Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO

La ricarica di soccorso per veicoli elettrici stradali

Antonino Genovese

Report RdS/PAR2016/239

La ricarica di soccorso per veicoli elettrici stradali

Antonino Genovese (ENEA)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA
Piano Annuale di Realizzazione 2016
Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici
Progetto D.8: Mobilità elettrica sostenibile
Obiettivo: B2. Servizio ricarica soccorso
Responsabile del Progetto: Antonino Genovese, ENEA

Indice

SOMMARIO 4

1 INTRODUZIONE 5

2 ANSIA DA AUTONOMIA : EFFETTI E SOLUZIONI 5

2.1 SOLUZIONI PER MITIGARE L'IMPATTO DELL'ANSIA DA AUTONOMIA 7
2.2 DISTANZA DELLE STAZIONI DI RICARICA 8

3 RICARICA DI SOCCORSO 12

4 SISTEMI E SOLUZIONI PER LA RICARICA DI SOCCORSO 16

4.1 RICARICA CON LINEA ELETTRICA DI SOCCORSO 16
4.2 RICARICA CON ALIMENTAZIONE ELETTROGENERATA DA MOTORE ENDOTERMICO 18
4.3 RICARICA CON GENERAZIONE ELETTRICA DA FUEL CELL 22
4.4 RICARICA CON GENERAZIONE DA ACCUMULO ELETTRICO 23
4.4.1 Supercapacitori per la ricarica mobile 23
4.4.2 Batterie per ricarica mobile 24

5 STATO DELL'ARTE 25

6 UNA SOLUZIONE "ECOSOSTENIBILE" ..... **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

7 CONCLUSIONI 34

8 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 34

Sommario

Mobilità elettrica ed autonomia sono intimamente collegate dallo sviluppo di tecnologie di accumulo capaci di fornire elevati quantitativi di energia disponibili a bordo. Questo consente di superare il limite psicologico definito come ansia da autonomia limitante la transizione verso l'elettrificazione del trasporto privato. L'istituzione di un servizio di soccorso per fornire in situ ai veicoli in panne energetica il giusto quantitativo di energia per proseguire il proprio viaggio, rasserena gli orizzonti degli utenti. Il servizio di ricarica è sostanzialmente basato su una stazione di ricarica mobile alimentabile da diverse fonti energetiche e connotabile da differenti livelli di potenza elettrica utile. Nel seguito sono indicate le opzioni possibili , quantificando anche i livelli minimi utili di energia da trasferire. Viene anche indicato lo stato dell'arte nel mondo in virtù della novità che il servizio di soccorso per la ricarica inizia a costituire e d alle opportunità che possono scaturire. Inoltre viene presentato una modalità di impiego delle batterie esauste per uso automotive ed impegnabili come sorgenti di energia primaria per alimentare i convertitori della stazione di ricarica.

1 Introduzione

Il veicolo elettrico è una delle reali opzioni per la decarbonizzazione della mobilità e la riduzione delle emissioni serra. La capacità del veicolo elettrico di giocare un ruolo determinante in questa partita è dettata da una serie di fattori che sono sia tecnologici che sociologici. Per l'aspetto tecnologico le emissioni climalteranti saranno via via ridotte in funzione della composizione del bouquet produttivo nazionale dell'energia elettrica. Meno carbone e più fonti rinnovabili abbassano il quantitativo di CO2 emessa per la produzione del kWh elettrico. Inoltre migliori prestazioni in efficienza riducono i consumi specifici dei veicoli elettrici contribuendo sinergicamente ad abbassare notevolmente le emissioni del trasporto veicolare. Tuttavia per completare questa positiva risposta tecnologica v'è da superare il limite in autonomia che attualmente i veicoli elettrici presentano. Questo limite operativo impatta negativamente sulle scelte dei guidatori e, pur non essendovi una oggettivo limite negli spostamenti urbani, ingenerando un fenomeno di insicurezza che assume caratteristiche psicologiche. Le paure di fermarsi in modo inaspettato durante il tragitto sono in agguato anche nella mobilità convenzionale ma nel caso di veicoli elettrici assumono forme quasi patologiche diffondendo un sintomo di insicurezza. Questa insicurezza è paragonabile a quella che interviene nella guida in autostrada pensando alla evenienza di un possibile arresto per guasto tecnico guidando un veicolo tradizionale. Ma l'utente è ormai rincuorato dalla presenza di un servizio efficiente di soccorso stradale che con una telefonata è in grado di sollevarci dalle angosce.
Nella medesima posizione il veicolo elettrico può essere supportato attraverso una capillare introduzione di servizi di supporto capaci di offrire in modalità mobile (e sul territorio) l'opportunità di risolvere il problema energetico fornendo quel minimo energetico per giungere a destinazione o a raggiungere il più vicino centro di ricarica. Di seguito si analizzano le prospettive e le opportunità tecnologiche per la realizzazione di un servizio di soccorso elettrico per la ricarica mobile, valutando le differenti opportunità per la realizzazione di un servizio di siffatta specie.

2 Ansia da autonomia : effetti e soluzioni

La definizione di ansia da autonomia nel corso degli ultimi anni ha trovato diverse forme espressive ma tutte concordano nell'evidenziare quello stato di incertezza che si manifesta alla guida di un veicolo elettrico. In [1] si trovano alcune definizioni che studiosi del fenomeno hanno indicato per tracciare un riferimento:

- L'ansia da autonomia è la paura di rimanere bloccati con le batterie di un veicolo elettrico scariche e non poterle ricaricare [2];
- L'ansia da autonomia è la paura del guidatore di finire la carica in batteria e di non poter andare oltre per molte ore [3];
- L'ansia da autonomia è l'apprensione crescente che il veicolo rimarrà senza energia prima di giungere a destinazione ed è descritta in modo similare all'ansia mostrata nel rimanere senza carburante nei veicoli convenzionali quando la stazione di servizio è distante o sconosciuta [4].
- La paura di rimanere senza carica in batteria [5];
- La preoccupazione relativa ai veicoli elettrici che non possiedono autonomia elevata e le difficoltà a ricaricare la batteria (sia in tempo che in accessibilità della stazione) [6];

Questa incertezza diffusa si mostra ancora più aleatoria in virtù della dipendenza dell'autonomia dei veicoli elettrici dalle condizioni di guida (temperatura, fondo stradale) , dallo stile di guida, dall'uso di apparati ausiliari ed anche dall'età della batteria. Ci si trova in una condizione in cui è difficile prevedere la distanza residua percorribile per la variabilità spazio-temporale di queste grandezze.
In questo contesto viene attribuita all'ansia da autonomia la capacità di influire negativamente sulla diffusione del veicolo elettrico unitamente alle difficoltà di operare la ricarica elettrica. Analisi di mercato tendono ad enfatizzare questa causa come uno dei principali ostacoli alla diffusione del veicolo elettrico in Europa per la connotazione di uso dei veicoli (un solo veicolo a famiglia) rispetto al mercato USA (più

veicoli a famiglia). Viceversa in USA l'uso del veicolo elettrico è soggetto ad un uso più intensivo in termini di numero di viaggi e di distanze percorse e quindi essere maggiormente sensibile a questo evento.

Per comprendere meglio il fenomeno occorre capire cosa si definisce come ansia e quali sono gli effetti che essa produce. Una definizione generica indica l'ansia come un segnale di allarme per un pericolo non specificato e che è utile all'uomo per fornire una prima risposta a questo stimolo esterno [7]. In definitiva è una emozione connotata da risvolti negativi come la preoccupazione o il nervosismo ma non assimilabile ad una suggestione emotiva quale la paura,, genericamente associata ad un pericolo reale immediato. Piuttosto l'ansia appare una manifestazione di uno stato di incertezza [8] . Altri indicano l'ansia come una sensazione soggettiva di apprensione e preoccupazione con l'implicazione del sistema nervoso che provoca anche un coinvolgimento fisico (accelerazione del battito cardiaco, sudorazione, disturbi gastrici) oltre che psichico. Normalmente l'ansia ha un carattere passeggero che svanisce al venir meno delle condizioni che la causano e può essere efficacemente contrastata attraverso specifici training. Tuttavia può sedimentarsi più profondamente ed assumere caratteristiche di disturbo psicologico.

L'ansia da autonomia è quindi un termine adottato essenzialmente in associazione alla autonomia limitata dei veicoli elettrici ed alla ridotta diffusione delle infrastrutture di ricarica che provoca sensazioni riconducibili ad uno stato di ansia. Generalmente ha un carattere transitorio perdurante per il tempo in cui la percezione del limite operativo del veicolo è presente e sparisce a destinazione raggiunta o dopo una ricarica. Gli input esterni in grado di produrre lo stato di ansia da autonomia sono quindi ben delimitati alla ridotta energia a bordo e alla difficoltà nel reperire una stazione di servizio per la ricarica. La maggior parte dei sintomi mostrati non sono attinenti alle condizioni di stress fisico tipiche degli stati di ansia precedentemente descritti, ma piuttosto impattano sulla sfera comportamentale con effetti quali la riduzione di uso del veicolo o una diversa pianificazione dei viaggi.

Ancora più interessante è la distorsione nella valutazione delle percorrenze attuabili che l'ansia da autonomia induce negli utilizzatori di veicoli elettrici. Infatti è stato stimato in molte analisi [9][10][11] che le percorrenze medie sono alla portata delle autonomie reali dei veicoli elettrici. Tuttavia molti richiedono autonomie maggiori per poter soddisfare le proprie esigenze di spostamento pur non avendone evidente necessità. Per questo in [12] viene indicato che "il problema non è l'autonomia ma l'ansia da autonomia".
La riduzione degli effetti derivanti da ansia da autonomia viene suggerita nella confidenza che l'autista instaura con il mezzo e che porta ad una conoscenza "reale" dei limiti e dell'uso possibile. Viceversa qualcuno sostiene il contrario non confidando nella bontà delle informazioni fornite dal veicolo circa l'autonomia residua. L'incertezza sulla reale autonomia porta a sovrastimare l'autonomia utile necessaria per completare il proprio viaggio. In alcuni studi viene indicato un margine di 35 km extra per eseguire il proprio spostamento, in altri se la carica residua scende sotto il 50% non si intraprende lo spostamento. Generalmente la sottostima dell'autonomia residua induce un abbattimento del 20% dell'autonomia reale.
Quali siano le reali "cure" per lenire il problema dell'ansia da autonomia è un tema dibattuto e diverse tecniche sono suggerite anche se non provate a livello di test sul campo. In Tabella 1 sono riportate alcune delle soluzioni possibili.

Settore	Intervento
Informazione	Stato di carica e range disponibile
	Stazione ricarica più vicina
Tecnologia	Ricarica rapida
	Battery swap
	Range extender
Servizi	Soccorso e recupero
Training	Esperienza di guida

Tabella 1: soluzioni per ridurre l'ansia da autonomia

La tabella evidenzia quattro delle linee operative utili a migliorare il grado di confidenza e di sicurezza coinvolte nell'uso del veicolo elettrico. Talune sono soluzioni di carattere prettamente telematico che impattano sulla sfera informativa per aumentare il livello di conoscenza. Altre riguardano l'aspetto tecnologico non sempre possibile.

2.1 Soluzioni per mitigare l'impatto dell'ansia da autonomia

Cosa si possa mettere in campo per attenuare l'impatto dell'ansia da autonomia sulla mobilità elettrica è oggetto di discussione ed ha prodotto differenti proposte di intervento. Come indicato in Tabella 1 lo spettro delle azioni possibili è ampio spaziando dalle ipotesi tecnologiche a quelle di servizio. Di seguito alcune delle possibili azioni di supporto.

