



# Sistemi avanzati di ricarica rapida



Ing. Giovanni Pede  
Dipartimento Tecnologie per l'Energia  
Laboratorio Sistemi e Tecnologie Mobilità ed  
accumulo

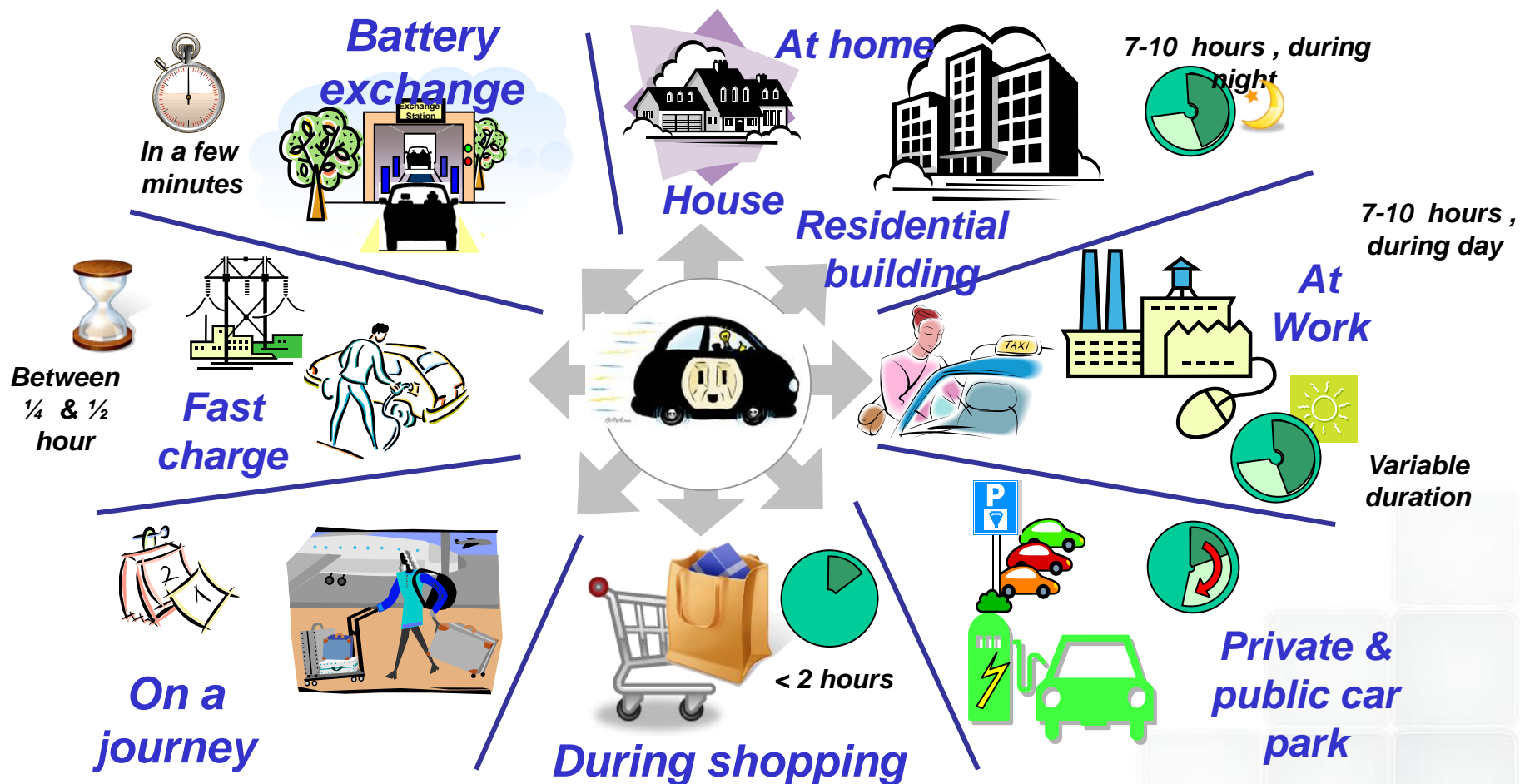
**Trasporto merci a breve raggio con  
veicoli elettrici**

**Lucca 10 luglio 2015**



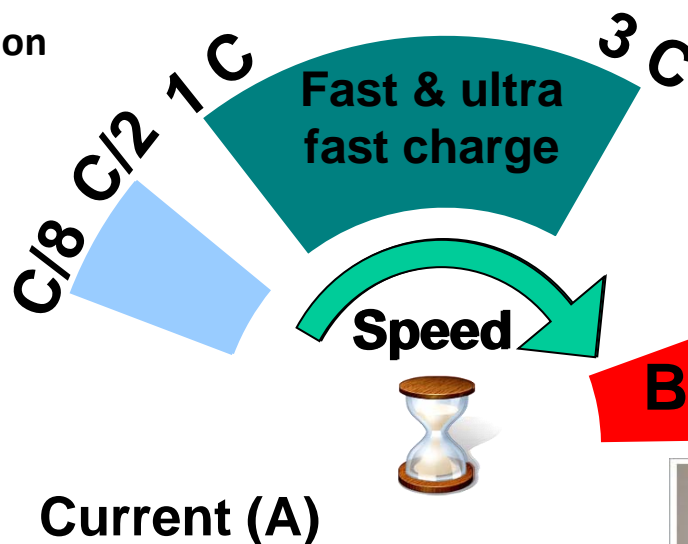
# Different kind of needs

- Deployment of PEV calls upon a charging infrastructure adapted to its limited range:
- Generalization of charging spots for all parking situations
  - Specific features to allow quick battery refill: fast charge & battery exchange stations



# Power range and charging times

CHAdEMO charging station  
(50 kW)

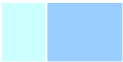




Gyrobuss, Oerlikon



Gulliver, Tecnobus



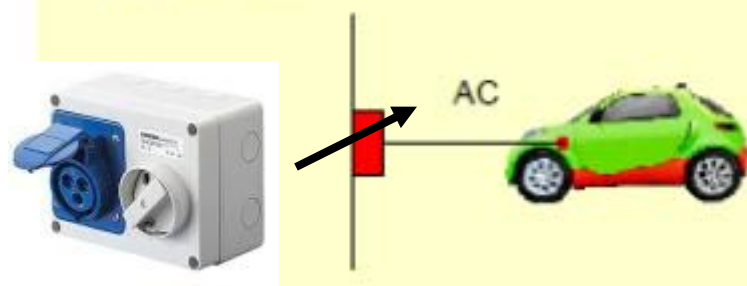
	Standard charge (AC) → between 8 an 4 hours
	Fast & ultra fast charge (AC or DC) → less than 1 hour
	Battery exchange → in a few minutes



