

La rivoluzione di ATM: una flotta a emissioni zero

Manzulli F. — Parisi M.



ATM

AGENDA

Il rinnovo della flotta

I nuovi autobus elettrici

L'infrastruttura di ricarica e i depositi

Le strategie di esercizio

Il monitoraggio

I prossimi passi



**Nuova
flotta
bus
elettrici**



**Ricarica
nei depositi**



**Ricarica
ai capolinea**



**Sala
operativa**

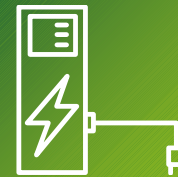
Piano Full Electric 2030: obiettivi e interventi



**Nuova flotta
+1.200
autobus elettrici**



**3 nuovi depositi
e
rinnovo di quelli
esistenti**



**Completata
infrastruttura di
ricarica ai
capolinea**



**Macchine di
servizio
elettriche**

- 30 mln litri diesel per anno

- 75K ton di CO₂ per anno

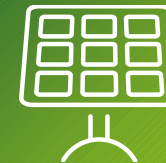
Piano Full Electric 2030: stato dell'arte



**70% km coperti
con energia
elettrica**



**100% dell'energia
acquistata è
certificata verde**



**Produzione
locale di energia
da pannelli
fotovoltaici**

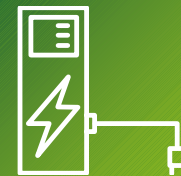
Piano Full Electric 2030: i primi passi



+140
autobus elettrici
di cui 120 in
esercizio



Rinnovamento
di 3 depositi
con
infrastruttura di
ricarica



Implementata
infrastruttura di
ricarica ai
capolinea

Cronostoria

Rinnovo deposito di San Donato: infrastruttura

2017-2018

Arrivo dei primi autobus elettrici

2018-2019

Espansione flotta e infrastrutture

2019-2020

Rinnovo deposito di Sarca

2020-2021

Infrastrutture di ricarica in linea e rinnovo deposito Giambellino

2021



Il deposito di San Donato

Il primo deposito rinnovato è San Donato.

- Costruito nel 2010
- Con produzione in loco di **energia rinnovabile**
 - > impianto fotovoltaico
- **Postazioni dedicate** per ogni vettura
- Con una sottostazione della metropolitana
 - > potenza massima oggi disponibile 6 MW (futuro 12 MW)





I primi mezzi

I primi bus elettrici sono stati introdotti nel deposito di San Donato.

Veicoli caratterizzati da

- **N. 25 bus (12 metri) AC**
- **Zero emissioni**
- **Ridotto inquinamento acustico**
- **Comfort di guida e di viaggio aumentati**
- **Alimentazione a batterie con tecnologia al litio-ferro-fosfato (i primi 10 veicoli forniti) e al litio-NMC (Nichel-Manganese-Cobalto, tutti gli altri successivi), per una **capacità complessiva di circa 250 kWh, con ricarica AC.****
- **Plug in**

Le prime infrastrutture di ricarica

Il deposito di San Donato è il primo dotato di infrastruttura di **ricarica lenta 'plug-in'**.



