

Sistema integrato per la gestione intelligente dell'accumulo di energia

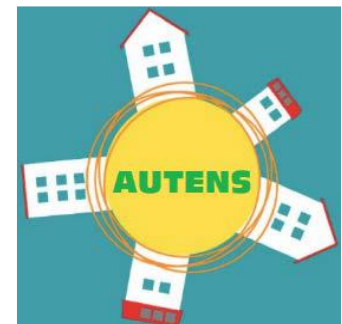
Roberto Saletti

Laboratorio SEMES – Sistemi Elettronici per
la Mobilità e l'Energia Sostenibili

Dip. Ingegneria dell'Informazione

Università di Pisa

roberto.saletti@unipi.it



UNIVERSITÀ DI PISA

- ❑ Il ruolo dei sistemi di accumulo di energia nelle comunità energetiche
- ❑ L'accumulo elettrochimico (batterie)
- ❑ La batteria come modulo intelligente del sistema energetico
- ❑ Strategie di bilanciamento energetico tra produzione, consumo e accumulo
- ❑ Piattaforma di laboratorio per la sperimentazione della gestione intelligente dell'accumulo energetico

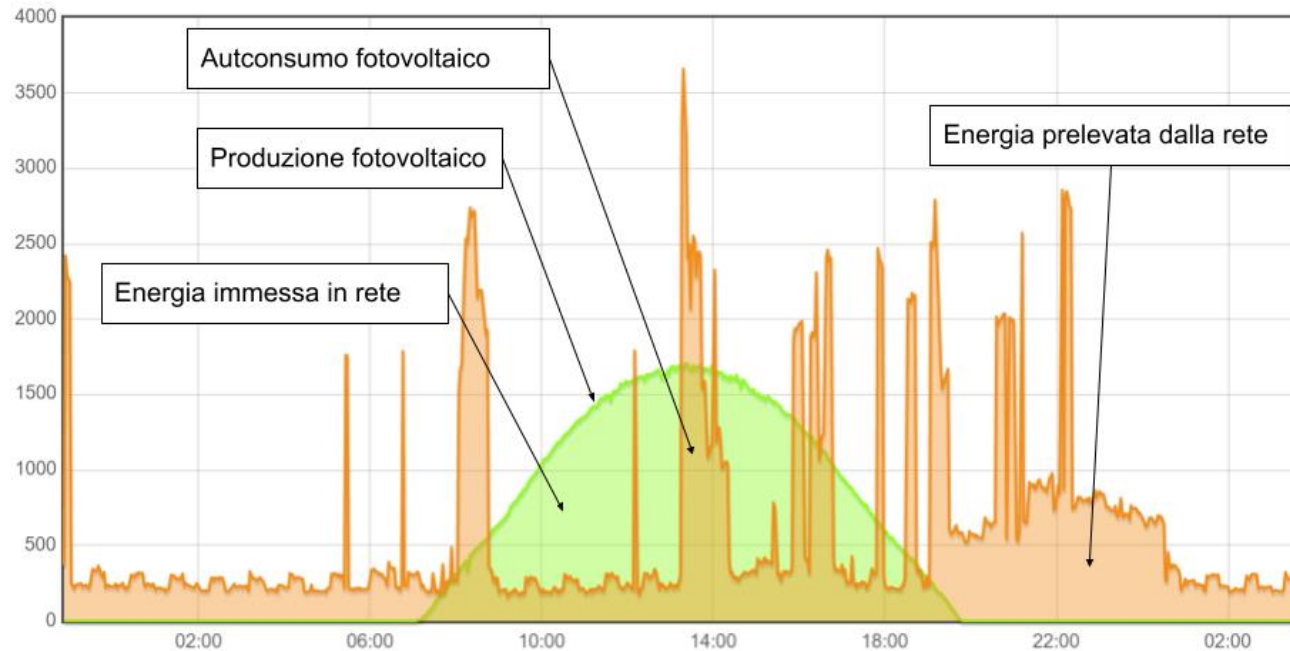
Autarchia Energetica



- Aggregare i consumi di gruppi di edifici
 - Comunità Energetiche
- Adattare le richieste di energia con le risorse energetiche disponibili
 - in termini sia di consumi complessivi che di distribuzione oraria
 - anche negoziando i consumi per usi civili con quelli per uso industriale