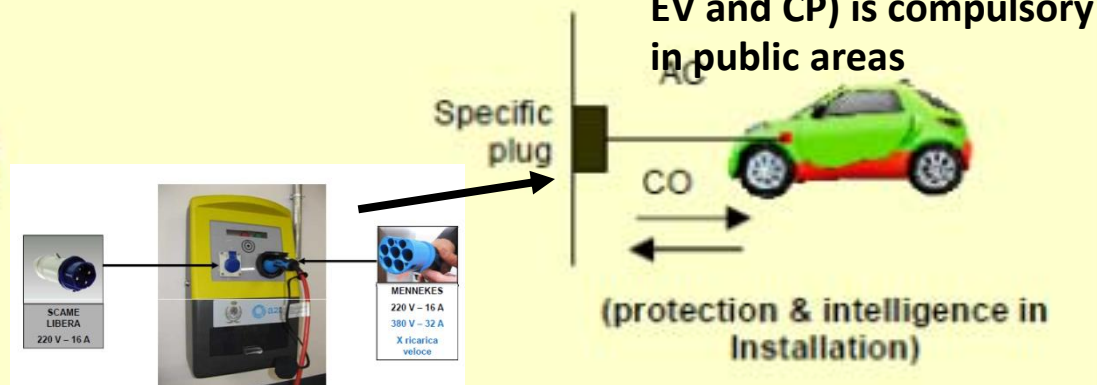
# 4 modi di ricarica

## IEC 61851-1

Mode 1:

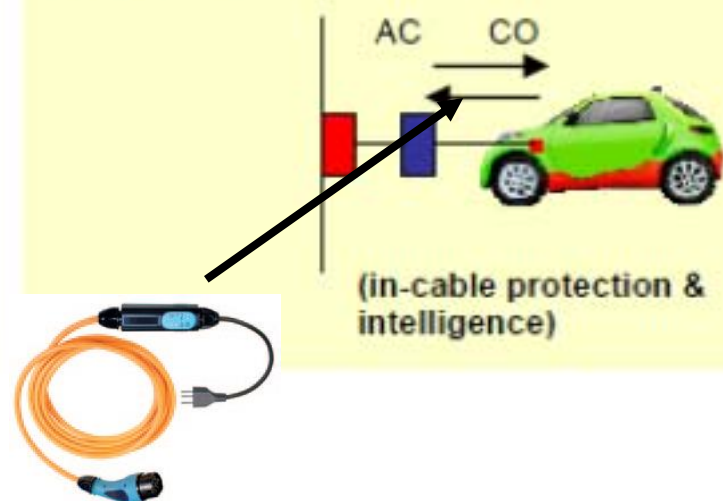


Mode 3:

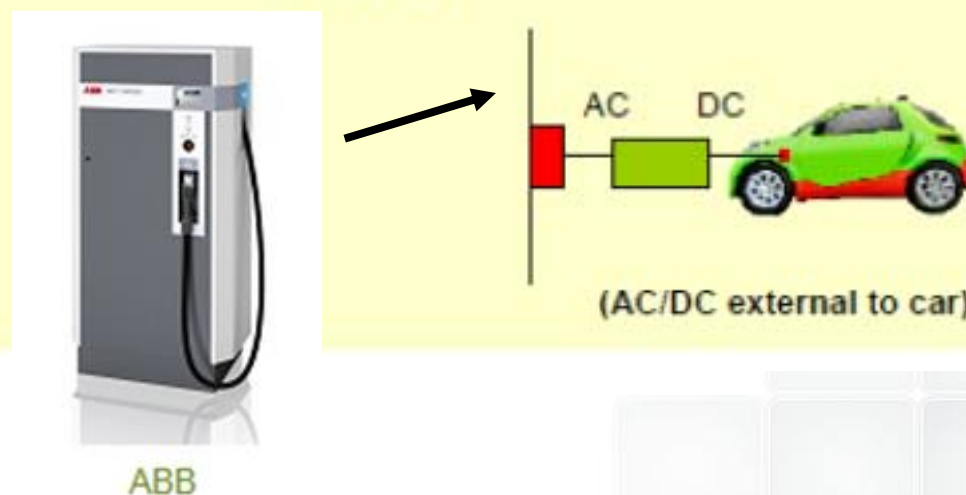


Charging mode 3 (with communication between EV and CP) is compulsory in public areas

Mode 2:



Mode 4:



## Perché?

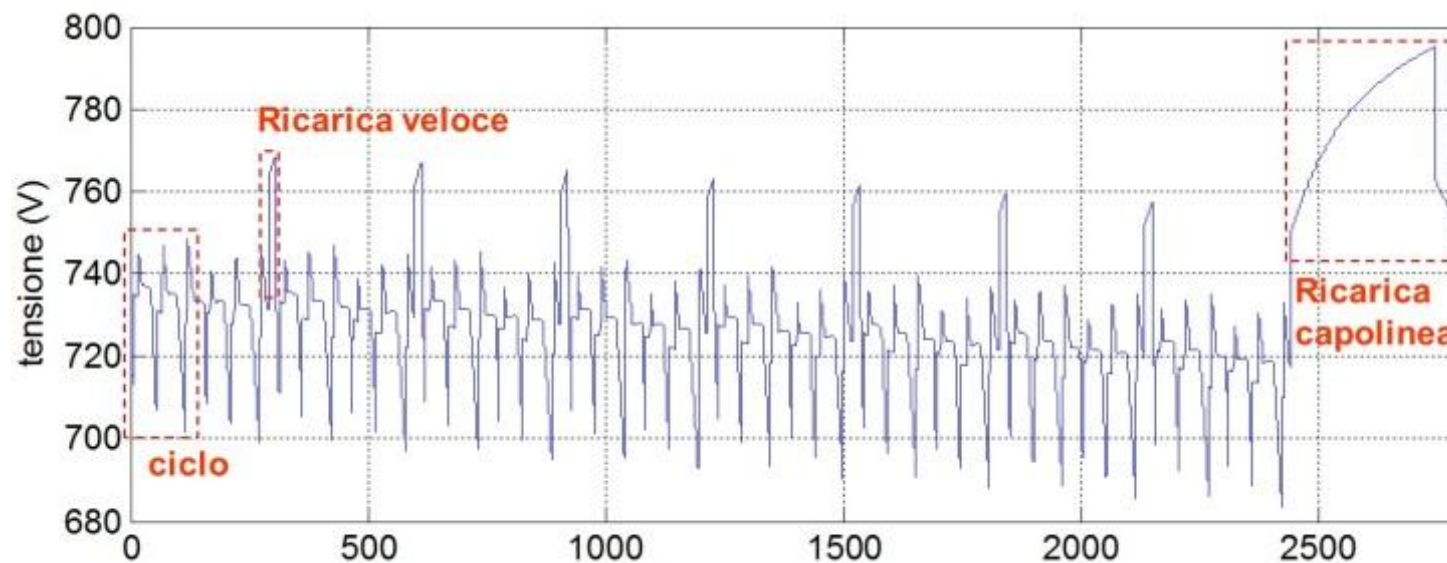
Per moltiplicare per 3-4 volte l'autonomia di un mezzo elettrico, oppure ridurre di 3-4 volte la taglia della batteria oppure una combinazione delle due cose

