andamento intercetta i viaggi dei veicoli elettrici in entrata e in uscita dall'E-hub: i tecnici di Unareti raggiungono tipicamente la sede aziendale intorno alle 7:00 del mattino, mentre il turno giornaliero di solito termina intorno alle 16:00. Il picco mattutino è un effetto collaterale della pandemia da COVID-19 [16]: in vista del giorno successivo i tecnici erano infatti autorizzati a tornare verso le proprie abitazione con le auto aziendali, per ridurre lo scambio dei veicoli e quindi il rischio di potenziali contagi. Vale la pena notare che, maggiore è il valore efficace delle correnti, maggiore è lo squilibrio. Poiché la maggior parte delle stazioni di ricarica sono monofasi e la massima domanda dei veicoli elettrici è di circa 40 kW su 340 kW, la probabilità di avere correnti sbilanciate aumenta con l'uso dei caricatori. Un utilizzo più significativo dell'infrastruttura di ricarica potrebbe quindi mitigare questo comportamento.

Come mostrato nella figura 8, il THD medio durante le ore giornaliere è di circa il 5%, con picchi al mattino (10%) e i valori più bassi durante le ore notturne (2%).

Come mostrato nella figura 9, invece, se si considerano i valori massimi orari, lo squilibrio tra le fasi aumenta significativamente: i valori sono superiori al 50% durante la mattina e il pomeriggio, con un picco significativo di oltre il 70% intorno alle 7:00-8:00, momento di massimo prelievo dell'E-hub.

La figura 10 mostra, per completezza d'analisi, il *Total Demand Distorsion* (TDD) massimo giornaliero. Il TDD è la distorsione armonica rispetto alla domanda a pieno carico (A_{FL}) calcolata, per le correnti, come indicato nell'equazione (8):

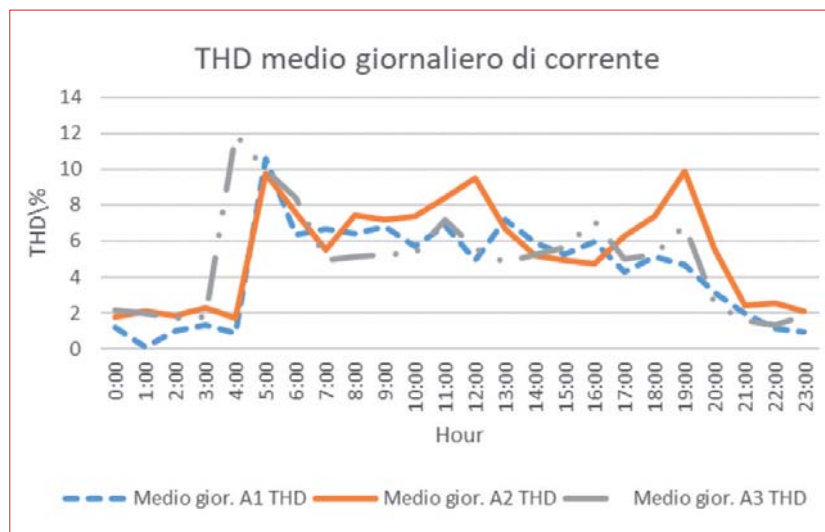


Figura 8
THD della corrente media giornaliera

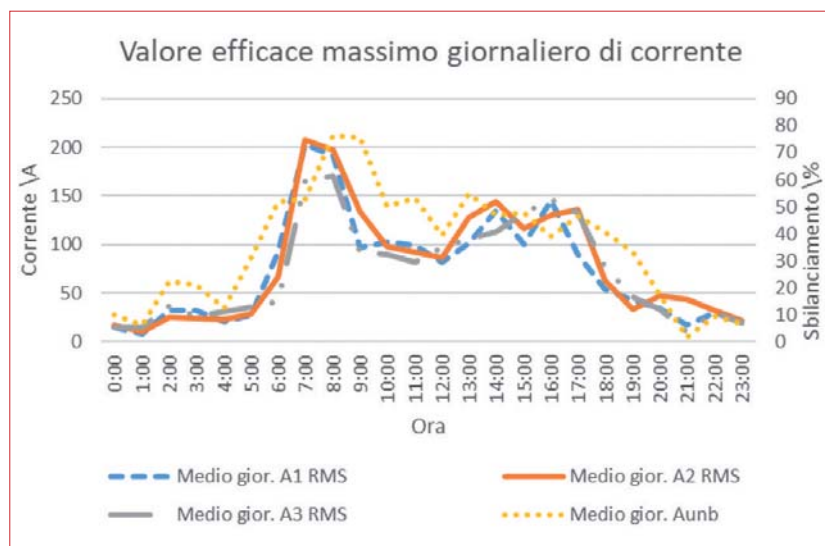


Figura 9
Corrente efficace massima giornaliera e sbilanciamento tra le fasi

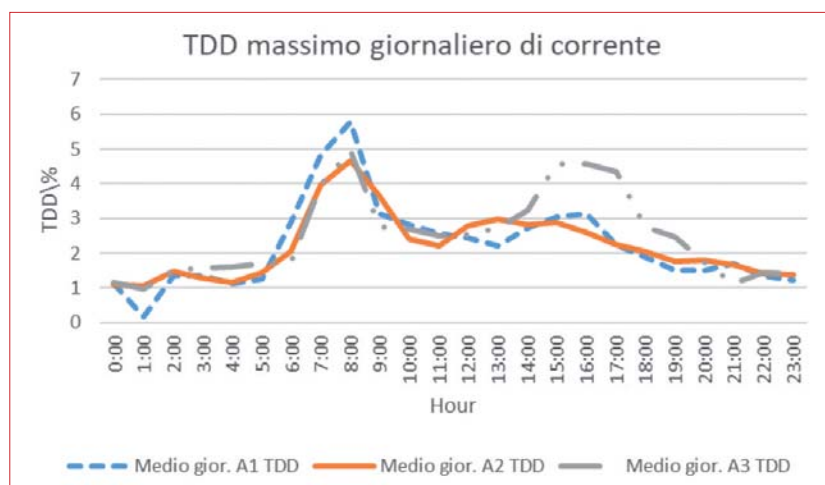


Figura 10
TDD giornaliero in corrispondenza della corrente massima

$$TDD_A = THD_A \frac{A_{RMS1}}{A_{FL}} \quad (8)$$

dove A_{RMS1} è il valore efficace della corrente alla frequenza fondamentale, mentre A_{FL} rappresenta i valori di picco riportati in figura 9.

I dati registrati hanno incluso anche il valore efficace della tensione e il suo THD. Tuttavia, i relativi grafici non sono riportate poiché si è verificato che le stazioni di ricarica non influenzano in modo significativo la qualità della tensione. Ad esempio, data la tensione nominale di 230 V, il valore efficace medio giornaliero varia tra 224-227 V, e lo squilibrio è sempre inferiore allo 0,1%. Il THD medio giornaliero è, invece, inferiore all'1,5%. Considerando i valori orari, lo squilibrio sale a 0,3% e il THD al 2%.

Le conclusioni fin qui esposte trovano anche conferma nel calcolo dei coefficienti di correlazione:

- le correnti e le tensioni efficaci delle tre fasi sono altamente correlate tra loro, mentre coefficienti di correlazione negativi sono registrati tra corrente e tensione della stessa fase;
- il THD delle correnti e delle tensioni efficaci delle tre fasi è altamente correlato, mentre coefficienti di correlazione negativi sono registrati tra il THD di corrente e tensione della stessa fase; le armoniche di corrente sembrano non impattare sul valore efficace della tensione e viceversa;
- lo squilibrio delle correnti è correlato con il valore efficace e il THD delle correnti.

La figura 11 mostra, infine, la distorsione armonica di corrente e tensione di una delle fasi. Le armoniche di corrente sono una causa frequente di problemi di qualità dell'energia, con conseguente aumento del riscaldamento nelle apparecchiature

e nei conduttori, accensione errata negli azionamenti a velocità variabile e pulsazioni della coppia nei motori. Le armoniche di tensione influenzano invece l'intero sistema indipendentemente dal tipo di carico. Le armoniche provengono dalla distorsione della corrente a causa di carichi non lineari, per esempio i convertitori delle auto elettriche e delle stazioni di ricarica. I carichi non lineari agiscono come sorgenti di corrente armonica: le armoniche di corrente fluiscono attraverso le impedenze del sistema di alimentazione causando cadute di tensione, che genera una distorsione della forma d'onda della tensione di alimentazione. Pertanto, le armoniche di tensione non provengono direttamente da carichi non lineari, sono, infatti, una conseguenza delle armoniche di corrente. Osservando la figura 11, da un lato è immediatamente evidente che il segnale di tensione non contiene alcuna armonica significativa. D'altra parte, anche se i valori assoluti non sono particolarmente significativi, il segnale di corrente contiene principalmente 3°, 5° e 7° armonica. Sono registrate, anche se di intensità molto ridotta, armoniche di ordine 11, 13, 15 e 17. Se si considerano i valori massimi, la 5° armonica ottiene il primo posto con un valore di distorsione pari al 32%, seguita dall'11° (28%), dalla 13° (23%), dalla 3° (21%) e dalla 7° (16%). Le altre due fasi hanno un andamento simile e quindi, ancora una volta, non sono state riportate.

Conclusioni

Le analisi condotte sull'E-hub di Unareti hanno investigato due diversi aspetti legati alla diffusione della mobilità elettrica. Il primo riguarda l'impatto sulla rete di distribuzione dell'energia elettrica e i possibili benefici derivanti dall'implementazione di logiche di DR nell'ambito dei servizi lo-

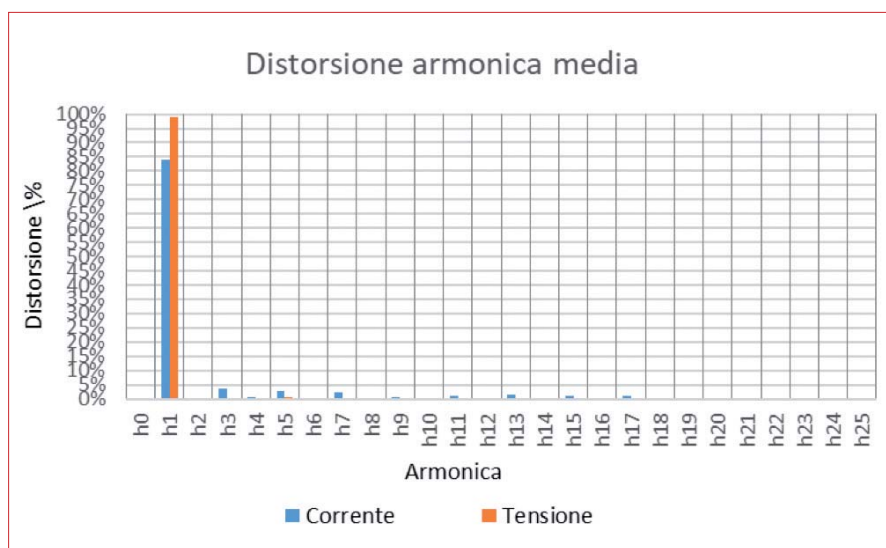


Figura 11
Distorsione armonica media di tensione e corrente

cali di flessibilità. L'analisi dei dati di giugno e luglio ha consentito di determinare i profili medi e quindi i margini per l'erogazione di servizi di flessibilità alla rete di distribuzione dell'energia elettrica. I giorni tra lunedì e giovedì sono risultati essere molto simili suggerendo una costante potenziale disponibilità di DR nelle ore pomeridiane della giornata. Questo servizio risulterebbe sincrono con le fasce orarie solitamente più critiche per la rete di distribuzione di Milano, e quindi potrebbe certamente risultare utile al distributore per una migliore gestione della rete. Successivamente, è stata anche simulata l'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio dell'E-hub, verificando come l'accoppiamento dell'impianto FV con le stazioni di ricarica avrebbe un effetto positivo con riferimento alla riduzione dell'assorbimento di energia elettrica dalla rete di distribuzione. La seconda analisi ha invece indagato gli effetti delle infrastrutture di ricarica sulla qualità dell'energia. Da un lato, considerando i limiti riportati nella IEEE 519-2014, nessuna problematica relativa alla distorsione della tensione è stata evidenziata dalla campagna di misurazione. Poiché lo strumento di misura è stato installato mol-

to vicino alle stazioni di ricarica dei veicoli elettrici, la ridotta impedenza non amplifica in maniera critica le armoniche. Tuttavia, le distorsioni di tensione meriterebbero un'indagine più approfondita attraverso ulteriori campagne di misurazione in altri punti della rete di distribuzione. Le analisi preliminari hanno anche dimostrato che l'attuale distorsione di corrente non sembra essere ancora un problema estremamente significativo. Il TDD massimo registrato è intorno al 6% e le singole armoniche rappresentano una piccola percentuale di quella fondamentale. Tuttavia, anche su questo aspetto sono in corso ulteriori indagini. D'altra parte, la campagna di misurazione ha mostrato un carico significativamente sbilanciato tra le tre fasi, principalmente causa delle wallbox monofase. L'aspetto dello squilibrio pare già non trascurabile e degno anch'esso di futuri approfondimenti.

Gli autori ringraziano il Dott. Giuseppe Procopio e il Dott. Andrea Maserti per la preziosa collaborazione alla raccolta dei dati.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Terna SpA: Piano di sviluppo della rete - www.terna.it/it/sistema-elettrico/rete/piano-sviluppo-rete
- [2] Unareti SpA: Piano di Sviluppo e Incremento resilienza, 2021 - www.unareti.it/unareti/elettricità/cittadini/piano-di-sviluppo-e-incremento-resilienza/
- [3] European Parliament and Council: Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU (recast) (Text with EEA relevance.) - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019L0944>; Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio, 2016, <https://eur-lex.europa.eu/>
- [4] G. Vigano et al.: Energy transition through PVs, EVs, and HPs: a case study to assess the impact on the Brescia distribution network, *AEIT International Annual Conference*, pp. 1-6, 2021.
- [5] G. Vigano et al.: Using GIS to assess the impact of electric vehicles on electrical distribution networks: a study applied to the city of Brescia, *IEEE 15th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG)*, pp. 1-6, 2021.
- [6] S. Panich, J.G. Singh: Impact of plug-in electric vehicles on voltage unbalance in distribution systems, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, vol. 7, n. 3, pp. 76-93, novembre 2016, doi: 10.4314/ijest.v7i3.10S.
- [7] Y. Zhang, D. Yu, G. Zhang, H. Wang, J. Zhuang: Harmonic Analysis of EV Charging Station Based on Measured Data, *IEEE/IAS Industrial and Commercial Power System Asia, I and CPS Asia*, pp. 475-480, 2020.
- [8] G. Iannarelli, A. Bosisio, B. Greco, C. Moscatiello, C. Boccaletti: Flexible resources dispatching to assist DR management in urban distribution network scenarios including PV generation: an Italian case study, *IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)*, pp. 1-6, 2020.
- [9] ARERA: Consultazione 13 dicembre 2022 - 685/2022/R/eel - www.arera.it/it/docs/22/685-22.htm
- [10] Platone Project: www.platone-h2020.eu
- [11] Interflex Project: <https://interflex-h2020.com>
- [12] R. Faranda, L. Gozzi, A. Bosisio, K. Akkala: SCADA system for optimization of energy exchange with the BESS in a residential case, *Proceedings - IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, EEEIC/I and CPS Europe 2019*.
- [13] A2A SpA: Piano strategico 2020-2030 - www.gruppoa2a.it/it/investitori/strategia
- [14] F.A. Furfari: Charles legeyt fortescue and the method of symmetrical components, *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 8, n. 3, pp. 7-9, 2002, doi: 10.1109/MIA.2002.999605.
- [15] J. Han, S. Sun, S. Zheng, Y. Gao, Y. Wang, T. Tang: FFT-based selective harmonic current control of AC filter capacitors for audible noise analysis, *Measurement and Control*, vol. 54, n. 4, pp. 408-416, 2021, doi: 10.1177/00202940211000078.
- [16] G. Iannarelli, A. Bosisio, B. Greco, C. Moscatiello, C. Boccaletti: Resilience of the Milan distribution network in presence of extreme events: Covid-19, *IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2020*, settembre 2020, doi: 10.1109/ISC251055.2020.9239046.

L'Energia Elettrica

Rivista della Associazione AEIT

Promuove il vostro business



È la rivista del mercato elettrico. Nata nel 1924, tratta temi di attualità legati alla liberalizzazione del settore elettrico in Italia. L'Energia Elettrica informa i propri lettori sui provvedimenti degli organi istituzionali, sull'andamento della produzione e il consumo dell'energia, su tecnologie e realizzazioni emergenti e, con interviste a personalità di rilievo, su opinioni correnti di interesse generale.

Tariffe pubblicitarie

II ^a di copertina	1.600 €	IV ^a di copertina	2.200 €
III ^a di copertina	1.200 €	Interna A4	1.000 €
I ^a Romana	1.500 €		

1 + 1 = 3

Ogni 2 pagine pubblicitarie a pagamento la 3^a è gratuita!

Gli impianti delle pagine pubblicitarie devono pervenire entro il 10 del mese precedente alla pubblicazione.

Caratteristiche tecniche dell'impianto:

- la dimensione delle pagine di copertina o interne è 21 x 29,7 cm. al vivo (A4)
- il tipo di file da fornire è in formato PDF ad alta risoluzione con le abbondanza di stampa (minimo 3 mm. per parte) in quadricromia.

Il file è da inviare all'indirizzo mail chiusi@aeit.it.

Sul sito www.aeit.it si possono trovare tutte le informazioni utili per associarsi all'AEIT, per abbonarsi e per pubblicare sulla nostra rivista.

AEIT
Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi 32
20124 Milano
Tel. 02 87389967
Fax 02 66989023
chiusi@aeit.it
www.aeit.it



TPL elettrico: operatività e strategie di ricarica

Roberto Cameroni, Filippo Passante *Hitachi Energy*

I cambiamenti climatici obbligano il taglio drastico di emissioni di CO₂. Per il settore dei trasporti, responsabile del 16% delle emissioni mondiali, Hitachi Energy ha sviluppato la piattaforma Grid-eMotion® per consentire il trasporto pubblico locale con veicoli a basso o nullo impatto ambientale

L'*Emissions Gap Report 2020* pubblicato dal Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente (UNEP) ha evidenziato come le emissioni globali di gas a effetto serra (GHG) abbiano toccato un nuovo massimo nel 2019, attestandosi a 59,1 miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂ equivalente. Nell'ultimo decennio, le emissioni sono cresciute costantemente dell'1,5% annuo, interessando tutti i principali settori economici.

In particolare, uno sguardo più attento alla generazione di emissioni di GHG dei vari comparti economici ha rilevato che il settore dei trasporti è terzo, dopo quello della produzione dell'energia elettrica e del comparto industriale, contribuendo a circa il 16% delle emissioni globali di GHG, principalmente con il trasporto su strada (94% del settore) (Figura 1).

Proseguire con questo trend di emissioni di GHG comporterebbe un innalzamento della temperatura media globale tra 3 e 5 °C con cambiamenti climatici dalle conseguenze catastrofiche.

Secondo l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC, per contenere il riscaldamento globale a 1,5 °C, le emissioni nette di diossido di carbonio (CO₂) causate dall'uomo devono ridursi del 45% entro il 2030 e devono essere azzerate entro il 2050.

Per contenere l'aumento della temperatura a "soli" 2 °C sarebbe necessario un taglio delle emissioni di CO₂ del 25% entro il 2030 con investimenti di circa 75 mila miliardi di dollari.

Diverse sono le leve e le tecnologie a supporto per ridurre le emissioni globali di GHG nei vari comparti: l'utilizzo dei veicoli e autobus elettrici per il trasporto passeggeri, insieme con l'elettificazione degli autocarri, sono quelle su cui si punta in particolare nel settore dei trasporti [1].