1) ***Visibilità*** : migliorare la visibilità delle stazioni di ricarica per rafforzare il valore della presenza delle stazioni e indurre maggiore sicurezza;
2) ***Stile di guida*** : informare puntualmente sul consumo energetico relativo allo stile di guida adottato ed instaurare l'effetto retroattivo utile a contenere i consumi;
3) ***Esperienza*** : migliorare il livello di confidenza con il veicolo elettrico attraverso la guida informata e l'acquisizione della competenza sulla gestione energetica su strada nelle varie condizioni;
4) ***Training*** : accrescere le conoscenze di guida attraverso corsi specifici di gestione del veicolo elettrico su strada per migliorare la guida in ottica di efficienza energetica;
5) ***Riserva di energia*** : incrementare la riserva di energia in fase di pianificazione del viaggio per ridurre i rischi derivanti da errori di valutazione dei consumi;
6) ***Uso efficiente energia ausiliari***: migliorare l'uso dell'energia per i dispositivi ausiliari con soluzioni tecnologiche che possano ridurre i consumi;
7) ***Range extender***: questa soluzione, con la presenza di un generatore a bordo, fornisce un apporto di energia per migliorare l'autonomia reale e supporta ancora più dal punto di vista psicologico;
8) ***Informazioni stazioni di ricarica*** : applicazioni infotelematiche per fornire una conoscenza di dettaglio della posizione delle stazioni di ricarica più vicine, la disponibilità per la ricarica, le interfacce possibili, l'interoperabilità e la previsione dei tempi di ricarica;
9) ***Estensione infrastruttura di ricarica*** : potenziare la disponibilità dei punti di ricarica veloce sul territorio ed incrementare le potenze disponibili ;
10) ***Telecontrollo stato batteria*** : consentire di telecontrollare in modo remoto lo stato della batteria (SOC,tensione,…) per informarsi in fase di pianificazione del viaggio delle esigenze di ricarica in previsione della percorrenza da effettuare;
11) ***Soccorso*** : istituire un servizio di assistenza su strada che possa operare il recupero del veicolo o fornire una ricarica di soccorso;
12) ***Battery swap*** : questa è una soluzione tecnologica che può sopperire ai tempi di ricarica dell'accumulo che sono un altro limite alla diffusione del veicolo. Avere a disposizione un accumulo carico e sostituirlo in breve tempo migliora il livello di consapevolezza dell'autonomia possibile.
13) ***Navigazione attiva*** : supportare l'autista con informazioni relative alla più vicina stazione di ricarica lungo il percorso , con l'indicazione dell'autonomia residua o con lì attivazione di condizioni di guida meno onerose energeticamente al raggiungimento di precisi limiti di batteria.

Tra le varie opzioni alcune sono già in corso di realizzazione (info-telematica per stazioni di ricarica e telecontrollo) altre sono in fase di studio, mentre altre ancora richiedono l'organizzazione di servizi dedicati. La nostra attenzione è puntata sulla possibilità di istituire un servizio di soccorso che non prevede il recupero del veicolo o la fornitura di un veicolo sostitutivo per ultimare il viaggio, ma provveda a garantire la fornitura in emergenza di quel minimo di energia necessario a raggiungere una stazione di ricarica utile al rifornimento di energia completo.

2.2 Distanza delle stazioni di ricarica

I veicoli convenzionali possiedono serbatoi abbastanza capienti che oscillano tra i 35 litri per le piccole cilindrate ai 80 litri delle auto di maggiore dimensione. Con simili volumi le autonomie che i veicoli possono mantenere sono nell'ordine di centinaia di km. Prendendo ad esempio una utilitaria equipaggiata con motore diesel abbiamo un consumo su strada extraurbana di circa 3.7 l/100km . Con un serbatoio di 37 l avremo una percorrenza potenziale pari a 1000 km. Per veicoli di cilindrata superiore con consumi da 6 l/100km e serbatoi di 80 l si percorrono 1300 km. Viaggiando in percorsi autostradali i consumi sono superiori e le autonomie decrescono ma rimangono sicuramente elevate.

Se andiamo a confrontare il distanziamento delle aree di servizio e la loro dislocazione esse sono generalmente sovrabbondanti con le autonomie previste. In Figura 1 è riportata la distribuzione geografica delle aree di servizio lungo l'asse autostradale Milano-Napoli mentre in Figura 2 è riportata la distanza tra le singole stazioni . La distanza media è di 31.5 km con un massimo di 49.5 km ed un minimo di 15 km. Indubbiamente le distanze non sono significative in termini di essenzialità alla percorrenza dei veicoli convenzionali. Anche su altre tratte autostradali il dislocamento delle stazioni di servizio è abbastanza inferiore alle autonomie veicolari come ad altro titolo di esempio sulla A24/A25 Roma-Teramo-Pescara.

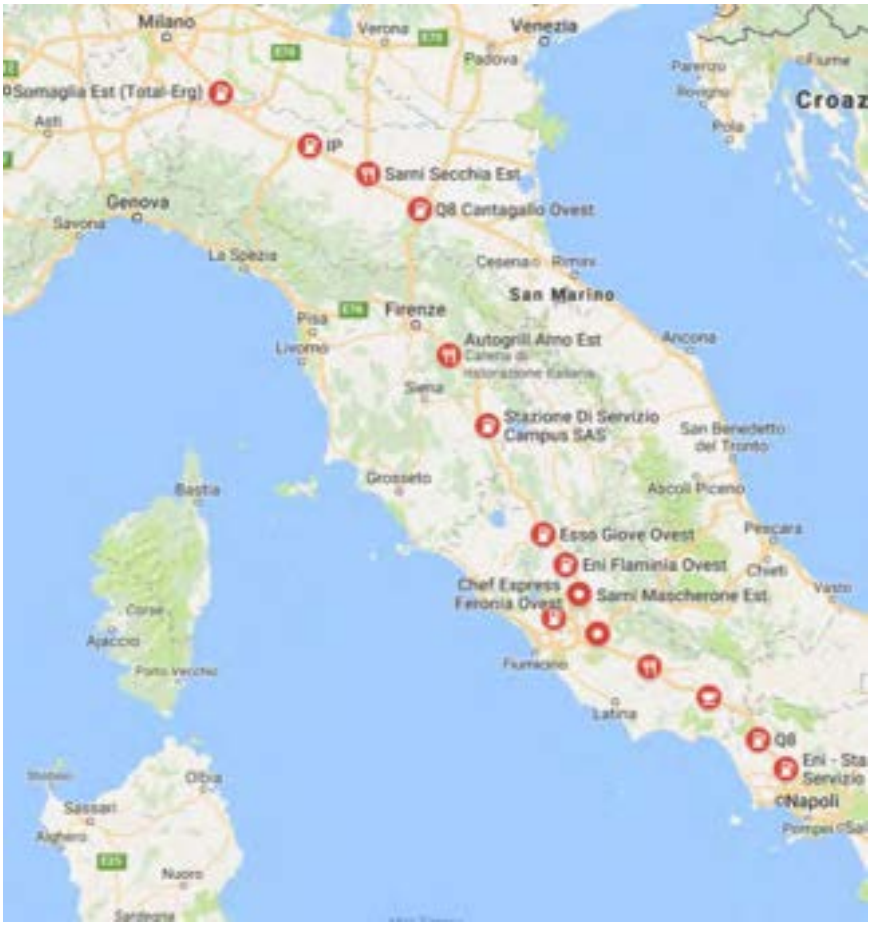

Figura 1 : distribuzione geografica aree di servizio carburanti autostrada A1 Milano-Napoli

La buona distribuzione delle aree di servizio ha un effetto positivo sull'ansia di rimanere senza carburante e garantisce un rifornimento anche di emergenza. Nel caso della A24/A25 il tratto finale potrebbe far insorgere fenomeni di insicurezza derivanti dall'ansia di autonomia. Ma escludendo i casi in cui si dimentica di fare il rifornimento si è sempre nei limiti della riserva del veicolo.

Il rapporto autonomia/distanza tra stazioni di servizio in autostrada è generalmente compreso tra 30 e 40.

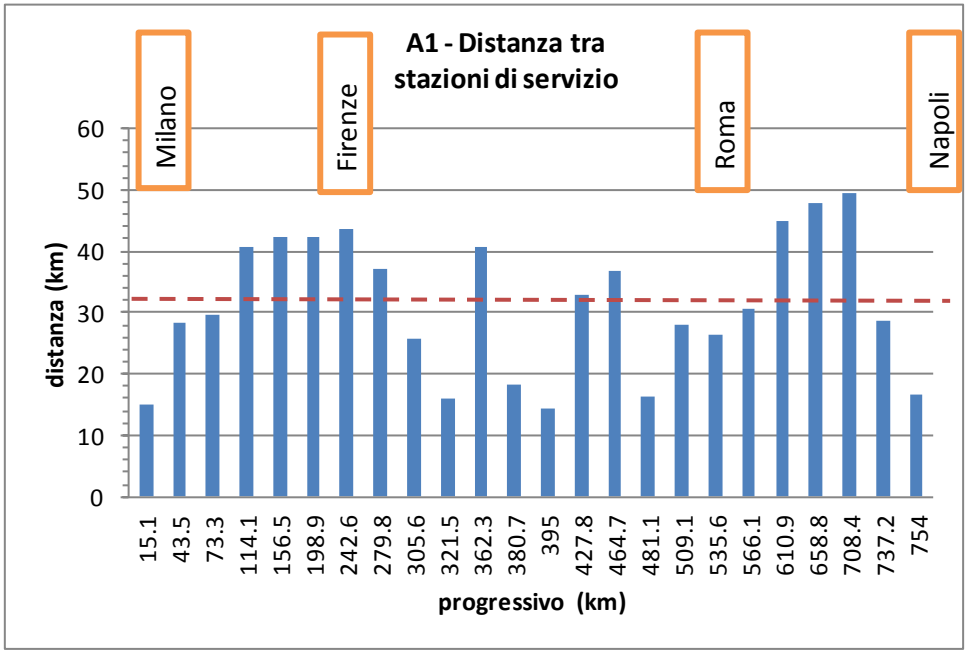

Figura 2 : distanze tra stazioni di servizio in A1

In questo caso la distanza massima è di 93 km nel tratto per Pescara e di 51 km per L'Aquila mentre non v'è nulla sino a Teramo. In queste condizioni l'autonomia è sempre maggiore della dislocazione ma la disposizione è maggiormente sensibile ad eventi casuali.

Figura 3 : distribuzione geografica aree di servizio carburanti autostrada A24/A25

Per la strade extraurbane la situazione è maggiormente variegata come è possibile verificare in Figura 4 e Figura 5. Nella prima sono presenti lungo gli assi viari principali mentre sono più radi nelle arterie stradali minori. In città ed in prossimità dei centri urbani la presenza dei distributori è maggiore in virtù del maggior numero di veicoli residenti e circolanti nell'area.

Figura 4 : distributori carburante alto Lazio (dati open.it)

La distribuzione in Alto Lazio sembra evidenziare la presenza di zone con pochi punti di rifornimento le cui distanze relative sono apparentemente elevate ma rientranti nei limiti dell'autonomia dei veicoli convenzionali.

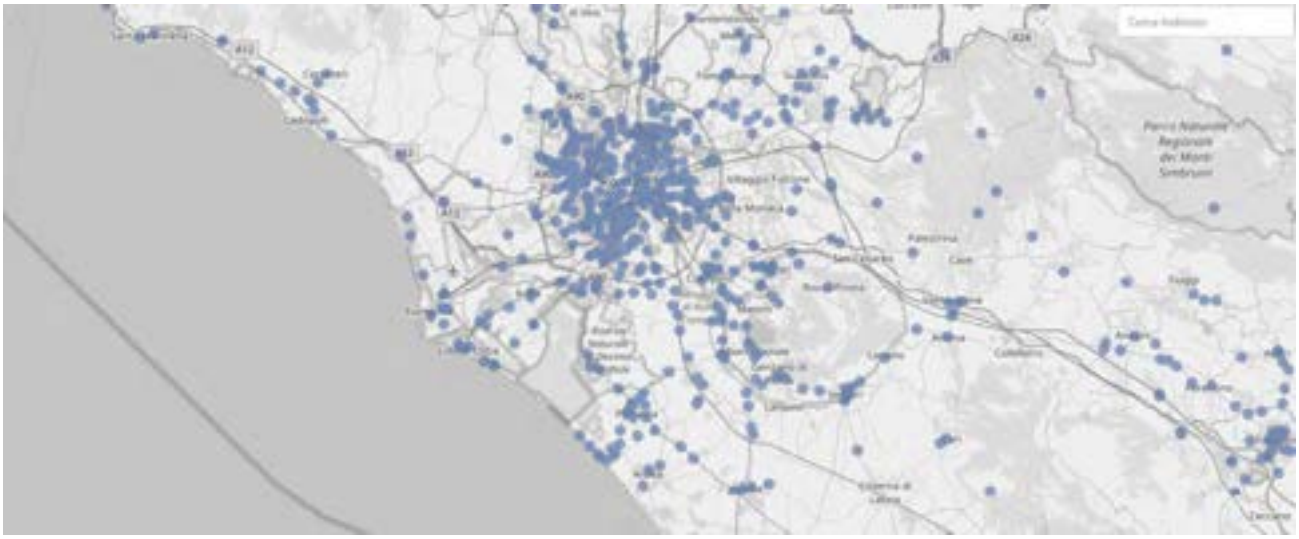

Figura 5 : distributori carburante Roma (dati open.it)

Per i veicoli elettrici la visione è differente. Infatti occorre partire da una minore autonomia dei veicoli che oscilla tra 150 e 200 km reali con accumuli di 30 kWh e percorsi non particolarmente gravosi (e senza ausiliari inseriti). A questa condizione di minor autonomia va accomunata l'esigenza di tempi di ricarica superiori ai 30' , a meno di non ricorrere a cariche ultrafast oltre i 50 kW di potenza massima. Nel'ipotesi di utilizzare le aree di servizio autostradale presenti, implementando ivi una stazione di ricarica elettrica, ci troveremmo nelle condizioni di dover eseguire mediamente 4-5 rifornimenti per andare da Milano a Napoli.

