

# Dynamic Wireless Charging

## Ricarica batterie rapida, sicura ed ecologica...4.0!

**Flavio Cavallo** (Co-founder), **Paolo Guglielmi** (Co-founder), **Vincenzo Cirimele** (Co-founder), **Saverio Stefano Furio** (Electrical Project Engineer) – **ENERMOVE srl** - [info@enermovesrl.it](mailto:info@enermovesrl.it)

*Tematiche: Risparmio energetico, logistic*

### PRESENTAZIONE DELL'AZIENDA E ILLUSTRAZIONE DEL PROBLEMA

Enermove, costituita nel maggio 2019, nasce dalla grande esperienza del mercato degli accumulatori per la trazione elettrica dell'imprenditore piemontese Flavio Cavallo, che ha cercato una soluzione tecnica al problema della **ricarica delle batterie dei carrelli elevatori**.

Le batterie che alimentano i carrelli elevatori sono tipicamente di tre tipi: al piombo acido, al piombo ermetiche e agli ioni di litio. Le prime creano seri problemi di impianto, perché durante la fase di ricarica generano gas nocivi e pertanto le stazioni di ricarica devono essere posizionate all'esterno dello stabilimento oppure all'interno, in opportune zone di ricarica confinate, allestite con appositi impianti progettati secondo le direttive Atex dell'Unione Europea per la regolamentazione di apparecchiature destinate all'impiego in zone a rischio e per la sicurezza e la salute dei lavoratori in atmosfere esplosive. Queste stazioni di ricarica oltre ad essere molto costose sono anche ingombranti e, in un impianto di logistica, lo spazio corrisponde a redditività. Le batterie al piombo ermetiche eliminano questo problema; presentano oltre alla ricarica standard quella "Fast", eseguibili entrambe in zone interne allo stabilimento, ma richiedono necessariamente dei fermi macchina. La soluzione più moderna è quella delle batterie agli ioni di litio, più leggere e molto più costose, sempre però con le medesime caratteristiche di ricarica del piombo ermetico.

Esistono diversi metodi per la ricarica di energia elettrica dei carrelli elevatori. Quello più diffuso consiste nella sostituzione del pacco batterie esausto con uno carico. Questa operazione risulta estremamente delicata e richiede personale addestrato, in quanto le batterie sono pesanti e ingombranti con problemi di sicurezza elettrica.



**Figura 1** - Aree per la ricarica e operazioni di sostituzione batterie

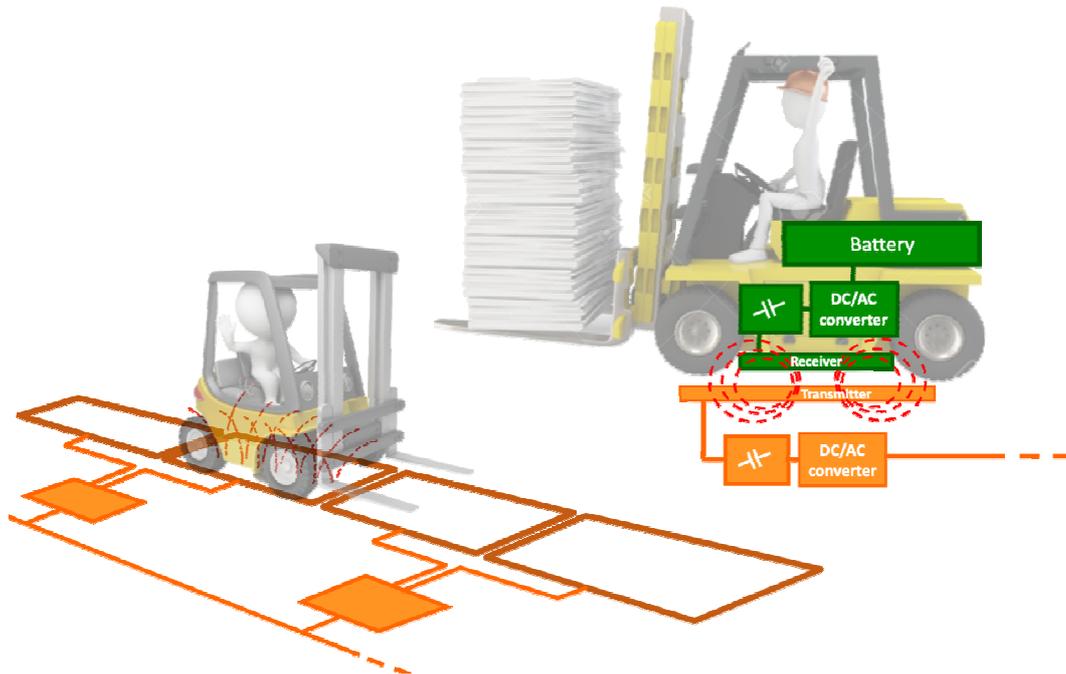
Per le batterie al piombo ermetiche e per le batterie al litio si può utilizzare una sola batteria sfruttando appositi alimentatori dedicati per la ricarica rapida che permettono una parziale ricarica veloce iniettando nelle batterie una corrente fino a tre volte la corrente nominale di carica. Questa soluzione richiede però frequenti pause di ricarica per mantenere sempre efficiente la batteria e quindi la funzionalità del carrello durante tutta la sua operatività giornaliera.