Energia: richieste e risorse disponibili



- ❑ Tipico profilo di consumo giornaliero residenziale
- ❑ La generazione da fonti rinnovabili (solare o eolica) è poco controllabile e prevedibile
- ❑ Il profilo individuale di consumo è mediato ulteriormente nella comunità energetica

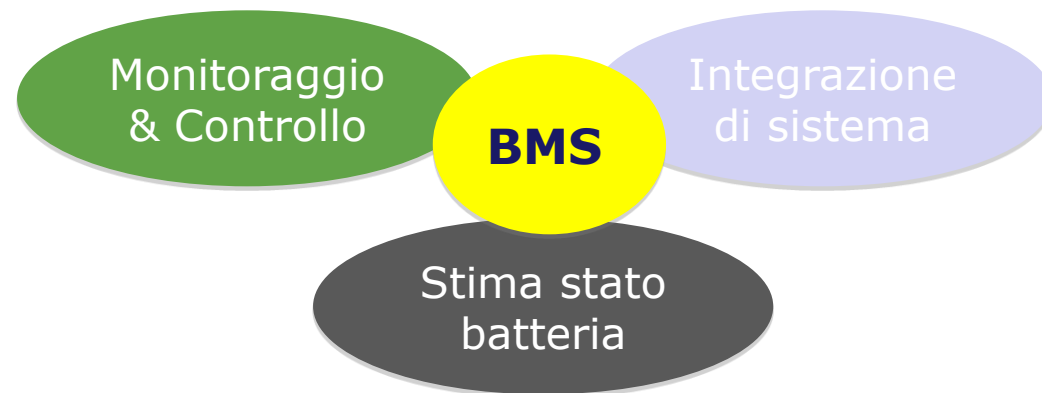
Il ruolo dei sistemi di accumulo di energia

- ❑ Adattare le richieste energetiche (consumo) alla produzione (generazione)
- ❑ L'idea non è nuova ma mutuata dall'accumulo di risorse idriche (cisternoni)
- ❑ Il sistema di accumulo come «**fisarmonica energetica**» che si contrae o si espande a seconda del bisogno
- ❑ L'accumulo elettrochimico (batterie) è attualmente il più performante come rendimento energetico
- ❑ Nuove chimiche per batterie e nuovi sistemi di controllo



Le batterie di ultima generazione

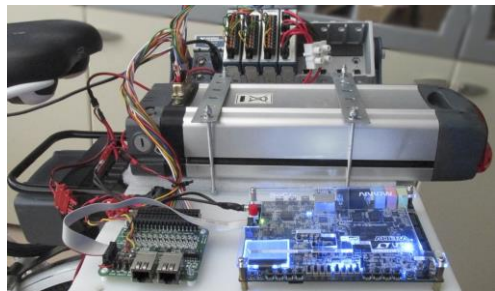
- ❑ Chimiche principali: litio e affini
- ❑ Densità di potenza ed energia molto alte
- ❑ Estremamente delicate e potenzialmente pericolose
- ❑ Necessitano di sistemi elettronici di monitoraggio e controllo molto avanzati: Battery Management Systems (BMS)



I Battery Management Systems (BMS)

- ❑ Fondamentali per la sicurezza della batteria
- ❑ Sono necessarie funzioni avanzate di gestione
 - ❑ Bilanciamento delle celle
 - ❑ Stima dello stato di carica
 - ❑ Stima dello stato di salute (invecchiamento e diagnostica)
- ❑ La batteria non è più un solo serbatoio passivo di energia ma un elemento **attivo** del sistema energetico (smart battery)
- ❑ La batteria dovrà comunicare col sistema energetico tramite l'elettronica di BMS per la gestione ottima dell'energia