Autobus elettrici e infrastrutture di ricarica

La transizione verso una mobilità sostenibile si ottiene potenziando le infrastrutture del trasporto rapido di massa come metropolitane, tram, filobus, autobus a transito rapido (BRT) attraverso un massiccio rinnovamento del parco circolante dei mezzi per il trasporto pubblico locale con veicoli a basso o nullo impatto ambientale.

La mobilità verde è una grande opportunità per le città, che avranno il compito di guidare l'elettificazione del settore dei trasporti.

Le flotte di trasporto pubblico e commerciale (come gli autobus, i furgoni e i camion per le consegne) giocheranno un ruolo primario in questa elettrificazione perché saranno probabilmente convertiti all'elettrico prima dei veicoli privati. Poiché i mezzi commerciali hanno un utilizzo più elevato, i gestori delle flotte potranno ottenere un più rapido recupero degli investimenti in EV visti i minori costi operativi e di manutenzione.

La flotta italiana di autobus per il trasporto pubblico è più datata di quelle europee - 10,5 anni

contro 7 anni (fonte: GDP, ASSTRA, 2019, *Investire nel TPL*) - con consumi di carburante ed emissioni maggiori.

In particolare, la flotta italiana è costituita per il 90% da veicoli a benzina, diesel e metano-diesel, e oltre il 40% da mezzi ad alte emissioni (Euro 0, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4).

L'elevata età media della flotta è un elemento critico in quanto comporta maggiori costi operativi e di manutenzione.

Gli autobus elettrici sono silenziosi, hanno emissioni trascurabili rispetto ai veicoli diesel e consumano da due a tre volte meno energia di un

no esperienza, competenze e capacità necessarie a supportare la pianificazione ed esecuzione di questa transizione [1].

Hitachi Energy è nella migliore posizione per aiutare le autorità di trasporto pubblico e i gestori di flotte commerciali ad attuare una transizione all'elettrico con interruzioni operative minime o nulle, grazie all'offerta di un portafoglio prodotti che include soluzioni per integrazione della rete elettrica, *power quality*, automazione, tecnologie *grid edge* e di accumulo con batterie, sistemi di *ricarica flash* e soluzioni di ricarica per flotte.

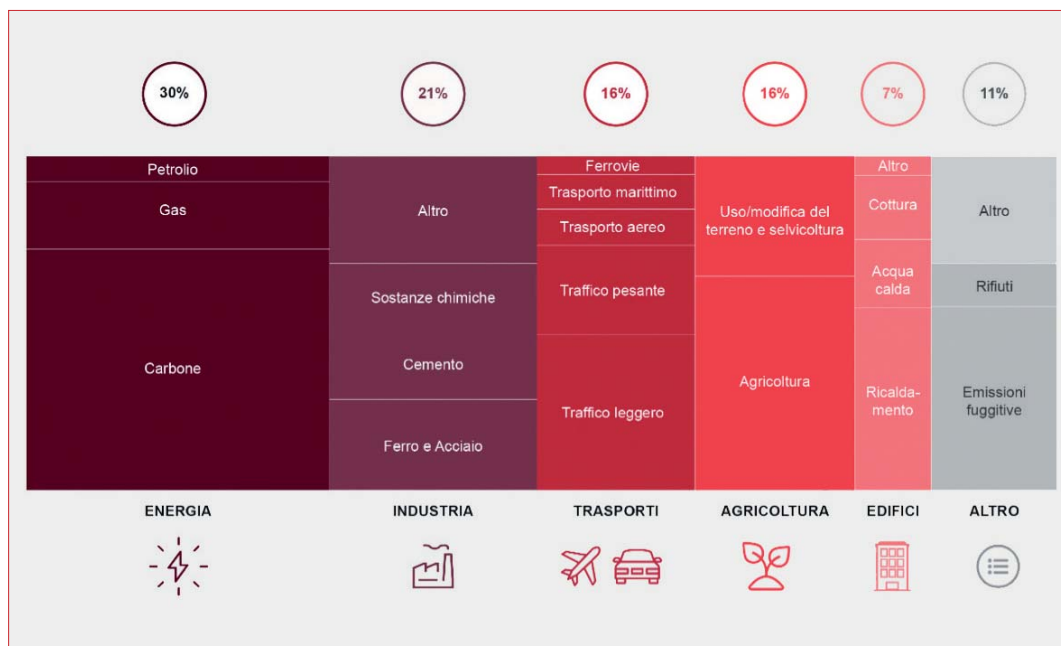


Figura 1

Emissioni globali di gas ad effetto serra (GHG) in miliardi di tonnellate (Gt) di CO₂ equivalente - a livello settoriale - Fonte: EDGAR; United Nations Framework Convention on Climate Change; Food & Agriculture Organization of the United Nations; IEA; WAS; analisi BCG

veicolo diesel o a gas naturale dotato di motore a combustione.

Più nello specifico, il potenziale di riduzione delle emissioni di GHG degli autobus elettrici alimentati da elettricità rinnovabile è stimato tra il 75% e il 90%.

Tuttavia, i gestori delle flotte spesso hanno dubbi su quale possa essere il migliore approccio da seguire per l'elettrificazione, preoccupati dei costi d'investimento, della scelta dei veicoli, delle infrastrutture di ricarica, della tecnologia delle batterie e dell'impatto operativo. In molti casi, può essere necessario riconfigurare i depositi per alloggiare i sistemi di ricarica o potenziare la connessione alla rete elettrica locale per fornire sufficiente potenza. Per flotte con oltre 1.000 autobus, le infrastrutture di ricarica e i relativi costi saranno nell'ordine dei milioni di euro, con un ritorno sull'investimento a diversi anni.

Con l'aumento delle pressioni per la decarbonizzazione delle flotte, diventa fondamentale per i gestori delle flotte rivolgersi a partner che unisca

Soluzioni Hitachi Energy Grid-eMotion®

Partendo dal presupposto che l'obiettivo di un'azienda di trasporto pubblico locale sia quello di trasportare in modo efficiente un determinato numero di persone e che oggi non esista una tecnologia di ricarica ottimale per tutte le esigenze trasportistiche, è stata sviluppata la piattaforma tecnologica Grid-eMotion® per soddisfare le diverse esigenze del mercato.

Grid-eMotion®, infatti, comprende le tre tipologie di ricarica per flotte di bus elettrici urbani (Figura 2):

- la ricarica lenta notturna in deposito (Grid-eMotion® Fleet);
- la ricarica rapida ai capolinea (Grid-eMotion® Fleet);
- la ricarica flash al capolinea e ad alcune fermate intermedie (Grid-eMotion® Flash - in precedenza, la soluzione era nota come TOSA).

La ricarica lenta notturna (o anche *overnight*) in deposito si basa sul principio che le batterie a bordo mezzo vengano ricaricate al rientro dei bus in deposito a fine corsa, quando sono quasi completamente scariche. Ne consegue che questa tipologia richieda tempi di ricarica - e quindi di inattività - lunghi, spazi significativi, potenza installata elevata e batterie a bordo mezzo di elevata capacità, pesanti e ingombranti con conseguente limitazione della capacità di trasporto passeggeri di circa il 20-30% rispetto all'equivalente mezzo a propulsione termica.

È però una soluzione interoperabile con tutti gli autobus dei diversi costruttori e particolarmente adatta a servizi di trasporto caratterizzati da tragitti brevi, poche corse al giorno e ridotto numero di passeggeri.

La ricarica rapida ai capolinea (o anche *opportunity charge*) si combina alla modalità di ricarica *overnight* ed è pensata per linee che prevedono soste di 10-15 minuti ai capolinea in corrispondenza dei quali è necessario prevedere spazi adeguati per le infrastrutture di ricarica con sistemi di connessione tipo PantoUp o PantoDown.


Questa soluzione viene utilizzata su e-bus da 12-18 m e, grazie al fatto che parte dell'energia necessaria per l'esercizio viene fornita ai capolinea, richiede una potenza installata nei depositi e un di-

mensionamento delle batterie a bordo mezzo inferiori rispetto alla tipologia di ricarica notturna ed è interoperabile tra alcuni operatori di e-bus.

Grid-eMotion® Fleet, soluzione sviluppata per soddisfare le esigenze di ricarica *overnight* e *opportunity* degli operatori, si basa sulla conversione AC-DC centralizzata (*AC-DC bulk conversion*) semplificando così la distribuzione ai punti di ricarica (che avviene in bassa tensione ma in corrente continua). Rispetto alla soluzione che prevede la distribuzione in AC e un convertitore AC/DC alimentato in bassa tensione (single AC/DC units) ad ogni punto di ricarica, la piattaforma Grid-eMotion® Fleet consente, nel caso ad esempio di un sistema di ricarica per 100 bus elettrici, una riduzione del 60% dell'uso dello spazio necessario per le colonnine di ricarica e un risparmio del 40% del cablaggio del deposito (Figura 3).

Grid-eMotion® Fleet presenta un design compatto che può essere fornito pre-cablato e pre-collaudato in container di dimensioni standard con conseguente riduzione degli spazi e dei tempi di installazione rispetto alle soluzioni convenzionali. I container sono inoltre modulari, consentendo una scalabilità in termini di potenza disponibile in modo da soddisfare le richieste del mercato [2].

Le piattaforme digitali Grid-eMotion® Charger Monitoring Portal e Grid-eMotion® Smart Char-

Figura 2 
Strategie di ricarica per diverse tipologie di flotta di e-bus - Elaborazione Nuova Energia

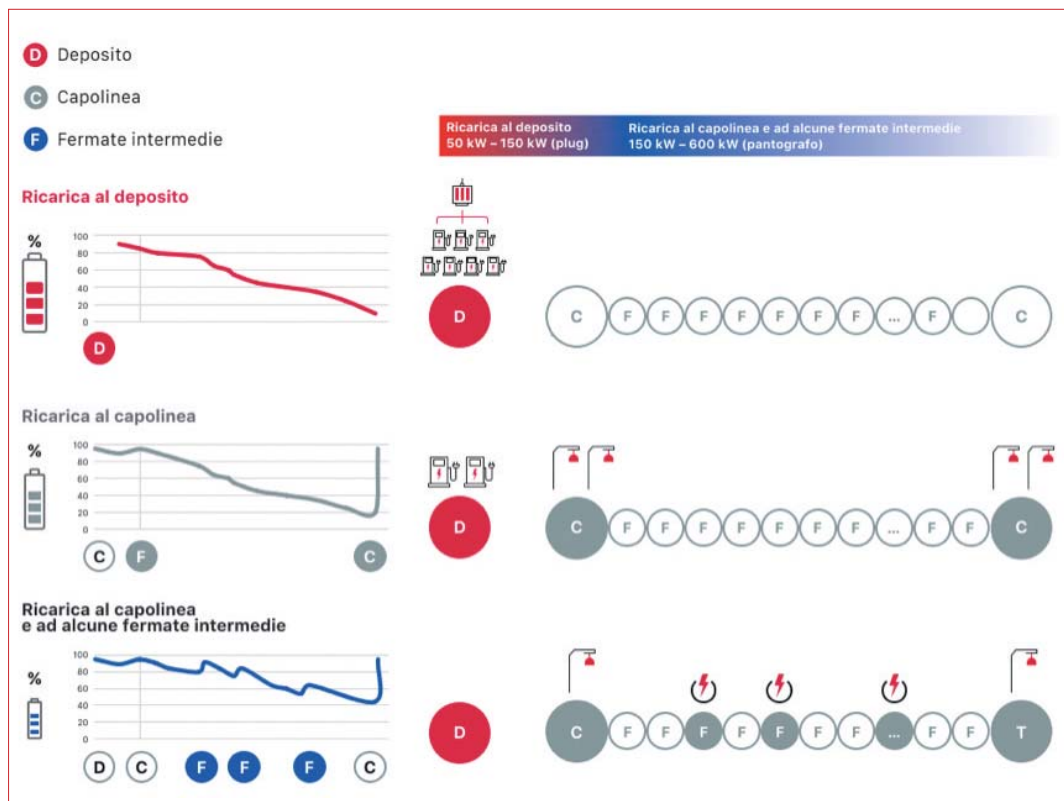


Figura 3 ▶

Confronto tra schema di distribuzione in AC e piattaforma Grid-eMotion® Fleet

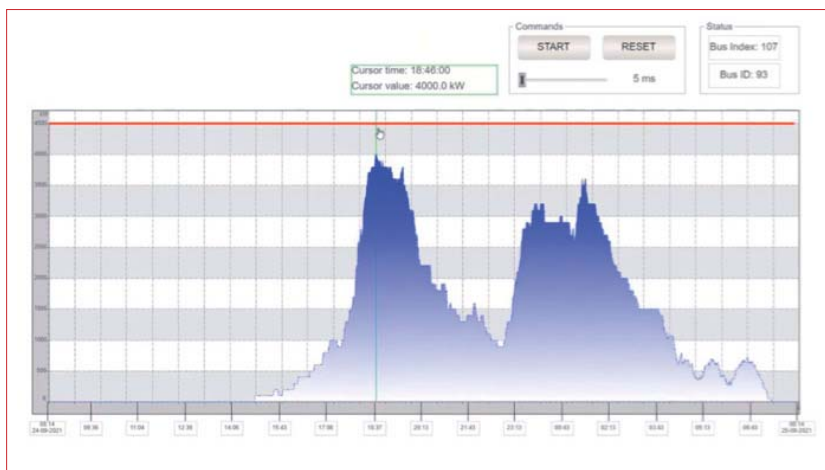
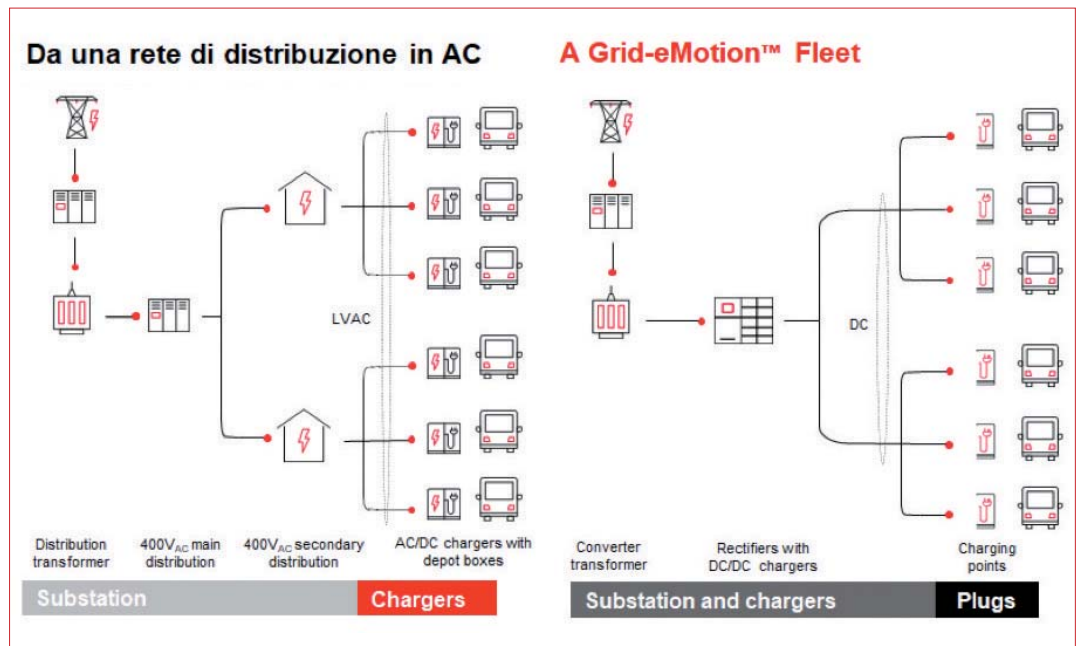


Figura 4

Andamento della potenza richiesta alla rete per la ricarica "non coordinata" di 107 veicoli

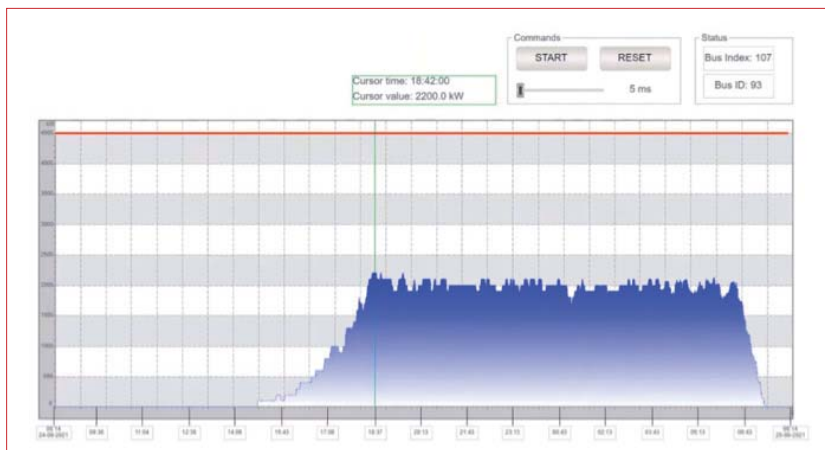


Figura 5

Andamento della potenza richiesta alla rete per la ricarica "ottimizzata" di 107 veicoli

ging costituiscono il naturale complemento di Grid-eMotion® Fleet e consentono non solo un monitoraggio continuo delle grandezze più significative quali, per esempio, lo stato di carica delle batterie dei bus, i consumi, la notifica degli allarmi, garantendo la continuità del servizio e l'ottimizzazione della manutenzione programmata in base alle esigenze, ma anche la gestione della ricarica a deposito al fine di ottimizzare la potenza richiesta alla rete per evitare i carichi di picco con conseguente diminuzione del costo dell'energia necessaria alla ricarica delle batterie.

Nelle figure 4 e 5 è possibile cogliere i benefici della funzione di *peak shaving* (limitazione del picco di potenza assorbita) a parità di numero di veicoli da ricaricare in deposito (nel caso analizzato pari a 107): si passa da un valore di picco di potenza assorbita pari a 4 kW per una tipologia di ricarica "non coordinata" a un valore di 2,2 kW per una tipologia di ricarica ottimizzata con indubbi benefici economici per il cliente.

La soluzione che prevede la ricarica ultrarapida ai capolinea e ad alcune fermate intermedie (*flash charging*) si basa sull'utilizzo di stazioni di ricarica ultraveloci, con

tempi della durata di circa 20 secondi (in linea con i tempi di salita e di discesa dei passeggeri) e ad alta potenza (600 kW), completamente automatizzate e opportunamente dislocate in corrispondenza di alcune fermate intermedie. Presso i capolinea vengono erogate cariche più prolungate, della durata di 4-5 minuti a 400 kW, per ricaricare completamente le batterie.

Il dispositivo di ricarica è costituito da una rotaia aerea alimentata in corrente continua (Figura 6) e da un pantografo veloce, montato sul mezzo, che consente all'autobus di collegarsi al punto di ricarica in meno di un secondo (Figura 7). La pre-attivazione del pantografo in prossimità del punto di ricarica e l'allineamento automatico dello stesso, tramite laser, con la rotaia di ricarica velocizza il processo di connessione e consente ai conducenti di avvicinarsi alla fermata con ricarica come farebbero con un mezzo diesel.

La velocità di connessione è un fattore critico, in quanto ogni secondo di ricarica guadagnato aiuta a ridurre il numero dei punti di ricarica *flash* lungo il percorso e il tempo di ricarica al capolinea, laddove la fermata ha durata superiore ai 4-5 minuti per consentire al conducente di fare una sosta e per permettere un certo recupero in caso di ritardo accumulato dall'autobus.

Il sistema di carica è intrinsecamente sicuro dato che la rotaia aerea si trova a 4 metri di altezza, è alimentata in corrente continua ed è energizzata

solo quando il bus è alla fermata e connesso. Il sistema è flottante e non ci sono pericoli di folgorazione anche in caso di guasto singolo. Il collegamento di terra è il primo ad essere stabilito e l'ultimo a essere disconnesso ed è continuamente monitorato insieme con l'isolamento tra il positivo e terra e negativo e terra.