Lo sviluppo della rete infrastrutturale di ricarica elettrica sta progredendo anche nella diffusione dei punti di ricarica lungo le principali arterie stradali. Ad esempio ENEL nell'ambito del progetto EVA+ sta installando 180 punti di ricarica veloce (multistandard 50kW dc e 43 kW ac), Figura 6, che consentono la ricarica contemporanea di due veicoli, lungo l'autostrada da Roma al confine austriaco. L'obiettivo è di avere una stazione ogni 60 km circa del percorso posizionata sia in autostrada che immediatamente all'esterno della infrastruttura viaria.

Figura 6 : stazione di ricarica progetto EVA+

La presenza ogni 60 km appare un numero confortante sicuramente al disotto della soglia di autonomia dichiarata dal costruttore. Tuttavia se si analizza in dettaglio il flusso dei consumi il dato potrebbe apparire insufficiente a coprire le reali esigenze di spostamento e quindi rientrare all'interno di quella soglia di sviluppo del fenomeno dell'ansia da autonomia.

Utilizziamo come veicolo di riferimento la Nissan Leaf da 24 kWh presente nei laboratori ENEA della Casaccia. In alcune sperimentazioni su autostrada il consumo è stato rilevato essere 174 Wh/km con un profilo di velocità massima a 120 km/h (65 km/h di media) e condizioni di erogazione Normal. Questo consumo è simile a quello rilevato durante la sperimentazione condotta in [13] ove si hanno 156 Wh/km in Normal mode ed una velocità massima di 125 km/h (e 73 km/h di media). I due profili differiscono essendo quello ENEA ricco di accelerazioni alla massima velocità di 120 km/h da 0 km/h. Analizzando solo il tratto finale in quello ENEA il profilo di alta velocità è costante con un consumo è di 160 Wh/km. La distanza percorsa con il ciclo di prova ENEA è stata di 28.8 km.
Con queste considerazioni in 60 km di distacco l'energia consumata starebbe intorno ai 60*160 = 9.6 kWh pari al 40%della capacità di accumulo (Figura 7). Proseguendo ancora l'energia residua scenderebbe a valori limite tali da non garantire la percorrenza sino alla prossima stazione. In questa incertezza i sistemi informativi potrebbero dare indicazioni tali da indurre uno stato di ansia e limitare prudentemente la percorrenza ai primi due tratti e fare rifornimento di energia prima di procedere.

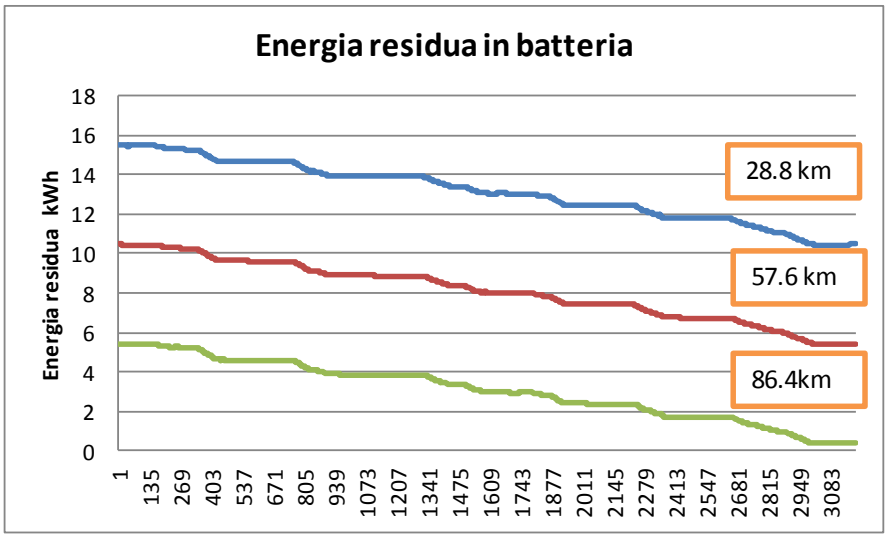

Figura 7 : energia residua in autostrada su veicolo in prova

Se il conducente procedesse ulteriormente esiste il rischio di doversi fermare lungo il percorso senza la possibilità di eseguire un rifornimento utile vista l'assenza di stazioni e di riserva. Quanto detto richiede una attenta considerazione della pianificazione del viaggio extraurbano e la presenza di una continua informazione sullo stato dell'energia residua, della distanza a destinazione e della distanza dalla prossima stazione di ricarica.
Tuttavia rimane sempre in agguato il caso che potrebbe aumentare i consumi e rendere inefficace ogni pianificazione. Prendiamo ad esempio l'accensione del condizionamento che produrrebbe un consumo addizionale tale da bloccare il veicolo oltre il 60 km. Il rapporto tra autonomia e distanza ipotizzata è compreso tra 1.5 e 2 cioè circa 20 volte più piccolo del caso di veicoli convenzionali.

In queste considerazioni si evidenzia come sia importante avere una distribuzione maggiormente fitta delle stazioni di ricarica vista l'impossibilità di provvedere anche ad un piccolo ristoro di energia per avere quel minimo di energia disponibile a giungere alla più vicina stazione di ricarica per ripristinare totalmente la carica.

3 Ricarica di soccorso

Nel mondo automobilistico "convenzionale" il servizio di soccorso stradale è ormai una realtà consolidata (Figura 8). Questo indispensabile servizio conforta il conducente dalla presenza di imprevisti legati essenzialmente a problemi di natura meccanica del proprio veicolo. Questo servizio è divenuto sempre più cogente a causa del crescente sviluppo dell'elettronica all'interno dei sistemi di bordo che rendono impraticabile ogni sorta di intervento al di fuori dei circuiti di assistenza specializzati. La rassicurazione di un soccorso rasserena il conducente e promette la soluzione ad un arresto non programmato durante il proprio viaggio.
Trasmutando da questo servizio sui veicoli convenzionali si può passare a quello sui veicoli elettrici che possono far ricorso al recupero del mezzo e farsi trasportare alla stazione di ricarica più vicina. Ma ancora meglio sarebbe l'opportunità di ottenere sul posto l'energia necessaria per "andare sulle proprie ruote" alla stazione di ricarica più vicina.

Figura 8 : soccorso stradale con recupero o con intervento tecnico per veicoli convenzionali

La realizzazione di un servizio di ricarica in soccorso sul posto deve rispondere ad alcuni elementi basilari che sono formulati nella fase di progettazione. In Tabella 2 sono elencati i principali temi di discussione nella fase iniziale e di dimensionamento di un servizio siffatto.

	Cosa fare
Efficacia del servizio	Potenza utile alla ricarica
Attesa	Tempi di ricarica
Stoccaggio energia	Energia necessaria
Vettore energetico	Quale sorgente mobile
Info telematica	Organizzazione servizio

Tabella 2 : elementi per la progettazione del servizio di ricarica in soccorso

a) Potenza per la ricarica

Quale debba essere il livello della potenza elettrica per la ricarica di soccorso si affaccia come elemento di raccordo con i veicoli. Infatti non ci si può esimere dal confronto con quelle che sono le priorità dettate dal costruttore del generico veicolo elettrico e formulate praticamente nella dotazione delle interfacce elettriche per la ricarica. Questo ci richiama alla standardizzazione dei sistemi di ricarica adottati dai costruttori sia dei veicoli che delle stazioni di ricarica. Ogni scelta condiziona all'adozione di una specifica interfaccia elettrica che a sua volta ha effetti sui tempi di ricarica per le limitazioni imposte alle correnti.
La ricarica rapida è generalmente associata alla ricarica in corrente continua con potenze (attuali) di 50 kW dc massimi anche se la massima potenza può essere anche maggiore (Tabella 3). Nella tabella successiva sono riportati alcuni dei veicoli elettrici equipaggiati con l'interfaccia di ricarica rapida in dc.

	V (volt)	I (ampere)	P (kW)
CHAdeMO	500	125	62.5
COMBO 2	850	200	170
GB/T	750	250	187.5
SUPERCHARGER	-	-	120

Tabella 3 : parameri massimi ricarica dc

Modello	Tipo	Potenza dc (kW)	Potenza ac (kW)	Tensione (V)	Corrente (A)
BMW i3	Combo (s)	20-50	7.4	220	32
	Tipo 2		3.7	220	16
Fiat 500e	–		1/6	120/240	8/24
Kia Soul EV	CHAdeMO (s)	sino a 50			
	Tipo 1		7.4	220	32
Mercedes B-Class electric	Tipo 2		3.7/11 (t)	220/400	16
Mitsubishi i-MiEV	CHAdeMO (s)	sino a 50			
	Tipo 1		3.7	220	16
Nissan LEAF	CHAdeMO (o)	sino a 50			
	Tipo 1		3.7	220	16
Smart Electric Drive	Tipo 2		7.4/22 (t)	220/400	32
Tesla Model X	Supercharger & CHAdeMO (s/o)	120/50			
	Tipo 2		5.5/16.5 (t)	220/400	24
Tesla Model S	Supercharger & CHAdeMO (s/o)	120/50			
	Tipo 2		7.4/5.5 (m) 22/16.5 (t)	220/400	32/24
Volkswagen e-Golf	Combo (s)	40			
	Tipo 2		3.7	220	16
	s= serie	o= opzionale	m=monofase	t=trifase	

Tabella 4: interfaccia di ricarica di alcuni veicoli elettrici

La ricarica in dc avviene attraverso un sistema di conversione ac/dc collocato esternamente al veicolo e allacciato direttamente alla rete elettrica. Viceversa la ricarica in ac utilizza in convertitore ac/dc posto a

bordo del mezzo. Per gli ingombri che usualmente l'elettronica di potenza richiede la ricarica ad elevati regimi di potenza avviene direttamente in dc mentre in ac si effettua una ricarica più lenta ossia caratterizzata da regimi di potenza massima inferiori. In Figura 9 sono riportati gli schemi a blocchi delle due tipologie di ricariche possibili.

Come evidenziato in Tabella 4 sia la ricarica in dc che quella in ac è attuabile a diversi livelli di potenza ed utilizzando differenti connettori di collegamento. La diversità di collegamento fisico e le diverse caratteristiche elettriche massime rendono necessario avere le differenti interfacce per coprire tutto il servizio. I connettori ac posseggono entrambi i conduttori di potenza (2+1 o 4+1) e quelli di segnale (2) .