Realizzazioni di BMS al laboratorio SEMES



E -bike

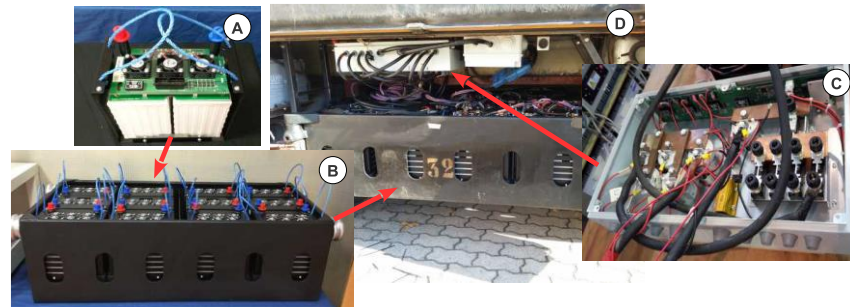


Regione Toscana

Minibus



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE



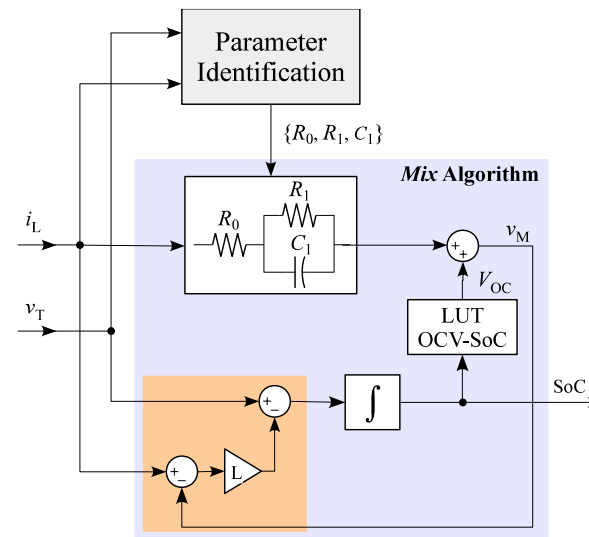
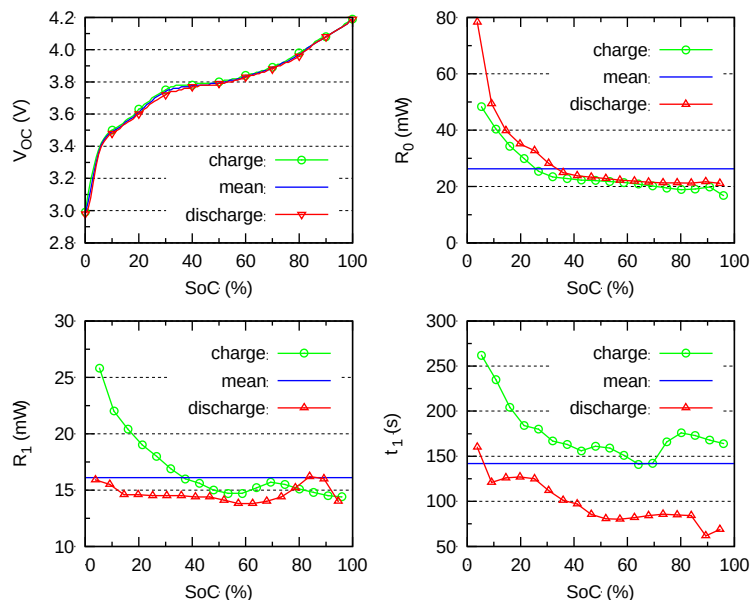
Electric
van