I vantaggi nel trovare una soluzione a tutti questi problemi sono evidenti e sicuramente quello più rilevante è rappresentato dalla riduzione delle pause forzate da parte del personale del magazzino. Tale risparmio, considerando imprese che lavorano su due turni può arrivare a diverse decine di migliaia di euro all'anno sia nel caso che si confronti la soluzione con quella di "sostituzione batterie" che con quella di "ricarica rapida".

## **DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE**

La soluzione al problema è arrivata dalle ricerche condotte dal Professor Paolo Guglielmi e dal ricercatore Vincenzo Cirimele del dipartimento Energia del Politecnico di Torino sulla ricarica wireless dinamica.

La tecnologia della ricarica wireless è diventata popolare nell'ambito della ricarica dei veicoli elettrici negli ultimi dieci anni, ma le applicazioni che stanno per affacciarsi sul mercato si focalizzano esclusivamente, stando alle attuali conoscenze del team Enermove, sulla ricarica statica, ovvero la ricarica avviene con veicolo fermo. Il sistema ENERMOVE è basato sulla tecnologia dell'accoppiamento magnetico risonante spesso indicata come Wireless Power Transmission (WPT). Tale tecnologia è basata sull'accoppiamento magnetico di due bobine, una fissa a terra detta trasmittente ed una posta al di sotto del veicolo detta ricevente. La bobina trasmittente viene alimentata tramite un convertitore DC/AC che fa circolare una corrente alternata ad alta frequenza nella bobina. Tale corrente alternata genera a sua volta un campo magnetico che viene concatenato dalla bobina ricevente ai cui capi si genera una tensione alternata. Collegando un opportuno circuito a questa bobina, si può dar luogo alla circolazione di una corrente e quindi trasferire potenza dalla bobina trasmittente a quella ricevente in completa assenza di contatti elettrici. Alle due bobine vengono tipicamente collegati dei condensatori che, rendendo il sistema di tipo risonante, permettono di massimizzare la potenza trasferita riducendo le dimensioni e il costo dell'elettronica di potenza, aumentando al contempo l'efficienza del sistema.



**Figura 2** - Schema di principio tecnologia Enermove

La tecnologia ENERMOVE sfrutta questi principi fisici per realizzare una corsia di ricarica costituita da più bobine trasmettenti che si attivano in modo automatico al passaggio del carrello elevatore equipaggiato con la bobina ricevente, alla quale si collega un convertitore elettronico di potenza per la gestione dell'interfaccia verso la batteria. Il sistema consente di alimentare in modo continuo il veicolo permettendo la ricarica della batteria ed eliminando la necessità delle soste per la ricarica. L'uso del sistema ENERMOVE si accompagna ad altri notevoli vantaggi: l'installazione del sistema in sostituzione dei classici plug-in consente di eliminare tutte le operazioni di sgancio/aggancio del connettore con notevole aumento della praticità, riduzione dei tempi morti e aumento della sicurezza per l'operatore. Poiché le bobine trasmettenti e la relativa elettronica di alimentazione vengono installate al di sotto della pavimentazione, non occupano volume utile e non alterano quindi la normale struttura logistica del magazzino.