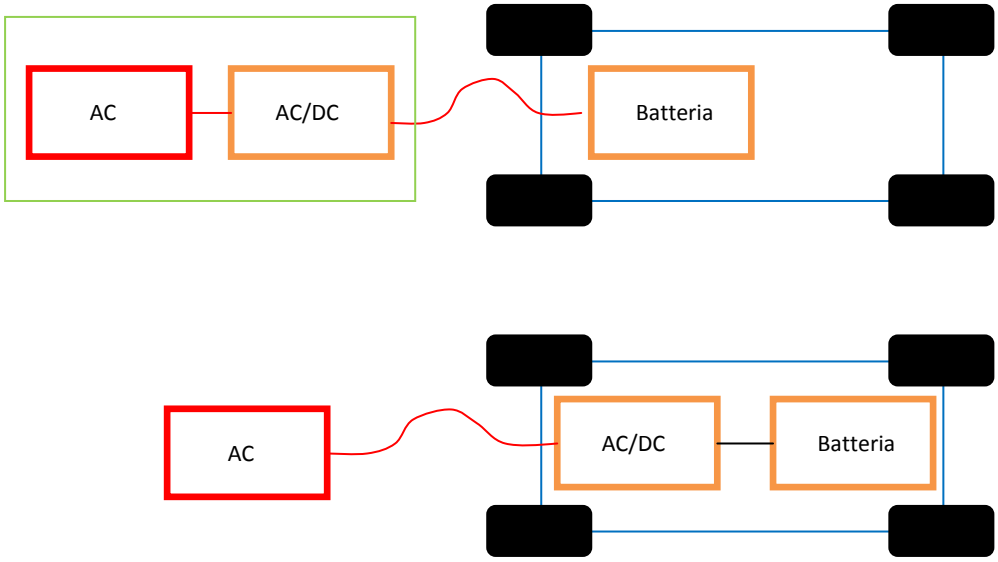

Figura 9: topologia ricarica in dc ed ac

Lato stazione di ricarica			
Tipo connettore	Tensione	Corrente max.	Potenza max.
Tipo 2	230/400 Vc.a.	32 A	22 kW
Tipo 3c	230/400 Vc.a.	32 A	22 kW
Cavo fisso	230/400 Vc.a.	70 A (monofase) 63 A	43 kW
Schuko	230 Vc.a.	10 A	2,3 kW

Lato veicolo			
Tipo connettore	Tensione	Corrente max.	Potenza max.
Tipo 1	230 Vc.a.	32 A	7,4 kW
Tipo 2	230/400 Vc.a.	70 A (monofase) 63 A	43 kW

Figura 10 : connettori ricarica ac e limiti elettrici

In definitiva non tutti i veicoli possiedono la stessa interfaccia e non tutti i veicoli adottano la stesa potenza di ricarica.

b) Tempi di ricarica

La durata di una ricarica dipende da due variabili : carica da inserire e potenza di ricarica. Sia P(t) la potenza applicata ad una batteria all'istante t. La carica elettrica introdotta nell'intervallo dt sarà :

$$dQ=P(t)* dt)/V$$

La carica in batteria è quindi fornita dall'integrale nel tempo:

$$Q= 1/V * \int P(t)\, dt$$

Quindi a parità di tensione maggiore è la potenza applicata maggiore è la carica reinserita. Nel tempo la potenza di ricarica non è costante e varia con profili funzione della corrente richiesta dalla batteria. Se consideriamo il valor medio della potenza $P_m = 1/T * \int P(t)\, dt$ con T pari all'intervallo temporale di ricarica la carica immessa è :

$$Q= (T * P_m)/V$$

Da cui si rileva la durata della carica

$$T=(Q*V)/P_m$$

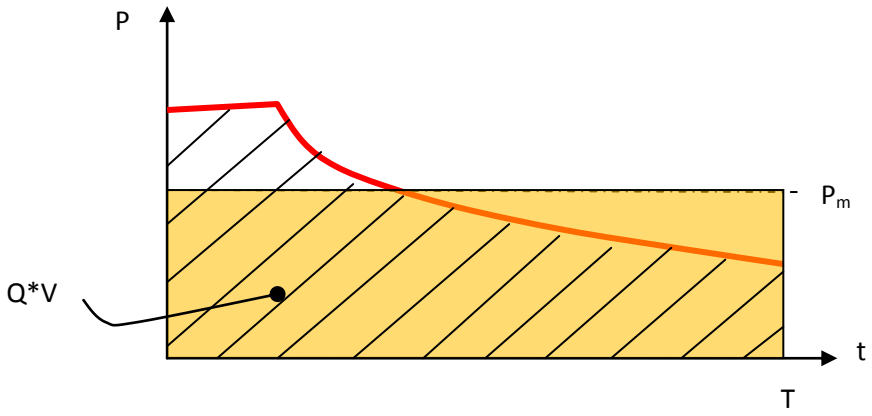

Figura 11 : potenza di ricarica

Ad esempio se la tensione nominale di batteria è 400 V e la capacità nominale è 66 Ah caricare il 30% di carica corrisponde a fornire 20 Ah. In queste condizioni con una potenza media di 20 kW si esegue la ricarica in 20*400/20000= 0.4 h (circa 24 minuti). Con questa carica e con un consumo di 150 Wh/km si possono percorrere (20*400)/150=53 km sufficienti per giungere ad una stazione di rifornimento elettrico e fare il pieno.

c) Energia in ricarica

La determinazione dell'energia necessaria per una ricarica di soccorso è in relazione alla distanza massima da percorrere prima di poter contare sulla presenza di una stazione di rifornimento. Come già visto per

rimanere entro i 60 km con un consumo di 150 Wh/km sarà necessario provvedere a fornire 150*60= 9 kWh. Valori inferiori possono essere consentiti se la stazione di ricarica è più vicina. Questo valore è importante per la determinazione dello storage del sistema di soccorso.

d) Sorgente elettrica mobile

Esistono diverse possibilità di fornire l'energia elettrica per la ricarica di soccorso e queste sono riconducibili essenzialmente ad una sorgente di accumulo elettrica o una sorgente di tipo fossile (diesel o benzina). Nel primo caso la sorgente di accumulo è un accumulo elettrochimico che viene scaricato sul e veicolo da soccorrere e ricaricato in deposito. Nel secondo caso si sfrutta l'energia chimica del combustibile per produrre energia elettrica in loco e trasferirla alla batteria del veicolo di soccorso.

Analizziamo di seguito le differenti topologie realizzative possibili.

4 Sistemi e soluzioni per la ricarica di soccorso

Il sistema di ricarica di soccorso è sostanzialmente una stazione di ricarica che preleva energia da una sorgente che può essere anche diversa dalla rete elettrica e che si trova allocata su un veicolo per condurre le operazioni di ricarica su strada nei pressi del veicolo "in panne energetica" (Figura 12). In virtù delle diverse sorgenti di alimentazione è utile definire alcuni layout progettuali per la realizzazione del servizio di ricarica di soccorso.

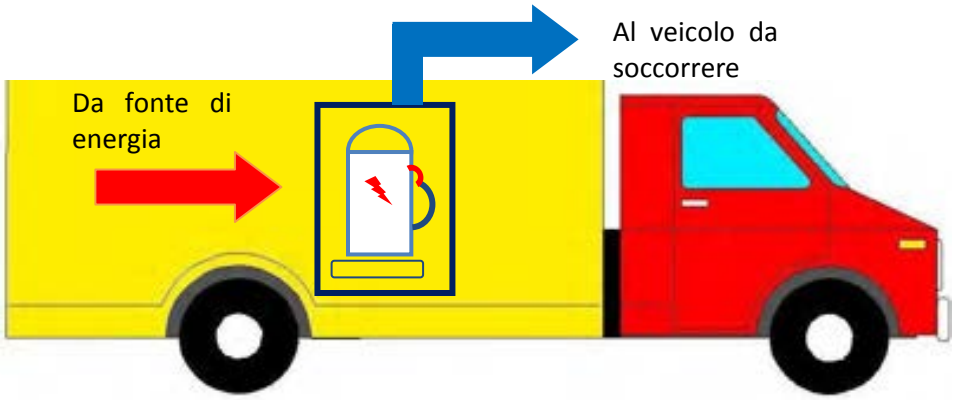

Figura 12 : ricarica mobile

Il concetto di ricarica mobile è associato anche a operazioni di servizio presso stazioni fisse per fare fronte a richieste di picco [14]. Il veicolo opportunamente attrezzato può comportarsi come punto di ricarica addizionale con un collegamento alla rete di distribuzione elettrica o ad un sistema di accumulo o produzione di energia isolato dalla rete.
Possiamo considerare diversi approcci per la realizzazione del servizio di soccorso in relazione alla tipologia della sorgente di energia ed alla uscita verso il veicolo. La sorgenti di energia oltre la reteelettrica possono essere le batterie , i supercapacitori ma anche i sistemi a fuel cell utilizzanti idrogeno, i generatori alimentati da combustibili convenzionali o alternativi, i sistemi adottanti volani. Di seguito si analizzano le principali.

4.1 Ricarica con linea elettrica di soccorso

La prima sorgente utile per la ricarica di soccorso è proprio la rete elettrica. La disponibilità della rete elettrica lungo un asse viario attrezzato è plausibile con la facilità con cui le linee di alimentazione possono essere collocate, utilizzate e manutenute. Ad esempio lungo le dorsali autostradali i cavi per le telecomunicazioni sono abitualmente stesi per la facilità con cui possono attraversare dislivelli importanti grazie alla presenza di gallerie e viadotti.

La presenza di una linea parallela all'autostrada avrebbe il vantaggio di rendere disponibile potenza necessaria lungo la dorsale per una tratta specifica. A distanze prefissate vengono intercalati punti di prelievo dell'energia elettrica in cui poter eseguire l'allaccio della stazione di soccorso. La distribuzione in BT (Bassa Tensione) avverrebbe con basse intensità di carico non essendo la linea dedicata al regolare servizio di ricarica elettrica (che avviene nelle aree di sosta e/o di rifornimento appositamente attrezzate).
In BT la limitazione alla trasmissione di energia è data dalle cadute di tensione e dalle perdite introdotte per effetto dissipativo. A parità di carico questo effetto è tanto maggiore quanto la tensione della linea è bassa.

La caduta di tensione in una linea trifase, trascurando la reattanza induttiva, è data da :

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * \rho}{S} \sum_{k=1}^{n} L_k * I_k * \cos \vartheta_k$$

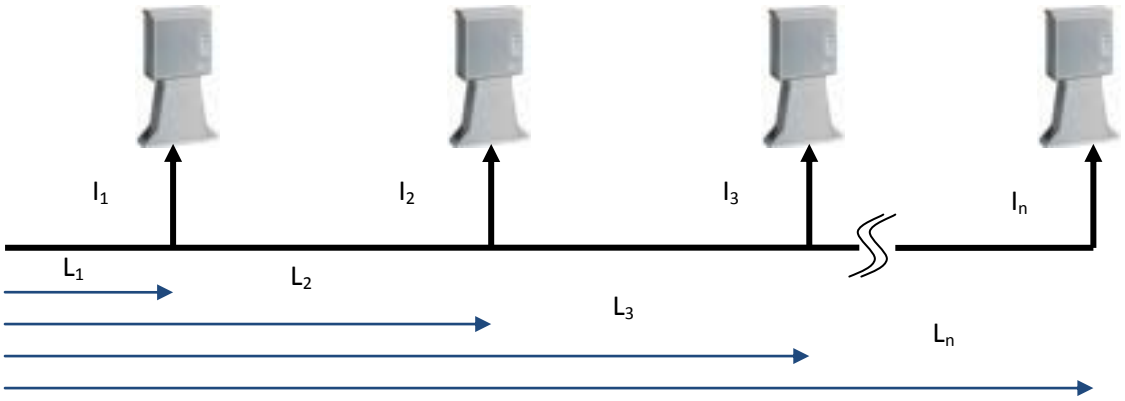

Figura 13 : linea dedicata per alimentazione soccorso

Ipotizziamo un singolo evento di soccorso entro 30 km dal punto di allaccio con una potenza di 22 kW alternati trifasi ed una corrente di 33 A prelevati per la carica. Utilizzando un cavo 3x70 avente una resistenza di 0.272 Ω/km si ha una caduta di tensione massima di 273 V. Se aumento la sezione del cavo a 150 mm^2 la caduta di tensione si riduce a 116 V valore che rimane comunque elevato. Volendo mantenere la caduta di tensione entro i 10 V adottando un cavo 3x70 avremmo una distanza massima conseguibile pari a 1.2 km. La soluzione in BT non si presenta realizzabile ne' economica dal punto di vista del dispendio di costi sul cavo.

Una soluzione alla caduta di tensione potrebbe essere l'interposizione di booster (vedi Figura 14) che permettono di ripristinare i parametri di linea. Tuttavia permangono le perdite per effetto joule lungo la linea.

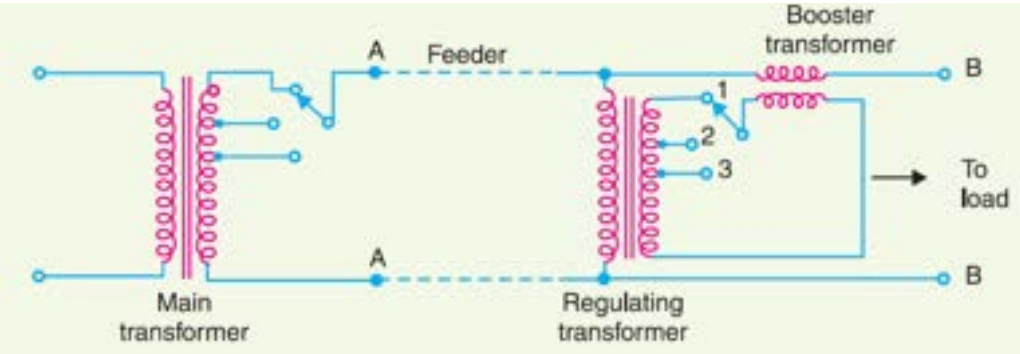

Figura 14 : utilizzo del trasformatore booster

Più complessa è l'idea di utilizzare una linea MT come dorsale e collocare a distanze di 1-2 km una cabina di trasformazione MT/BT. I costi sarebbero notevolmente più elevati e l'interazione con il resto della rete in caso di guasto può essere maggiore.