Strumenti di
gardening



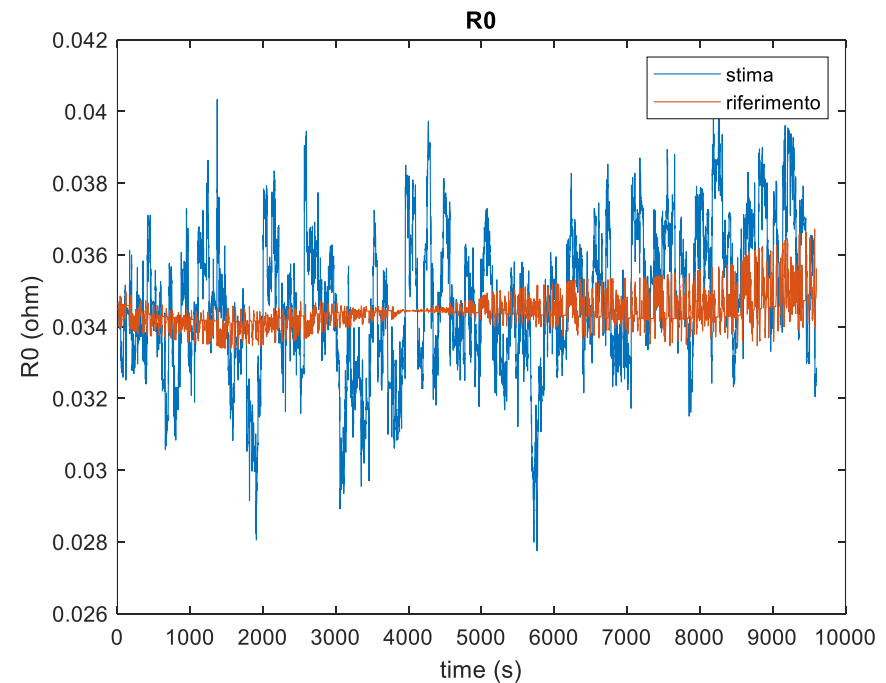
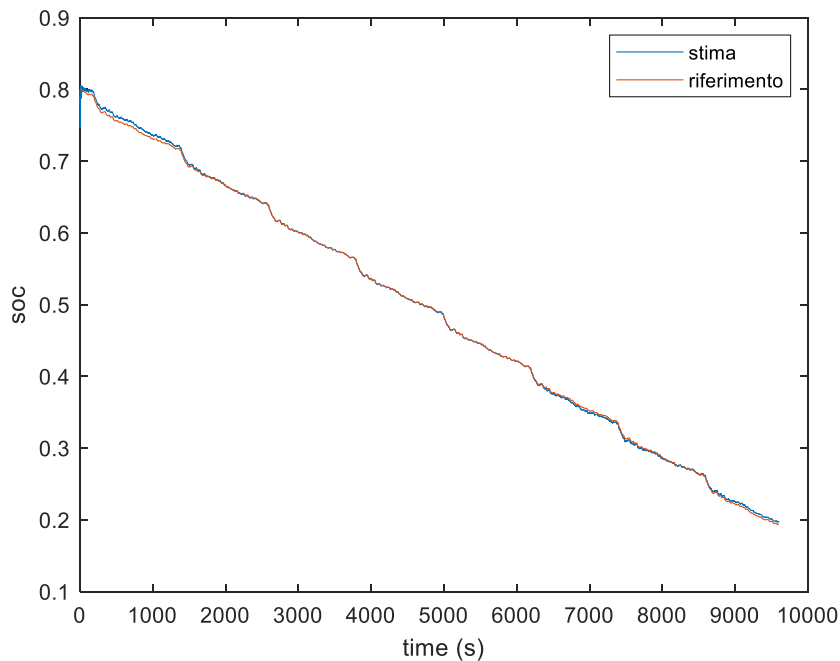
Funzioni innovative del BMS

- Stima dei parametri interni di batteria
 - Stato di carica, Stato di salute, Stato di potenza, Vita utile residua
- Algoritmi sofisticati di stima basati su modelli
 - Minimi quadrati a finestra mobile (MWLS)
 - Filtri di Kalman (EKF, DEKF, UKF, etc.)
 - Reti neurali artificiali
- Piattaforme elettroniche adatte all'applicazione