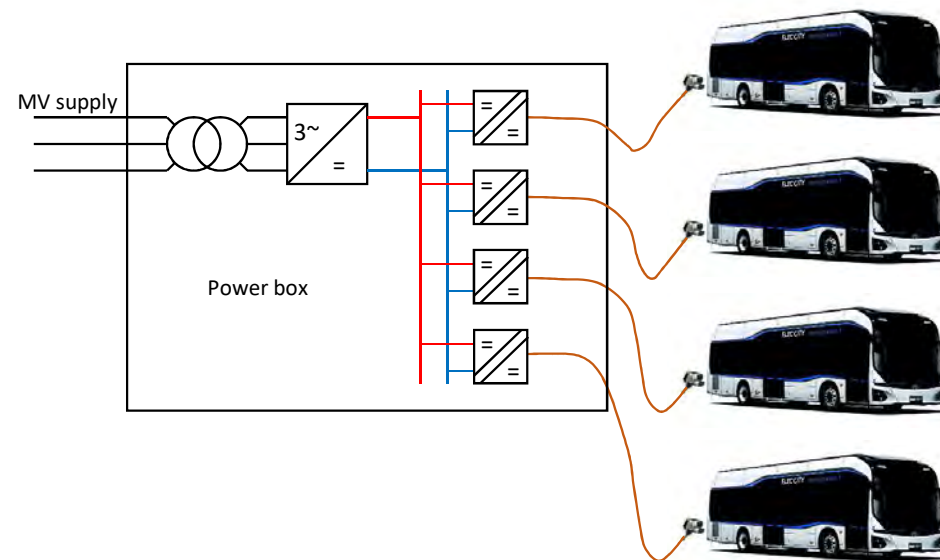
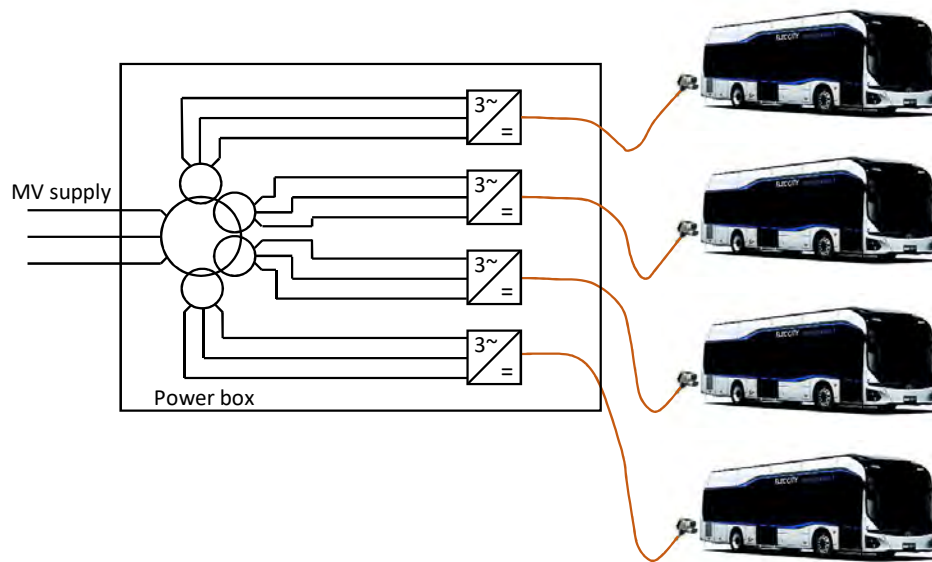
Diverse tipologie di stazioni di ricarica:

- prime 25 colonnine con alimentazione in **AC**
- nuove 40 stazioni di ricarica in **DC**
- **potenza erogabile tra 60 e 120 kW.**

La ricarica in corrente continua

L'isolamento galvanico tra l'alimentazione in corrente alternata (AC) e l'uscita in corrente continua (DC) e la messa a terra (PE), per poter monitorare una perdita di isolamento, può essere ottenuta in due modi:

- Alimentazione di ogni convertitore AC/DC tramite relativo secondario dedicato del trasformatore MT/BT (trasformatori multiavvolgimento). Ciascun avvolgimento secondario deve essere isolato da terra.
- Conversione AC/DC centralizzata e utilizzo di convertitori DC/DC con trasformatore di sicurezza a media/alta frequenza per ogni singola infrastruttura di ricarica.



Differenze di esercizio

Criticità:

- Autonomia limitata
- Tempi di ricarica superiori ai tempi di rifornimento
- Consumi variabili:
 - condizioni esterne
 - stile di guida del conducente
- Scarsa conoscenza del sistema



Differenze di esercizio

Azioni:

- Adeguamento tabelle di esercizio:
 - > rientro in deposito nelle ore di morbida per le vetture che effettuano prima e terza uscita
 - > ricarica lenta nelle ore notturne per tutti i mezzi
- Monitoraggio dello stato di carica e consumi
- Formazione dei conducenti: per stile di guida ottimizzato
- Formazione degli operai



Nuove sfide

Spazio per la rimessa dei mezzi

➤ Ogni autobus elettrico necessita di una colonnina per la ricarica lenta in deposito.

- Necessità di allargare le postazioni per lasciare spazio all'infrastruttura di ricarica
- Ogni nuovo e-bus è pari a **1,5 volte** un veicolo tradizionale per occupazione di spazio



Necessità di **costruire nuovi depositi**



Il deposito di Sarca



Dopo il rinnovo di San Donato inizia quello per il deposito di Sarca.

