

LA DIFFUSIONE DEGLI E-BUS NEL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE NON DIPENDE SOLO DALL'ACQUISTO DEI MEZZI, MA DALL'INTEGRAZIONE CON INFRASTRUTTURE DI RICARICA EFFICIENTI E SISTEMI DI GESTIONE INTELLIGENTE DELL'ENERGIA. DALLE DIVERSE BEST PRACTICE GIÀ OPERATIVE PRESSO ALCUNI DEI PRINCIPALI COMUNI DEL NOSTRO PAESE EMERGONO MODELLI OPERATIVI CHE COMBINANO PIANIFICAZIONE DEI DEPOSITI, ACCUMULO ENERGETICO E RICARICA FLESSIBILE. QUESTI ESEMPI DEMONSTRANO COME LA PROGETTAZIONE INTEGRATA SIA FONDAMENTALE PER GARANTIRE CONTINUITÀ DEL SERVIZIO OLTRE A MASSIMIZZARE I BENEFICI ECONOMICI E AMBIENTALI



Autobus elettrici: l'infrastruttura di ricarica è la chiave per una transizione sostenibile

L'elettrificazione delle flotte di autobus urbani rappresenta oggi una delle leve più strategiche per le amministrazioni e gli operatori di trasporto pubblico locale che mirano a ridurre emissioni, migliorare la qualità dell'aria urbana e ottimizzare i costi operativi a lungo termine. Tuttavia, l'adozione diffusa degli autobus elettrici non può prescindere da una infrastrutturazione adeguata e progettata su misura: percorrenze quotidiane relativamente elevate, elevato utilizzo in fascia mattina/pomeriggio, pause, depositi per la ricarica, vincoli di rete elettrica in termini di potenza e spazio per gli stalli sono tutte variabili di cui tenere conto. Nel contesto italiano e europeo infatti diversi studi identificano la ricarica come il principale ostacolo tecnico-economico per la diffusione degli e-bus: più dell'investimento sul veicolo stesso, la complessità sta nel dimensionamento della rete elettrica, nella programma-

zione della ricarica e nel coordinamento con la rete di distribuzione. Per realizzare un'infrastruttura di ricarica funzionale e proporzionata al fabbisogno della flotta ci sono dunque alcune direttive: scelta della tipologia di ricarica (notturna, opportunistica, pantografo), dimensionamento della potenza e capacità, integrazione con gestione intelligente dell'energia (software, accumulo, fonti rinnovabili), organizzazione del deposito e della rete elettrica, e una pianificazione che consideri l'intera operatività del parco mezzi. In assenza di queste condizioni, gli autobus elettrici rischiano di trovarsi vincolati da stazioni di ricarica insufficienti o costi operativi superiori al previsto, compromettendo i vantaggi - sia ambientali, sia economici - che sono alla base della scelta del veicolo a zero emissioni. Alla luce di questi elementi, risulta evidente che disporre di colonnine di ricarica non sia sufficiente: è necessario progettare, fin dalla fase iniziale, un sistema integrato che metta in relazione dimensionamento degli

spazi, potenza elettrica disponibile, orari di utilizzo, gestione intelligente e sostenibilità energetica. In termini pratici, ciò significa che l'infrastruttura di ricarica deve essere pensata come "cuore" dell'operazione TPL elettrico, non come semplice accessorio: il carico elettrico, il software di gestione, la logica del deposito, l'interfaccia con la rete, e i servizi di monitoraggio devono essere integrati fin dal principio. Quando si parla di infrastrutture di ricarica per autobus elettrici, emergono alcune soluzioni che - sulla base dell'esperienza operativa e delle analisi tecniche - si rivelano preferibili per il TPL. In primo luogo la scelta fra ricarica notturna, ricarica "opportunistica" durante le pause di servizio e ricarica in corsa (ad esempio con pantografi). I depositi dove gli autobus stazionano per la notte offrono una eccellente opportunità per carichi elevati e programming controllato: in questo caso una ricarica notturna al deposito riduce al minimo l'impatto sulla rete nelle fasce orarie di punta, consente



© Chat Cef



NELLA FOTO SOTTO I BUS ELETTRICI IN FUNZIONE A BARI, DOVE IL COMUNE HA STANZIATO 5,8 MILIONI DI EURO PER L'ELETTRIFICAZIONE DEL TPL