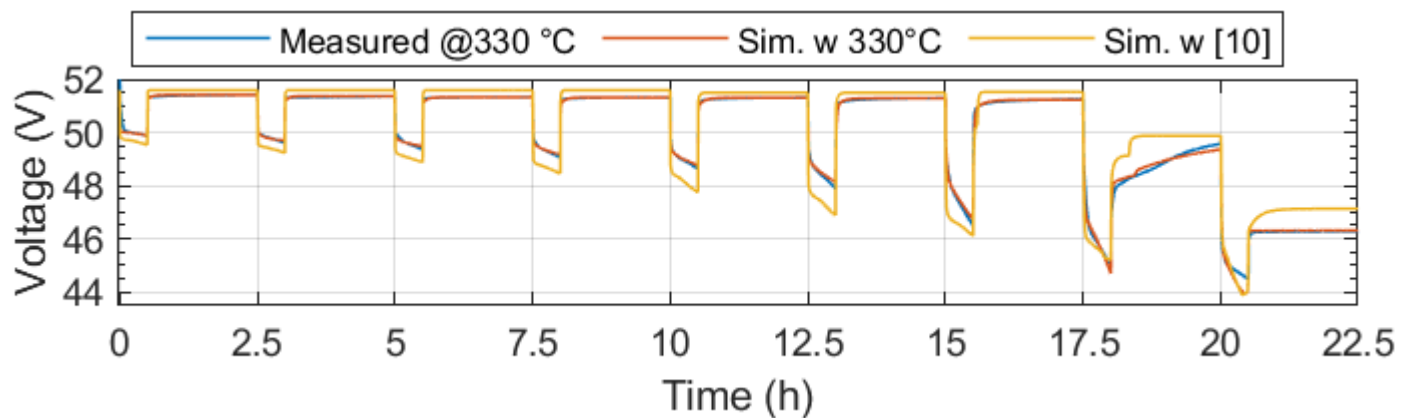
Validazione algoritmi di stima

- Esempio di stima basata su filtro di Kalman Unscented di batteria al litio-ferro-fosfato LiFePO_4
- Ottima stima e tracking dello Stato di Carica (SoC) e della resistenza interna



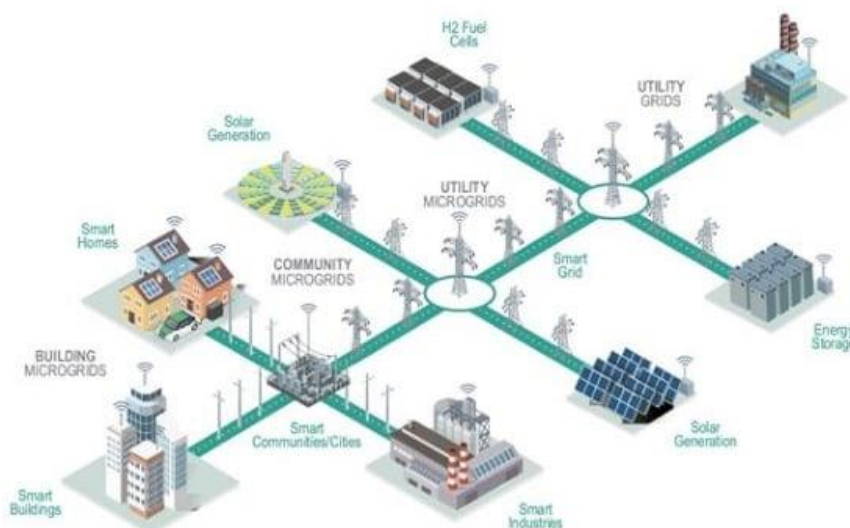
Modellazione batterie al sodio-nickel

- ❑ Batterie con chimica Sodium-Nickel-Chloride (cd. sale caldo)
- ❑ Lavorano con temperatura interna di 250-350 °C
- ❑ Batterie sicure e non soggette a incidenti
- ❑ Modellazione difficile causa interazione tra le due chimiche del sodio e del nickel