Precedenti analisi di fattibilità eseguite dai soci hanno mostrato che il livello di potenza richiesto per tale applicazione risulta simile a quello della ricarica lenta delle batterie e pertanto non richiede alcun potenziamento dell'impianto elettrico, come invece tipicamente accade per l'installazione di sistemi per la ricarica rapida. Quindi i principali vantaggi di questa tecnologia sono molteplici:

- Non occupa preziose aree di stabilimento;
- Non necessita di altri operatori oltre al carrellista;
- Non necessita di rifacimento degli impianti elettrici di stabilimento a monte del sistema stesso;
- Può essere utilizzata per più carrelli;
- Non necessita di sistemi di connessione rapida;
- È particolarmente adatto all'uso combinato con sistemi di generazione da fonti rinnovabili, specie fotovoltaico, poiché offre una via preferenziale all'autoconsumo dell'energia prodotta, senza dover ricorrere allo stoccaggio (ingombrante e costoso);
- Elimina i tempi morti legati alle operazioni di sostituzione / ricarica;
- Permette un importante risparmio del costo del personale come di seguito calcolato.

Inoltre, grazie alla modularità della tecnologia Enermove, il sistema può essere customizzato a seconda dell'ambito applicativo e cioè a seconda delle caratteristiche del layout dell'impianto di logistica. Quindi il sistema si presta ad essere adattato ad esempio nella forma e numero di bobine trasmettenti, nel numero di carrelli elevatori che si desidera elettrificare mediante le bobine riceventi e l'elettronica di bordo, nell'elettronica di potenza delle bobine trasmettenti e dall'installazione e dalle opere edili che dipendono chiaramente dal layout dell'impianto e dalle prestazioni richieste.