Una possibile soluzione sarebbe l'innalzamento della tensione al limite dei 1000 V che è la tensione massima ammissibile per il range BT. Ponendoci nelle medesime condizioni operative del caso ad esempio avremo con 22 kW trifasi una corrente pari a 13 A. In queste condizioni la caduta di tensione su 30 km di cavo risulterebbe pari a 103 V corrispondente al 10% della tensione di alimentazione. L'aumento della tensione di alimentazione della linea si ripercuote a valle sulla stazione che deve possedere un trasformatore di ingresso per ridurre a 400 V la tensione di ingresso ammissibile con i valori generalmente utilizzati per i sistemi di ricarica (Figura 15) o in alternativa utilizzare sistemi di conversione capaci di lavorare con tensioni di input elevate (ad esempio con dispositivi in cascata). Inoltre avremmo un allaccio mobile a tensione di 1000 V di maggiore complessità di gestione.

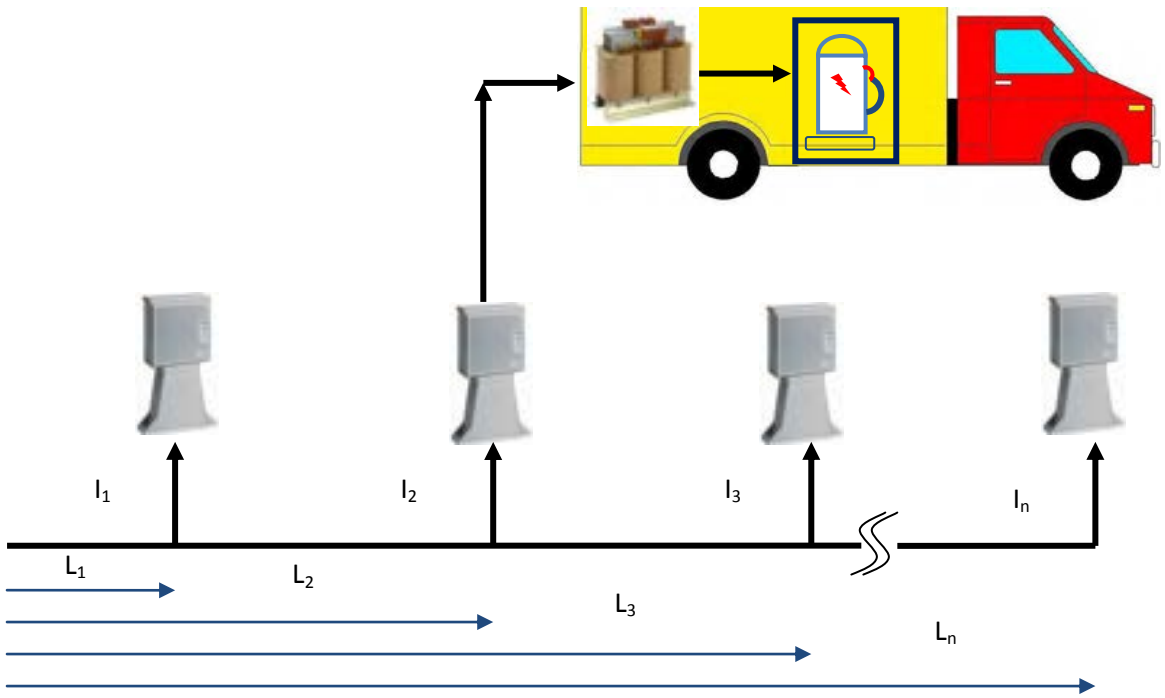

Figura 15 : linea di soccorso a 1000 V con trasformatore sul veicolo di soccorso

4.2 Ricarica con alimentazione elettrogenerata da motore endotermico

La produzione dell'energia necessaria per alimentare la ricarica di soccorso può essere prodotta in loco attraverso l'uso di un sistema di elettrogenerazione. Il generatore è alimentato da un motore endotermico che muove un alternatore che a sua volta provvede ad alimentare la stazione di ricarica di soccorso. Il motore endotermico può essere quello del veicolo o un motore esterno.

Come esempio di veicolo utilizzabile per questi scopi riferiamoci al pick-up realizzato e commercializzato da VIA Motors (Figura 16). Esso è un veicolo elettrico con un accumulo di 23kWh in grado di percorrere 40 miglia in elettrico. Esso è dotato inoltre di un generatore elettrico per realizzare la configurazione range extender con la quale allarga la sua autonomia a 400 miglia. Il generatore elettrico eroga 115 kW continui con 150 kW di picco. La presenza del generatore del range extender facilita l'esportazione esterna di energia elettrica. Infatti il veicolo è dotato allo scopo di un inverter da 11.5 kW massimi capace di fornire una tensione monofase 240 V con 50 A massimi attraverso un quadro elettrico apposito (Figura 17). Il costruttore suggerisce l'utilizzo di questa fonte alternativa per alimentare utenze in campo o anche la propria casa in caso di blackout.

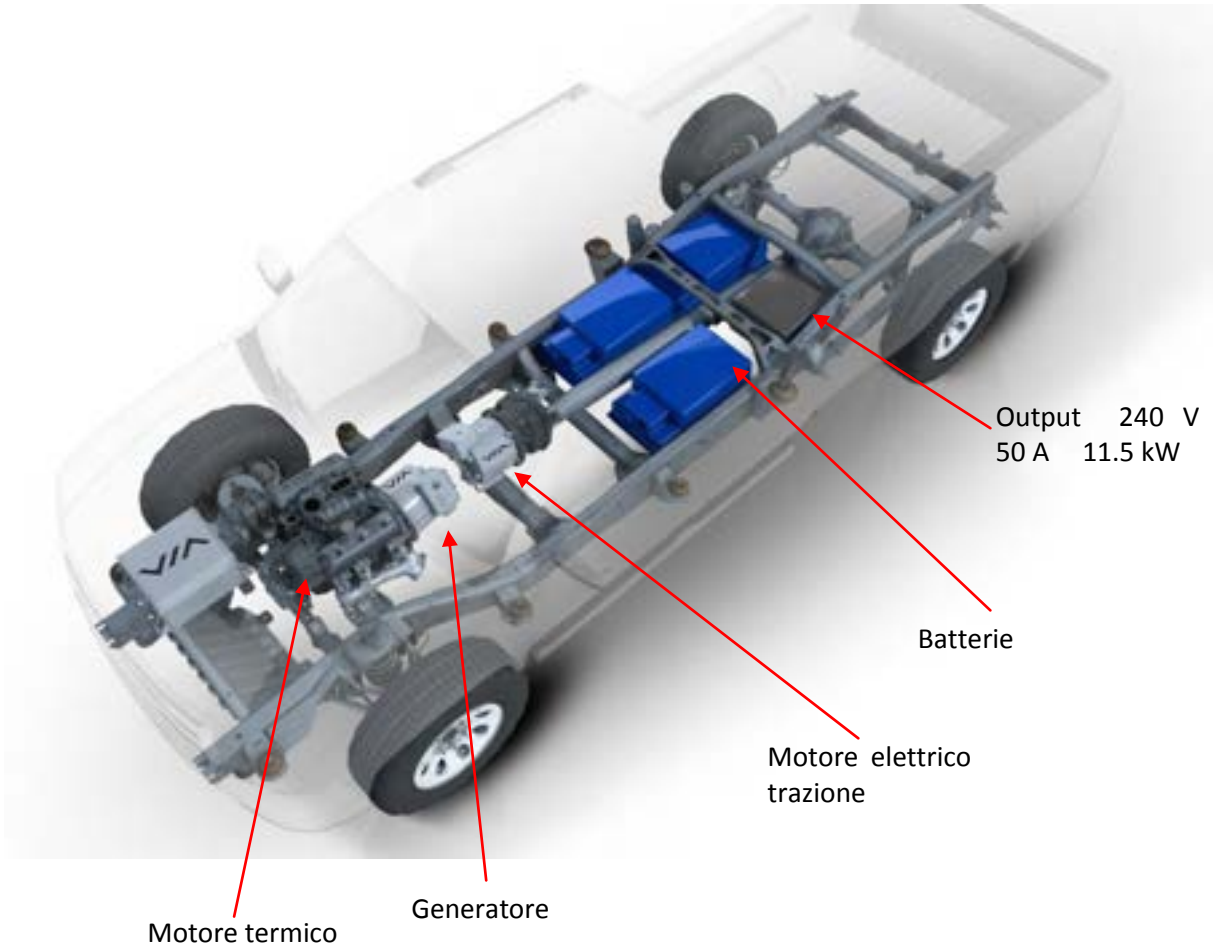

Figura 16 : VIA Motors VTRUX range extender con output elettrico

Figura 17 : quadro per il prelievo elettrico VIA Motors

La potenza di 11.5 kW monofase è sufficiente per alimentare alcuni veicoli dotati di caricabatterie da 11 kW ma non la totalità che invece utilizzano per la ricarica in c.a. la tipologia a bassa potenza. Questo comporta ll'allungamento dei tempi di ricarica: 1 h per 3.7 kWh sono circa 16 Ah per una autonomia utile di circa 20 km.
Come altro esempio di range extender in Figura 18 è mostrato un prodotto asiatico in grado di fornire 20kW d.c. o 30 kW a.c. alimentato a benzina. La potenza elettrica in a.c. è triplicata e questo consente di avere potenze di interesse per ricariche in tempi brevi.

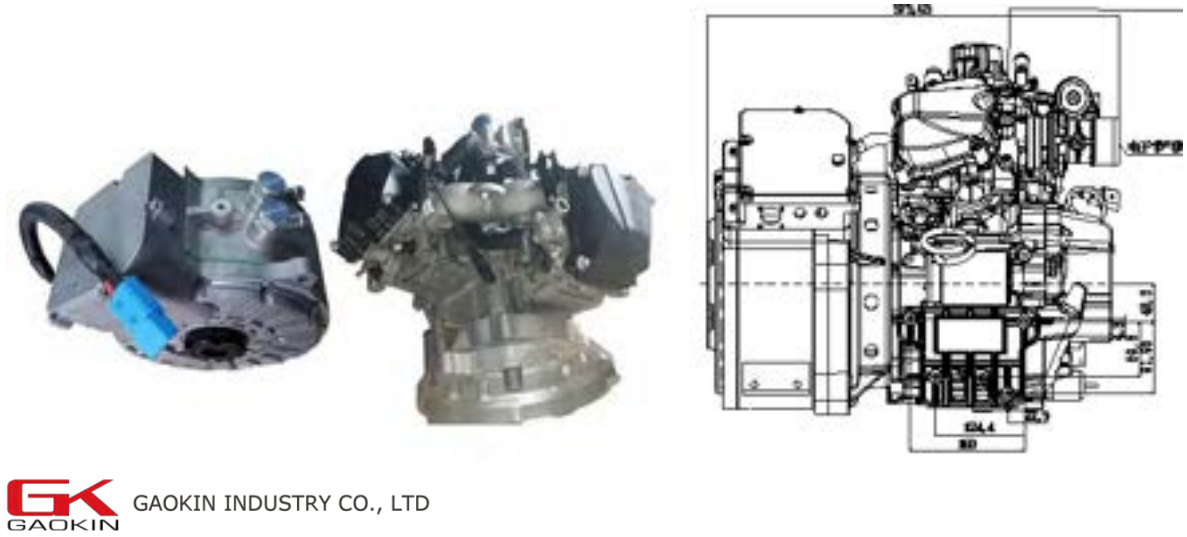

Figura 18 : gruppo motore-generatore per range extender

Indubbiamente la soluzione è interessante poiché sfrutta una realizzazione con una finalità non direttamente implicata nel servizio di soccorso ma che può essere applicata a questa tipologia di servizio. Da questa traccia possiamo pensare di allargare l'orizzonte ad un veicolo non dotato di un generatore per funzioni di range extender (quindi un veicolo elettrico) ma di utilizzare un mezzo convenzionale equipaggiato con un sistema di generazione elettrica posto a bordo (Figura 19).