Integrazione della batteria/e nel sistema

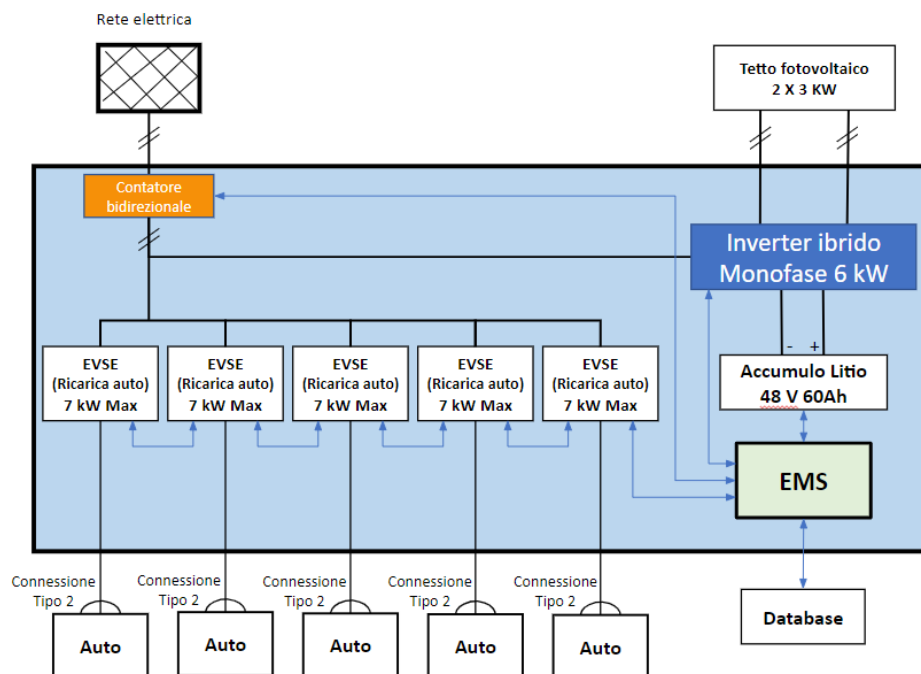
- ❑ La batteria convive nel sistema energetico con:
 - ❑ Rete di distribuzione
 - ❑ Sorgenti rinnovabili (fotovoltaico, eolico, etc.)
 - ❑ Carichi utili (utenze tradizionali, colonnine ricarica veicoli, etc.)
- ❑ La sfida è utilizzare in modo ottimo la batteria



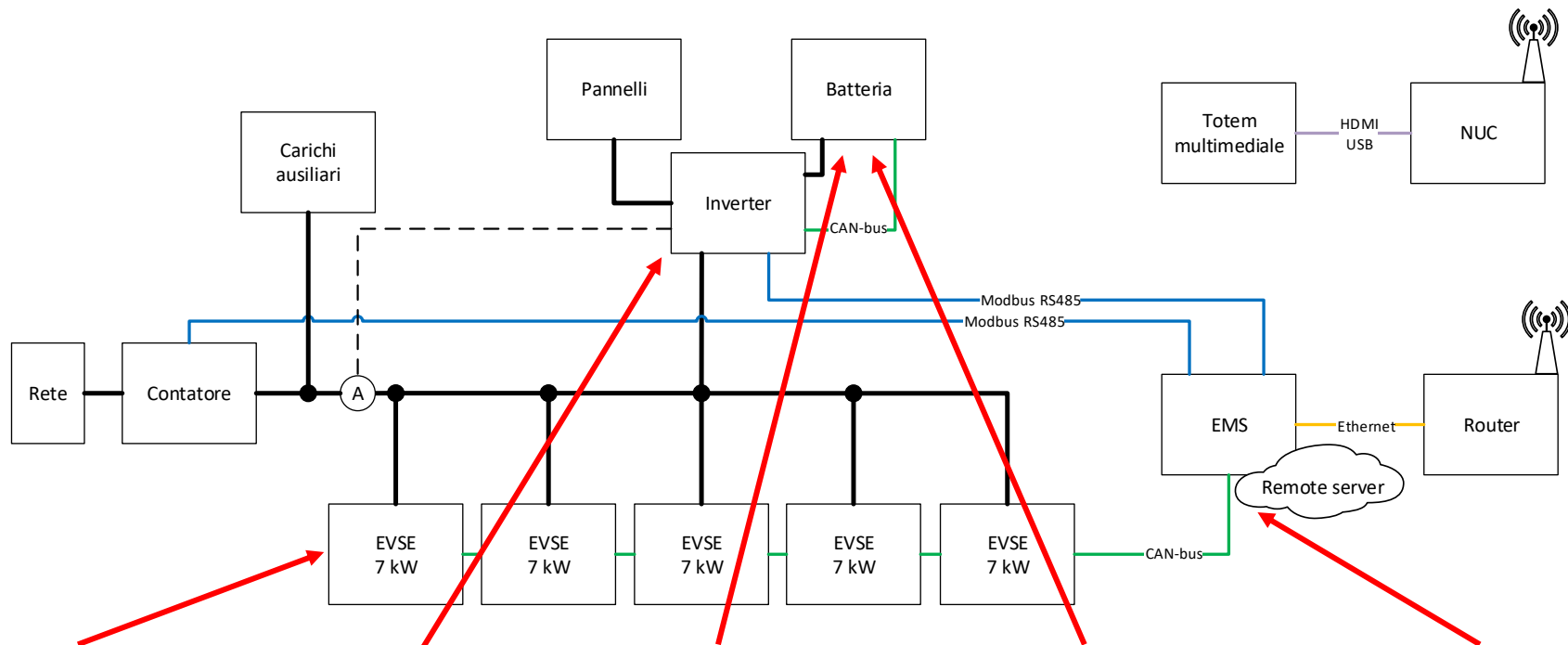
- ❑ Microgrid autonoma costituita da
 - ❑ Generazione di energia
 - ❑ Pannelli solari
 - ❑ Accumulo di energia
 - ❑ Batterie con chimiche e caratteristiche diverse
 - ❑ Utilizzazione dell'energia
 - ❑ Autoconsumi del laboratorio
 - ❑ Stazioni di ricarica veicoli elettrici
 - ❑ Prese ricarica micromobilità elettrica
 - ❑ E-bike
 - ❑ Monopattini, etc.
- ❑ Consentirà la sperimentazione per
 - ❑ Valutazione migliore architettura della microgrid
 - ❑ Validazione politiche ottimali di scambio energetico tra le varie fonti