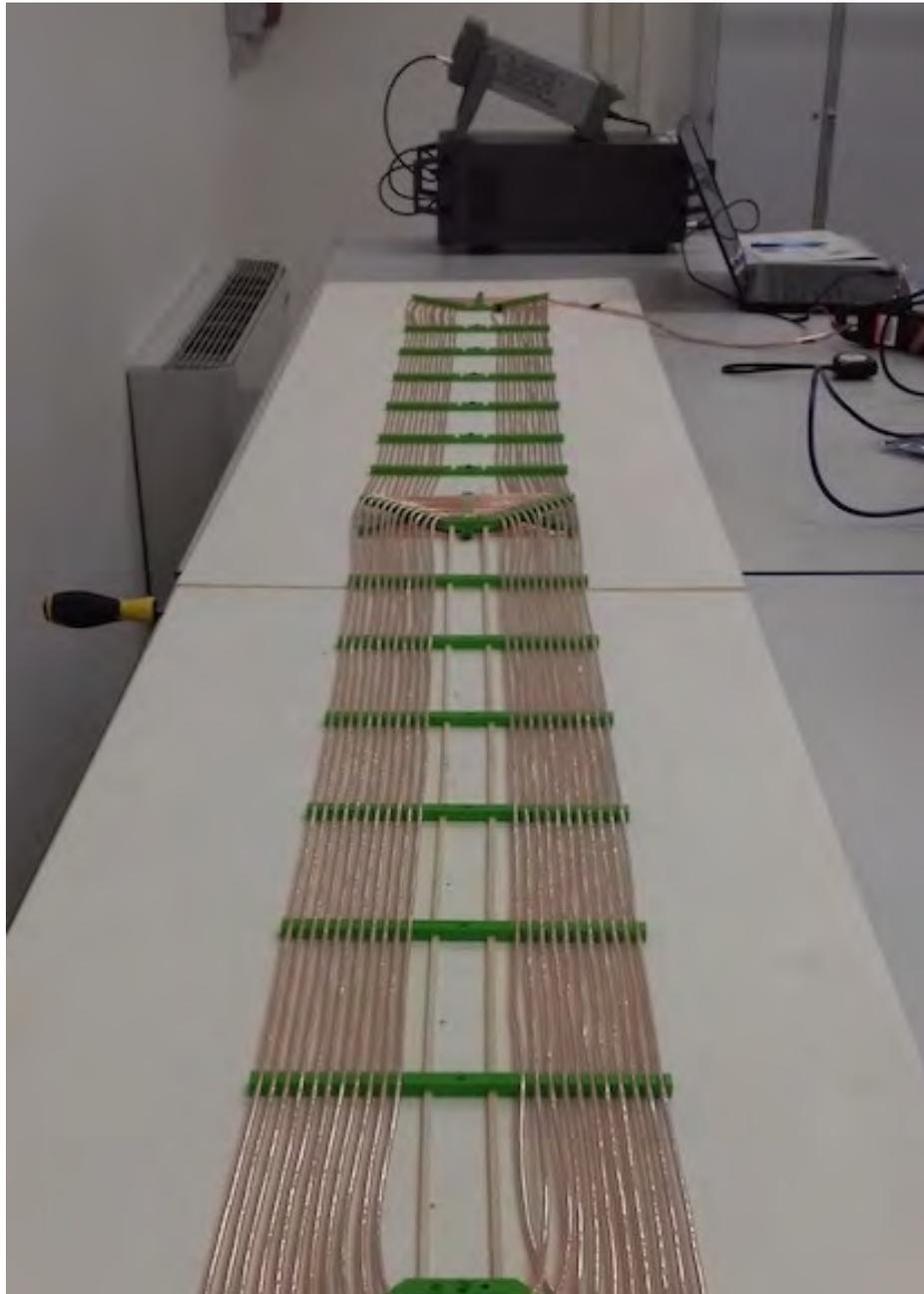
### **REALIZZAZIONE DEL PRIMO PROTOTIPO DIMOSTRATORE**

Nella costruzione del primo prototipo dimostratore, sono state individuate e risolte diverse criticità che vanno dall'uso ed eventuale auto-costruzione di alcuni componenti essenziali, i protocolli di comunicazione e i componenti per il controllo e il monitoraggio dei convertitori elettronici di potenza, fino alla scelta delle tecniche e dei materiali per l'installazione delle bobine al di sotto della pavimentazione. Nei seguenti paragrafi vengono descritte le principali criticità incontrate in fase di progettazione e realizzazione.

### **PROBLEMA PAVIMENTAZIONI INDUSTRIALI E FORMA GEOMETRICA DELLE BOBINE**

Uno degli aspetti più critici in fase di progettazione e dimensionamento delle bobine trasmettenti è sicuramente la valutazione delle condizioni al contorno, ovvero l'ambiente nel quale deve essere immersa la bobina. Da analisi e ricerche condotte sul campo si è visto che la quasi totalità delle pavimentazioni industriali presenta, al di sotto delle lastre in calcestruzzo, delle reti elettrosaldate. La presenza di materiali metallici nella pavimentazione comporta necessariamente una modifica dei parametri elettrici e magnetici di progetto. Di conseguenza sono state individuate delle forme geometriche opportune al fine di ridurre il concatenamento del campo magnetico con elementi indesiderati, eliminando in essi la circolazione di correnti parassite, che ridurrebbero inevitabilmente l'efficienza complessiva del sistema.

La forma geometrica adottata riduce non solo i parassitismi con il ferro presente nella pavimentazione ma si presenta anche come una robusta soluzione ai disallineamenti del veicolo su cui è montata la bobina ricevente, che comportano discontinuità nell'alimentazione.



**Figura 3** - Prototipo dimostratore con due bobine trasmittenti

La bobina si presenta quindi lunga 120 cm e larga 20 cm. La bobina ricevente si presenta invece di superficie quadrata con dimensione pari a 35 mm. Il sistema permette quindi disallineamenti tra ricevitore e trasmettitore fino al 20%. Nonostante la possibilità di avere disallineamenti, sarà comunque necessario far sì che l'operatore segua il più possibile le piste di ricarica. Questo potrà essere garantito mediante segnaletica ed eventualmente con l'ausilio di sensori di posizione, a valle di analisi statistiche delle aree dello stabilimento maggiormente percorse dai carrelli elevatori.