## Quando?

Quando la natura del servizio richiesto al mezzo lo consente, cioè quando il servizio è ripetitivo e consente delle soste per una durata pari al 20-25 % del tempo totale a disposizione



# Un esempio concreto: il TPL

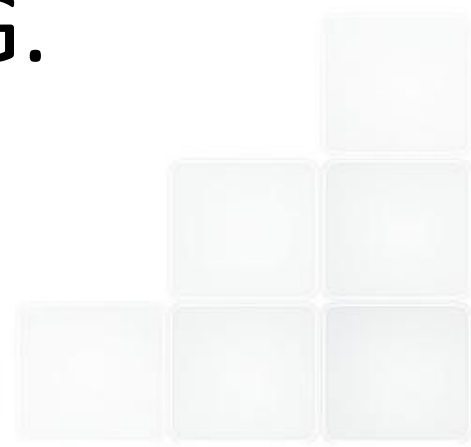


12 m. urban bus	Charging power	Battery size (750 V)	Nominal energy (kWh)	Range (km)
<i>Pure Electric</i>	43 kW	650 Ah	457	200
<i>Zero Filobus</i>	150 kW	212 Ah	153	Unlimited

## I tre pilastri della "Fast Charge"

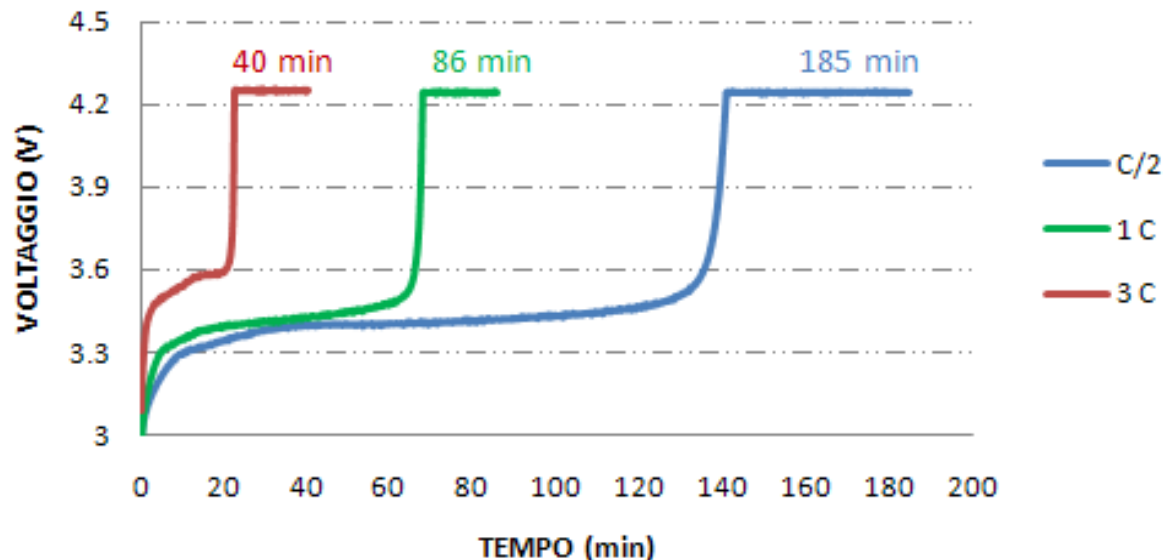
Per una ricarica veloce occorrono tre elementi:

- Batterie adatte per la F.G.
- Interfacce di potenza adatte per la F.G.
- Caricabatterie adatti per la F.G.



# Le batterie "simmetriche" in carica/scarica

Caratteristica di carica



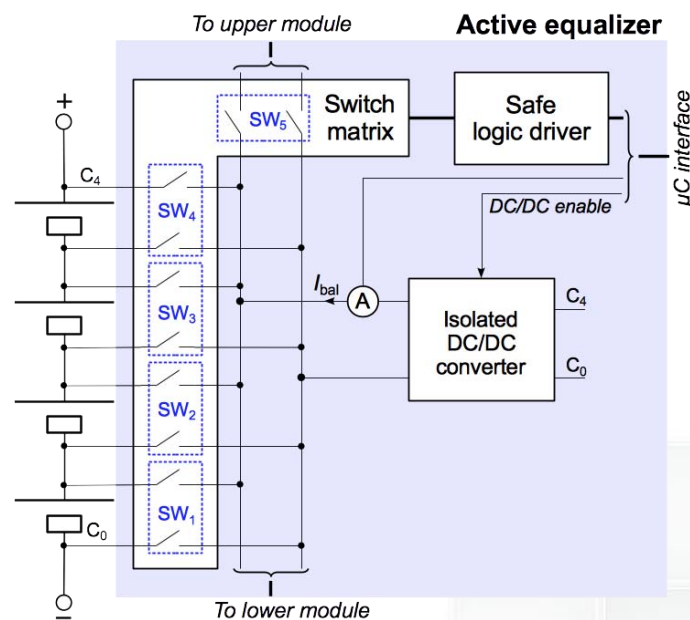
«C » is the  
 nominal battery  
 capacity,  
 e.g. if C is 50 Ah,  
 3 C stands for a  
 charge current:  
 3 C = 150 A

Charging current (A)	Charged energy (Wh)	Discharged energy (1C)	Energy efficiency (%)
15.5 (C/2)	125.3	120.35	96
31 (1 C)	128.44	118.61	92
62 (2 C)	129.58	114.61	88