Architettura dimostratore

- ❑ Pannelli fotovoltaici da 6 kW
- ❑ 5 colonnine di ricarica monofase max. 7 kW
- ❑ Inverter ibrido da 6 kW
- ❑ Manager energetico (EMS)
- ❑ 3 batterie diverse: 2 al litio, 1 al sale (sodio-nickel)



Architettura dettagliata



Colonnina
ricarica

Inverter

Batteria litio
custom UNIPI

Batteria calda
sodio-nickel

Energy
manager



Opportunità offerte dal dimostratore

- ❑ Piattaforma reale di sperimentazione
- ❑ Uso di batterie con prestazioni diverse equipaggiate con BMS innovativi
- ❑ Il manager di energia avrà informazioni dettagliatissime e accurate dello stato delle batterie
- ❑ Sviluppo di algoritmi per l'ottimizzazione dei flussi di energia in funzione di:
 - ❑ Quantità e predizione della produzione fotovoltaica
 - ❑ Stato attuale dell'accumulo energetico
 - ❑ Eventuale profilo tariffario di scambio energetico con la rete
 - ❑ Presenza, tipo di carichi ed eventuale schedulazione nel tempo del servizio

Situazione attuale dimostratore

- ❑ Completata acquisizione e collaudo colonnine ricarica, inverter e batterie
- ❑ In attesa di fornitura pannelli fotovoltaici
- ❑ Ritardo di fornitura dovuto a:
 - ❑ Aumento costi dovuto a incremento di richieste indotte dal bonus edilizio 110%
 - ❑ Complessità delle pratiche di acquisto che scoraggiano i fornitori più orientati al mercato privato che pubblico
- ❑ Funzioni di base della microgriglia sperimentate su un sistema fotovoltaico esterno che ci ha ospitato (Progetto SUMA)

Conclusioni e riconoscimenti

- ❑ L'uso di batterie intelligenti e connesse è fondamentale per il pieno sviluppo delle comunità energetiche
- ❑ Il progetto AUTENS ha consentito di sviluppare batterie con BMS innovativi che consentono la gestione intelligente dell'accumulo di energia
- ❑ Le nuove «smart batteries» sono applicate in pratica nella microgrid per la sperimentazione
- ❑ Riconoscimenti allo staff del SEMES Lab
 - ❑ Prof. Roberto Roncella, Prof. Federico Baronti. Ing. Roberto Di Rienzo
 - ❑ Daniele Bellucci, Andrea Carloni, Luca Hattouti, Niccolò Nicodemo, Gianluca Simonte, Alessandro Verani