Le batterie utilizzate in questa soluzione devono essere in grado di assorbire una ricarica rapida ad alta potenza e per questo motivo vengono utilizzate batterie al Litio Titanato (LTO) caratterizzate dal C-rate, misura standard indice di quanto una batteria può essere caricata o scaricata rapidamente, elevato. Più alto è il C-rate, più veloce è la carica o la scarica [3].

Questi fattori consentono all'operatore pubblico di ottimizzare il costo totale di possesso (*Total Cost of Ownership* - TCO) minimizzando il numero di veicoli, senza necessità di dover aumentare la consistenza del parco veicoli per far fronte ai tempi di ricarica, il footprint dei depositi e i costi di gestione a parità di servizio fornito da una flotta di mezzi diesel (stessa tabella oraria, stesso tempo di sosta, stesso numero di autobus e di autisti e stessa capacità di passeggeri).

In sintesi il sistema Grid-eMotion® Flash è una soluzione per autobus da 18 e 24 m molto valida per il trasporto rapido di massa urbano perché consente di minimizzare il dimensionamen-

Figura 6 ▶

Rotaia aerea per la ricarica ultrarapida (flash charging)



to e di conseguenza il peso delle batterie a bordo mezzo a tutto vantaggio del numero di passeggeri trasportati, garantendo gli stessi tempi di percorrenza di quelli di una soluzione tradizionale con una notevole riduzione dell'impatto ambientale, stimato in 1.000 tonnellate di CO₂ su una linea che copre circa 600.000 chilometri l'anno e con una riduzione dei costi infrastrutturali del 30% rispetto a quelli di un'equivalente linea filobus [2].

Alcuni esempi

Diverse sono le aziende di trasporto che nella transizione verso una mobilità sostenibile a basso o nullo impatto ambientale hanno scelto la piattaforma tecnologica descritta sia nella configurazione *Fleet*, che in quella *Flash*.

La prima linea con tecnologia *Flash* è stata inaugurata a Ginevra (linea 23) nel 2017 con due autobus articolati da 18,75 m e una capacità di trasporto di 133 passeggeri cadauno. L'anno seguente il numero di mezzi di trasporto è stato portato a 12 per un totale di 600.000 chilometri percorsi ogni anno, con più di 10.000 passeggeri trasportati giornalmente e una riduzione delle emissioni annuali maggiore di 1.000 t equivalenti di CO₂.

La soluzione realizzata lungo la linea 23 prevede 13 fermate, su 50 in totale, in corrispondenza delle quali viene effettuata una ricarica ultrarapida da 600 kW per una durata di 20 secondi. La ricarica

completa delle batterie viene raggiunta tramite 3 stazioni di ricarica da 400 kW collocate in corrispondenza dei capolinea e da 4 stazioni di ricarica a deposito da 50 kW.

L'azienda di trasporto pubblico di Ginevra, TGP, con l'obiettivo di completare la transizione della flotta in autobus elettrici entro il 2030 ha recentemente deciso di continuare la collaborazione con il costruttore di autobus HESS e Hitachi Energy per la realizzazione di ulteriori 6 linee con tecnologia Grid-eMotion Flash® da mettere in servizio nel 2025 [4].

La soluzione a ricarica ultrarapida è in servizio presso la città di Nantes (linea 4) con 20 autobus elettrici da 24 m, una capacità di trasporto di 155 passeggeri per autobus, una frequenza di trasporto di 1 bus ogni 2 minuti e 30 secondi e con 6 fermate, su 34, con ricarica da 600 kW e durata tra i 10 e i 40 secondi.

L'azienda di trasporti della città di Brisbane in Australia, dopo circa un anno di sperimentazione, ha ordinato a Hitachi Energy il sistema di ricarica ultrarapida per autobus elettrici Grid-eMotion® Flash per le fermate e Grid-eMotion® Fleet per i depositi, per le due linee Metro 1 e Metro 2 caratterizzate da una lunghezza di 21 chilometri, 60 mezzi da 24 m, una capacità di trasporto di 155 passeggeri per autobus, 15 punti di ricarica rapida da 600 kW e 60 punti di ricarica da 50 kW nei depositi (Figura 8).



Figura 7
Ricarica ultrarapida (flash charging) delle batterie tramite pantografo in corrispondenza della fermata selezionata

In Italia, la tecnologia Grid-eMotion® Fleet è presente nel deposito di San Donato Milanese di ATM - Azienda Trasporti Milanesi, con punti di ricarica per 30 bus e una potenza installata di 1,2 MW (Figura 9).

Altre soluzioni con tecnologia Grid-eMotion® Fleet sono state realizzate nel Regno Unito presso il deposito di Brixton (Londra) con 22 punti di ricarica da 75 kW cadauno, in Svezia con l'azienda di trasporto della città di Vasteras con 17 punti di ricarica da 75 kW cadauno (Figura 10).



Figura 8
Tragitto delle linee Metro 1 e Metro 2 nella città di Brisbane



Figura 9
Punto di ricarica per autobus elettrici realizzato presso il deposito ATM di San Donato Milanese

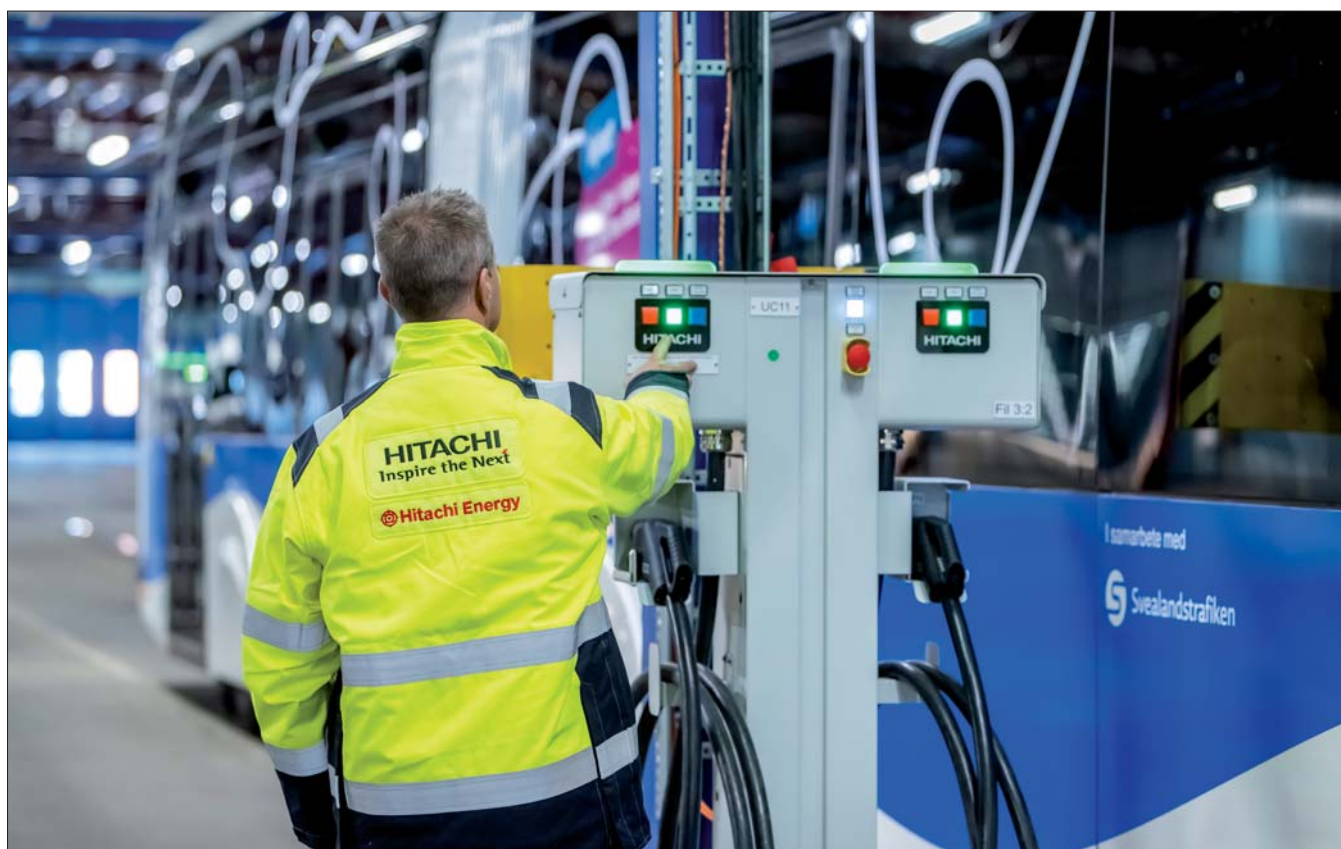


Figura 10
Dispositivi di ricarica per autobus elettrici realizzati presso il deposito di Vasteras

Conclusioni

Il contenimento delle emissioni di CO₂ è un obiettivo improrogabile per limitare i danni provocati dal cambiamento climatico in atto. Il trasporto e in particolare le flotte di trasporto pubblico locale (TPL), con i loro mezzi in funzione praticamente continuo, contribuiscono in maniera significativa alle emissioni di CO₂ e di altri inquinanti, quali le polveri sottili, che impattano negativamente sulla qualità dell'aria delle nostre città. Risulta pertanto particolarmente vantaggioso promuovere la transizione del TPL verso mezzi a trazione elettrica. In particolare, le tecnologie di ricarica oggi disponibili rendono possibile l'adozione di mezzi elettrici alimentati a batteria da 12, 18 e 24 m per

coprire tutte le esigenze di trasporto pubblico urbano, inclusi i trasporti rapidi di massa (TRM) con significativi vantaggi dal punto di vista del costo totale di possesso (TCO) rispetto ad altre soluzioni basate su trazione elettrica (per es., filobus). L'ottimizzazione del TCO comporta l'adozione di strategie e tecnologie di ricarica diverse per le diverse esigenze di trasporto all'interno della stessa rete TPL cittadina. La transizione delle flotte TPL all'elettrico, quindi, deve necessariamente essere affrontata con un approccio olistico, come quello sopra esposto, ottimizzando le soluzioni alle peculiari esigenze trasportistiche delle diverse città e cioè per promuovere un futuro energetico sostenibile per tutti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Hitachi: Innovatore nella lotta al cambiamento climatico verso il race to zero, *Harvard Business Review*, in collaborazione con il Boston Consulting Group.
- [2] F. Passante: E-mobility? Spostiamo il baricentro sull'intera catena dell'energia, *Nuova Energia*, n. 4, 2020.
- [3] F. Passante: TPL Elettrico, serve un cambio di paradigma, *Nuova Energia*, n. 3, 2022.
- [4] www.hitachienergy.com/it/it/news/press-releases/2022/12/hitachi-energy-to-help-french-city-of-clermont-ferrand-electrify-its-bus-network-and-progress-towards-carbon-neutrality



Non si ingrassa da Natale a Capodanno!

Angelo Luvison *AEIT* - Guido Roncolato *Chef Villa Somis, Torino*

Giuseppe Setaro *Medico chirurgo e odontoiatra, Alessandria*

In un quadro di scarsa alfabetizzazione numerica, l'attenzione al bilancio energetico alimentare, insieme alla qualità dei cibi e all'attività fisica, non è uno stravagante *divertissement*, ma rappresenta una responsabilità culturale, sociale ed economica per la salute e il benessere di ciascuno

“Don't count calories, but be aware of them”, ossia “Non contare le calorie, ma devi esserne consapevole”, è l'esplicito messaggio (*calorie awareness*) di una pubblicazione online di *Harvard Medical School* (<https://www.health.harvard.edu/healthbeat/dont-count-calories-but-be-aware-of-them>). Nell'articolo - il cui sottotitolo potrebbe essere “Appunti su euristiche, o regole spannometriche (ovvero del pollice) per comprendere come le calorie contino” - vedremo come si possa enucleare il concetto incapsulato in quella semplice massima, usando considerazioni schematiche e pratiche, quando si cerca, o meglio si vorrebbe, diminuire di peso. Trattandosi di euristiche, per fare i conti bastano le quattro operazioni proprie dell'aritmetica elementare. Un'avvertenza importante è che i conti sono sì semplici - fattibili anche a mente - ma non è facile interpretarne i risultati sempre e bene.

Un piano di un equilibrato regime dietetico-alimentare raccomanda quali cibi assumere per garantire all'organismo il corretto apporto giornalie-

ro di carboidrati, grassi, proteine, vitamine, minerali, ecc. Tale aspetto esula dagli scopi di questa modesta trattazione, dove ci focalizziamo sul lato numerico legato a quante calorie derivanti dai cibi siano necessarie al giorno: a) in meno se l'obiettivo è calare di peso, oppure b) in più se l'obiettivo è aumentare di peso. (Come vedremo, le due opzioni non significano, solo e sempre diminuire, o aumentare, il grasso corporeo). In particolare, la domanda di base cui cerchiamo di dare una risposta logica, razionale e numericamente fondata è: quante calorie (meglio, chilocalorie) in meno dobbiamo assumere per perdere un chilogrammo di peso, in quanti giorni/settimane e perché? Il quesito sul “come” non è, invece, di nostra competenza. Altrettanto rilevante è la funzione didattico-pedagogica di illustrare un metodo semplice e funzionale basato su calcoli alla portata di tutti.

Questo nota, articolata in punti schematici, non intende affatto sostituirsi a consigli di dietisti, dietologi, nutrizionisti, esperti in scienza dell'alimentazione. Cerca, invece, di dimostrare, con un linguaggio piano ma rigoroso, come sia possibile far di conto partendo da pochi dati attendibili, ben noti e ampiamente condivisi dagli specialisti del settore. Anche se l'approccio è prevalentemente numerico, un apposito box sugli aspetti qualitativi mostra come si possa coniugare la qualità con la quantità, cioè come allo stesso conteggio calorico si possa arrivare con due menù diversi, ma ugualmente salutari e gustosi.

Si spera che il lavoro, al di là delle semplificazioni introdotte¹, o dell'apparente banalità dei suggerimenti, fornendo la premessa tecnica (o, più realisticamente, l'appendice operativa) di uno

¹ Come ripetutamente sottolineato nel testo, il funzionamento del nostro organismo è ben più articolato e complesso di quanto una visione ingenua faccia supporre.

schema dietetico, possa dar luogo a una collaborazione sinergica tra competenze diverse e interdisciplinari. Dopodiché, per approfondimenti teorico-pratici a vari livelli, rinviamo all'elenco di testi [1-19] riportati, in ordine alfabetico, nella bibliografia. Ricordando sempre che la cura dell'alimentazione non si risolve nei meri aspetti numerici, bensì, in generale, richiede una responsabilità verso noi stessi, gli altri, il pianeta.

Bilancio energetico e peso

Il punto di partenza per tutti i ragionamenti successivi è la formula del bilancio energetico²

$E = \text{ENERGIA IN}$ (derivata dagli alimenti)
 - ENERGIA OUT (misura del metabolismo totale)

dove il metabolismo totale, misurato dall'energia dissipata, è la somma dei tre contributi sintetizzati nel riquadro 1.

Ponendo $E_{in} = \text{ENERGIA IN}$ per l'energia assunta e $E_{out} = \text{ENERGIA OUT}$ per l'energia dissipata, la formula del bilancio energetico può essere riscritta in forma più compatta

$$E = E_{in} - E_{out} \quad (1)$$

² Fonti scientifiche e ufficiali per questi e altri dati nutrizionali sono i due documenti [12-13] del Centro di ricerca CREA - Alimenti e Nutrizione.

³ Il compartimento "attività fisica" si può modificare con conseguenze dirette su E_{out} . Inoltre, poiché favorisce e sostiene il metabolismo basale, contribuisce ad aumentare ulteriormente E_{out} .

Esempio. Per un adulto senior, uomo e di corporatura media, il dispendio energetico giornaliero, che misura il metabolismo totale, è stimabile in $E_{out} \approx 2.000$ kcal/die; mentre scende a ≈ 1.800 kcal/die per una donna in condizioni analoghe.

È fondamentale osservare fin d'ora che il nostro controllo si può esercitare principalmente sull'energia fornita dal cibo E_{in} , e solo parzialmente sul dispendio energetico giornaliero E_{out} ³. Il fabbisogno energetico quotidiano E_{in} rappresenta, a ogni buon conto, la quantità giornaliera di calorie per raggiungere gradualmente il peso-forma: a) con una dieta ipocalorica, se il peso attuale gli è superiore; oppure b) con una dieta ipercalorica, se gli è inferiore.

Primo pilastro

La relazione 1 e la considerazione sulla forma mostrano chiaramente che, se l'obiettivo è dimagrire, il bilancio energetico E deve essere minore di zero. Più in generale, tre sono i casi possibili di E , come evidenziato nella Tabella 1 e nella grafica della figura 1.

Tabella 1

- se $E > 0$ ($E_{in} > E_{out}$), il regime alimentare è ipercalorico (surplus energetico), quindi si aumenta di peso
- se $E = 0$ ($E_{in} = E_{out}$), il regime alimentare è normocalorico (equilibrio energetico), la situazione è di equilibrio, quindi il peso rimane costante
- se $E < 0$ ($E_{in} < E_{out}$), il regime è ipocalorico (deficit energetico), quindi si perde peso

Riquadro 1

Metabolismo totale (Energia dissipata)

=
Metabolismo basale (circa il 55 - 70%: energia per attività vitali, compresa la cerebrale)
 +
Termogenesi alimenti (circa il 10%: energia per assorbimento carboidrati, grassi, proteine, ecc.)
 +
Attività fisica (circa il 20 - 40%: energia per lavoro, sport, movimento, ecc.)



Figura 1

Bilancio energetico per i tre regimi alimentari: normocalorico al centro (equilibrio energetico: $E_{in} = E_{out}$), ipocalorico a sinistra (deficit energetico: $E_{in} < E_{out}$), ipercalorico a destra (surplus energetico: $E_{in} > E_{out}$). Le variabili sono l'energia assunta E_{in} con il cibo e l'energia dissipata E_{out} dall'organismo in funzioni vitali

Se si vuole perdere peso, il bilancio energetico E deve essere negativo, per esempio, diminuendo E_{in} (energia fornita dal cibo), a parità di E_{out} (consumo energetico totale). Ne consegue la necessità di una dieta ipocalorica basata su una sana alimentazione: la regola è di mangiare di tutto, fra gli alimenti considerati salutari, ma diminuendone le quantità. Sport, movimento ed esercizio fisico servono soprattutto per la salute, per il benessere (o star bene), per la muscolatura (la massa grassa si trasforma in muscolare); quindi sono certamente di aiuto, ma da soli non sono sufficienti per dimagrire. Sicuramente, la sinergia tra alimentazione e movimento è fondamentale e utile. I due capisaldi della salute sono riassumibili nel semplice ma pragmatico suggerimento inglese: “*Eat right and exercise*”. (L’enunciato completo sarebbe: “*Eat right, exercise, die anyway*”, con una conclusione che suona un po’ lugubre, oltre a conferire al monito una caratteristica “lapidaria” - nel senso letterale di tombale).

L’esempio successivo fornisce una prova evidente del fatto che, nel perdere peso, l’energia assunta E_{in} , tipo di dieta, esercizio fisico contano, ma non contano in uguale misura: l’introito energetico conta di più del tipo di dieta e dell’esercizio fisico, benché sia teoricamente possibile dimagrire puntando solo sull’aumento (purché molto consistente) del movimento, a parità di alimentazione.

Esempio: smaltire un frullato. Una persona di 74 kg beve un ricco e denso frullato di 300 kcal (cioè, 1.256 kJ)⁴, che tenta poi di consumare salendo le scale, anche per liberarsi dai sensi di colpa. Se l’altezza di un gradino è 20 cm, quanti gradini deve salire per smaltire il frullato?