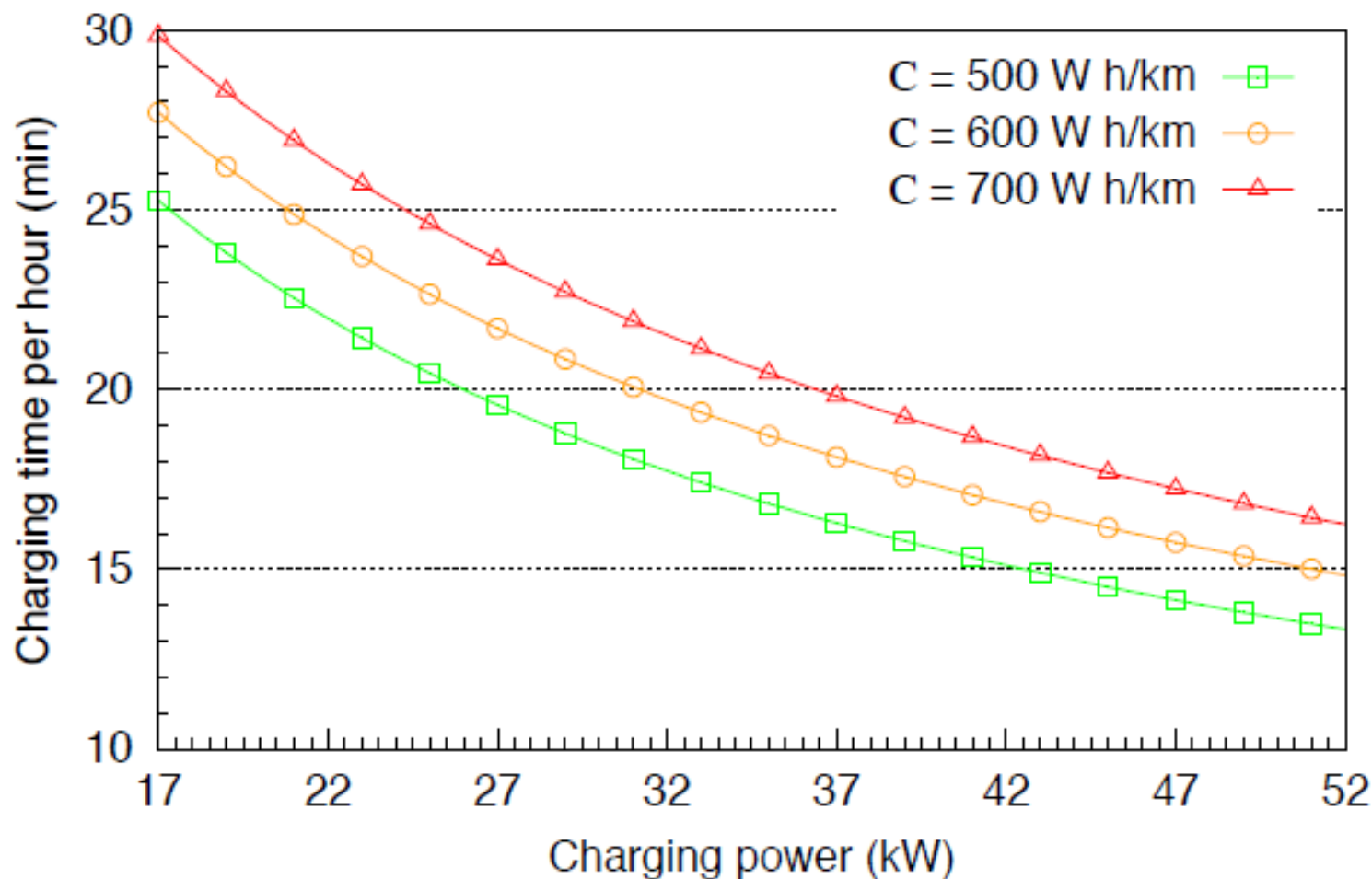
Even at high  
 current rates,  
 charge is possible  
 with a good  
 efficiency



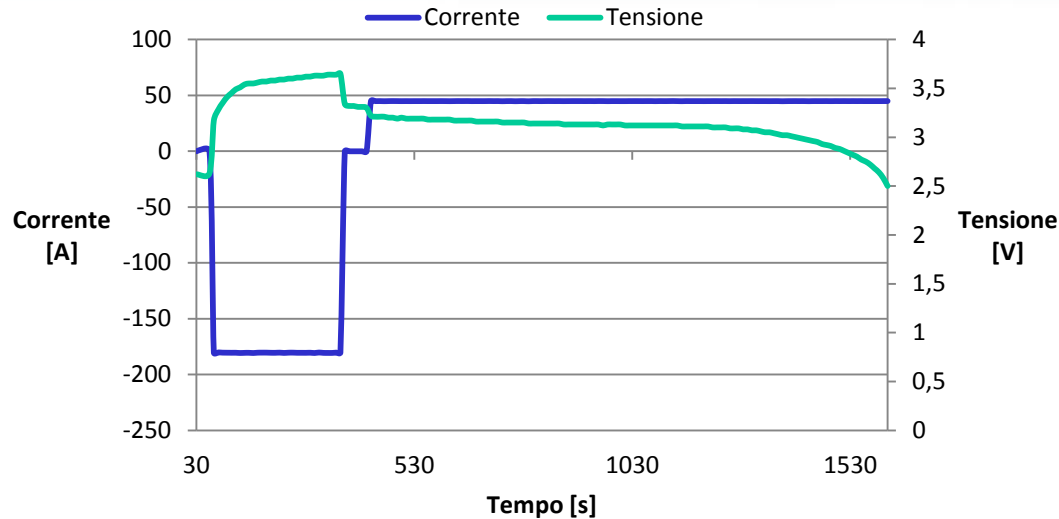
# Ricarica rapida: moduli batterie 12V auto-gestiti (1)