L'installazione delle bobine nella pavimentazione industriale non richiede onerose operazioni in quanto, mediante raschiatori per calcestruzzo, viene raschiata solo la superficie superiore del pavimento (5 cm circa) creando una traccia per alloggiare la bobina. La bobina, opportunamente resinata, viene ricoperta dal calcestruzzo e, secondo una filosofia simile agli impianti di riscaldamento a pavimento, non sono richieste ulteriori opere di manutenzione.

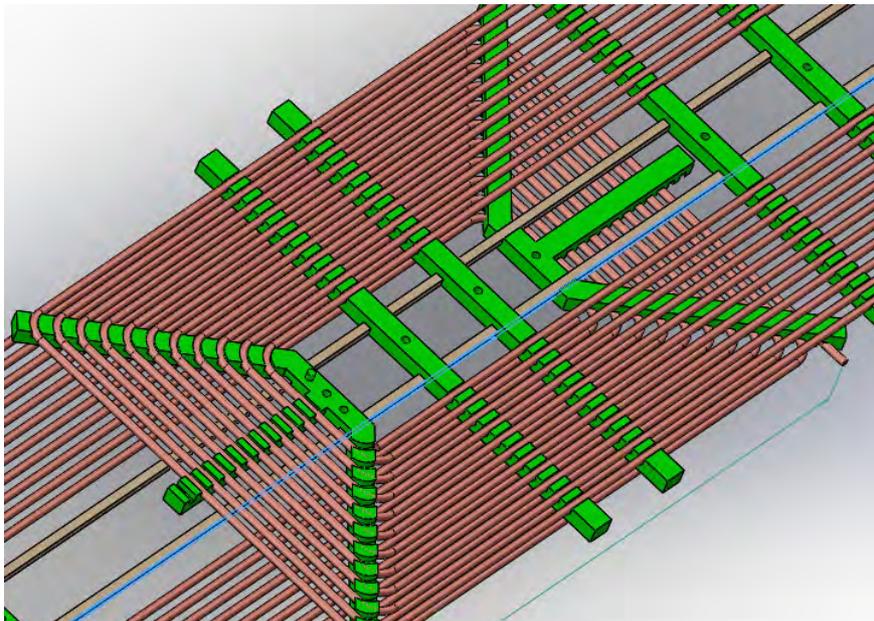
## MATERIALI ADOTTATI

Avendo la necessità di lavorare a elevate frequenze, risulta necessario adottare per le bobine la tecnologia dei cavi litz, i quali permettono di ridurre notevolmente le perdite causate dall'effetto pelle e dall'effetto di prossimità. Questa tipologia di cavi si presenta come una molteplicità di trefoli di fili sottili, isolati singolarmente e attorcigliati. Al fine di aumentare il flusso magnetico concatenato con la bobina ricevente, è stato utilizzato un piatto di ferrite; la schermatura, necessaria non solo per la sicurezza delle persone ma anche per evitare problemi di compatibilità elettromagnetica dell'elettronica a bordo del carrello elevatore, è garantita dal telaio stesso del carrello e da una lastra di alluminio disposta tra il pianale del carrello e la bobina ricevente.