Per l’equivalenza meccanica del calore, la risposta si ottiene uguagliando l’energia fornita dal frullato al lavoro eseguito contro la forza di gravità durante la salita (non è importante riportare qui la formula e i calcoli). I gradini risultano ben 8.650, corrispondenti a circa 1.730 m, la cui misura è comparabile con l’altezza delle principali vette dell’Appennino ligure. Il tizio avrà un bel dislivello

⁴ Nel 1948, la comunità scientifica decise che, dal momento che il calore (come il lavoro) è energia trasferita, l’unità SI (Sistema Internazionale) per il calore dovesse essere la stessa per l’energia, ossia il joule. La caloria è quindi definita 4,1868 J (esatti). Ricordiamo che la “caloria” nel contesto della nutrizione sarebbe sempre da intendere come chilocaloria. Talvolta la chilocaloria è indicata impropriamente “Caloria” (Cal.), con l’iniziale maiuscola; quest’uso è peraltro sconsigliato, perché sarebbe come mettere la maiuscola a “Metri” quando si parla di chilometri.

Sì, certo, come tutti i lettori della rivista ben sanno, massa e peso sono due grandezze diverse, quindi il peso dovrebbe essere misurato non in chilogrammi bensì in newton (con 1 kg \approx 9,81 N sul nostro pianeta). Ma, non valendo la pena di sottillizzare troppo, faremo nostro l’informale uso quotidiano dei chilogrammi.

da superare per smaltire il frullato! In alternativa, a cena potrà rinunciare, se ci riesce, a 100 g di una allettante cassata siciliana come dessert. Va sottolineato che non tutto il cibo ingerito è consumato attraverso il movimento, proprio perché una quota di calorie è dedicata al sostentamento dell’organismo (metabolismo basale).

Questo esempio è illuminante delle sorprese che i numeri possono riservare quando si fanno bene i conti sulle chilocalorie (o i kilojoule), uscendo da considerazioni puramente qualitative. Purtroppo l’alfabetizzazione numerica, per non parlare dell’educazione scientifica, non è in cima alle priorità del nostro Paese.

Tipo di dieta ed esercizio fisico sono fondamentali nel conseguimento di altri obiettivi strategici, per esempio di salute o di ricomposizione corporea, maggiormente legati al benessere e alla qualità della vita. D’altra parte, una eventuale dieta basata sul cibo spazzatura può funzionare nel farvi perdere di peso, ma non è sostenibile nel tempo, quindi non fatela! Poiché sul piano calorico uno yogurt è identico a una merendina plumcake, potremmo, teoricamente, assumere le stesse calorie mangiando cibi considerati meno salutari. In effetti, non dimagriamo di più con un’alimentazione sana: miglioriamo la qualità nutrizionale, non necessariamente l’introito calorico E_{in} . Le 1.700 kcal totali dovute a tre pasti giornalieri (molto moderati se non ipocalorici, cfr. dopo) sono circa equivalenti a quelle di una bottiglia di whisky da 0,7 l; ma, in questo caso del tutto paradossale, l’uguaglianza aritmetica, usata come alibi per sostituire sistematicamente i pasti con il superalcolico, potrebbe condurre a un esito addirittura letale, comunque dannoso per la salute.

Una precisazione. Il termine dimagrire si riferisce, in senso stretto, alla diminuzione della massa grassa. Poiché il peso corporeo è uguale a quello della massa grassa più quello della massa magra, dimagrire mantenendo lo stesso peso è possibile, perché con l’attività fisica la massa grassa si trasforma in magra (ricomposizione corporea). Notare che il peso specifico della massa muscolare è maggiore di quella grassa, quindi, a parità di volume, la muscolare pesa un po’ di più. Pur in un periodo di dieta rigorosa (e a parità di tutte le altre condizioni), non è dunque così anomalo rilevare come l’esercizio fisico produca un iniziale aumento del peso anziché un suo calo. È anche da ricordare che la massa grassa è problematica solo se è in eccesso: non è certo possibile avere una massa grassa uguale a zero, depauperando il cosiddetto grasso essenziale della riserva lipidica.

Due quantità utili, seppure solo indicativamente, per valutare la condizione - cioè lo stato antropometrico - del proprio corpo e decidere se (cercare di) dimagrire, o meno, sono il rapporto girovita/altezza e l'indice di massa corporea. Di entrambi si trovano in Google sia la definizione sia comodi strumenti di calcolo. Occorre peraltro sottolineare che questi indicatori antropometrici si basano su singoli numeri, ma nessun numero può da solo catturare la complessità del nostro corpo o tenere conto dei problemi di salute associati.

Ci sarebbe anche la "prova cintura", basata sui fori nella cinghia, regola che, pur approssimata e di scarsa scientificità, può essere indicativa dei progressi ponderali fatti, o da fare, soprattutto, per ridurre il famigerato grasso viscerale. A beneficio dei più tecnologici, sono oggi disponibili bilance - dette impedenzimetriche - che, oltre a fornire il "banale" peso, analizzano la composizione corporea in termini di grasso complessivo, massa muscolare, *compliance* con un programma di fitness, ecc. La cara e vecchia bilancia *d'antan*, magari analogica, è evoluta in un sofisticato *Body Composition Analyzer*. È da tenere presente che gli strumenti professionali sono più affidabili di quelli d'uso casalingo, purtroppo costano assai di più.

Secondo pilastro

La *regola euristica dell'andamento del peso* (in più o in meno) è esprimibile tramite la relazione

$$\pm 7.000 \text{ kcal} \leftrightarrow \pm 1 \text{ kg} \quad (2)$$

dove l'informale notazione sintetica \leftrightarrow indica che ± 7.000 kcal di cibo corrispondono (orientativamente) a ± 1 kg di peso, e viceversa.

Questo criterio del pollice che trasforma chilocalorie in chilogrammi e viceversa, a valore numerico 7.000 costante, è da tempo oggetto di discussione, tant'è che vari esperti hanno proposto di sostituirlo con modelli che tengano conto delle interazioni (non lineari) tra le componenti del bilancio energetico. Pur consapevoli della complessità sistemica degli organismi biologici, prendiamo questa regola come ipotesi di lavoro iniziale, in cui 7.000 non è certo un dato scolpito nel marmo *aere perennius*. Ciò sia per una più agevole comprensione analitica sia perché l'approccio pragmatico e le conclusioni operative della

5 La semplicità, l'efficacia e il pragmatismo sono le caratteristiche fondamentali dei criteri euristici. Essi sono stati proposti nei campi più svariati e resi popolari, anche come *forma mentis*, da Gerd Gigerenzer [9]. Questo autore, che spesso ricorre alla espressione colloquiale di *gut feelings* per caratterizzare le decisioni intuitive, ha la rara capacità comunicativa di coinvolgere con gli argomenti e convincere con le argomentazioni.

trattazione hanno validità generale. Il criterio, ancorché non ottimale e approssimato, rappresenta un eccellente punto di partenza per impostare un ragionamento euristico sull'apporto energetico E_{in} in maniera quantitativa⁵. Ad ogni buon conto, il metodo (o algoritmo) iterativo proposto nell'appendice consente di superare le limitazioni che la misura numerica costante 7.000 comporta.

È opportuno sottolineare una singolare asimmetria legata alla (pur simmetrica) relazione 2: perdere un chilogrammo può spesso rilevarsi più difficile che prenderlo. Anche e soprattutto per ragioni psicologiche. Questa situazione richiama quella che gli psicologi cognitivi Daniel Kahneman e Amos Tversky definiscono "*avversione alle perdite finanziarie*", secondo cui la maggior parte di noi attribuisce a una perdita di € 100 un "peso psicologico" assai maggiore che a un guadagno di pari ammontare (per es., [11]).

Quattro avvertenze a modo di sintesi. a) La relazione di equivalenza 2, essendo di tipo lineare, vale esclusivamente in prima approssimazione; la funzione effettiva \pm calorie \leftrightarrow \pm peso parte da un sistema di relazioni più complesse, con dinamiche non lineari ed effetti non additivi. b) Il valore 7.000 rappresenta solo una media statistica proveniente da stime empiriche. c) Con queste cautele e con l'esclusione dei non rari casi patologici o "fuori media", la regola 7.000 kcal \leftrightarrow 1 kg può essere presa come punto di partenza del ragionamento. d) Per una trattazione generale si rinvia all'appendice (oltre agli esempi della successiva Tabella 3).

I due pilastri nella pratica

L'ipotesi 7.000 kcal \leftrightarrow 1 kg comporta la seguente Tabella 2.

È da notare che i valori estremi della tabella (1.000, 700, 200 e 100 kcal) sono più teorici che effettivi: è alquanto difficile, se non sconsigliabile, ottenere un deficit effettivo per E di 1.000 kcal/die e calare di 1 kg di massa adiposa in 7 giorni.

Tabella 2

• 1.000 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 7 giorni
• 700 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 10 giorni (\rightarrow 3 kg in un mese)
• 500 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 14 giorni
• 350 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 20 giorni (\rightarrow 3 kg in 2 mesi)
• 300 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 23 giorni (circa)
• 250 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 28 giorni (\rightarrow 1 kg, per es., nel mese di febbraio)
• 200 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 35 giorni
• 200 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 35 giorni
• 100 kcal/die \leftrightarrow 1 kg in 70 giorni

Anche variazioni caloriche di 50-100 kcal sono da considerare poco realistiche per l'organismo umano, che non è una semplice macchina, né funziona come un computer o sulla base di un algoritmo. I dati precedenti forniscono la ratio per il nostro titolo ironico: "Non si ingrassa da Natale a Capodanno!". (La massima completa sarebbe: "Non si ingrassa da Natale a Capodanno, ma da Capodanno a Natale!"). Supponiamo, infatti, che nelle vacanze invernali - un periodo di due settimane - non ci siano più di sette giorni critici, quelli in cui, tanto per intenderci, ci "abbuffiamo" dando sfogo alla gola. Se in ognuno di questi eccedessimo di 1.000 kcal/die rispetto al valore di equilibrio $E_{in} = E_{out}$ (da $E = 0$ nella relazione 1), cumuleremmo complessivamente 7.000 kcal, che corrispondono solamente a 1 kg. Se, invece, in 12 mesi di regime alimentare poco sorvegliato aumentassimo di 1 kg ogni mese (corrispondenti a circa 7.000/30 kcal/die \approx 233 kcal/die), in un anno il nostro incremento di peso sarebbe di ben 12 kg: situazione recuperabile, ma che richiede tempo e impegno. Questi, perlomeno, sono gli ordini di grandezza.

La Tabella 2, da usare senza che diventi un'ossessione, consente di quantificare correttamente i principi basilari del regime alimentare, perché dà concretezza al ben noto mantra dei nutrizionisti "bisogna dimagrire lentamente con una dieta equilibrata (e con l'esercizio fisico)".

Se siete pragmatici e realisti, scordatevi dunque di perdere 6 kg in un mese, come promesso da molti pseudoesperti delle diete fai da te. A meno che non facciate vostri i consigli (volutamente provocatori) di un noto proverbio cinese: "Il segreto per vivere bene e a lungo è: mangiare la metà, camminare il doppio, ridere il triplo. Amare senza misura". Oppure che, durante la fase di dimagrimento, seguiate lo stile di vita dei centenari in una delle cinque località del mondo che Dan Buettner ha reso popolari con il nome "zone blu". Se preferite, nello stesso lasso di tempo, limitato o no, potete scegliere di comportarvi da asceti. Dopo quella del dimagrimento, bisogna essere

molto attenti nella successiva fase di mantenimento caratterizzata da un regime normocalorico, il cui obiettivo strategico è di continuare a restare a lungo nel peso-forma. La nuova condizione deve essere sostenuta con rigore e perseveranza per evitare i frequenti effetti-rimbalzo ponderali causati da un bilancio energetico in cui $E > 0$ invece di $E = 0$ (cfr. Tabella 1). Quanto più E risulta maggiore di zero ($E_{in} > E_{out}$) tanto più si riprendono, con gli interessi e presto, i chilogrammi persi, arrivando a vanificare ogni sforzo compiuto nella fase di dimagrimento.

Resta pur sempre il fatto che è piuttosto difficile stimare in modo attendibile il nostro introito calorico giornaliero E_{in} : o mentiamo su quanto abbiamo mangiato il giorno prima o dimentichiamo qualcosa.

A puro titolo di esempio, nel riquadro 2, indichiamo possibili distribuzioni di calorie in tre pasti giornalieri per due "adulti senior" tipici - uomo e donna - sia nella condizione di regime alimentare equilibrato sia nella fase di dimagrimento.

Nei due esempi, ci riferiamo ad adulti medi standardizzati, che magari non esistono. Ciascuno di noi deve partire realisticamente da un fabbisogno di calorie giornaliero E_{in} corrispondente alla condizione di equilibrio dinamico $E_{in} = E_{out}$. Inoltre, la distribuzione delle calorie nei pasti giornalieri può essere diversa se essi sono 3, 4, 5 (o, addirittura, 2 in una fase di digiuno controllato), purché l'assunzione energetica giornaliera E_{in} non cresca. Ciò detto, giova ripetere che i numeri precedenti sono solo indicativi degli ordini di grandezza in gioco. (Si ricordi anche il "paradosso" dell'equivalenza dal punto di vista calorico, ma non certo di quello della salute, di tre pasti equilibrati giornalieri con 0,7 l di superalcolico).

Nella Tabella 3, ci riferiamo a esempi diversi da 7.000 kcal (per l'obiettivo specifico del dimagrimento).

Riquadro 2

Distribuzione delle calorie giornaliere

Esempio di uomo adulto senior

- Valori orientativi in regime di equilibrio: 250 kcal a colazione, 850 a pranzo, \leq 250 a merenda, 650 a cena per un totale di **2.000 kcal/die**
- Se l'obiettivo è - 500 kcal/die \rightarrow **1.500 kcal/die totali** \rightarrow Valori orientativi: 200 kcal a colazione, 700 a pranzo, 600 a cena

Esempio di donna adulta senior

- Valori orientativi in regime di equilibrio: 200 kcal a colazione, 800 a pranzo, \leq 200 a merenda, 600 a cena per un totale di **1.800 kcal/die**
- Se l'obiettivo è - 300 kcal/die \rightarrow **1.500 kcal/die totali** \rightarrow Valori orientativi: 200 kcal a colazione, 700 a pranzo, 600 a cena (come per l'uomo)

Tabella 3

- se 7.700 kcal \leftrightarrow 1 kg, occorre una riduzione di $7.700/14 = 550$ kcal/die in E_{in} per perdere un chilogrammo in 14 giorni
- se 6.300 kcal \leftrightarrow 1 kg, basterebbe una riduzione di 450 kcal/die in E_{in} , per perdere un chilogrammo, sempre in 14 giorni
- occorrono 475 kcal/die in meno in E_{in} per 14 giorni nel caso in cui 6.650 kcal \leftrightarrow 1 kg
- per 6.000 kcal \leftrightarrow 1 kg servono 500 kcal/die in meno in E_{in} per 12 giorni
- ecc.

Osservazione. Poiché i dati di partenza - in particolare, 7.000 kcal \leftrightarrow 1 kg (o simili) e quelli energetici legati al metabolismo di ciascuno - sono medie, frutto di stime e approssimazioni empiriche, ne consegue che anche il processo di dimagrimento è empirico, ossia del tipo “per prove ed errori”. Per essere più precisi, dovremmo ridurre l’apporto calorico giornaliero, per esempio di 500 kcal, e verificare che cosa succede, diciamo, dopo due settimane e (auto)regolarci di conseguenza, estrapolando i dati personali dalle Tabelle 2 e 3. Occorre, cioè, che il processo sia adattativo e (ri)modulato in modo personalizzato (*custom made*) secondo le esigenze, le peculiarità e le storie individuali. Per le formule generali e un’euristica adattativa sul controllo ponderale, rimandiamo nuovamente all’appendice.

Stando così le cose, non possiamo aspettarci un andamento temporale del peso (in più o in meno) perfettamente lineare giorno dopo giorno, senza mai raggiungere condizioni di stallo o un *plateau*. Inoltre, con gli ordini di grandezza dei numeri nelle Tabelle 2 e 3, variazioni significative dell’andamento del peso nel verso desiderato - cioè “il mezzo chilo” in meno o in più - si possono quantificare in un arco di tempo almeno settimanale, non certo in uno o due giorni.

Pur partendo dalle calorie e dal peso, la “qualità gastronomica” non deve essere mai penalizzata, come si evince dal box di consigli culinari, dove si coniugano gli aspetti nutrizionali con il piacere gustativo per rendere il cibo più godibile.

Conclusioni

Sviluppi recenti della scienza del metabolismo ci spiegano che ci sono valide strategie per dimagrire, ma richiedono tutte l’adozione di un sano regime di deficit energetico ($E < 0$, o $E_{in} < E_{out}$, nella tabella 1 e nella figura 1): bisogna mangiare di meno - senza farsi ossessionare dalle diete all’ultima moda e senza demonizzare alcune categorie alimentari. In altre parole, poiché l’energia totale giornaliera in uscita E_{out} - cioè, il dispendio energetico giornaliero - è pressoché costante, per dimagrire, bisogna ridurre l’energia in entrata E_{in} , fornita dal cibo (il viceversa è per ingrassare).

Più arduo è stimolare un aumento di E_{out} con una significativamente maggiore attività fisica. In definitiva, il controllo di E_{in} è il miglior strumento per la gestione del peso, però insieme con un aumento del movimento. Infatti, esercizio e movimento influenzano come migliori la massa muscolare a scapito di quella grassa (a parità, in linea di massima, del peso complessivo). L’esercizio fisico è benefico per il corpo e per la mente, contribuisce ad essere più in forma, a reagire positivamente allo stress, ad aumentare il benessere psicologico, ecc. I due strumenti sono dunque entrambi utili per la salute, sia pur con funzioni e obiettivi complementari: puntare solo alla riduzione dell’introito calorico non è efficace e salutare come un lavoro sinergico di alimentazione e movimento.

Questi (sorprendenti?) risultati, suffragati da una molteplicità di dati scientifici, sono frutto di ricerche sul campo condotte, *in primis*, dall’antropologo evolutivo Herman Pontzer [16].

Per dimagrire bene ci vogliono tempo, pazienza e costanza: un programma di dimagrimento, che richiede un regime ipocalorico, è più simile a una corsa di resistenza che a uno sprint. La via maestra (*gold standard o benchmark*) non può che basarsi su un sano stile di vita praticato con continuità e perseveranza. Non esistono scorciatoie *ad usum Delphini*, meno che mai pozioni magiche tanto in senso reale quanto figurato. Metaforicamente, ricorrere a una alimentazione non sana ed equilibrata sarebbe come verniciare, senza scartavetrarla, una bicicletta arrugginita e lasciarla alle intemperie: la ruggine riaffiorerà presto. Piuttosto, “*Fai colazione come un re, pranzo come un principe e cena come un povero*”, recita un ben noto adagio, frutto della saggezza popolare. Ma anche questa raccomandazione, pur di grande forza comunicativa, non è da ritenere un dogma assoluto dell’alimentazione.

Solo un programma dietetico elaborato da un professionista esperto può indicare come arrivare, per esempio, a circa 1.200-1.500 kcal/die, ossia come ridurre l’apporto calorico giornaliero da circa 250 a 800 chilocalorie rispetto alla condizione di equilibrio (dinamico perché variabile nel tempo). Il piano deve essere però integrato da modelli virtuosi di sana alimentazione quali la piramide alimentare e/o il piatto del mangiare sano di Harvard, meglio ancora se in-

Qualità: che cosa si intende? Dove trovarla? Come riconoscerla? Quanto è importante?