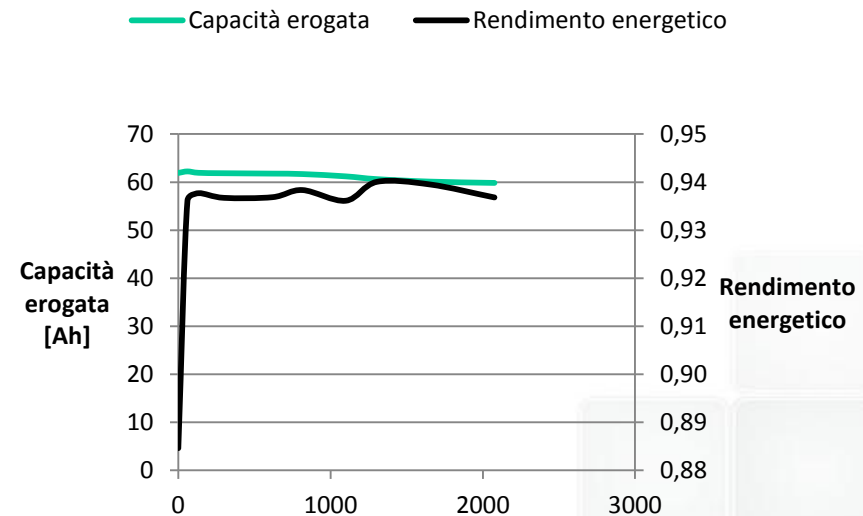
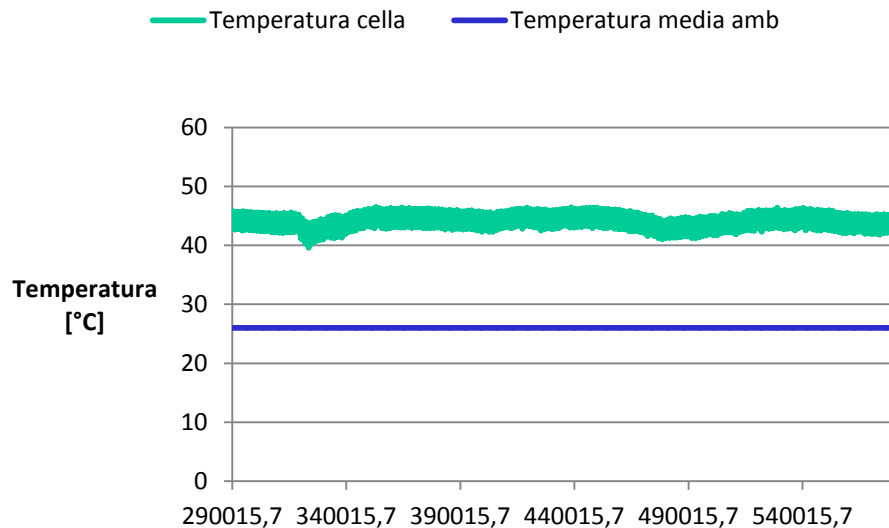
# Ricarica rapida: moduli batterie 12V auto-gestiti (2)



# Life-cycle test



Il ciclo elementare è raffigurato a fianco.  
E' un ciclo bilanciato in termini di Amperora (rendimento unitario) e corrisponde a 6.5 km di marcia e 5' di ricarica rapida a 3C al capolinea.



## DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

on the deployment of alternative fuels infrastructure

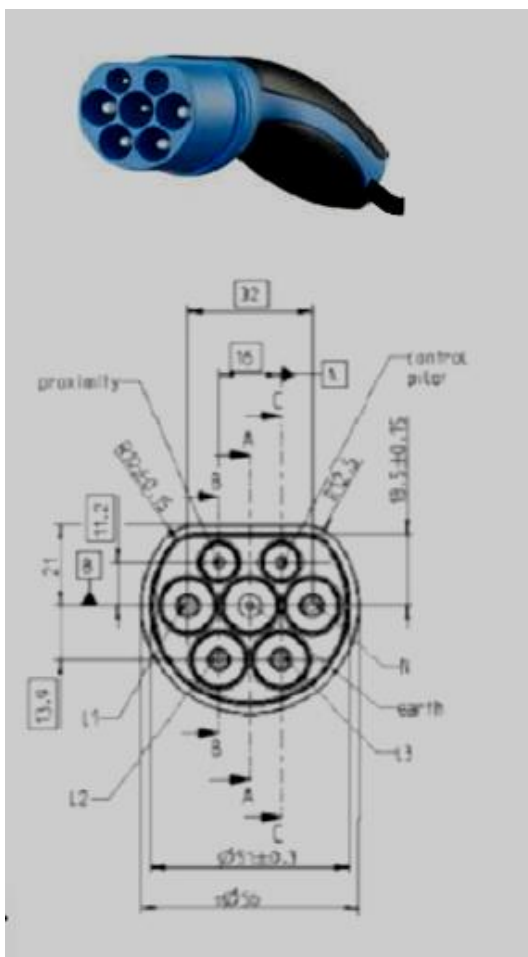
COM(2013) 18 /2

### 1.2. Fast electric recharging points for motor vehicles

**Alternate Current (AC) fast recharging points** for electric vehicles shall be equipped, for interoperability purposes, with connectors of Type 2 as described in standard EN62196-2.

Fast recharging points for electric vehicles shall comply with the technical specifications by 31 December 2017 at the latest.

**Direct Current (DC) fast recharging points** for electric vehicles shall be equipped, for interoperability purposes, with connectors of Type "Combo 2" as described in the relevant EN standard, to be adopted by 2014.



## Combined Charging System (combo)

Il connettore “universale” combo-2 prevede l’aggiunta al connettore tipo 2 di due contatti di potenza dedicati alla ricarica in continua ed è in grado di accettare sia il corrispondente connettore combo, sia il connettore tipo 2 per la ricarica in alternata.

Combined Charging System





# F.G.: sistemi automatiz. (1)

**Ecoliner (Proterra, California)**



**Capabus (Aow Technology Development Company & Sinautec, Shanghai)**

**Alè (Rampini-Siemens, Vienna)**



**TOSA (HESS-ABB, Ginevra)**



# F.G.: sistemi automatiz. (2)

PRIMOVE  
RESTITUISCE  
BELLEZZA  
ALLE CITTÀ

**primove**  
true e-mobility



La mobilità elettrica PRIMOVE  
per un futuro sostenibile senza  
cambiare abitudini di viaggio e guida.

Più posti per i passeggeri, meno posto per gli accumulatori:  
BOMBARDIER\* PRIMOVE\* è l'unica tecnologia al mondo di  
ricarica induttiva per trasferire l'energia sia da fermo che in  
movimento.  
Con PRIMOVE la mobilità elettrica su ebus garantisce  
silenziosità, comfort e zero emissioni per il trasporto pubblico  
anche nelle piccole città.