A titolo di esempio in Figura 20 è riportato un elettrogeneratore (in figura senza e con carenatura)che può essere allocato sul veicolo. Esso è già dotato di serbatoio da 50 litri e può erogare 20 kW di potenza continuatamente con un picco di 25 kW. Al 75% della potenza consuma 6.6 litri/h e quindi avere 8 ore di autonomia. L'uscita è con presa penta-polare da 63 A o con presa monofase da 16 A ed è dotata di

protezione magnetotermica e pulsante di arresto in emergenza. Il peso è di 460 kg con un volume di 1.17 m^3 (1.6x0.7x1.05 m)

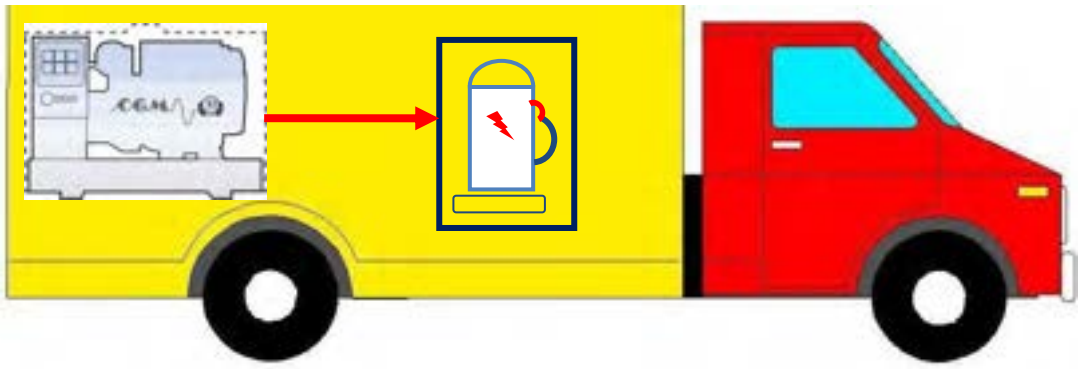

Figura 19 : veicolo con elettrogeneratore a bordo

Figura 20 : generatore elettrico trifase da 20 kW

La Figura 21 mostra la stazione di elettrogenerazione posta a bordo di un furgone scoperto pronta a giungere presso il punto di chiamata per assolvere alla richiesta di soccorso. Includendo un ac/dc converter è possibile realizzare una ricarica in c.c. secondo lo standard CHAdeMO o Combo.

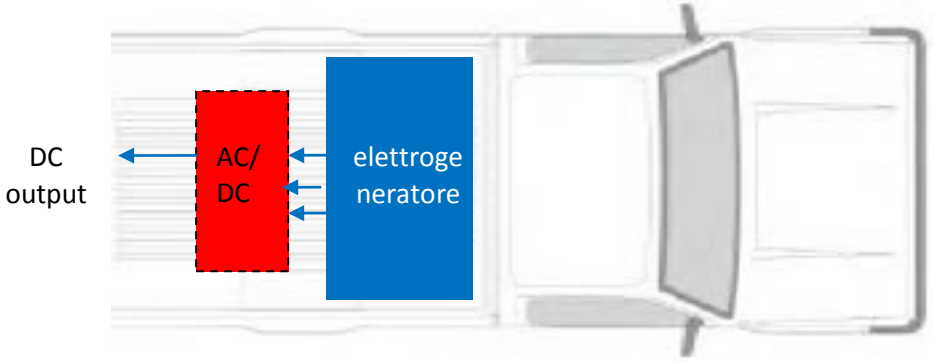

Figura 21 : sistemi di bordo per ricarica con elettrogeneratore

La variazione del carico soprattutto all'inizio della fase di ricarica con variazione della corrente (ad esempio per la Leaf di 12 A/sec in ricarica rapida a 50 kW) può indurre una variazione della tensione di alimentazione e della frequenza se il sistema di regolazione non è pronto a regolare la velocità. Ma con il sistema non in linea il problema è minore non sussistendo l'esigenza di una sincronia con la rete elettrica.

4.3 Ricarica con generazione elettrica da Fuel Cell

La produzione di energia elettrica avviene attraverso il processo elettrochimico coinvolgente l'idrogeno e l'ossigeno presente in aria. Le FC di tipo PEM possiedono una efficienza teorica massima di 83% ma quella reale va dal 70% al 40% in relazione alla corrente erogata. Mediamente una FC possiede rendimenti del 60%. Questo rendimento elevato attrae all'uso di generazione elettrica sia in condizioni mobili (vedi propulsione veicolare) che stazionarie. Nel caso in esame la FC dovrebbe essere in grado di erogare l'intera potenza utile per la ricarica quindi nel caso di 20 kW di ricarica la taglia della FC è di quella portata. Per fornire 10 kWh di energia elettrica il consumo sarà di 20 kWh in H2 ossia 0.6 kg di idrogeno. Ipotizzando uno storage dell'idrogeno in forma gassosa a 25 °C il volume del serbatoio a 200 bar sarà pari a 36 l. L'idrogeno consumato al seguito di una ricarica dovrà essere ripristinato in una stazione apposita. Ideale la soluzione di produrre idrogeno per via rinnovabile, ad esempio da fotovoltaico o eolico attraverso l'impiego di un elettrolizzatore. La soluzione FC appare attraente ma i piccoli volumi di idrogeno utilizzati rendono non conveniente economicamente la soluzione di autoproduzione a vantaggio di un acquisto presso fornitori che producono a costi sicuramente più bassi per i maggiori volumi trattati. A valle della FC potremmo allocare un inverter per la ricarica in ac dei veicoli oppure interfacciare direttamente (o attraverso un convertitore dc/dc) un sistema di ricarica in dc secondo gli standard Combo e/o CHAdeMO.
I maggiori tempi di risposta della FC e la tipologia di lavoro del tipo "stop&go" rendono necessario che essa rimanga accesa durante il servizio per essere pronta all'intervento e questo induce consumi energetici addizionali. In Figura 22 , insieme a due bombole per H2 di uso automotive, è mostrata una FC Ballard da 30 kW le cui dimensioni sono 900x480x375 mm per un peso di 125 kg. In questo tipo di FC la cella lavora tra 85 e 180 V ed eroga correnti tra 0 e 180 A. In Figura 23 lo schema a blocchi del sistema di ricarica mobile a FC. La legislazione sull'utilizzo di idrogeno in applicazioni automotive potrebbe introdurre qualche complicazione all'utilizzo di questo vettore energetico per la maggiore severità delle norme.

Figura 22 : Bombole per idrogeno e FC PEM da 30 kW

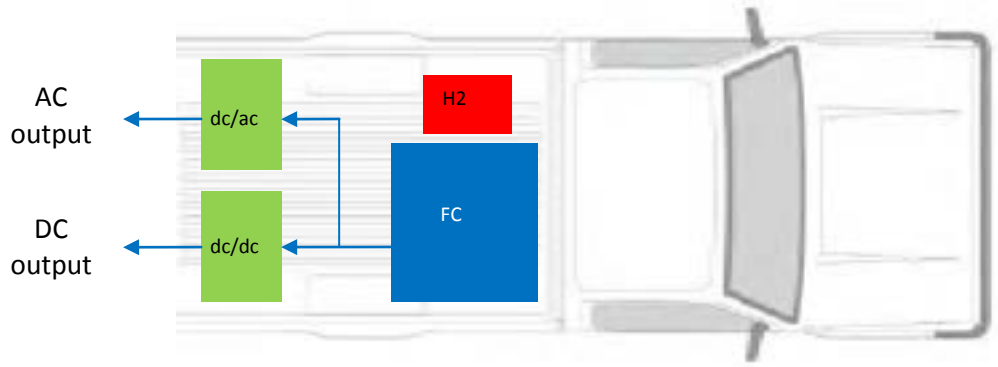

Figura 23 : sistemi di bordo per ricarica con FC

4.4 Ricarica con generazione da accumulo elettrico

La soluzione di trasportare energia elettrica "pronta all'uso" è interessante e si giova della possibilità di accumulare le cariche elettriche sotto forma elettrochimica (batterie) o sotto forma di semplice carica elettrica (supercapacitori).

4.4.1 Supercapacitori per la ricarica mobile

I supercapacitori (SC) sono dispositivi simili strutturalmente ai capacitori ma la loro capacità è eccezionalmente elevata grazie alla struttura ed ai materiali utilizzati per la loro realizzazione. I SC sono dispositivi in grado di conservare energia e rilasciarla in tempi brevissimi, con una efficienza elevata (> del 95% a causa della bassissima resistenza equivalente serie) e garantisco una lunga serie di cicli ripetuti di carica/scarica. I SC si distinguono secondo la loro tecnologia: EDLC, pseudo capacitori ed ibridi. I primo son capacità a doppio strato composti da sottilissimi strati conduttori separati da un liquido elettrolitico. Il materiale degli elettrodi è generalmente alluminio rivestito con carbone microporoso . Gli elettrodi sono separati da uno strato di microcellulosa o altro materiale poroso che lascia passare gli ioni ma evita il corto circuito elettrodico. L'elettrolita è un liquido generalmente soluto in un particolare solvente attivo. Possono essere realizzati in forma cilindrica o come stack (Figura 24). La densità di energia è variabile tra 5-7 Wh/kg ed una densità di potenza di 1-3 kW/kg. Da queste prime indicazioni si evidenzia come i SC sono dispositivi idonei alla potenza ma scarsamente adatti in applicazioni essenzialmente in energia.

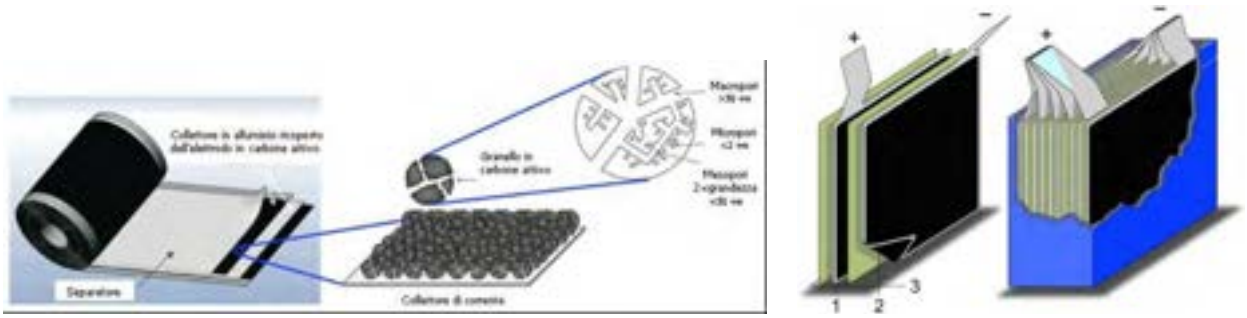

Figura 24 : EDLC cilindrici o stack

Con una esigenza di 10 kWh e tenendo in mente che l'energia utile è ¾ della nominale il peso potrebbe oscillare tra 60 – 90 kg.

I SC pseudo sono derivati dagli EDLC e presentano caratteristiche superiori (densità di energia > 10 Wh/kg e densità di potenza > 2 kW/kg) ma non sono ancora pronti commercialmente. I SC ibridi sono invece supercapacitori che posseggono un elettrodo come SC e l'altro simile ad una batteria mostrando un comportamento ibrido tra le due realizzazioni.

Il vantaggio dei SC è essenzialmente quello di poter avere una elevata quantità di potenza disponibile in tempi brevi ma purtroppo in termini di energia non si ottengono similari prestazioni. Ipotizziamo di dover caricare 9 kWh in batteria. Con la condizione che il campo di lavoro utile per i SC è generalmente compreso tra 100 e 25% dell'energia massima, si ha un valore della tensione compresa tra V_n e 0.5 V_n

$$E_i=1/2*C*V_i^2 \text{ ---> } E_f=0.25\ E_i \text{ ---> } V_f=\sqrt{(1/4*\ V_i^2)} \text{ ---> } V_f=1/2*\ V_i$$

Se la massima tensione è 125 V la capacità necessaria per alimentare la ricarica di 9 kWh è data da :

$$C=8/3*E/V^2 \text{ ---> } 5529\ F$$

Se ogni modulo SC è di 63 F (vedi Figura 25) avremo necessità di porre in parallelo 5529/63=88 SC per far fronte alla richiesta energetica. Il numero di componenti è decisamente elevato e porta ad una tensione finale di scarica di 65 V che può risultare eccessivamente bassa. Per ovviare a quest'ultimo problema possiamo pensare ad una configurazione serie parallelo con tre capacità in serie su ogni ramo. La tensione massima è adesso di 375 V con un minimo pari a 187 V. In questo caso il numero di rami paralleli deve produrre una C_t totale di 614 F per cui i rami con tre C serie saranno pari a $C_t/C/3$ ossia 29 rami per complessivi 88 SC.