Da quando ho iniziato questo mestiere, mi sono spesso imbattuto nella chimera della qualità gastronomica, spesso millantata da produttori e consumatori. Ma quante volte effettivamente ce la troviamo davanti? In principio vi era il critico, figura arcana che in incognito provava un'esperienza (gastronomica o non) per poi pubblicare il proprio parere, facendolo così conoscere ai propri lettori. Caratterizzato da particolare rispetto e credibilità, dovuti da una conclamata cultura ed esperienza in materia, questo giudizio veniva preso come assoluto dal consumatore. Dopo l'esplosione del mondo social degli smartphone, è cresciuto sempre più il fenomeno delle recensioni online, quasi mai accompagnate da un adeguato *background* culturale.

Da qui i quesiti iniziali del box, perché cucinare non è mai un discorso di quantità, bensì di qualità, non solo intesa come materia prima, ma anche nella sua forma più estesa, andando dal più semplice e primordiale desiderio di cibo, alle tecniche utilizzate per lavorarlo, e così via.

Il bello del mondo della cucina è la democrazia in senso lato. Chiunque può dare libero sfogo alla propria creatività, più o meno legata ad esigenze di dieta, gusti e desideri. Unica premessa è che inseguire questa qualità ci va più "testa" di quel che si possa pensare, poiché c'è una gran differenza tra "cucinare" e "far da mangiare". Se rimaniamo in quest'ultima sfera, tutto diventa lecito, ma non ci si può di certo aspettare che ne esca un pasto sano ed equilibrato. Mangiare per mangiare, tanto vale prendere una verdura così com'è e addentarla nella sua cruda essenza, senza lavorazione né altro, avremo sicuramente dalla nostra sincerità e coerenza. Ma cosa rimane? Forse la pancia piena.

Diverso è invece cucinare (e non intendo per forza la cottura) la stessa verdura e trasformarla in qualcosa che appaghi la vista, il gusto e tutti gli altri sensi. Così facendo ogni piatto anche il più semplice sarà "condito" di un'esperienza che farà accrescere la qualità ricercata inizialmente.

Prendiamo in esempio una persona media che segua una dieta. Spesso si ha la convinzione che avrà un'alimentazione "triste" senza acuti né gioie culinarie; ma questo dipende solo da noi stessi.

In questo caso, cercherò di coniugare due correnti di pensiero apparentemente distinte, una legata alla composizione dei piatti e l'altra alla composizione dei pasti/dieta della giornata/settimana. La prima si rifà direttamente alla teoria dell'equilibrio del maestro Gualtiero Marchesi, secondo cui in un piatto vi dovrebbe essere il perfetto equilibrio nella presenza degli elementi/ingredienti del gusto, formato da tutte le componenti sensoriali come il sapore (gusti fondamentali quali dolce, acido, amaro, salato e *umami*), l'aroma e le varie sensazioni tattili (consistenza, temperatura, astringenza, ecc.). L'altra invece, di cui ho avuto solo un approccio empirico in prima persona più che teorico, si rifà al concetto di equilibrio all'interno dei pasti in generale nell'arco di una giornata, suddividendo così gli elementi/ingredienti da assimilare con la loro caratteristica generale (carboidrati, proteine, grassi, fibre, ecc.), vincolandoli a un concetto prettamente quantitativo.

Tornando al nostro esempio, per comodità (ed esperienza diretta) prenderò in esame un giorno tipo della mia dieta personale (tengo a precisare essermi stata calcolata e fornita da una nutrizionista professionale). Ovviamente, questa tiene anche conto delle mie routine quotidiane a cui non ho voluto rinunciare, come il latte al mattino e i caffè zuccherati, durante la giornata, ma inserirò delle varianti per evincere come a pari calorie si possano ottenere risultati ben diversi tra loro. Nella Tabella 4, riassumo quanto detto.

Come risulta dalla Tabella 4, la sommatoria delle calorie dà un risultato pressoché identico e rispetta la condizione delle 1.700 kcal/die (tenendo altresì conto che non vi sono riportati i miei caffè). Questo è merito del medico nutrizionista che ha proposto una dieta bilanciata sotto tutti gli aspetti. Inoltre il programma con cui mi aiuto a calcolare le calorie (a titolo puramente indicativo) misura anche le percentuali dei tre macro-nutrienti, quali carboidrati, grassi e proteine, che rispettivamente dovrebbero essere 55%, 25% e 20%: nel nostro caso abbiamo rispettivamente 53%, 27% e 20%. Questo sottolinea come una base scientifica di un esperto sia fondamentale per impostare una dieta corretta.

È indiscutibile che una dieta *easy*, di routine, risulti meno dispendiosa sia dal punto di vista economico - ogni elaborazione costa gas o luce, ecc. - sia da quello temporale: più si elabora un piatto e più ci si perde tempo dietro. Questo è uno dei motivi per cui spesso si cade nella "noia culinaria", in cui, non essendo più appagati da ciò che mangiamo, proveremo la sensazione di una vita gastronomica piuttosto triste, che potrà farci perdere ben presto la voglia di seguire la dieta per riprendere con gli interessi i chilogrammi persi.

A prescindere da tutto ciò, è importante ricercare in qualunque cosa la famosa qualità citata all'inizio. Essa è componente fondamentale per uno stile di vita sano a trecentosessanta gradi ed è giusto affidarsi a professionisti per essere seguiti, aiutati e istruiti, affinché si ottenga il risultato desiderato e lo si mantenga il più a lungo possibile.

E LA PROFESSIONALITÀ DELLO CHEF [a cura di Guido Roncolato]

Tabella 4

Giorno X	Dieta "Tradizionale"	kcal	kcal	Dieta "Elaborata"	Giorno X
PASTO	INGREDIENTI			INGREDIENTI	PASTO
Colazione (latte e cereali)	Latte senza lattosio 200 ml Orzo solubile 10 g Cereali integrali 40 g	278 kcal	277 kcal	Farina 00 35 g Farina d'avena 40 g Albume 45 g Lievito vanigliato 6 g Zucchero 5 g Burro 3 g Latte senza lattosio 100 ml Marmellata more 100% Frutta 25 g	Colazione (pancake d'avena e salsa di more)
	Classica colazione rapida di routine			Ecco che con un pizzico di immaginazione e di voglia ci si può concedere una colazione golosa con dei pancake e una salsa di more (che per comodità si ottiene partendo da una marmellata che deve essere "sciolta" con pochissima acqua calda). Importante ovviamente è selezionare la materia prima come la marmellata che non deve essere con zuccheri aggiunti o simili.	
Pranzo (insalata di riso, piselli e pomodoro + fragole fine pasto)	Riso Carnaroli 80 g Piselli (surgelati) 150 g Parmigiano scaglie 10 g Olio evo 14 g Scalogno 10 g Pomodoro Cuore di Bue 200 g Aceto Balsamico 14 g Fragole 100 g	631 kcal	631 kcal	Riso Carnaroli 80 g Piselli (surgelati) 150 g Parmigiano grattug. 10 g Olio evo 14 g Scalogno 10 g Pomodoro Cuore di Bue 200 g Aceto Balsamico 14 g Fragole 100 g	Pranzo (risotto con piselli in più consistenze e insalatina di pomodori + fragole fine pasto)
Si evince subito di come gli stessi identici ingredienti possano dare due risultati totalmente differenti.	Qui ci si limita ad una semplicissima insalata di "quantità", dove l'obiettivo primario (e forse unico) è riempire la pancia.			In questa versione invece, si dà più importanza al discorso del "cucinare", appagando su più fronti il gusto, facendo un vero e proprio risotto con solo metà dei piselli, mentre l'altra metà, dopo essere stata bollita, verrà frullata con un po' d'acqua a creare una crema. A questo punto aggiungeremo la crema al risotto e ultimeremo la cottura. Mantechiamo con poco olio e parmigiano ed il gioco è fatto. Resta solo da preparare l'insalata di pomodoro e le fragole per il finale.	
Spuntino (yogurt greco con cioccolato fondente e lamponi)	Yogurt greco 0% 150 g Cioccolato fondente 85% 15 g Lamponi 50 g	200 kcal	216 kcal	Yogurt greco 0% 150 g Cioccolato fondente 85% 15 g Lamponi 50 g Zucchero 5 g	Spuntino (gelato variegato yogurt greco e cioccolato con lamponi)
Solitamente lo spuntino è un pasto caratterizzato dalla necessità di rapidità di preparazione e/o consumazione e qua lo vedremo in due chiavi diverse.	Versione "classica" Coppa di yogurt greco con scaglie di cioccolato e pezzetti di lamponi freschi Facile e veloce da preparare e mangiare.			Versione "golosa" In questa versione faremo un gelato (ovviamente andrebbe preparato anche giorni prima). Congelate negli stampini circa 120 g di yogurt mescolato con lo zucchero. Quando dovrete preparare il gelato, tirate fuori uno di questi ghiacciolini e frullatelo con i 30 g di yogurt mancanti per ottenere un gelato. Sciogliete il cioccolato con poca acqua e colatelo nel gelato mescolando. Aggiungete i pezzi di lamponi e avete uno spuntino fresco e goloso.	
Cena (tagliata alla piastra con "panzanella" + mela fine pasto)	Tagliata bovino adulto 150 g Pane secco 35 g Olio evo 14 g Cipolla rossa 30 g Pomodoro cuore di bue 170 g Aceto q.b. Mela 150 g	577 kcal	548 kcal	Baccalà ammollato 150 g Patate 100 g Olio evo 14 g Cipollotto 30 g Fagiolini 200 g Mela 150 g	Cena (baccalà mantecato e fagiolini + mela fine pasto)
Nella cena troviamo due opzioni entrambe validissime					
		TOT kcal	TOT kcal		
		1.686	1.672		

terpretati nell'ambito della dieta mediterranea. E, soprattutto, la qualità gastronomica è la chiave per una dieta non triste o noiosa, come sottolineato nell'apposito box. Dunque: i due pilastri di base - racchiusi nelle formule e nelle tabelle illustrate - sono condizioni necessarie per dimagrire in buona salute, ma di per sé non bastano o, come si usa dire, non sono sufficienti. Se il peso diminuisce troppo, troppo rapidamente e, soprattutto, senza un adeguato regime alimentare, è destinato poi a ricrescere ancor più rapidamente.

Se volessimo compendiare i consigli della maggior parte degli esperti in un unico slogan, diremmo di mangiare non tutto, ma poco di tutto e bene: cfr. il riquadro 3 "In poche parole...", nonché le cosiddette zone blu prima citate.

Con le riflessioni precedenti - che nel loro insieme rappresentano un punto di partenza, non certo di arrivo - abbiamo cercato di esemplificare importanti capisaldi e criteri che stanno alla base dell'andamento del peso, in particolare, se l'obiettivo strategico è il dimagrimento. Qualora siano

Riquadro 3

In poche parole...

Le regole per vivere bene, con misura ed equilibrio sono poche ma semplici, ed efficaci se applicate con metodo, disciplina e perseveranza. Ecco cinque fra le più importanti:

- a. *conosci te stesso, cioè il tuo bilancio energetico* (valutato, per es., da un esperto in scienza dell'alimentazione);
- b. *sii consapevole del tuo fabbisogno energetico giornaliero* (e fai tu stesso i conti qui suggeriti*);
- c. *limitarsi non significa privarsi, ovvero mangia non tutto, ma di tutto e bene* (seguendo lo schema dietetico dell'esperto, da interpretare con piatti gustosi - cfr. il box);
- d. *pratica con continuità l'esercizio fisico* (sulla base dei consigli di un esperto in scienze motorie) ... e *quello cognitivo-mentale* (coltiva gli interessi personali e cura le relazioni sociali);
- e. *di tanto in tanto digiuna* (secondo uno schema inquadrato in un intervento nutrizionale).

Ancora più icastico - *in a nutshell*, direbbero gli inglesi - è il monito "*Eat right, exercise, die anyway*", citato nel primo paragrafo. Anche l'aforisma cinese: "*Il segreto per vivere bene e a lungo è: mangiare la metà, camminare il doppio, ridere il triplo. Amare senza misura*" (quarto paragrafo), pur nella sua eccessiva radicalità, è di una sintesi notevole.

* I punti b e c costituiscono i principali obiettivi di questo studio.

Riquadro 4

Non si vive di sole calorie...

(Osservazioni della dott.ssa Livia Pozzi)

L'essere umano è, ovviamente, molto più delicato e difficile da modellare di un sistema fisico-ingegneristico (v. anche nota dell'appendice). Ognuno di noi è portatore di diversi *bias* mentali che impattano sul modo in cui si gestisce il cibo e, soprattutto, il controllo del cibo, da molteplici punti di vista, quali: biologico (salute vs. patologia, età, composizione corporea, storia del peso e stile alimentare, ecc.); psicologico e sociale (i significati del cibo che nella nostra esperienza personale e cultura sono ben più che nutrizionali e spesso sono legati ad aspetti relazionali, di partecipazione alla vita familiare e sociale); cognitivi (convinzioni personali, talvolta non scientifiche, relative a cibo e alimentazione, anche legate al bombardamento mediatico sul tema della dieta); spirituale ed etico, per quanto concerne le differenti esigenze etico-religiose e i comportamenti alimentari conseguenti (per es., alimentazione vegetariana); organizzativo e gestionale (problemi legati alla capacità di acquistare/cucinare il cibo, risorse economiche disponibili); aspetti sensoriali legati al cibo e alla sua palatabilità (gusti, aversioni, preferenze, *addiction*, ecc.). Inoltre, possono intervenire psicopatologie come i disturbi del comportamento alimentare, più diffuse di quello che generalmente si pensa e che colpiscono persone di qualsiasi "forma" (sottopeso/normopeso/sovrappeso o obesità) ed età.

Un altro aspetto che viene spesso dimenticato è che il nostro corpo ci aiuta, in modo molto puntuale, attraverso i segnali fisici di fame e sazietà a capire come, quanto e quando mangiare: l'ascolto dello stomaco e l'adeguamento ad esso già ci protegge da squilibri del bilancio energetico, a prescindere dal fatto che il piatto non sia vuoto o che "da calcolo" rimangano ancora calorie.

Un punto che si considera pochissimo è che calare di peso possa non essere sempre salutare. Infatti, sebbene calare di peso sembri essere "in ogni caso" una prospettiva allettante e di moda, questo aspetto andrebbe valutato. Ad esempio, decidendo di calare di peso partendo da un normopeso potrebbero essere intaccate masse utili dell'organismo (in particolare, massa ossea/muscolare/acqua corporea) che, diminuendo, non forniscono benefici in termini di miglior salute; inoltre, non è così scontato che una persona sia perfettamente conscia del proprio stato fisico e metabolico.

In sintesi, sebbene il bilancio energetico sia concettualmente utile e fondamentale, e sembri facile da comprendere, non è altrettanto scontata la realizzazione di un effettivo controllo sul cibo, perché non si tratta solo di "volontà" o di "calcoli aritmetici".

stati applicati per un periodo sufficiente, i calcoli esatti del ragionamento diventeranno meno necessari: saranno, infatti, sostituiti dall'abitudine o da automatismi di sufficiente precisione e accuratezza, come succede con l'andare in bicicletta, guidare l'auto - sì, pure ragionando con le tabelline delle moltiplicazioni, possiamo costruirci una sorta di contabilità mentale intuitiva.

Sottolineati questi aspetti, ancorché molto importanti nell'approcciarsi al mondo dell'alimentazione, resta il fatto che la realtà è molto più complessa, come ammonisce la dietista dott.ssa Livia Pozzi nel riquadro 4.

Dobbiamo anche ricordare che abbiamo proposto modelli quantitativi e che - dicono gli statistici - "tutti i modelli sono sbagliati, ma alcuni funzionano". Se funzionano, lo fanno però entro i limiti dell'approssimazione per cui sono pensati, non certo al di fuori. L'andamento temporale del peso non segue uno schema lineare predefinito rigorosamente e valido per tutti, se non in prima approssimazione. Il nostro organismo non funziona come una macchina artificiale alimentata da combustibile, in quanto è un prodotto non già dell'ingegneria, bensì dell'evoluzione. Inoltre, come dicevano Leibniz e Linneo, "natura non facit saltus".

Prima di chiudere, citiamo un raffinato palindromo inglese di 51 lettere: "Doc, note: I dissent. A fast never prevents a fatness. I diet on cod", dovuto a Peter Hilton, crittanalista britannico e sodale di Alan Turing durante la Seconda guerra mondiale. In italiano, la frase - la cui intrigante proprietà lessicale ovviamente si perde - suonerebbe come: "Dottore, nota: io dissento. Un digiuno non previene mai la pinguedine. Io sono a dieta con il merluzzo". L'enunciato allude anche a un principio dietetico che è tornato recentemente in auge: si tratta della pratica del digiuno (*fasting*) nelle sue varie declinazioni. In ogni caso, come nei bilanci economici di famiglie e imprese, anche i conti delle calorie alla fine devono tornare: se ci concediamo qualcosa, poi dobbiamo togliere qualcos'altro. Possiamo concludere il nostro tour, ribadendo (cfr. l'incipit) che "è possibile dimagrire senza contare le calorie, così come è possibile prosciugare il conto in banca perché non si è badato allo stato delle proprie finanze. Ma non è possibile perdere peso senza mangiare meno di quanto bruciamo" [16, p. 243]; e che "l'esercizio fisico non ci mantiene magri, ci mantiene vivi" [16, p. 291], va quindi praticato di più. Senza dimenticare che i risultati miracolosi delle diete sono come i cigni neri: molto rari e pressoché imprevedibili. Personalmente, non ricordiamo di avere visto né gli uni né gli altri, mai.

Appendice - Metodo generale

Un cultore di una fra le molte affascinanti discipline del gruppo denominato STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) potrebbe legittimamente chiedersi come generalizzare i calcoli per situazioni caratterizzate: a) dal parametro V (in kcal/die) che rappresenta la variazione calorica giornaliera, in più o in meno, in E_m ; e/o b) dalla variabile X , misurata in kcal/die, per una variazione di 1 kg, sempre in più o in meno (cioè, $X \leftrightarrow 1 \text{ kg}$)⁶. In termini parametrici, esprimiamo anche l'obiettivo di m (chilogrammi), in più o in meno, in n settimane, ovvero in $7 \times n$ giorni. In questa appendice, diamo risposta alla domanda, focalizzandoci sull'obiettivo strategico della riduzione ponderale.

1° Caso: V è generico e $X = 7.000 \text{ kcal/kg}$. Se vogliamo perdere m chilogrammi in n settimane ($7 \times n$ giorni), l'entità della riduzione V dell'apporto calorico giornaliero, rispetto al punto di equilibrio, è

$$V = m \times 7.000 / (7 \times n) = 1.000 m/n \text{ kcal/die} \quad (\text{A1})$$

2° Caso: V e X sono entrambi generici. In questa situazione, l'ammontare della riduzione V è

$$V = m \times X / (7 \times n) \quad (\text{A2})$$

Dalla A2 possiamo ricavare X per perdere 1 kg

$$X = (7 \times n) V/m \quad (\text{A3})$$

Vediamo due esempi per chiarire l'applicazione di quest'ultima formula.

Esempio 1. Riducendo il nostro introito calorico giornaliero di 350 kcal/die, siamo riusciti a perdere 1,5 kg in 32 giorni. Ciò significa che il nostro metabolismo funziona con

$$X = (7 \times n) V/m = 32 \times 350 / 1,5 \text{ kcal} \approx 7.500 \text{ kcal/kg}$$

Esempio 2. Abbiamo perso 1,8 kg, ma in quattro settimane (o 28 giorni), riducendo il nostro apporto calorico di 550 kcal/die. Ciò significa che il nostro metabolismo corrisponde a

$$X = (7 \times n) V/m = 7 \times 4 \times 550 / 1,8 \text{ kcal} = 7.000 \text{ kcal/kg}$$

ossia al dato preso come riferimento.

⁶ Per essere formalmente corretti, dovremmo descrivere X e le altre quantità energetiche come variabili aleatorie o, addirittura, realizzazioni temporali di altrettanti processi stocastici. Potremmo così modellare più realisticamente l'interazione dinamica di tali grandezze, ma a prezzo di una eccessiva complicazione analitica, poco giustificabile in termini di risultati quantitativi. Abbiamo pure avvertito degli andamenti non lineari e degli effetti non additivi - quindi di complessità sistemica - dei fattori che caratterizzano il funzionamento del nostro organismo, il quale, ripetiamolo, è una evoluta macchina biologica, non ingegneristica o artificiale.