**BOMBARDIER**  
the evolution of mobility

\*Trademark(s) of Bombardier Inc. or its subsidiaries

QUESTA PAGINA È IN REALTÀ ALTERNATA  
SCOPRI I CONTENUTI INTERATTIVI  
THAT IS AN ALTERNATED REALITY PAGE  
DISCOVER INTERACTIVE CONTENT

## OLEV (KAIST, Seoul)



**Pro: low infrastructural impact**

**Con: low efficient, more costly,  
safety aspects**



# Inverter reverse: il caso PBI



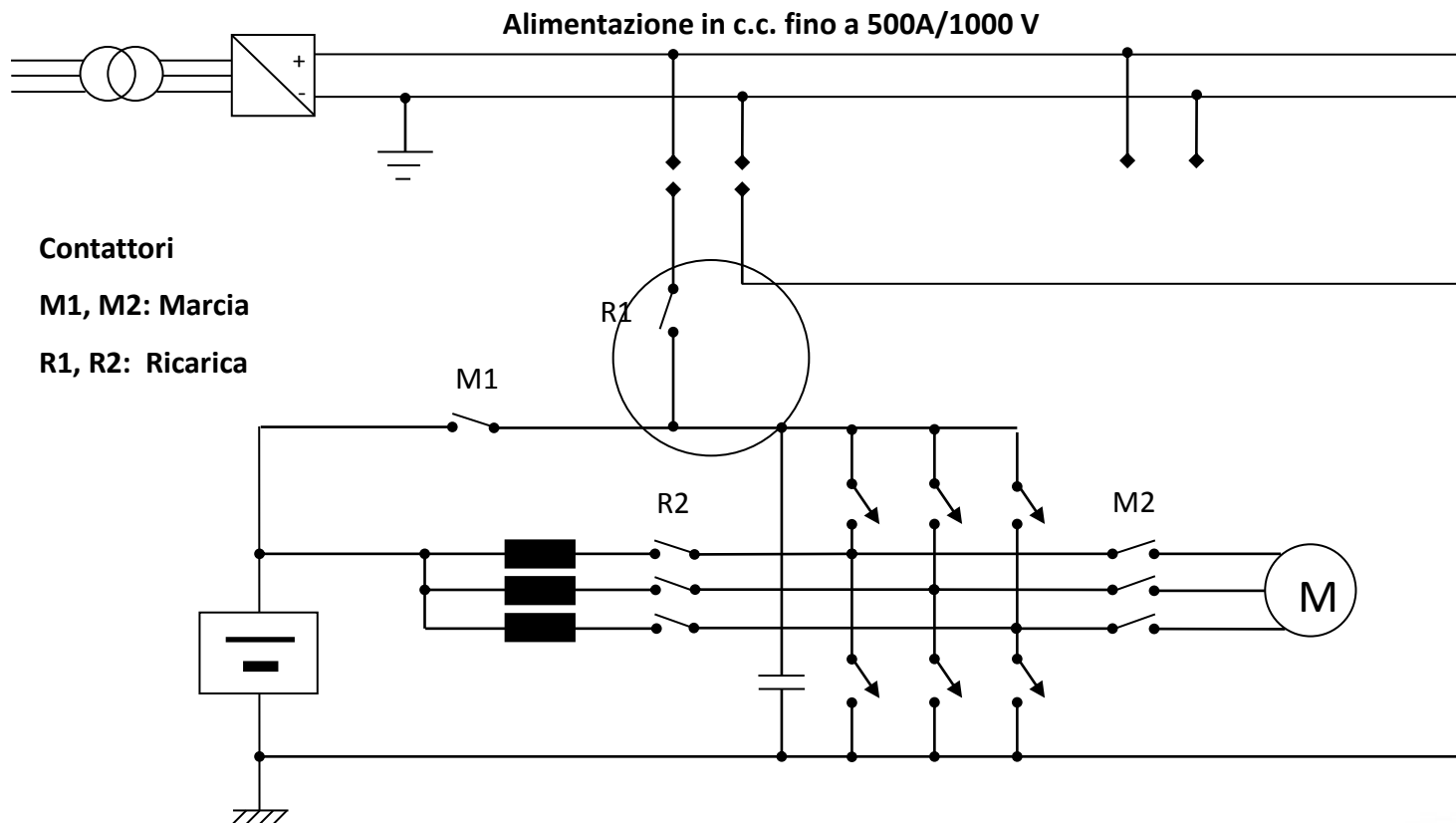
*T. Huria, G. Lutzemberger, G. Pede, G. Sanna: "Systematic development of series-hybrid bus through modelling". IEEE VPPC 2010, Vehicle Power and Propulsion Conference, Lille, 1-3/9/2010*



Spannung	Kontakte	Material	Art.-Nr.	Spannung	Kontakte	Material	Art.-Nr.
380-440 V	3P+N+PE	Metall	39 44 013 172 008	380-440 V	3P+N+PE	Metall	39 48 013 172 008
1000 V	3P+N+PE	Metall	39 44 223 172 008	1000 V	3P+N+PE	Metall	39 48 223 172 008

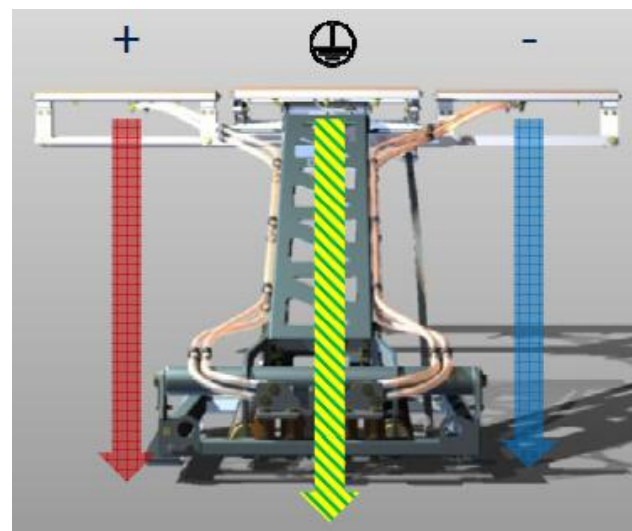
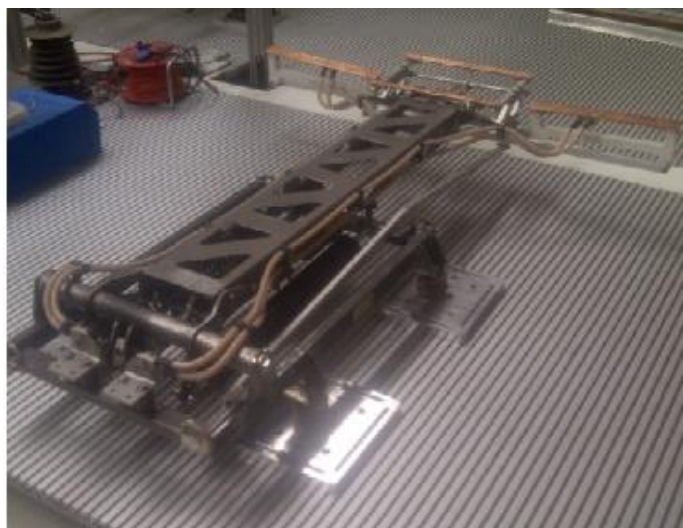
Andere Spannungen auf Anfrage