- Diversa disposizione delle vetture
- Predisposto per ricarica mista
- Installazione di 3 shelter per fornire energia per la ricarica direttamente in deposito
 - > potenza installata: 3 MW ciascuno

Per alimentare un totale di

- > 75 colonnine per ricarica lenta plug-in
- > 2 opportunity-charger

La flotta si espande

A seguito dei primi veicoli, si ha l'introduzione di nuovi mezzi con caratteristiche tecniche variate, che prevedono due tipi di ricarica: plug in e opp. charge

I principali cambiamenti riguardano:

- Capacità delle batterie: **da 216 a 316 kWh**
- Abilitazione a sistema di **ricarica rapida** con connessione al sistema di alimentazione a pantografi 'top-down'

Oltre a San Donato, anche il deposito di Sarca inizia ad ospitare i nuovi mezzi, con un sistema di ricarica mista: lenta e rapida.



Infrastruttura di ricarica lenta

Nel deposito di Sarca è presente un unico tipo di infrastruttura di ricarica lenta:
in DC a 100 kW

Attualmente nei depositi sono presenti:

- 67 colonnine di ricarica nel deposito di **San Donato**
- 75 colonnine di ricarica nel deposito di **Sarca**

Sono inoltre in corso di installazione ulteriori 25 colonnine di ricarica nel deposito di **Giambellino**.

In totale le colonnine installate arriveranno a 167.



Infrastruttura di ricarica rapida

L'infrastruttura di ricarica rapida è caratterizzata da opportunity charger con:

- Tecnologia con **pantografo 'top-down'**
 - **200 kW** di potenza erogabile
-
- Tempi brevi
 - Nessun intervento di operatore per la connessione



La tecnologia 'top-down' permette:

- **numero ridotto di pantografi rispetto al numero di veicoli** da ricaricare (per i primi 250 bus vengono considerati 36 OC)
- Un **peso ridotto** a bordo del mezzo
 - ↑ capacità del veicolo
- l'ottimizzazione del **programma di esercizio**

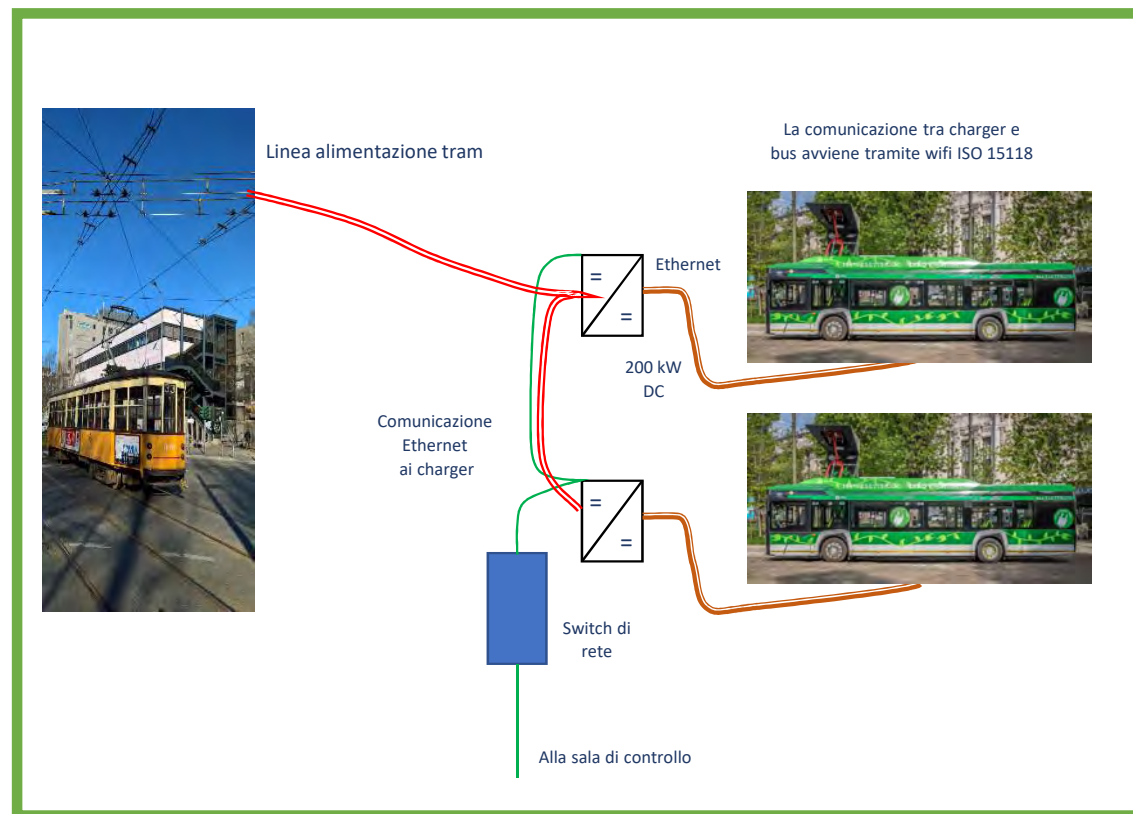
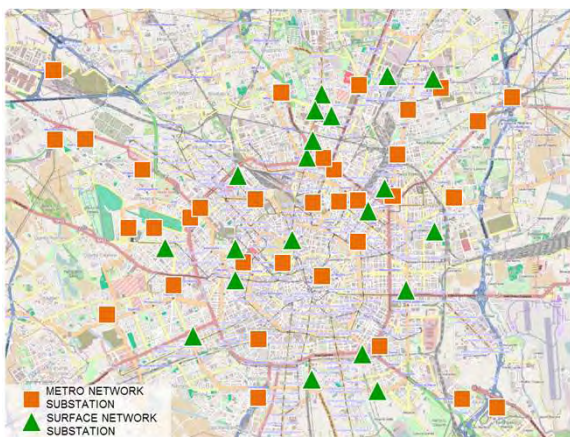
Infrastruttura di ricarica rapida