Riquadro 5 Metodo (algoritmo) euristico per controllare il peso con E_{in}

1. Tabulare (per es. con Excel) le formule A1-A3, per l'insieme dei casi d'interesse, al variare dei due parametri X e V , avendo fissato un valore numerico di partenza per E_{in} (assunzione quotidiana di energia)
2. Rilevare empiricamente i propri dati individuali in un certo arco temporale (per es., $n = 14-21$ giorni)
3. Tarare la situazione personale, stimando X e V nell'ambito della casistica del punto 1
4. Calibrare l'assunzione calorica giornaliera $E_{in} \pm V$, in relazione all'obiettivo strategico di aumento/diminuzione o mantenimento del peso in un certo tempo (cfr. Tabella 1)
5. Tenere sotto controllo l'evoluzione temporale del peso per almeno 2-3 settimane
6. Se e quando necessario, ripetere in sequenza i passi 3-5, modificando i valori numerici di uno o di entrambi i parametri X e V
7. Ripartire, eventualmente, dal passo 1 con una nuova stima di E_{in} , se considerata più attendibile di quella iniziale

Completiamo il nostro “tour guidato tra le calorie” con l'abbozzo nel riquadro 5 di un algoritmo euristico iterativo per controllare l'andamento del peso. È innegabile che una certa complessità della materia derivi dal fatto che le grandezze parametriche in gioco sono molteplici. Consigliamo perciò al lettore con particolari propensioni nel calcolo algebrico di provare ad applicare il metodo concretamente nei suoi singoli passi, in quanto “*L'apprendimento è più efficace quando è un processo attivo anziché passivo. Niente è più pratico di una buona teoria*” (Kurt Lewin). Il lettore dovrà destreggiarsi in *primis* tra le formule A1-A3, ma potrà pure esercitarsi con l'ausilio delle tabelle 1-3 e degli esempi numerici del testo. Con questo approccio, le limitazioni del-

la regola 2, basata sul valore numerico 7.000 considerato poco realistico perché troppo ottimistico e costante nel tempo, vengono superate. Per altre approssimazioni, di tipo euristico o basate su modelli matematici più rigorosi, si suggerisce al lettore di esplorare la letteratura scientifica.

Gli autori desiderano ringraziare l'ing. Daniele Roffinella per i costruttivi consigli e suggerimenti tanto nel contenuto quanto nella forma. Sono grati alla dott.ssa Livia Pozzi per avere rivisto attentamente tutto l'articolo, conferendogli maggior rigore scientifico. Lo studente liceale Paolo Asbornò ha segnalato l'esempio sull'attività fisica necessaria per smaltire le calorie di un frullato.

BIBLIOGRAFIA

I lettori avrebbero forse gradito che le informazioni metodologiche contenute in questo articolo fossero state logicamente correlate a più specifiche indicazioni teorico-pratiche sull'alimentazione: fondamenti scientifici, tipologia dei cibi e loro contenuto calorico, stile di vita sano, ecc. Non abbiamo potuto farlo sistematicamente per limiti di competenza, oltre che di spazio. Tuttavia, a beneficio di chi volesse approfondire, fra le decine di pregevoli pubblicazioni da noi viste e consultate per preparare il testo, riportiamo pochi titoli essenziali, limitandone drasticamente il numero - anche per frenare la nostra proclività ai riferimenti bibliografici*. Inoltre, la Rete e Google, a saperli usare con perizia e ocularità, possono svolgere un ruolo utile, non solo di supplenza nel caso in la carta stampata non sia disponibile.

* Tuttavia, “*Bisogna sfogliare un'intera biblioteca per fare un libro*”, ammoniva Samuel Johnson, anche se basta qualcosa in meno per un articolo.

- [1] R. Berman: *La dieta mediterranea For Dummies* (edizione italiana a cura di C. Bobba), Hoepli, Milano, 2015.
- [2] F. Berrino, L. Fontana: *La grande via. Alimentazione, movimento, meditazione per una lunga vita felice, sana e creativa*, Mondadori, Milano, 2017.
- [3] F. Berrino: *Medicina da mangiare*, FrancoAngeli, Milano, 2018.
- [4] F. Berrino, D. Lumerà: *La via della leggerezza. Perdere peso nel corpo e nell'anima*, Mondadori, Milano, 2019.
- [5] C. Cannella, A. Mariani Costantini, G. Tomassi: *Alimentazione e nutrizione umana*, III ed., Il Pensiero Scientifico Editore, Roma, 2016.
- [6] V. Carbone (con M. Valitutti): *Il grande libro della longevità*, RAI Libri, Roma, 2022.
- [7] E. Djalma Vitali: *Guida all'alimentazione. I La nutrizione. II I cibi*, VI ed., Editori Riuniti, Roma, 1988.
- [8] E. Dogliotti: *Una dieta per ogni età. Alimentazione ed equilibrio in ogni fase della vita*, Sperling & Kupfer, Milano, 2021.
- [9] G. Gigerenzer: *Imparare a rischiare. Come prendere decisioni giuste*, Raffaello Cortina Editore, Milano, 2015.
- [10] *Harvard Health Annual*, Harvard Health Publishing, 2022.
- [11] D. Kahneman: *Pensieri lenti e veloci*, Mondadori, Milano 2012.
- [12] Centro di ricerca CREA - Alimenti e Nutrizione: *Linee guida per una sana alimentazione - Dossier Scientifico*, Roma, 2017, www.crea.gov.it/documents/59764/0/Dossier+LG+2017_CAP1.pdf/e8359ac4-5b10-bae6-d7c8-fe25cf9d05fb?t=1575530076206
- [13] Centro di ricerca CREA - Alimenti e Nutrizione: *Linee guida per una sana alimentazione - Revisione 2018*, Roma, 2019, www.crea.gov.it/documents/59764/0/LINEE-GUIDA+DEFINITIVO.pdf/28670db4-154c-0ecc-d187-1ee9db3b1c65?t=1576850671654
- [14] V. Longo: *La dieta della longevità*, Vallardi, Milano, 2016.
- [15] G. Nardone: *La dieta paradossale*, Ponte alle Grazie, Milano, 2007.
- [16] H. Pontzer: *Brucia! La nuova scienza del metabolismo per perdere peso e restare in salute*, Mondadori, Milano, 2022.
- [17] C.V. Segrè, A. Collino: *I segreti dei centenari. I consigli della scienza per vivere meglio e più a lungo*, Sperling & Kupfer, Milano, 2021.
- [18] E. Soresi (con P. Garzia): *Mitocondrio mon amour. Strategie di un medico per vivere meglio e più a lungo*, UTET, Novara, 2015.
- [19] N. Sorrentino: *Grassi dentro. Perdi la pancia, allunga la vita*, Mondadori, Milano, 2016.

AEIT

Promuove il vostro business



AEIT, rivista ufficiale dell'Associazione, pubblica articoli di alta divulgazione tecnico-scientifica nei settori di competenza: elettrotecnica, elettronica, automazione, informatica e telecomunicazioni.

Tariffe pubblicitarie

I ^a di copertina	3.000 €	II ^a di copertina	1.750 €
III ^a di copertina	1.500 €	IV ^a di copertina	2.500 €
I ^a Romana	2.500 €	Interna A4	1.200 €

1 + 1 = 3

Ogni 2 pagine pubblicitarie a pagamento la 3^a è gratuita!

La rivista prevede un "Primo Piano" su tematiche d'attualità, articoli di approfondimento e alcune rubriche, tra cui "Imprese e Prodotti" e "Imprese e Mercato".

Oltre all'inserimento di pagine di pubblicità nella rivista (come da tariffe), le aziende hanno la possibilità di pubblicare, a titolo gratuito, redazionali e comunicati da inviare all'indirizzo mail redazione@aeit.it in formato word (.txt, .doc o .docx).

I testi non devono superare la lunghezza di 1400-1500 battute (spazi inclusi) per la rubrica "Imprese e Prodotti" e 2400-2500 battute (spazi inclusi) per la rubrica "Imprese e Mercato" e corredati da fotografie ad alta risoluzione (300 dpi).

Sul sito www.aeit.it si possono trovare tutte le informazioni utili per associarsi all'AEIT, per abbonarsi e per pubblicare sulla nostra rivista.

AEIT
Ufficio Centrale
Via Mauro Macchi 32
20124 Milano
Tel. 02 87389967
Fax 02 66989023
chiusi@aeit.it
www.aeit.it



Il 6G: la promessa e i risultati raggiunti

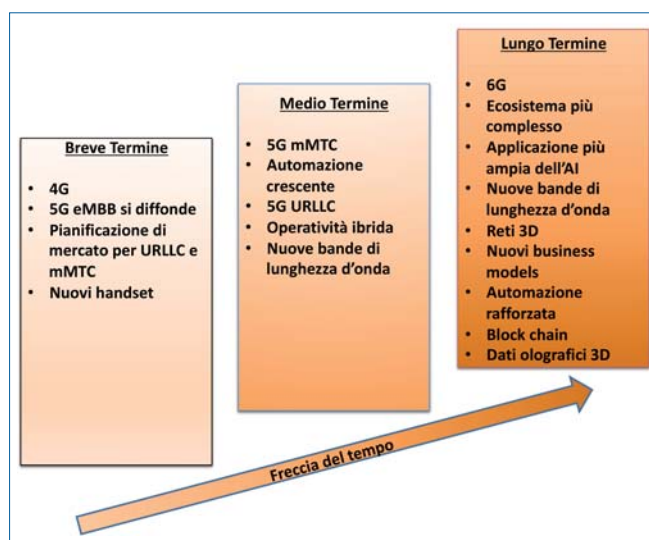
Mauro Ugolini *Università Roma Tre*
Edward Smith *Wokingham U3A*

Il 6G è ancora in fase di ricerca, con aree di indagine su tecnologie non sperimentate in precedenza nelle reti di comunicazione. Già oggi però queste tecnologie si dimostrano promettenti nel soddisfare requisiti operativi particolarmente impegnativi

La ricerca e l'attuazione

Mancano ancora otto anni all'implementazione del 6G, ma la tecnologia per supportarlo è in fase di sviluppo attivo ora, ed è fondamentale per comprenderne il potenziale impatto sull'evoluzione del settore delle comunicazioni. In Europa, la *Smart Networks and Services Joint Undertaking* (SNS JU), un programma finanziato congiuntamente dall'industria e dall'Unione Europea (UE), punta a promuovere progetti per assistere l'evoluzione dell'ecosistema europeo del 5G e a sostenere la ricerca sul 6G in Europa. L'iniziativa ha attratto un finanziamento congiunto di circa 250 milioni di euro nell'ambito del programma *Horizon Europe* e ha identificato i suoi primi 35 progetti di ricerca, innovazione e sperimentazione. Anche il progetto *Hexa-X* dell'UE è finanziato attraverso *Horizon 2020* e avrà una durata di tre anni, con un finanziamento disponibile di 12 milioni di euro e con il coinvolgimento di un consorzio di 25 partner provenienti da 9 Paesi: in Italia, sono inclusi TIM, il Politecnico di Torino e l'Università di Pisa.

Una interessante rappresentazione dell'evoluzione delle comunicazioni mobili è fornita dal "diagramma a tre orizzonti temporali" di figura 1. È evidente che nel breve termine saranno utilizzate



▲ **Figura 1**

Il futuro delle comunicazioni mobili secondo un "diagramma a tre orizzonti temporali"

le implementazioni 4G e 5G esistenti, il futuro a medio termine sarà caratterizzato dalla piena realizzazione del modello 5G e il futuro a lungo termine vedrà il dispiegamento del 6G.

In questo lavoro, intendiamo esplorare il lungo periodo del 6G senza trascurare il futuro a breve e medio termine, analizzando anzitutto in che modo lo sviluppo del mercato 5G prepara la strada al 6G ed esaminando poi il meccanismo di sviluppo e i risultati tecnologici previsti. Verranno successivamente esaminate le sfide tecniche e commerciali, e infine saranno valutati l'impatto sul modello di vendita dei servizi mobili e le sue implicazioni per l'industria dell'*Information and Communication Technology* - ICT.

Il programma e la promessa

Il 5G ha tre proposizioni principali: *extended Massive Broadband* (eMBB, "banda larga massiva estesa"), *massive Machine Type Communications* (mMTC, "comunicazioni massive di tipo macchina") e *Ultrareliable Low Latency Communications* (URLLC, "comunicazioni a bassa latenza ultra-affidabili). Si prevede che questa tecnologia gene-

rerà opportunità con un impatto economico globale di 12,3 trilioni di dollari. È infatti progettata per fornire *throughput* migliorato, latenza ridotta, permettere maggiore “densità” dei dispositivi e maggiore disponibilità, affidabilità e sostenibilità nell’utilizzo dell’energia. È stato previsto un aumento della capacità tra 1.000 e 5.000 volte quella del 4G. Di contro, si prevede anche che l’investimento infrastrutturale richiesto per il 5G assorbirà una quota significativa dei ricavi dell’operatore di rete mobile (MNO).

È davvero istruttivo analizzare lo sviluppo del 5G in una fase, ormai trascorsa, equivalente all’attuale stato di definizione del 6G, ricordando l’affermazione di Edgerton [1] secondo cui l’impatto di una tecnologia sulla società è guidato dall’uso e non dall’invenzione. Le prime specifiche 5G sono state rilasciate dal *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*¹ alla fine del 2017, ma lo sviluppo iniziale può essere fatto risalire al 2013 con il *World Radio Congress 2015* che si è focalizzato sulle bande a 6 GHz e a onde millimetriche da utilizzare con il 5G. Le specifiche formali del 3GPP hanno iniziato a diffondersi nel 2019.

Elemento chiave per lo sviluppo del 5G è stata la maggiore dipendenza dal software, che consente la separazione del piano di controllo, che gestisce la connessione dell’utente, i criteri della

qualità del servizio (QoS) e l’autenticazione dell’utente, dal piano dell’utente che supporta l’inoltro del traffico. La maggior parte degli operatori prevede che il mercato sarà trainato dalla banda larga ad alta capacità e ad alta velocità, con una crescita significativa delle reti private e dei segmenti verticali.

La figura 2 evidenzia come il 5G abbia “determinato” la traiettoria iniziale del 6G; tuttavia, convertire le promesse della ricerca in una solida serie di offerte di servizio è un obiettivo ancora da raggiungere, e sarà vitale per lo sviluppo del 6G.

L’implementazione dei requisiti

Il numero di organizzazioni che partecipano alla definizione del 6G attraverso il 3GPP è cresciuto in modo significativo. Il 6G trae origine dall’intenzione di supportare “densità” elevate di dispositivi, comunicazioni tra macchine e bassa latenza, il tutto sostenuto da un’architettura mobile multi-servizio. L’architettura 5G supporta reti pubbliche e private. Un’area in cui le soluzioni di rete private sono applicabili è quella delle fabbriche intelligenti e le aziende tedesche e giapponesi hanno richiesto l’allocazione dello spettro radio privato proprio a questo scopo [2].

In genere occorrono dagli otto ai dieci anni per portare un modello concettuale come quello del 6G dall’ideazione alla consegna e si prevede che il 6G maturerà, al punto di diventare una proposta implementabile, nel periodo 2028-2030. La

¹ Il 3GPP è stato creato nel 1998, raccogliendo un certo numero di partner fondativi, chiamandoli a lavorare insieme per definire standard condivisi.

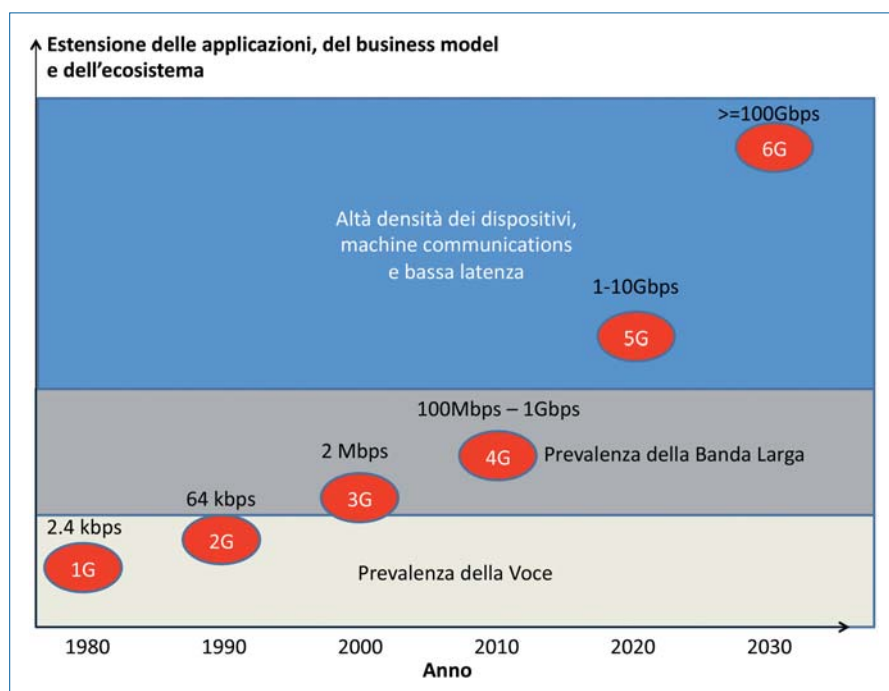


Figura 2
Lo sviluppo delle diverse generazioni delle comunicazioni mobili

International Telecommunications Union (ITU) ha formato il “Focus Group for Network 2030” nel 2018 e ha gettato le basi per il 6G nella proposta *International Mobile Telecommunications (IMT-2030)*, specializzandosi in sette aree di ricerca [3]:

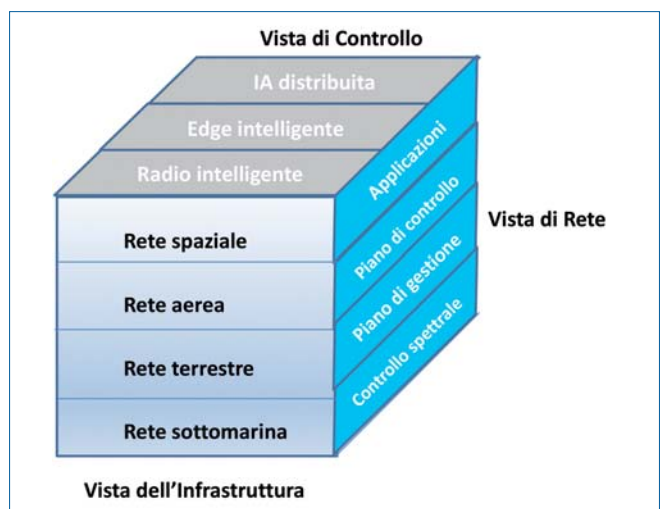
- l’Intelligenza Artificiale (AI) Pervasiva con risultati intellegibili;
- l’*Edge Computing* con elaborazione suddivisa;
- la rete ad alta precisione, con topologia dinamica e *open source*;
- la *Machine-communication*: un *Internet-of-Things* (IoT) efficiente dal punto di vista energetico;
- i casi d’uso e i servizi di tipo *Rich-media*;
- Sicurezza, privacy e affidabilità del sistema;
- le *Terahertz Communications*.

IMT-2030 ha determinato l’ingresso, nella partnership, di altri portatori di interesse, quali fornitori di soluzioni tecnologiche, operatori e organismi di ricerca, che avranno influenza sul campo di applicabilità e sui contenuti delle decisioni.