Figura 25 : modulo SC da 63 F 125 V

Dai numeri espressi si ha la conferma che i SC sono ottimi elementi per potenze elevate ma non sono idonei a lavorare in energia.

4.4.2 Batterie per ricarica mobile

Le batterie sono dispostivi di accumulo energetico che hanno ottime prestazioni in termini di energia e di potenza specifica. Per molti anni le batterie al Piombo sono state le leader del mercato fornendo ausilio per differenti applicazioni (usi stazionari, starter dei veicoli, alimentazione veicoli elettrici). La loro uscita dal mercato non è ancora giunti avendo nel tempo migliorato le prestazioni ma soprattutto per le buone caratteristiche di resistenza ai sovraccarichi ed alle risposte in termini di sicurezza. Il peso eccessivo in rapporto alla potenza ed energia utile sono il loro punto debole, e questo è ancora più evidente nelle condizioni di elementi trasportati. I sistemi di accumulo al litio hanno sostituto il piombo in diverse applicazioni (soprattutto quelle automotive) per la loro migliore densità di energia e potenza che via via i

nuovi materiali stanno mostrando. L'accumulo al litio è ormai una grande famiglia che in relazione alle coppie elettrodiche consente una diversificazione delle prestazioni. Le batterie al litio-ione sono tuttavia soggette ad un controllo delle loro condizioni operative abbastanza rigido per evitare di fuoriuscire dai limiti minimi e massimi di lavoro. Questo poiché esistono rischi inerenti il loro deterioramento, con progressiva perdita delle prestazioni, ma anche con pericoli indotti di surriscaldamento. Il surriscaldamento è possibile di provocare un runa way termico con il rilascio di vapori (del solvente in elettrolita) infiammabili con pericolo di incendio. Nuove soluzioni si affacciano al mercato come le batterie allo stato solido che risultano intrinsecamente più sicure ma attualmente forniscono prestazioni elettriche di minor livello. I litio offre prestazioni in energia fino a 600 Wh/l per cella ed una durata di migliaia di cicli di carica e scarica. Per i costi esse si presentano non economiche posizionandosi intorno a 130- 400 €/kWh contro la tecnologia, più matura commercialmente del piombo che si attesta nell'intervallo 100-250 €/kWh. Le previsioni di sviluppo indicano per il litio riduzioni consistenti con target al 2030 di 95-115 €/kWh. Il litio si presenta anche con l'opzione di riutilizzo in "seconda vita" per applicazioni di tipo stazionario in impianti di storage elettrico.

Nella nostra applicazione lo starage elettrochimico ci abilita ad avere una sorgente flessibile capace di fornire energia nelle dovute quantità ma anche con livelli di potenza idonei a mantenere la durata della ricarica di soccorso entro tempi contenuti. La soluzione applicativa è similare a quella con l'uso di una FC sostituendo questo generatore con un accumulo (Figura 26)

Figura 26 : sistemi di bordo con accumulo elettrico

5 Stato dell'arte

L'idea del servizio di ricarica di soccorso inizia ad avere alcune soluzioni realizzative caratterizzate da approcci differenti per la sua implementazione. Ad ogni proposta corrispondono prestazioni tecniche ed economiche diverse. Una prima soluzione è quella di un servizio utilizzante veicoli elettrici come veicoli di soccorso. Essi pongono a disposizione l'energia elettrica del proprio mezzo da condividere in parte con il veicolo da soccorrere. AndromedaPower offre una soluzione di tale genere (ORCA Inceptive Figura 27 e Figura 28) trasportando nel bagagliaio il sistema di conversione DC/DC con interfaccia CHADEMo che preleva attraverso un cavo di circa 5 m di lunghezza la potenza dalla batteria di bordo sulla presa di ricarica del veicolo.

Figura 27 : dispositivo ORCA Inceptive

Figura 28 : esempio di ricarica con sistema ORCA Inceptive

Il controllo delle operazioni di ricarica è possibile attraverso una apposita applicazione su PC o su Smartphone. In Figura 29 è riportata l'applicazione di controllo della ricarica con il dispositivo ORCA Inceptive: in 9 minuti sono stati caricati 5 kWh lasciando abbastanza energia al soccorritore per tornare alla base a rifornirsi a sua volta di energia. La ricarica è sufficiente al veicolo soccorso per arrivare alla prossima stazione di ricarica o completare il viaggio.

Figura 29 : applicazione di controllo ricarica di soccorso

Lo stesso dispositivo nella versione ORCA Rescue accetta ingresso in DC o in AC, esso è trasportabile ed utilizzabile per il soccorso.

Sulla stessa falsariga è il servizio proposto da SHARGEme una piattaforma in via di sviluppo che propone una condivisione della carica in eccesso (come nel V2V) per la fornitura di energia ai veicoli che ne necessitano. In questo caso il V2V diviene un soccorso attraverso la piattaforma multimediale. L'applicazione mette in comunicazione offerta e richiesta ed in tempo reale (in base alla disponibilità) consente la ricarica da altro mezzo che risponde alla richiesta per fare fronte all'esigenza. Il progetto è in fase di raccolta fondi e non sembra aver ancora affrontato il problema dell'interconnessione elettrica tra veicoli che attualmente non è attuabile ma si propone di interagire con i costruttori per risolvere l'ostacolo.

In USA la società AAA ha realizzato un servizio di soccorso (Figura 30) per la ricarica come elemento di un progetto di ricerca e sviluppo. I veicoli realizzati sono equipaggiati con un generatore (alimentato a benzina, diesel o a gas) in grado di fornire una tensione di 240 V a.c. con potenza sino a 20 kW (Level 2) ma anche la possibilità di ricarica in modo rapido con il Level 3 in d.c. . Con una ricarica Level 2 in 30 minuti si trasferisce un quantitativo di energia bastevole per rientrare a casa o raggiungere una stazione di ricarica fissa mentre con il Level 3 bastano dai 10 ai 15 minuti.

Figura 30 : servizio di soccorso AAA.com

In Giappone la stessa esperienza di un veicolo per il soccorso elettrico è stata compiuta attraverso la realizzazione di veicolo da 5 tonnellate equipaggiato con una stazione di ricarica del tipo rapido in DC (Figura 31). In questa configurazione una Nissan Leaf può essere ricaricata in circa 20 minuti con energia sufficiente a percorrere 25 miglia.

Figura 31 : sistema di soccorso in Giappone

Real Power ha concepito il servizio di soccorso in modo simile a quello della Nissan con un sistema di ricarica Level 3 capace di rifornire in 20 minuti un veicolo elettrico. Il sistema di ricarica (Figura 32) è alimentato da un generatore diesel. A questa prima soluzione ha fatto seguito una versione aggiornata (Figura 33). Quest'ultima versione utilizza un generatore collegato alla presa di forza del veicolo.Il generatore elettrico sviluppa 67 kW di potenza per alimemntarte un sistema di ricarica da 50 kW in dc con interfaccia CHADEmo o SAE Combo. Inoltre il veicolo consente applicazioni differenziate come ad esempio una alimentazione in ac di carichi esterni grazie alla disponibilità di una uscita Level 2 da 240 V. Real Power ha allo studio la realizzazione di una stazione mobile basata su un veicolo di dimensioni maggiori capace di alimentare sino a tre veicoli in ricarica rapida o quattro mezzi in Level 2. In questa configurazione il veicolo non si configura come mezzo di soccorso ma diviene una estensione mobile di una stazione di servizio.

Figura 32 : Real Power sistema di ricarica di soccorso

Figura 33 : versione attuale del veicolo Real Power

Figura 34 : caricabatterie e generatore del veicolo Real Power

Tra le possibili soluzioni quella mostrata in Figura 35 richiede il minimo impegno realizzativo utilizzando un motogeneratore carrellato in grado di fornire energia elettrica in ac. Se adeguatamente provvisto di interfaccia presa/spina è possibile ricaricare anche a livelli di potenza da 7 o 11 kW e contenere i tempi di ricarica.

Figura 35 : servizio eseguito con motogeneratore trainato

In Svizzera la società Nation-E (Figura 36) ha proposto una stazione di ricarica mobile posizionata nella porzione posteriore di un van. Il servizio denominato “Angel car” è equipaggiato con una batteria di grande capacità in grado di alimentare in modo veloce un veicolo elettrico fornendo a 230 V in 15 minuti energia sufficiente a giungere al più vicino punto di ricarica.

Figura 36 : Angel car della Nation-E

A completare rammentiamo due servizi utilizzanti sistemi di alimentazione a bassa potenza in grado di fornire 2 kWh in ½ ora e permettere la ripartenza del veicolo fermo verso una stazione di servizio (Figura 37) .
Anche in Cina sono in corso di realizzazione sistemi di ricarica di soccorso che prevedono anche la creazione di una piattaforma telematica capace di gestire in modalità automatica il servizio grazie anche alle informazioni fornite da sistemi GPS che segnalano la posizione del veicolo " a secco" (HUNAN SCIENTOP AUTOMATIC EQUIPMENT SHARES CO).

Figura 37 : sistemi di ricarica mobile da 4 kW con alimentazione a batteria

6 Una soluzione ecosostenibile

Le batterie utilizzate nei veicoli elettrici sono dimensionate per assicurare al veicolo stesso una autonomia elevata e questo fa si che in genere esse presentino una capacità nominale molto alta: dato che il ritiro dal veicolo avviene normalmente quando la capacità effettiva scende al di sotto dell' 80% di quella nominale si ha che la batteria, pur degradata dall'utilizzo automotive, presenta comunque una capacità residua che potrebbe renderla adatta per altre applicazioni di tipo stazionario. Da qui nasce l'idea di riutilizzare le celle del sistema di accumulo per applicazioni le cui specifiche siano compatibili con le nuove prestazioni del componente: questo riutilizzo è detto "Second Life".
La ''Second Life'' si presenta quindi come una opportunità di estensione della vita operativa di celle che altrimenti andrebbero mandate al riciclo. La Second Life può rappresentare una interessante opportunità economica per chi voglia investire in sistemi di accumulo stazionario, in quanto si prevede di poter impiegare circa l'ottanta per cento delle batterie utilizzate nei veicoli elettrici e Plug In, ed il numero circolante di tali veicoli è in rapido aumento: da qui viene l'interesse dei principali produttori di celle e veicolo e degli utilizzatori all'approfondimento di questo tema.

Come elencato nei capitoli precedenti sono molteplici le soluzioni essenzialmente per i livelli di potenza utilizzati e per la sorgente primaria di energia. Nell'ambito dell'approccio con una sorgente ad emissioni zero è preferibile privilegiare l'uso di un accumulo elettrico. Ma diversamente dalle realizzazione viste risulta interessante il ricorso a sistemi di accumulo giunti alla fine della loro vita utile in campo automotive ma riutilizzabili ancora per supportare la ricarica di emergenza. Considerando che un sistema di accumulo non lo si considera idoneo quando la sua capacità scende al disotto del 80% del suo valore nominale rimane ancora margine operativo per sfruttare al meglio le caratteristiche dell'accumulo.

Prendiamo ad esempio i sistemi di accumulo della Nissan leaf da 24 kWh (60 Ah a 400 V nominali) che avrebbero una capacità nominale residua di 19 kWh al raggiungimento del limite operativo. Toglendo un ulteriore 20 % come limite inferiore del SOC , la quantità di energia riutilizzabile sarebbe ancora significativa e pari a 15 kWh. Questo valore al netto dei rendimenti di trasferimento sarebbe sicuramente superiore ai 10 kWh in grado di fornire autonomia per altri 66 km massimi. Questa applicazione ridà occasione di utilizzo in 2nd life alle batterie uscite dal circuito su strada ma ancoro buone a dare il loro contributo ambientale. La minori prestazioni delle 2nd life non sono essenzialmente un problema poiché la minor quantità di energia da ricaricare può essere eseguita a ratei di corrente inferiore a quella massima prevista riducendo la potenza erogabile dal sistema di ricarica.