La scelta della posizione degli OC: punti dove è possibile la connessione diretta all'alimentazione di tram e filobus.

Gli OC sono presenti **in deposito e in linea**:

- In deposito: **2** a Sarca
- In linea: **2** in Piazza 4 Novembre, **6** in Viale Zara
- Entro fine anno: operativi **2** in Piazza Bottini e **+2** in Piazza 4 Novembre.

Per un totale di 14 opportunity charger installati in città.





Ciclo di ricarica: solo slow charge

Ricarica lenta: 60-120 kW – sia AC che DC

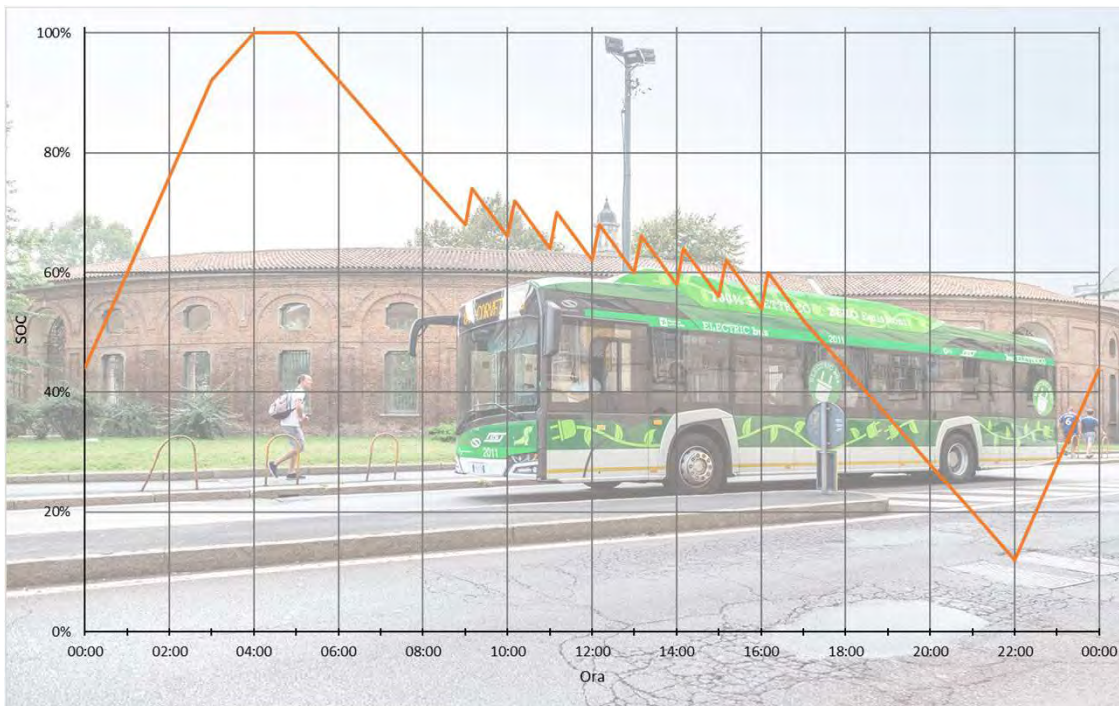
- Inizio servizio: **100% di carica della batteria**
- Rientro in deposito dopo l'orario di punta per ricarica lenta intermedia (**plug-in**) con sostituzione vettura in caso di necessità
- Ritorno in deposito: ricarica lenta overnight (**plug-in**)