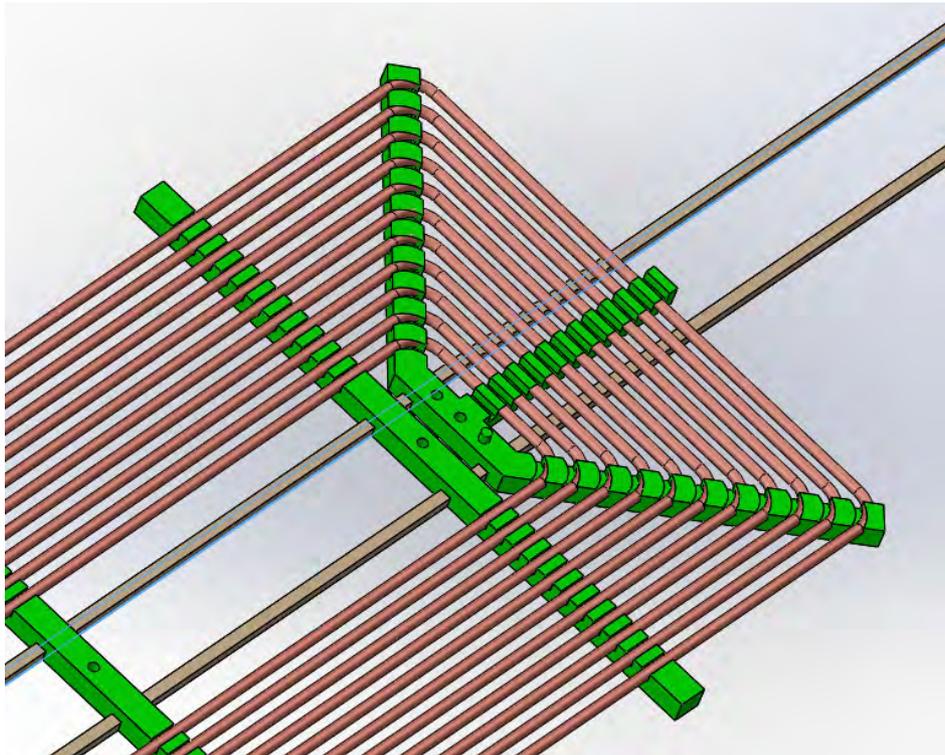
## DISPOSIZIONE DELLE BOBINE TRASMITTENTI

Come già accennato, le batterie, e in particolare quelle al piombo, non tollerano le discontinuità di alimentazione. Queste discontinuità possono presentarsi non solo nella direzione trasversale della bobina (eccessivo disallineamento) ma anche nel senso di marcia del carrello, quindi nella zona di attraversamento tra due bobine adiacenti. La soluzione a questo problema è stata affrontata mediante la tecnica chiamata *Overlap*, la quale consiste in una sovrapposizione parziale delle due bobine.

In questo modo si ottiene il disaccoppiamento magnetico tra due bobine adiacenti, con una semplificazione sul sistema di controllo dell'alimentazione, nonché la possibilità di alimentare unicamente la bobina trasmittente su cui è posizionato il carrello e alimentare quella adiacente solo quando il carrello inizia a "vedere" magneticamente la seconda bobina.



**Figura 4** - CAD bobina trasmittente con Overlap



**Figura 5** – CAD Bobina trasmittente e supporti

#### **RISULTATI OTTENUTI E AREE APPLICATIVE E DI SVILUPPO**

Entro le prime settimane del 2020 verrà ultimato il primo prototipo dimostratore per la ricarica wireless dinamica, a cui seguirà un secondo prototipo dimensionato per la ricarica statica dei veicoli. La realizzazione delle bobine e dell'elettronica di potenza e controllo avverrà tramite partnership con aziende esperte nel settore. Per la posa e il collegamento delle parti elettriche si utilizzeranno installatori presenti in prossimità del cliente finale al fine di ridurre al minimo i costi di trasferta, mentre per le opere edili si utilizzeranno imprese di fiducia del cliente, che dovrà utilizzare i componenti certificati da ENERMOVE.

A partire dal mese di luglio 2019 è stata finalizzata l'assunzione di un ingegnere elettrico, con due anni di esperienza nel settore automotive, con il compito di seguire la realizzazione del sistema di ricarica basato sulla tecnologia ENERMOVE e, in particolare, curare gli aspetti di controllo dell'elettronica di potenza e l'installazione dei primi prototipi in ambiente industriale. Inoltre, nei primi mesi del 2020 verrà realizzato un terzo prototipo, che ha l'ambizioso scopo di elettrificare il settore del packaging alimentare e farmaceutico. Infatti, la tecnologia Enermove non è confinata al solo ambito dei sistemi di ricarica per veicoli industriali, ma a qualsiasi tipo di sistema che necessiti di trasferimento di energia senza contatto elettrico.