Lo schema di base proposto è riportato in Figura 38 ed in esso trovano posto il blocco delle batterie di secondo utilizzo con un BMS ed un connettore CHAdeMO che insiema al blocco del convertitore e delle due spine CHAdeMO compongono il sistema del veicolo di soccorso. Attraverso il collegamento mobile Plug #1-Socket #1 il pacco batterie di soccorso alimenta il convertitore. A sua volta tramite l'uscita sul Plug #2 si ha la possibilità di allacciarsi al veicolo da soccorrere (Socket #2).

Ultimata la fase di ricarica in soccorso il pacco batterie del veicolo soccorritore potrà eseguire una ricarica di ripristino presso una stazione di ricarica rapida secondo lo schema di collegamento riportato in Figura 39.

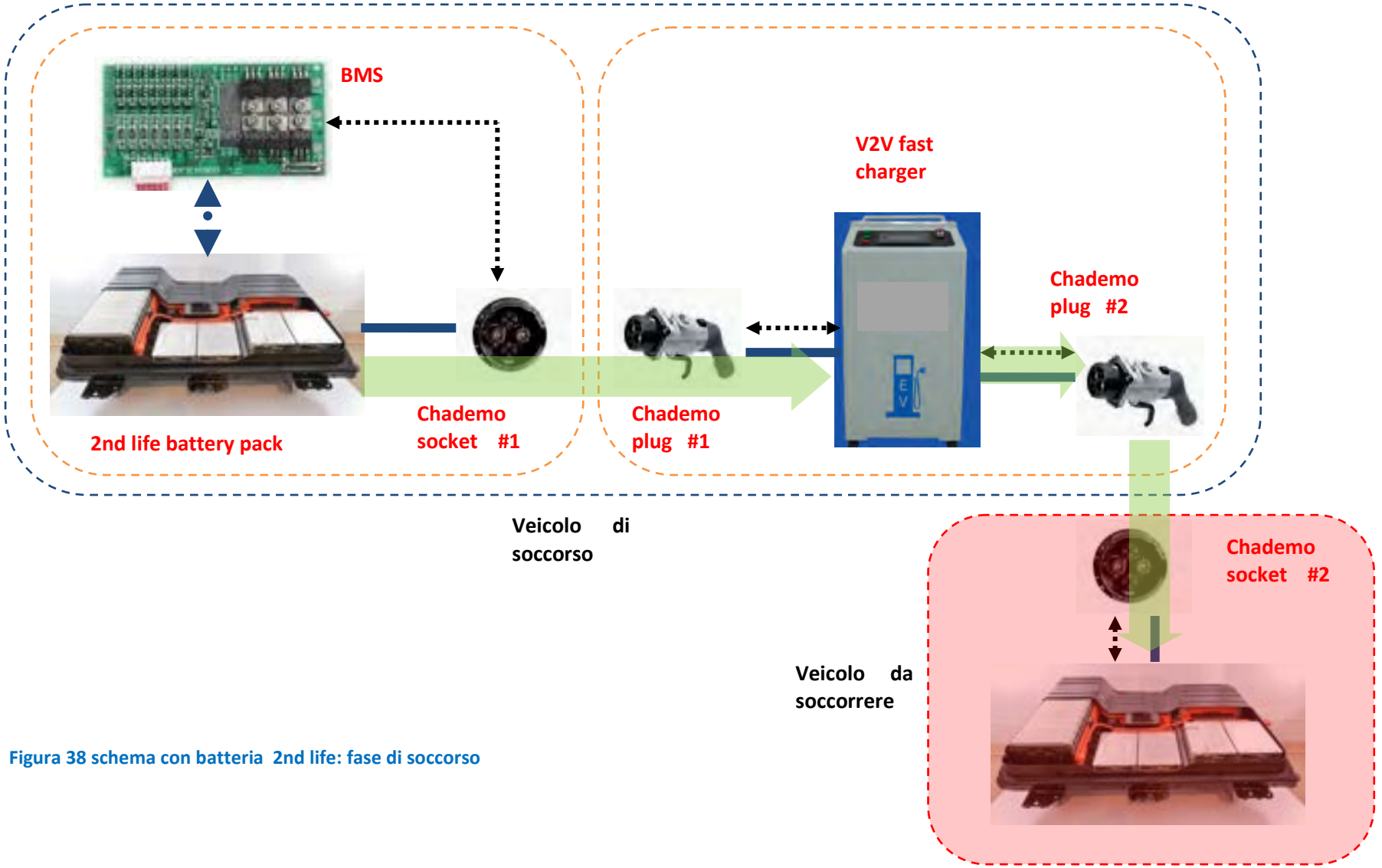

Figura 38 schema con batteria 2nd life: fase di soccorso

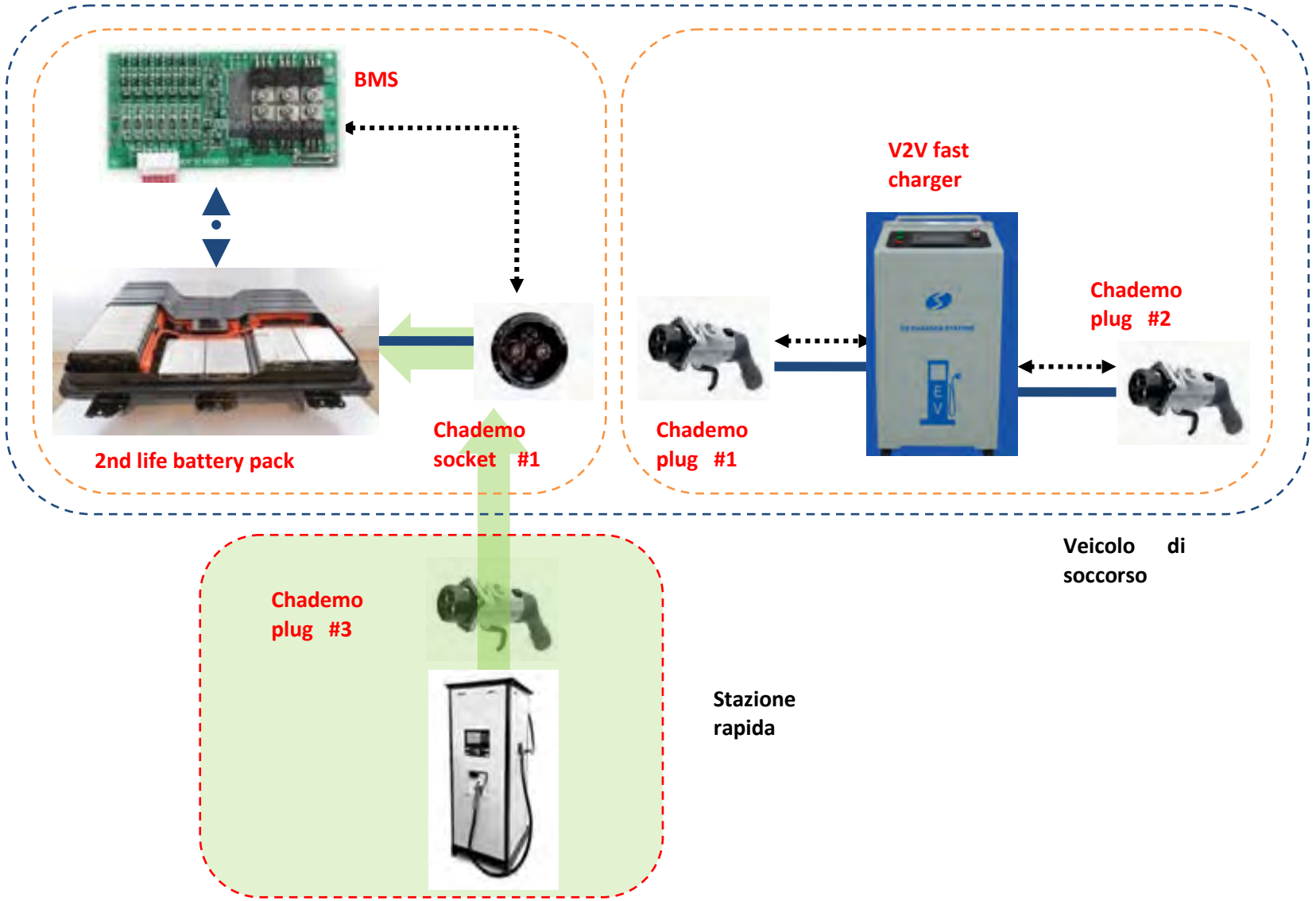

Figura 39 : fase di ricarica batterie del mezzo di soccorso

In alternativa si potrà ricaricare in modalità lenta utilizzando un ulteriore convertitore ac/dc idoneo per la batteria di seconda vita.

La presenza dei connettori conferisce sicurezza e modularità. Infatti sarà possibile disgiungere i circuiti per ogni operazione di manutenzione o controllo nonché durante il viaggio. La soluzione favorisce anche la disponibilità del collegamento con la batteria anche per la ricarica di ripristino. Il V2V charger potrà essere configurato in funzione delle diverse potenze ritenute idonee per il quantitativo di energia da travasare. Quindi si potrà lavorare con dispositivi da 50 kW e di potenza minore, ad esempio 20 kW.

7 Conclusioni

Le soluzioni per il soccorso elettrico sono molteplici e si presentano in diverse configurazioni. Ognuna di esse possiede pregi basati sulla sorgente primaria di alimentazione che può essere rinnovabile, ricaricabile o rigenerabile. Lo spirito di base può essere anche il carattere di flessibilità di utilizzo come nel caso dei generatori ed ancora meglio nelle soluzioni integrate che includono la generazione elettrica direttamente sul veicolo sfruttando la presa di forza del motore del veicolo di soccorso. Le potenze necessarie non sono elevate se si considerano i kWh utili a fare quel rifornimento minimo utile a giungere ad una stazione di servizio vicina. Pertanto sia la taglia del convertitore che l'accumulo eventuale o il generatore di bordo possono essere mantenuti entro la decina di kW. Interssante si prospetta la possibilità di utilizzare sistemi di accumulo automotive in seconda vita per l'alimentazione della stazione. Soluzione utile a livello ambientaleed economico.

8 Riferimenti bibliografici

1. M. Nilsson, "Electric vehicles – The phenomenon of range anxiety" Elvire project report 2011 Lindholmen Science Park, Sweden .
2. E.D.Tate, M.O.Harpster,J. P.Savagian, "The electrification of automobile :from conventional hybrid to Plug-in Hybrid, to extended range electric vehicles", SAE Technical paper 2008 World congress.
3. S. Agassi, "World without oil . Better place builds a future for electric vehicles" , Innovations: Technology, Governance, Globalization, Volume 4,Issue 4 Fall 2009,p.125-140 .
4. J. Brady," Electric cultures :an ethnography of everyday use of electric vehicles in U.K." Master thesis Durham University 2010.
5. C. Weiller,"Plug in hybrid electric vehicle impacts on hourly electricity demand in United States", Energy policy, Vol 39, Issue 6, June 2011 Pag. 3766-3778
6. T. Wynn, S. Leafeur, "A free market perspektive on electrical vehicles" Technical report, Cascade University., 2009.
7. J.J. Beckers, J. Wicherts, H.G.Schmidt, "Computer anxiety: trait or state ?", Computers in Human Behaviour,23,2851-2862.
8. M.Zeidner, G.Matthews,"Anxiety", the Phych 101 series, Springer 2011
9. G.Giuli, M.Mancini, M.P.Valentini, "Studio delle interrelazioni tra il sistema elettrico e quello dei trasporti urbani" Report RdS/2013/133.
10. A.Genovese, G. Giuli, M. Mancini, "Assessment of EV market diffusion through the analysis of conventional cars in the city of Rome ", EVS29 International Electric Vehicle Symposium Montreal Canada, June 20-22, 2016
11. A.Genovese, G.Giuli, M.Mancini, "On the distribution of fast charge stations in urban environment" , - EVS30 International Electric Vehicle Symposium Stuttgard Germany, October 9-11, 2017
12. J. Sonnenschen, "Preparing for roll out of electric vehicles: exploring how cities can become plug-in ready", Lund University, 2010

13. E.Paffumi, M. De Gennaro,G-Martini, E.Manfredi,S.Vianelli,A.Genovese,F.Ortenzi “Experimental Test Campaign on a Battery Electric Vehicle: On-Road Test Results (Part 2)” SAE Int. J. Alt. Power. 4(2):2015, doi:10.4271/2015-01-1166
14. A. Tinton Dwi, Amin. “Energy storage system using battery and ultracapacitor on mobile charging station for electric vehicle”, Energy Procedia 68 (2015), 429-437