# Il progetto PBI (2)



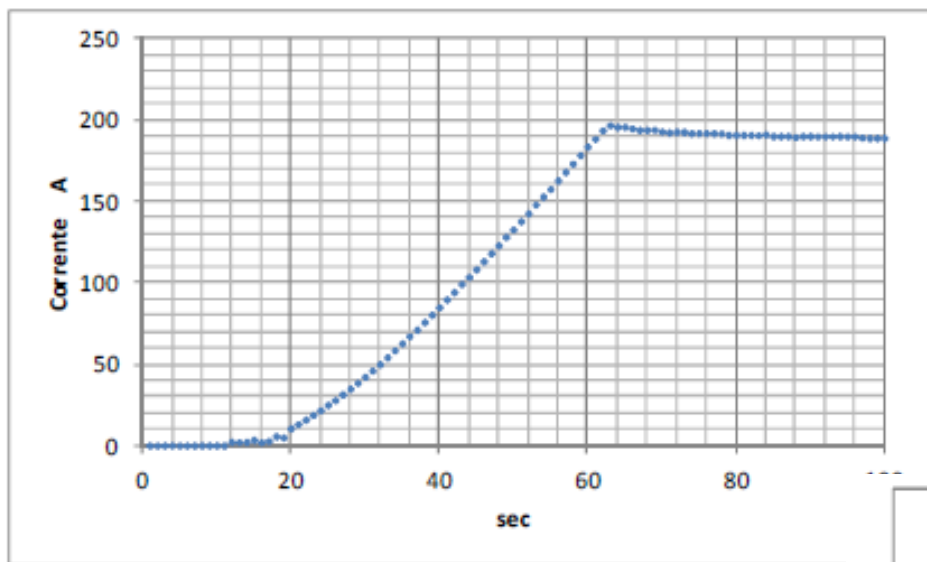
***Ricarica rapida al capolinea:  
schema concettuale con uso di "inverter reverse"***

# Il progetto PBI (3)



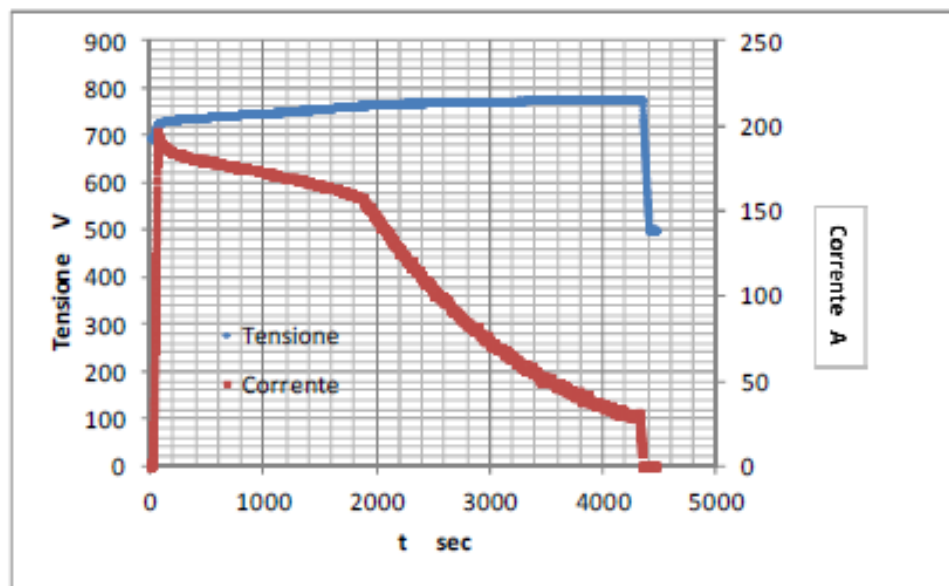


# Il progetto PBI (4)



The figure, related to a first fast-charge test, shows the current ramp from 10 to 200 A, accomplished in 22 sec.

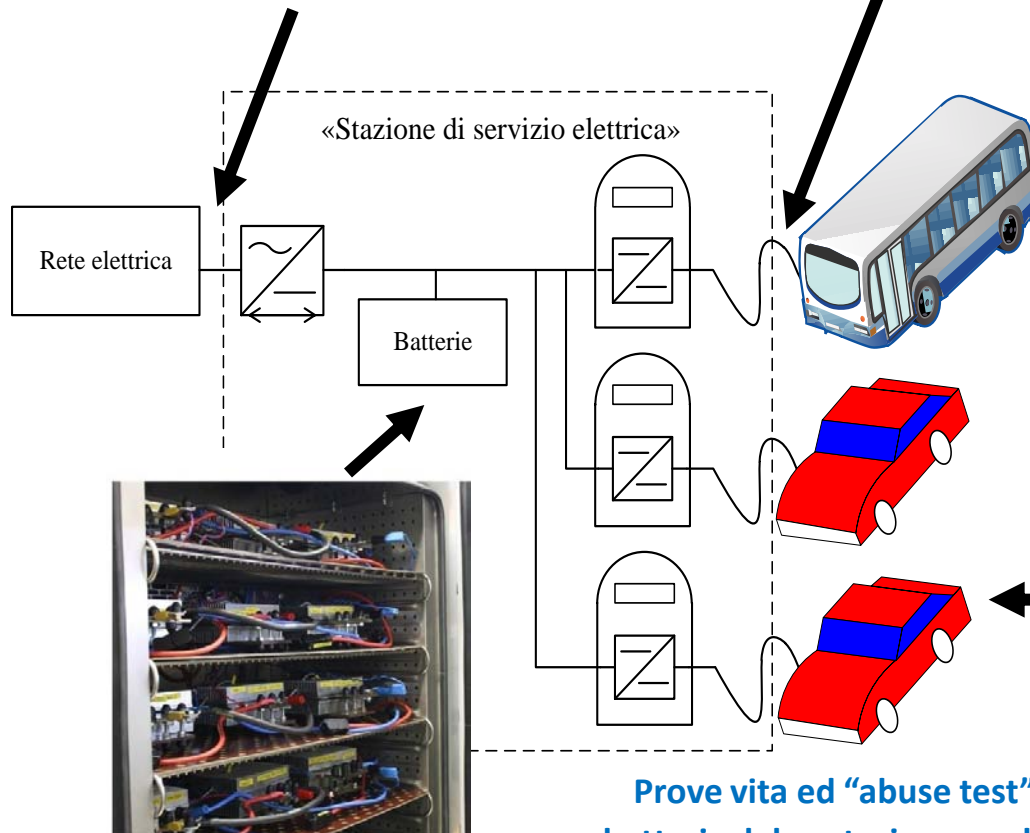
The figure refers to a test completed operating in automatic mode with a maximum battery pack voltage of 770 V in order to have a SOC of 90%