Tempi di ricarica

Slow charging: 1h = 25-35% di carica



Ciclo di ricarica opp-charge



Ricarica rapida: 200 kW di potenza – DC

- Inizio servizio: **100% di carica della batteria**
- Servizio mattutino/pomeridiano nelle ore di punta: senza soste per la ricarica al capolinea
- Servizio ore di morbida: ricarica ai capolinea (**opp-charge**)
- Ritorno in deposito: ricarica lenta overnight (**plug-in**)

Tempi di ricarica

Fast charging: 5-8 minuti = 8-10% di carica

Slow charging: 1h = 25-35% di carica

Differenze di esercizio

Differenze rispetto ai primi veicoli:

- Autonomia aumentata
- Tempi di ricarica ridotti

Strategie:

- Infrastrutture per la ricarica rapida
- Adeguamento tabelle di esercizio e aggiunta tempi per la ricarica:
 - inserite pause ai capolinea nelle ore di morbida
 - ricarica lenta nelle ore notturne per tutti i mezzi
- Continua formazione del personale viaggiante e operaio



Il monitoraggio

Avviene nella sala operativa di superficie.

L'introduzione di questi veicoli ha portato diverse novità necessarie per la buona riuscita del servizio.

In particolare la disponibilità in tempo reale dei seguenti fattori:

- Lo **stato di carica** delle batterie durante l'esercizio
- L'**andamento dei sistemi di ricarica**
- Andamento dei **consumi**



Ad oggi sono 10 le linee servite da autobus elettrici divise tra i depositi di Sarca e San Donato.

Alcune di queste vengono gestite con la sola ricarica lenta, mentre altre con ricarica mista lenta e rapida.