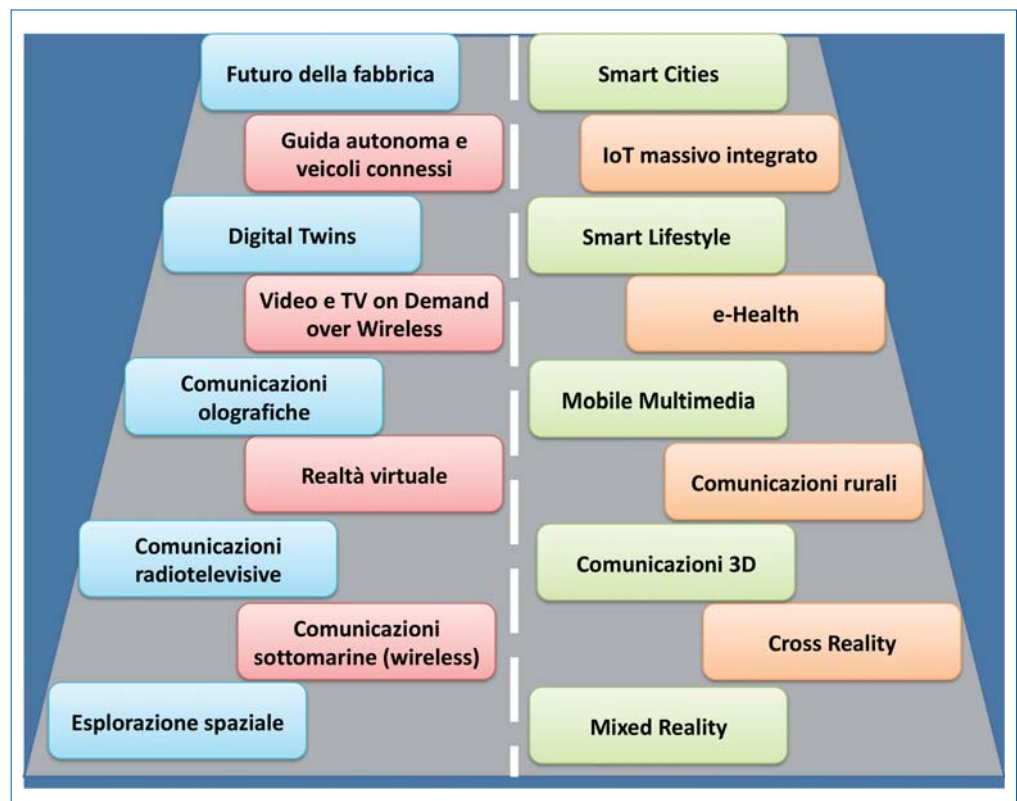
La Tabella 1 mostra i cambiamenti nelle caratteristiche prestazionali del 6G rispetto al 5G; gli obiettivi chiave di sviluppo sono invece mostrati nella figura 3.

Il 6G sarà una “rete di reti” eterogenea e ibrida. Le architetture senza celle estenderanno la connettività a tre dimensioni (ecco perché la densità del

Tabella 1 - SKey Performance Indicator (KPIs) del 5G e 6G a confronto		
Parametri	5G	6G
Data rate: downlink	20 Gb/s	> 1 Tb/s
Data rate: uplink	10 Gb/s	1 Tb/s
Capacità	10 Mb/s/m ²	1 - 10 Gb/s/m ³
Latenza	1 ms	10 - 100 μs
Affidabilità	fino a 99.999%	fino a 99.99999%
Mobilità	fino a 500 km/h	fino a 1.000 km/h
Densità connessioni	10 ⁶ dispositivi/km ²	10 ⁷ dispositivi/km ²
Sicurezza e privacy	media	molto alta



▲ **Figura 3**
Obiettivi di sviluppo del 6G in 3 dimensioni



▲ **Figura 4**

Le applicazioni potenziali per il 6G

traffico per il 6G è espressa in unità di Gb/s/m³) incorporando potenzialmente le comunicazioni via satellite e sottomarine. Sono previsti miglioramenti nelle prestazioni a bassa latenza [5], per includere una latenza inferiore al millisecondo. Tutto ciò è sostenuto da *Mobile Edge Computing*, intelligenza artificiale (AI), comunicazione a pacchetto corto e *Block Chain*. È verosimile che gli sforzi di standardizzazione inizino a partire dal 2026.

Fra le possibili applicazioni del 6G troviamo la *Smart City*, le comunicazioni rurali, il *Mobile Multimedia*, l'*e-Health*, l'esplorazione dello spazio, le comunicazioni radiotelevisive, le comunicazioni wireless subacquee, la *Mixed Reality* (MR), le comunicazioni olografiche, la realtà virtuale (VR), la comunicazione 3D, i *Digital Twins*, la *Cross Reality* (CR) e il Video e la *TV on Demand* su rete wireless. Altri suggeriscono: il futuro delle fabbriche, lo *Smart Life Style*, l'IoT massivo integrato, la guida autonoma e i veicoli connessi. McKinsey prevede un aumento del PIL globale da 1,2 trilioni a 2 trilioni di dollari entro il 2030, a causa delle sole applicazioni in sanità, produzione, mobilità e vendita al dettaglio [6]. Un quadro di sintesi delle applicazioni possibili [2-3] è mostrato nella figura 4.

I requisiti di interazione umana sono soddisfatti in presenza di bassa latenza ed elevata larghezza di banda. Le interazioni tra macchine richiedono una capacità di calcolo modesta, distanze di trasmissione molto lunghe o molto brevi, la possibilità di gestire un'elevata "densità" di dispositivi e un basso consumo energetico, naturalmente soddisfacendo anche gli obiettivi di affidabilità, larghezza di banda e latenza [3]. Si prevede che i dispositivi *machine-to-machine* rappresenteranno più del 70% di tutti i dispositivi connessi entro il 2030, ma consumeranno solo il 12% del traffico dati [6]. L'adozione di mMTC e URLLC, man mano che il 5G raggiungerà la sua maturazione, dovrebbe essere indicativa del probabile successo commerciale di tali servizi; tuttavia, l'implementazione è in una fase iniziale [4] e sebbene le loro funzionalità di base siano sup-

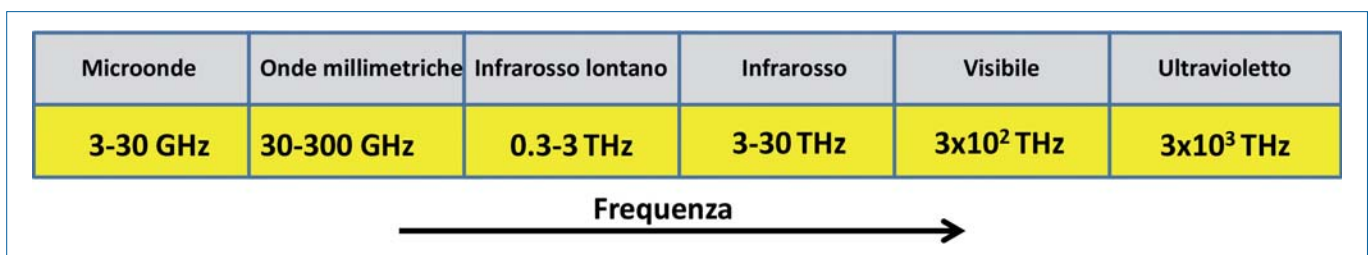
portate, rimane incerta l'identificazione di casi d'uso avanzati significativi [3]. Poherel *et al.* [7] forniscono evidenza che URLLC e mMTC non coesisteranno facilmente, nonostante la loro coesistenza sia richiesta per applicazioni come i veicoli autonomi; altri studiosi prevedono inoltre che il 6G sosterrà gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite per il 2030 e si allineerà con l'iniziativa giapponese *Society 5.0* per la ricerca dell'equilibrio tra bisogni umani e tecnologia [1]. Si immagina che il 5G sia da 10 a 20 volte più efficiente del 4G dal punto di vista energetico, ma ciò è contrastato dall'aumento dei volumi di dati, il cui trasporto consuma il 70-90% dell'energia. Il 6G raggiungerà almeno in parte questo obiettivo, attraverso la riduzione dei componenti e la contrazione della capacità quando la domanda è inferiore [8].

Ricerca e innovazione

Il 5G ha introdotto l'uso delle comunicazioni a onde millimetriche, nella gamma di frequenze 30-300 GHz. Il 6G continuerà a utilizzare questa banda, che può anche supportare il *Wireless Backhaul*, le reti ultra-dense e la trasmissione da satellite a terra ad alta capacità. Tutto ciò sarà integrato da capacità di lunghezza d'onda più corta nella banda 0,1-10 THz per velocità fino a 1 Tbps; le relative bande di frequenza sono mostrate in figura 5.

Potrebbero essere necessari diversi Tbps di larghezza di banda e una latenza inferiore al millisecondo per un'esperienza utente fluida e coinvolgente per la Telepresenza Olografica non compressa e la copertura potrebbe essere limitata a 10 m in piccole celle, a queste frequenze. Il protocollo di trasporto TCP dovrà infatti essere migliorato per fornire prestazioni coerenti con la velocità di trasmissione aerea desiderata di 1 Tbps e una latenza inferiore a 100 s [3].

Visible Light Communications (VLC) è una tecnologia principalmente per uso interno e consentirà comunicazioni ottiche ad alto rendimento [2], uti-



▲ **Figura 5**

Le principali bande di frequenza dello spettro elettromagnetico

lizzando lampadine LED a basso costo e ad alta efficienza energetica per ottenere velocità molto elevate di trasmissione dati. Possiede un fattore di riuso ad alta frequenza, può essere “multiplexata” utilizzando tecniche di divisione d’onda e fornisce un’elevata sicurezza a livello fisico, basandosi sul collegamento radio per l’*uplink* [3].

La comunicazione altamente direzionale richiederà *array* di antenne con fattore di forma ridotto e la densità dell’antenna può aumentare con la frequenza: perciò, i sistemi THz possono utilizzare più elementi di antenna. Si produrrà però una latenza maggiore, a causa del processo più lungo di ricerca del fascio. Per le *Terahertz Communications* si dovrà perciò ricorrere a possibili progetti innovativi di antenne che utilizzano nuovi materiali, come quelle basate su nanotubi di carbonio e quelle planari in grafene [3].

Le *Reconfigurable Intelligent Surfaces* (RIS) utilizzano superfici sintetiche dotate di un numero enorme di elementi riflettenti [4,8], costituiti da sottili fogli di meta-materiali quasi passivi, a basso costo e riconfigurabili. Migliorano la propagazione imponendo sfasamenti controllabili e indipendenti sui segnali e sono allo stadio di *proof of concept* [3]. Quando il percorso *Line-of-Sight* (LoS) è compromesso, il RIS potrà fornire un percorso aggiuntivo, regolando le caratteristiche di propagazione del segnale radio riflesso.

L’attuale *Open Radio Access Network* (O-RAN) e gli standard che abilitano la *diversity* nella catena di approvvigionamento [8] saranno importanti e sono oggi in fase di ulteriore sviluppo. La *O-RAN Alliance* offrirà una base per la costruzione di una rete di accesso radio (RAN) virtualizzata su *hardware* non proprietaria,

con incorporato il controllo radio basato su AI. Poiché la RAN costituisce il 70% dei costi totali dell’infrastruttura di un operatore di telefonia mobile, questi risultati sono della massima importanza. È probabile che il 6G adotterà sempre più metodi di tipo *open source* [3].

Le tecnologie su cui sono basate le *Software Defined Networks* (SDN), la *Network Function Virtualization* (NFV) e l’*Artificial Intelligence* (AI) consentono un maggiore controllo del software in tutte le reti. L’imperativo per l’automazione deriva dal numero crescente di componenti all’interno della rete, da un *network slicing* più sofisticato e dalle misure di qualità del servizio (QoS) specifiche delle varie applicazioni. Questa complessità operativa renderà essenziale un approccio guidato dall’Intelligenza Artificiale [4-5].

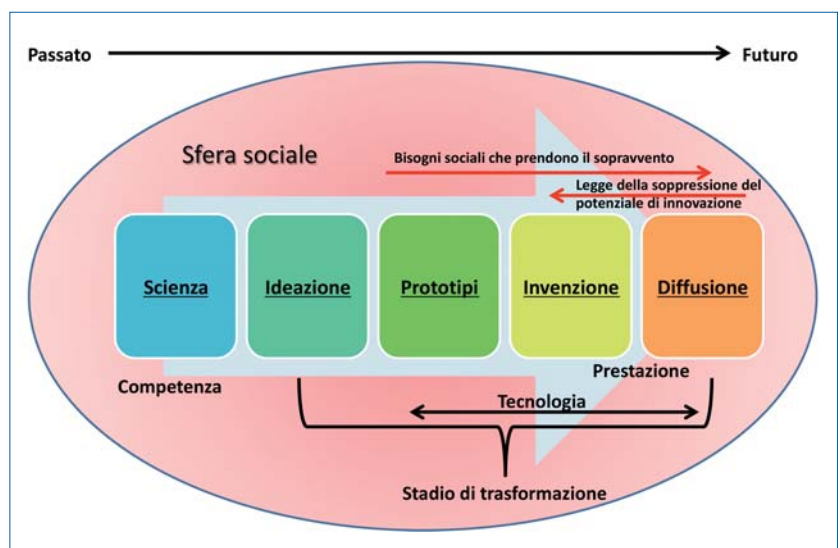
L’*Edge Computing* mira a ridurre il sovraccarico e la latenza associati all’accesso ai computer eseguito attraverso un cloud remoto. Sarà quindi necessario per tutti i nuovi servizi a bassa latenza [3].

La *Security Orchestration* sarà necessaria per proteggere le reti e i dispositivi IoT a queste connessi dalla perdita e dall’intercettazione dei dati e dalle interruzioni del servizio [2]. Si baserà sui protocolli di sicurezza, sulle chiavi di crittografia e sui meccanismi che identificano e riconoscono i *trustee*, i dispositivi di sicurezza e i meccanismi di sicurezza aggiuntivi della rete. Le tecnologie *blockchain* dovrebbero consentire il trasferimento sicuro dei dati su Internet, registrando ogni modifica in modo decentralizzato in tempo reale, prevenendo la manomissione [2].

Le attuali tecniche crittografiche, in particolare la crittografia asimmetrica, possono teoricamente essere violate utilizzando computer quantistici, che sono in una fase iniziale di sviluppo. Il *National Institute of Standards and Technology* (NIST) americano ha indetto un concorso per la crittografia sicura post-quantistica che potrebbe offrire alcune soluzioni [3]. *Quantum Key Distribution* (QKD) sembra essere oggi una tecnologia futura praticabile per lo scambio di chiavi nell’elaborazione asimmetrica.

Figura 6 ►

Il modello di Winston per l’adozione di una nuova tecnologia



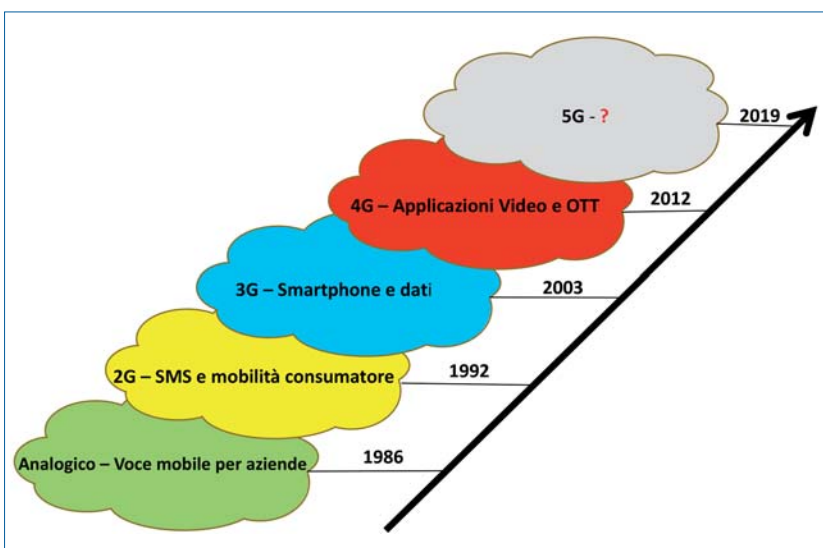
Le sfide e il cambiamento

Come per tutte le nuove tecnologie, il 6G dovrà bilanciare i vantaggi offerti dalla tecnologia con l'inerzia che resiste ai cambiamenti. Winston lo formalizza [9] nel suo modello, schematizzato in figura 6, che segue la diffusione di una nuova tecnologia a partire dall'identificazione degli aspetti scientifici che ne sono alla base, fino alla sua adozione, bilanciando le barriere che rappresentano un ostacolo (la cosiddetta "Legge di soppressione del potenziale di innovazione") con le condizioni che ne favoriscono il dispiegamento (i cosiddetti "Bisogni sociali che prendono il sopravvento").

Il pieno impatto del conflitto tra la "Legge di soppressione del potenziale di innovazione" e i "Bisogni sociali che prendono il sopravvento" si farà sentire piuttosto tardi nel processo di diffusione del 6G e sarà quindi dipendente dall'adozione del 5G. Per eMBB, i Bisogni sociali saranno chiaramente dominanti. La situazione con le altre nuove proposizioni del 6G, quelle più recenti, è meno chiara [3] e poiché mMTC è uno dei principali fattori di "densificazione" delle reti mobili, questa circostanza rappresenta un elemento di preoccupazione.

Il 6G è attualmente nella fase scientifica e di ideazione, ovvero nella fase iniziale del processo di sviluppo, in cui l'equilibrio tra queste forze è più oscuro. È chiaro che sia le reti mobili che quelle terrestri dovranno supportare applicazioni multimediali, un'area in cui la pandemia di SARS-Cov-2 ha trainato la crescita. Se iniziative come la proposta Metaverse di Meta guadagneranno consenso, verrà posta maggiore enfasi su un'esperienza immersiva. Sviluppi come le *Terahertz Communications*, offrendo miglioramenti in termini di *throughput*, latenza e uso efficiente dello spettro, saranno di supporto a tutto ciò.

Le preoccupazioni sull'effettivo dispiegamento delle proposizioni del 6G aumenteranno tuttavia man mano che molte società tecnologiche con offerta basata su sviluppi software, come Meta e Twitter, avranno ridotto la forza lavoro rappresentata dagli sviluppatori.



A ciò si aggiunge il fatto che l'*Edge Computing* è certamente necessario per la bassa latenza, ma i dettagli di implementazione sono scarsi, sebbene "nuovi operatori", come Akamai, ne stiano esaminando il potenziale [4]. Inoltre, la co-ubicazione delle attrezzature nella rete di accesso radio (RAN) crea una responsabilità di gestione congiunta e possibilità di condivisione delle attrezzature, cui si aggiunge il fatto che l'efficienza energetica è da considerare un elemento importante.

L'enfasi del 6G sul *Business to Business* (B2B) [2-4] suggerisce poi che le questioni relative alla Legge di soppressione del potenziale di innovazione, in particolare i *business case* impegnativi, devono essere valutate man mano che lo sviluppo tecnologico procede. Anche per il 5G, il *business case* è stata la principale preoccupazione di tutti i *Chief Technology Officer* (CTO) europei all'inizio del lancio.

La crescita del traffico mobile sembra essere stata guidata, storicamente, da un'applicazione determinante, come mostrato nella figura 7; un'applicazione *killer* di questo tipo non è ancora visibile per il 6G, e nemmeno per il 5G, a dire il vero.