# FG e smart grid: i sistemi V2G (vehicle to grid)

Studi e sperimentazioni sull'integrazione  
 nella rete: laboratori di Portici e della  
 Casaccia, anche nell'ambito delle attività  
 della Ricerca di Sistema Elettrico

Sviluppo di sistemi robotizzati  
 per la ricarica rapida:  
 laboratori della Casaccia



Progetto PBI Industria 2015  
 versioni elettriche



**G & A Engineering s.r.l.**  
**Ferrari BSN s.r.l.**

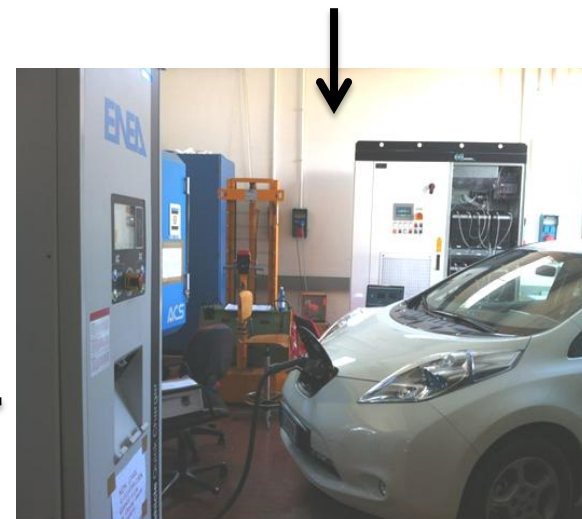
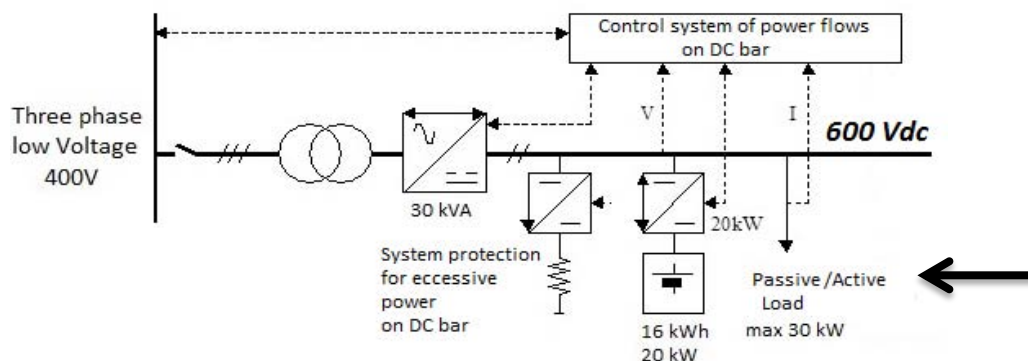
Testing e sviluppi dedicati su  
 veicoli elettrici nelle  
 applicazioni V2G:  
 banchi a rulli e laboratori  
 della Casaccia

Prove vita ed "abuse test" sulle  
 batterie: laboratorio prova batterie  
 della Casaccia

## Grid connected energy storage prototype:

- ✓ lithium battery pack of 16 kWh,
- ✓ DC/DC converter of 20 kW
- ✓ IGBT bidirectional - inverter of 30 kVA
- ✓ Control system of power flows exchange with the grid
- ✓ Able to be linked with Active Load (function not implemented yet)

Off-board charger with an active power of 50 kW dc. The socket-outlet is an Yasaki Plug (ChadeMo protocol).



The battery pack is made by 6 modules where each module has been made by 12 cells. Battery pack voltage is 270 V.  
 Battery system: Kokam, 70 Ah  
 Power electronic System: EEI

**This national research project has been funded by the Italian Ministry of Economic Development, with the aim of investigating several system aspects related to the potential mass roll-out of plug-in electric vehicles, and particularly their technical, environmental and economic impacts:**  
**[http://www.enea.it/it/Ricerca\\_sviluppo/ricerca-sistema-elettrico/efficienza-nellelettromobilita/report#2013](http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/ricerca-sistema-elettrico/efficienza-nellelettromobilita/report#2013)**

#### Report 2012

Deliverable 1: Scenari di elettrificazione della rete di trasporto pubblico a Roma - Il fabbisogno energetico

Deliverable 2: Scenari di elettrificazione della distribuzione urbana delle merci a Roma - Il fabbisogno energetico

Studio delle interrelazioni tra il sistema elettrico e quello dei trasporti urbani

Studio teorico-sperimentale delle prestazioni di convertitori DC/DC per la ricarica rapida

Realizzazione e sperimentazione di una stazione di ricarica rapida in c.c. nel C.R. Casaccia

Studio di fattibilità per un impianto di ricarica contactless

#### Report 2013

Progetto e sperimentazione di un caricabatteria contactless per city car elettrica

Progettazione di un convertitore modulare per infrastrutture di ricarica con accumulo integrato

Modellistica per il bilancio energetico di sistemi di ricarica con funzionalità *vehicle-to-grid*

Studio delle interrelazioni tra il sistema elettrico e quello dei trasporti urbani

Analisi di elettrificazione del TPL in contesti ITC: lo *smart ring* dell'Aquila

Sperimentazione per la compensazione dell'energia attiva/reattiva con la stazione di ricarica integrata presso il CR Casaccia

Caricabatterie contactless per city car: caratterizzazione sperimentale e misure radiometriche dei campi elettromagnetici residui per la valutazione dell'esposizione occupazionale



*Grazie*

***Thank you!***

Per further information

[www.enea.it](http://www.enea.it)

[giovanni.pede@enea.it](mailto:giovanni.pede@enea.it)