Le linee con ricarica mista



Deposito Sarca



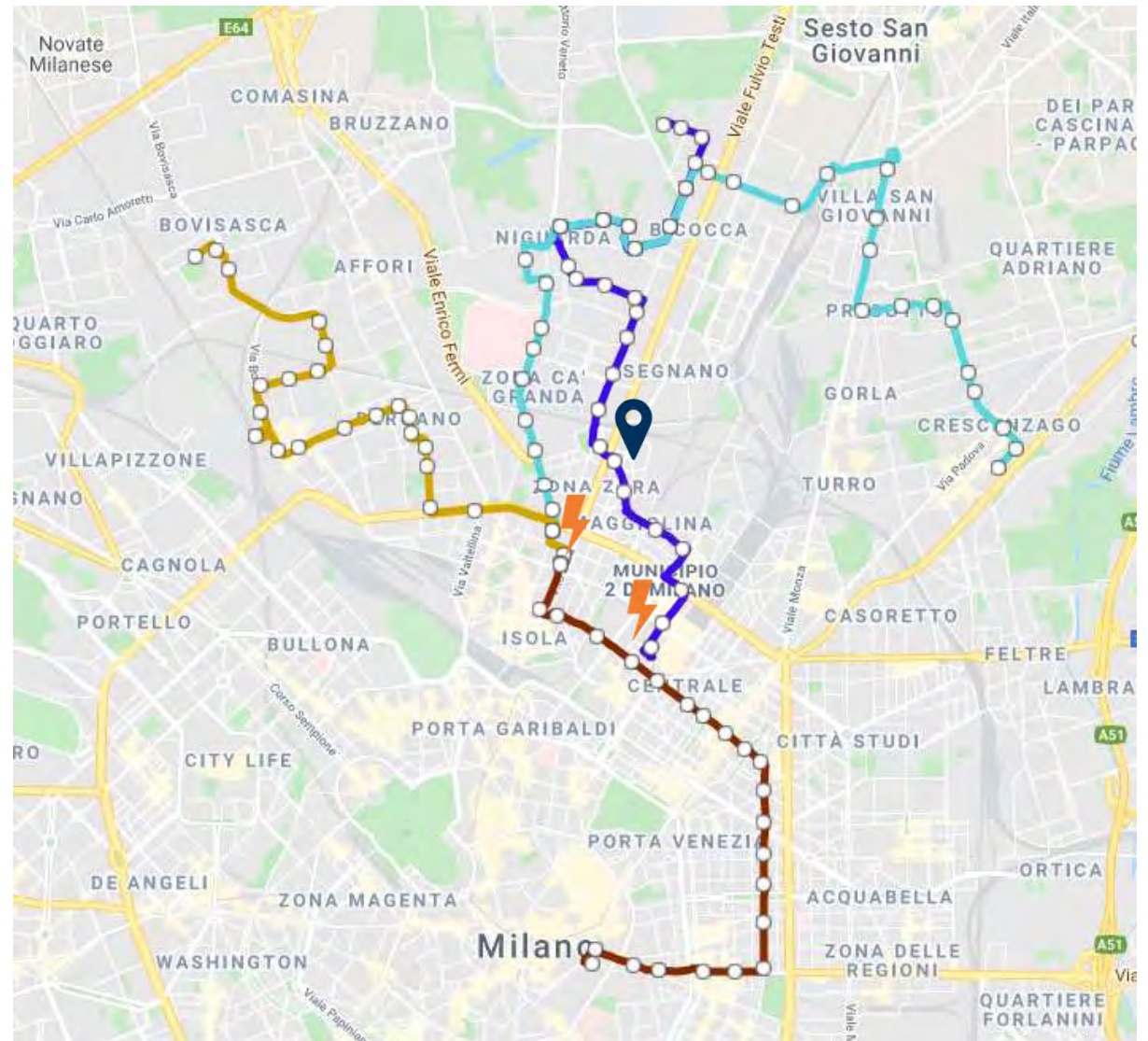
Opportunity charger

42

51

60

82



Le linee con sola ricarica in deposito



Deposito Sarca

86

81

88

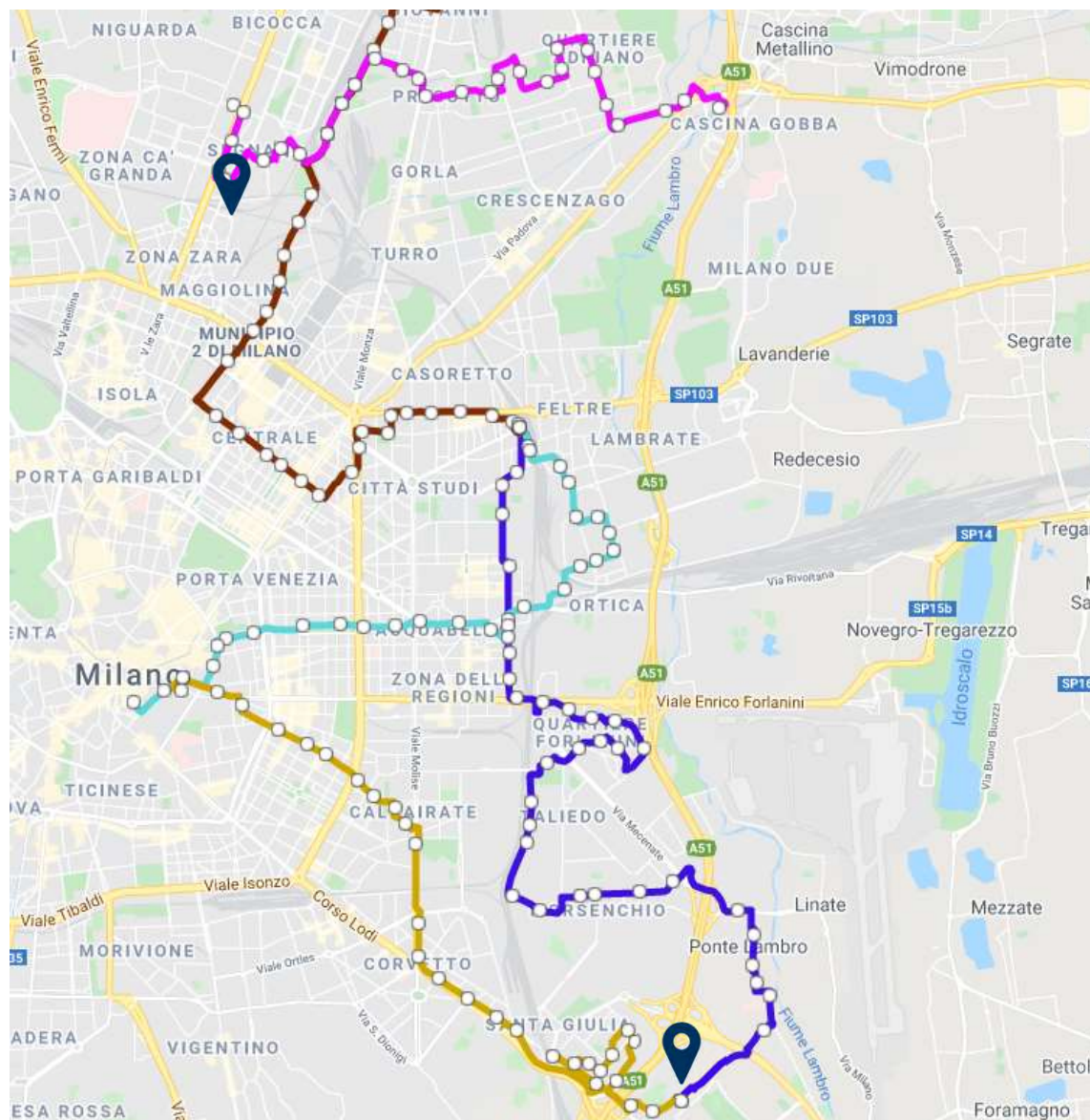
84

54

45



Deposito San Donato



Prossimi passi del Piano Full Electric

Lo **storage di energia** permette di **incrementare l'efficienza** della rete, tramite:

- accumulo di **energia rinnovabile**
- accumulo **energia** nei momenti di **minor costo**
- **Abbattimento dei picchi di domanda:**
 - ↓ stress sulla rete
 - ↓ costi di potenza legati ai picchi della richiesta.

Nel prossimo futuro:

- Implementazione della bidirezionalità per immagazzinare e scambiare energia per stabilizzare il sistema (V2G – Vehicle to Grid)
- Utilizzo delle batterie di trazione esauste per uso stazionario



+1.200 e-bus

=

+300,000 kWh di energia per il sistema in caso di necessità

Il caso San Donato

Un primo esempio di applicazione di questi prossimi step è il deposito di San Donato, grazie alla presenza di:

- Un **impianto fotovoltaico** permette la produzione locale di energia rinnovabile
 - potenza installata: 417 kW
- Un **sistema di storage** per l'energia (**BESS**) abbinato ad alcune stazioni di ricarica.

La **produzione da fonti rinnovabili** è inevitabilmente caratterizzata da **picchi di potenza**, che grazie al sistema BESS può essere **immagazzinata per poi essere utilizzata nei momenti di maggior richiesta** da parte del sistema di ricarica dei mezzi.

Il sistema di storage può anche essere utilizzato per immagazzinare energia durante i momenti di minor costo in modo da **limitare sia i picchi che i costi** della richiesta per le ricariche.



Energy Storage



Vehicle to grid
(V2G)

Nuovi depositi

Lo sviluppo del Piano Full Electric prevede l'inserimento di **3 nuovi depositi** completamente dedicati.

Concept innovativo

Impatto ambientale minimizzato

Consumo energetico ridotto

Progettazione con il Politecnico di Milano



Nuovi depositi: viale Toscana

La prima nuova rimessa sarà realizzata
in **viale Toscana**.