Le *Machine Communications* sono un'area di potenziale crescita, alimentata da un previsto rapido aumento delle connessioni IoT, sebbene solo un terzo di questi dispositivi si connetterà a una rete mobile. Molte applicazioni sfrutteranno servizi come *LoRaWAN* e *SigFox*, che fanno però uso di spettro senza licenza. I fornitori di reti 5G devono ancora comprendere bene il loro ruolo nel plasmare il mercato di tali servizi e nella catena di fornitura [10]. URLLC supporterà la Realtà Aumentata (AR), la Realtà Virtuale (VR), l'*Edge Computing* e i veicoli autonomi, ma finora queste

Figura 7

Le diverse generazioni delle comunicazioni mobili e le applicazioni che ne hanno favorito l'adozione

tecnologie non hanno raggiunto una penetrazione significativa di mercato. Sono inoltre disponibili dati limitati sull'adozione di mMTC e URLLC, sebbene la figura 8, derivata dall'analisi e dall'interpretazione dei dati di mercato correntemente disponibili, preveda una cifra di entrate mondiali nel 2030 di circa 300 miliardi di dollari per i servizi URLLC. Questo è un dato significativamente maggiore rispetto a quelli di alcune altre fonti, circostanza che evidenzia qualche incertezza nella comprensione delle dimensioni di questi mercati.

Tutti questi cambiamenti, unitamente al fatto che l'ecosistema 6G sarà più ampio, comporteranno la necessità di nuovi approcci commerciali.

I mutamenti del mercato

È prevista l'evoluzione verso un modello di *business* decentralizzato più flessibile, che preveda la concessione di licenze locali sullo spettro, la condivisione dello spettro e dell'infrastruttura e una gestione automatizzata intelligente. È necessario riconoscere le pressioni commerciali esistenti in tutto il settore, ad esempio gli operatori storici che subiscono perdite di entrate a favore di fornitori *Over-The-Top* (OTT) e basati su *cloud* [5]. L'aggiunta di una consistente componente commerciale *Business-to-Business* (B2B) a un mercato della banda larga di massa orientato al consumatore richiede due modelli di vendita radicalmente diversi:

- il mercato consumer dovrà essere indirizzato con una proposizione *Quad Play*, in cui gran parte della domanda di capacità è alimentata da servizi *Over-The-Top* ("agnostici") del fornitore di rete;
- il mercato aziendale richiederà l'accoppiamento della rete a un'applicazione, per formare una soluzione, che normalmente sarà messa insieme

da un *Systems Integrator*, che in genere sarà proprietario del contatto con il cliente. Un cliente aziendale si aspetterà di ricevere un livello significativo di capacità per molti dispositivi, circostanza che gli attribuirà una maggiore influenza su prezzo, funzionalità e livelli di servizio.

Se un *provider* di rete desidera assumere il ruolo di *Systems Integrator* saranno necessarie competenze aggiuntive e un approccio diverso alla gestione del rischio. Questo è un approccio che è ben coerente con l'approccio raccomandato da diversi analisti, come metodo per arginare la perdita di ricavi per i fornitori OTT.

Il modello 6G dovrebbe fornire inoltre una maggiore capacità *indoor* per le reti mobili, ma non è chiara la rilevanza di ciò per gli operatori di rete, i cui clienti passano tipicamente alla banda larga e all'accesso basato su Wi-Fi per le attività *indoor*.

I modelli di business dovranno adattarsi alle molteplici parti interessate che dovrebbero partecipare all'ecosistema 6G. Yrjölä *et al.* [11] ritengono che le reti ibride saranno abilitate da un modello di finanziamento pubblico-privato-personale. Le reti private guidate dall'automazione digitale industriale richiedono infrastrutture autonome per un'elevata affidabilità, prestazioni elevate in termini di larghezza di banda e affidabilità, comunicazioni sicure e riservatezza dei dati, per soddisfare le esigenze aziendali e *mission-critical*. L'obiettivo sarà quello di fornire una piattaforma di accesso e una fornitura di servizi ricche. Le piattaforme private dovranno interfacciarsi con i servizi e le reti virtuali implementate sulle piattaforme pubbliche, fornendo al *provider* di rete sia opportunità aggiuntive che minacce competitive.

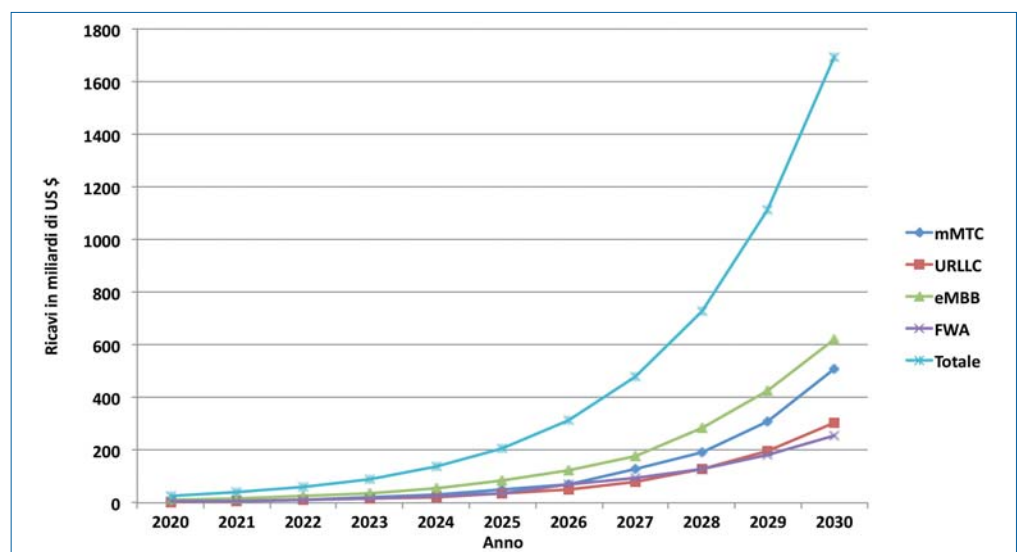


Figura 8

La crescita del mercato del 5G tra il 2020 e il 2030

Fonte dei dati elaborati: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/5g-services-market>

Un punto di vista sui risultati raggiunti

Il 6G è in una fase iniziale di sviluppo della ricerca, con diverse aree di indagine, alcune delle quali coinvolgono nuove tecnologie che non sono state precedentemente implementate, su larga scala, nelle reti commerciali. L'area più impegnativa sarà probabilmente quella del controllo dell'Intelligenza Artificiale, in cui la scala dell'applicazione, il suo utilizzo per il controllo in tempo reale e la complessità e le conseguenze del processo decisionale automatizzato sono aree di novità e quindi di rischio. Ciò diventerà sempre più significativo man mano che la rete diventerà più eterogenea. Tuttavia, dobbiamo riconoscere che queste tecnologie si dimostrano promettenti nel soddisfare una serie di requisiti impegnativi.

Lo sviluppo tecnologico è un requisito necessario, ma non sufficiente, per il successo del 6G. Data la natura di una nuova generazione e gli investimenti aggiuntivi richiesti, è legittimo chiedersi se gli operatori di rete saranno disposti o addirittura in grado di permettersi di migliorare le proprie infrastrutture per convertire queste tecnologie in servizi di successo. Le difficoltà esistenti nel valutare un *business case* convincente per il 5G creano dubbi in questo settore, ma le prestazioni del 5G nell'orizzonte temporale a medio termine forniranno una preziosa guida al potenziale di successo commerciale del 6G. Ciò è particolarmente vero per le proposizioni mMTC e URLLC. L'uso dell'*open source*, guidato dall'iniziativa O-RAN, aiuterà nella gestione dei costi delle apparecchiature, tanto che il 61% dei professionisti ICT che hanno risposto a un sondaggio ritiene che O-RAN sia un importante fattore di successo. Sebbene sia stata identificata un'ampia gamma

di applicazioni, la domanda dei servizi proposti è incerta. Per esempio, la telepresenza olografica, fortemente richiesta in applicazioni come il Metaverso, soddisfa un reale bisogno di mercato? I veicoli autonomi sono stati sviluppati utilizzando sensori e sistemi di intelligenza in gran parte autonomi: questo approccio cambierà significativamente, per sfruttare meglio la comunicazione da veicolo a veicolo e l'uso di armadietti stradali, abilitati da un servizio mMTC?

In alcuni paesi il lancio del 5G ha dovuto far fronte a una situazione geopolitica sempre più tesa, in particolare alla luce del ruolo di Huawei come importante presenza di mercato. Nonostante l'intensa pressione politica, in particolare da parte degli Stati Uniti, i dati relativi al mercato delle *base station* [12], suggeriscono che la quota di mercato di Huawei è rimasta stabile intorno al 30% negli ultimi tre anni, mentre le quote di Ericsson, Nokia e ZTE sembrano di aver vissuto un piccolo calo, con le azioni di Samsung e "altri" in crescita. Inoltre, Huawei contribuisce economicamente in modo significativo al 3GPP, suggerendo che l'interesse cinese per il 6G rimarrà alto.

E per concludere: avremo un mercato più frammentato, ovvero con un'elevata percentuale di connessioni fornite da un numero maggiore di iniziative private e indipendenti? È probabile che molte delle sempre più eterogenee parti interessate coinvolte dovranno rivalutare il loro ruolo. Gli operatori di mercato dovranno stabilire in che modo l'equilibrio tra "i bisogni sociali che possono prendere il sopravvento" e la "legge di soppressione del potenziale di innovazione" possa essere orientato a favore dei primi, se si vuole che il mercato si sviluppi in modo soddisfacente per tutti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Edgerton: *The Shock of the Old*, Profile Books, London, 2008.
- [2] P. Sergio, R. Henrique, R. Prasad: *The Road to the Future*, Wireless Technologies 2030, Gistrup, River Publishers, 2021.
- [3] Y. Wu, S. Singh, T. Taleb, A. Roy, H.S. Dhillon, M.R. Kanagarathnam, A. De: *6G Mobile Wireless Networks*, Switzerland, AG, Springer Nature Cham, 2021.
- [4] E. Bertin, N. Crespi, N.T. Magedanz: *Shaping Future 6G Networks - Needs, Impacts, and Technologies*, Hoboken, Wiley, 2022.
- [5] Nokia Communications: *6G explained*, 2021 - <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/6g-explained>
- [6] McKinsey Global Institute: *Connected world: An evolution in connectivity beyond the 5G revolution*, 2020.
- [7] S.P. Pokhrel, J. Ding, J. Park, O. Park, J. Choi: *Towards Enabling Critical mMTC: A Review of URLLC within mMTC*, *arXiv*, 2020 - <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2007/2007.08793.pdf>
- [8] R. Tafazolli: *6G Wireless: A New Strategic Vision*, www.surrey.ac.uk/sites/default/files/2020-11/6g-wireless-a-new-strategic-vision-paper.pdf
- [9] B. Winston: *Media Technology and Society: A History. From the Telegraph to the Internet*, Routledge, New York, 1998.
- [10] E. Smith, M. Ugolini: *5G is out there: how to ride the market storm and thrive*, *Journal of Telecommunications and Information Technology (JTIT)*, 2/2021, pp. 85-92 - <https://doi.org/10.26636/jtit.2021.151521>
- [11] S. Yrjölä, P. Ahokangas, M. Matinmikko-Blue: *White Paper on Business of 6G*, *6G Research Visions*, n. 3 - <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2005/2005.06400.pdf>
- [12] www.statista.com/statistics/1134472/global-mobile-base-station-vendor-market-share/



Dal 1897 l'AEIT promuove e diffonde in ambito nazionale lo studio dell'elettricità e lo sviluppo delle sue applicazioni nei campi dell'energia, delle telecomunicazioni, dell'automazione e del trattamento dell'informazione.

Tale missione si concretizza in numerose attività culturali, tra le quali l'organizzazione di conferenze, giornate di studio, seminari e visite tecniche, nonché attra-

verso l'assegnazione di premi e borse di studio rivolte ai giovani.

Ogni anno AEIT, con le sue 19 Sezioni e 4 Societies, organizza su tutto il territorio nazionale oltre 100 incontri rivolti ai propri Soci, Aziende e a tutti gli operatori del settore sui temi più attuali e rilevanti del sistema energetico italiano con particolare riferimento alle nuove tecnologie emergenti e alle infrastrutture.



Per ulteriori informazioni e iscrizioni:

AEIT - Ufficio Centrale - Via Mauro Macchi, 32 - 20124 Milano

tel. 02.87389960 - fax 02.66989023

e-mail: soci@aeit.it - web: www.aeit.it

novembre/dicembre

a cura di Giuseppe Notaro

2° Edizione

Corso di formazione

Codifica di canale e sue applicazioni

illustrata da chi ha seguito l'evoluzione di questa tematica dalla metà degli anni 70

Milano, 18 aprile 2023

Il Corso si svolgerà in modalità telematica tramite la piattaforma Zoom



di limiti attuali. È destinato a dipendenti di aziende che operano nell'ICT, professionisti, studenti dei corsi di laurea in Ingegneria dell'Informazione, studenti degli Istituti Tecnici Industriali.

Il corso viene svolto a distanza in modalità sincrona, secondo l'orario e con gli argomenti che saranno nel seguito elencati. È prevista anche una verifica di apprendimento, per l'attestazione del livello di apprendimento acquisito.

PROGRAMMA

Relatore: Prof. Giovanni Cancellieri

10:00 - 11:30 Considerazioni generali

- Scopi della codifica di canale
- Disturbi presenti in un canale di trasferimento di dati
- Larghezza di banda del canale e sua disponibilità
- Quattro costi nel trasferimento di dati digitali

11:30 - 13:00 Protezione dei dati digitali contro tutti

i tipi di disturbi

- Concetto di qualità del servizio
- Riduzione nel costo del rapporto segnale-rumore
- Curve di BER e guadagni di codifica
- Canali di trasmissione e mezzi trasmissivi

13:00 - 14:00 Pausa pranzo

14:00 - 15:30 Esempi di codici a blocco e loro prestazioni

- Codici binari e codici non binari. Limiti di prestazioni
- Capacità autocorrettiva e distanza minima
- Algoritmi di decodifica a decisione soft
- Cenno sui codici convoluzionali

15:30 - 17:00 Complessità nella decodifica, circuiti e standard

- Trellis di decodifica e algoritmo di Viterbi
- Realizzazioni circuitali
- Principali standard
- Trasmissioni multilivello

17:00 - 17:30 Test finale di apprendimento

PRESENTAZIONE

I moderni sistemi di comunicazione digitale sono possibili grazie all'impiego di questa tecnologia, in cui la matematica e l'elettronica si fondono per contribuire a fornire soluzioni sempre più efficaci. Il radiomobile, i servizi wireless, gli accessi alla rete fissa a banda ultra-larga, le connessioni in fibra ottica della rete di trasporto, i collegamenti satellitari, la registrazione e riproduzione di contenuti digitali non sono altro che campi di impiego della codifica di canale. Essa si basa sull'aggiunta di opportuni bit di controllo ai bit di informazione. Dopo le invenzioni, i brevetti, gli sviluppi circuitali, si sono diffusi degli standard, per consentire a più aziende di competere nel mercato di queste applicazioni.

Il corso tratta dell'evoluzione storica, del superamento di una serie di limiti che sembravano invalicabili, dell'esistenza

Per ragioni organizzative, le iscrizioni devono essere effettuate on line sul sito www.aeit.it entro il 14 aprile 2023.

AEIT informa

Seminario on line AEIT Sezione Toscana e Umbria

Mercati dell'energia elettrica e dei servizi di dispacciamento - Analisi e prospettive

• Venerdì 24 febbraio 2023 •

A EIT Sezione Toscana e Umbria, in collaborazione con AEE Society AEIT per l'Energia Elettrica e UNAE, con il patrocinio dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze e l'Ordine dei Periti Industriali e dei Periti Industriali Laureati della Provincia di Firenze, organizza il Seminario on line **Mercati dell'energia elettrica e dei servizi di dispacciamento - Analisi e prospettive** il giorno 24 febbraio 2023.

Le molteplici interazioni fra i mercati dell'energia e quelli dei servizi di dispacciamento costituiscono uno dei temi più complessi e affascinanti nell'ambito della gestione dei sistemi elettrici liberalizzati.

Il seminario fornirà innanzitutto un'introduzione propedeutica su alcuni aspetti generali riguardanti l'economia dell'energia e l'architettura gestionale del sistema elettrico.

Successivamente, ad opera del nostro Transmission System Operator, sarà esaminato in dettaglio il funzionamento dei mercati dell'energia, di quello dei servizi di dispacciamento "ex-ante" e di quello di bilanciamento.

Gli interventi dei vari relatori, e il dibattito che ne seguirà, saranno l'occasione per comprendere e discutere le sfide tecniche ed economiche che caratterizzano l'odierna transizione energetica.

Programma

14:30 Saluti di apertura

Prof. Ing. Alberto Reatti - *Presidente AEIT Sezione Toscana e Umbria*

Prof. Ing. Stefano Massucco - *Presidente AEE Society AEIT per l'Energia Elettrica*

Dott. Ing. Giancarlo Fianchisti - *Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze*

Prof. Ing. Francesco Grasso - *Presidente Nazionale UNAE*

Moderatore: Dott. Ing. Alberto Giorgi - *Vicepresidente AEIT Sez. Toscana e Umbria & Vicepresidente AEE (Society AEIT per l'Energia Elettrica)*

15:00 Introduzione ai mercati • Dott. Ing. Roberto Forconi - *Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze*

15:30 Il mercato dell'energia elettrica • Prof. Ing. Davide Poli - *Università di Pisa*

16:00 Mercati dell'energia • Dott. Ing. Mauro Caprabianca - *Responsabile Funzione Market Operation and Analysis di Terna*

17:00 Mercato dei servizi di Dispacciamento "ex-ante" e il Mercato di Bilanciamento • Dott. Ing. Valerio Catalano - *Responsabile Sala Market Operation di Terna*

18:00 Dibattito e conclusioni

Per Informazioni:

AEIT Sezione Toscana e Umbria

E-mail: [toscaumbria@aeit.it](mailto:toscanaumbria@aeit.it) - Sito Web: <https://www.aeit.it>

Intitolata a Federico Rossi l'Aula Magna dell'Università di Cassino

• 21 novembre 2022 •

Federico Rossi è nato a Vallo della Lucania il 18 marzo 1948; è mancato a Napoli il 6 aprile 2020. Laureato in Ingegneria elettrotecnica presso l'Università di Napoli Federico II, fu prima Professore Associato presso la stessa università, poi Ordinario a Salerno, a Cassino e infine a Napoli. Studioso di programmazione e gestione ottimale dei grandi sistemi elettrici e di politiche energetiche, è autore di monografie e pubblicazioni scientifiche. È stato Rettore dell'Università di Cassino e come tale Segretario della CRUI; Sottosegretario di Stato e Consigliere scientifico per i governi Dini, Prodi e D'Alema; membro del Consiglio di Amministrazione, Vicepresidente, anche con funzioni di Presidente, del Consiglio Nazionale delle Ricerche; Direttore del Nucleo di Verifica e Valutazione degli investimenti pubblici della Regione Campania e Presidente della relativa rete nazionale.

Negli anni del rettorato di Federico Rossi, dal 1990 al 1996, l'Università di Cassino visse un'intensa, profonda trasformazione; egli, infatti, seppe pienamente cogliere l'indirizzo nazionale di autonomia organizzativa, statutaria e finanziaria dell'Università italiana. Cassino colse appieno le possibilità offerte



dalle spinte nazionali al decentramento ed all'autogoverno dell'Università italiana, e formulò il nuovo Statuto nel settembre 1992, fra le prime in Italia. Nello Statuto erano centrali l'attenzione alla partecipazione degli studenti alla gestione dell'Università e le scelte centrate sul binomio autonomia decisionale/autocontrollo degli Atenei.

Il 21 novembre 2022 l'Università di Cassino e del Lazio Meridionale ha intitolato a Federico Rossi l'Aula Magna dell'Ateneo.

HITACHI
Inspire the Next



Il futuro è sostenibile

In Hitachi Energy promuoviamo un futuro energetico sostenibile per tutti. Le nostre soluzioni tecnologiche consentono l'integrazione delle rinnovabili, l'accumulo di energia, la transizione alla mobilità sostenibile e altro ancora.



Ufficio Centrale |
Via Mauro Macchi 32 | Milano |
Tel. 02 87389965 | Fax 02 66989023 | www.aeit.it |