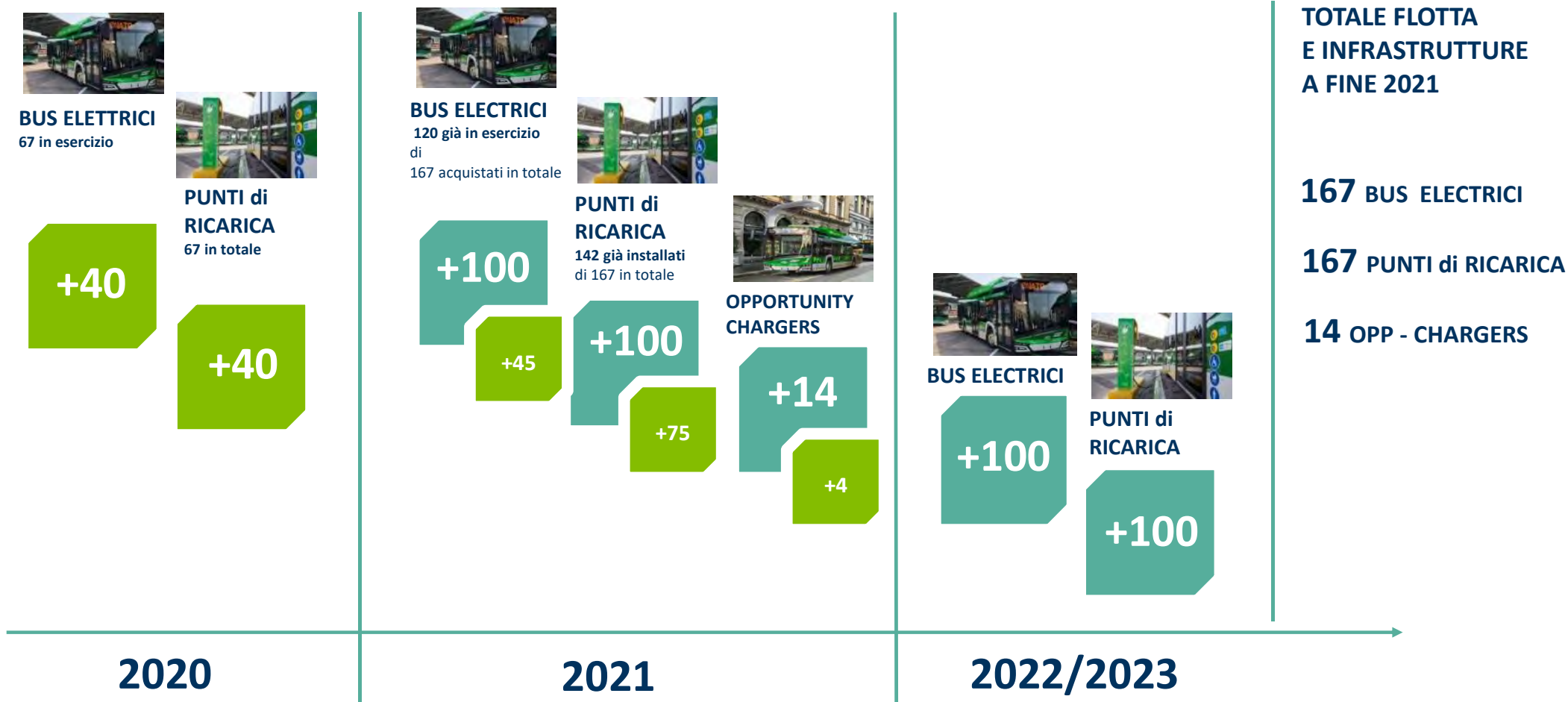
Sarà completamente sotterranea.



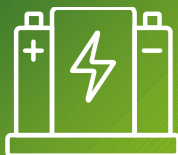
- Piani interrati per **manutenzione e movimentazione** di bus e filobus
- In superficie realizzata una grande area verde e edifici per ospitare uffici e spazi di aggregazione



Sviluppi del progetto



Next steps



**Energy Storage
Second life battery**



**Vehicle to grid
(V2G)**



**1,200 bus elettrici potranno
supportare la rete con
300,000 kWh in caso di
necessità**

Il sistema di ricarica sincronizzato ESM



Il sistema ABB è costituito da una Cabina MT/bt che alimenta in corrente alternata 15 colonnine doppie contenenti un sistema di conversione ca/cc.

La colonnina è di tipo CCS – COMBO 2 ed è in grado di erogare una potenza massima di 120kW, su una presa per volta, o 60kW su due prese in contemporanea.

Il sistema è integrato dal BESS (Battery Energy Storage System) che contiene batterie di capacità pari a 324kWh.

Vantaggi:

- Appiattire i picchi di domanda (Peak shaving), riducendo così lo stress sulla rete ed il costo dell'energia;
- Ricaricare ad isola;
- Conservare l'energia di generazione rinnovabile;
- Prossimo futuro: bidirezionalità per restituire energia alla rete (V2G) e Second Life battery.

La rivoluzione di ATM: una flotta a emissioni zero

Manzulli F. – Parisi M.



ATM