INQUADRA IL QR CODE
PER SCARICARE IL
POSITION PAPER DI E-GAP
SULL'ELETTRIFICAZIONE
DEL TPL



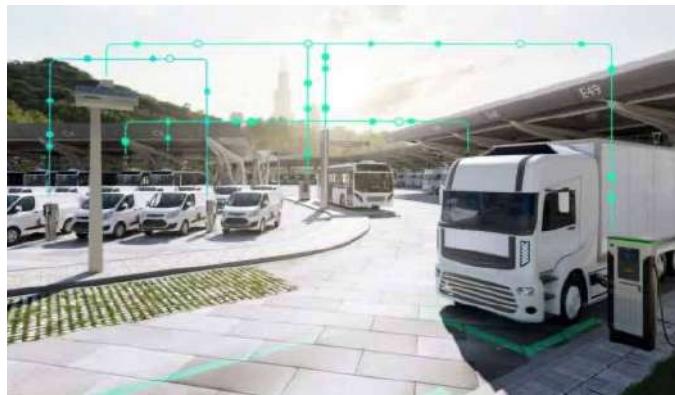
l'utilizzo di colonnine plug-in o punti DC di potenza moderata e rende molto prevedibile il ciclo di rifornimento. Le soluzioni notturne sono spesso meno costose da realizzare poiché la potenza richiesta può essere distribuita nel tempo. Tuttavia, la sola ricarica notturna non sempre è sufficiente se l'operatività dell'autobus richiede turni intensivi o percorrenze elevate: qui entrano in gioco le ricariche opportunistiche o "in deposito" durante le pause brevi e la ricarica rapida lungo il percorso. Altro elemento decisivo è l'integrazione delle fonti rinnovabili e dell'accumulo energetico. L'installazione di pannelli fotovoltaici presso i depositi e il collegamento a sistemi BESS consente di ridurre i costi energetici, ridurre l'impatto sulla rete e stabilizzare la fornitura. In uno studio recente per deposito autobus in Cina, l'integrazione di PV+BESS ha ridotto i costi totali del 37 % e le emissioni di CO₂ del 41 % in 10 anni.

Alcune best practice sul territorio italiano

Negli ultimi anni, la transizione energetica del trasporto pubblico locale in Italia ha assunto un ruolo centrale nelle strategie di sostenibilità delle amministrazioni comunali e degli operatori del settore. Sempre più spesso, la trasformazione delle flotte tradizionali in veicoli elettrici non si limita all'acquisto dei mezzi, ma si estende alla progettazione di infrastrutture di ricarica integrate e a sistemi di gestione intelligente, in grado di ottimizzare l'uso dell'energia e la disponibilità dei veicoli. Diverse esperienze sul territorio nazionale evidenziano come l'inno-

vazione tecnologica e la collaborazione tra operatori pubblici e fornitori di soluzioni avanzate stiano definendo nuovi standard per l'elettrificazione delTPL. Un esempio particolarmente virtuoso arriva dal Nord-Est, dove Ekoenergetyka ha avviato una collaborazione con APT Gorizia per costruire un modello di mobilità urbana e transfrontaliera sostenibile. La flotta di APT Gorizia, attualmente composta da sedici autobus elettrici Iveco E-Way, è supportata da venti punti di ricarica Axon Easy distribuiti tra Gorizia e Grado. A Gorizia, otto stazioni da 60 kW e due da 120 kW garantiscono una potenza complessiva di circa 600 kW, mentre a Grado due stazioni da 60 kW coprono la ricarica di quattro veicoli per un totale di circa 120 kW. La gestione intelligente dell'energia permette di pianificare le ricariche, controllare la potenza erogata e attivare funzioni di climatizzazione e riscaldamento degli autobus prima della partenza, garantendo una disponibilità elevata dei mezzi e riducendo al minimo i tempi di inattività. L'approccio adottato privilegia la ricarica notturna, ottimizzando il consumo energetico

e riducendo l'impatto sulla rete durante le ore di punta, mentre ricariche flessibili nelle pause operative assicurano continuità del servizio durante la giornata. I mezzi della flotta, lunghi tra 9,5 e 10,7 metri, sono equipaggiati con batterie da 293 kWh e garantiscono oltre 200 chilometri di autonomia reale, trasportando fino a 64 passeggeri con accessibilità garantita anche alle persone con disabilità. Secondo Roberto Bassanese, direttore di esercizio di APT Gorizia, il progetto GOI2025, con i suoi nuovi autobus elettrici, rappresenta un passo concreto verso una mobilità 100% green, migliorando collegamenti urbani, extraurbani e transfrontalieri, e integrando il servizio con infrastrutture di trasporto strategiche come l'aeroporto di Trieste. Parallelamente, E-GAP ha lanciato un progetto europeo di elettrificazione delTPL basato sul modello Fleet-as-a-Service (FaaS), che consente agli operatori di fruire di veicoli elettrici, infrastrutture di ricarica, manutenzione e gestione intelligente della flotta senza alcun investimento iniziale. Il progetto, avviato a Roma, prevede l'introduzione di oltre 250



IN ALTO LA STAZIONE REALIZZATA DA EKOENERGETYKA A GORICA. ACCANTO SULLA DESTRA I PANTOGRAFI IMPIEGATI DA KEMPOWER A BOLOGNA. SOTTO UN ESEMPIO DI INFRASTRUTTURA PROGETTATA DA SIEMENS (RENDER)

autobus elettrici, con percorrenza stimata di più di 100 milioni di chilometri e la realizzazione di oltre 100 charging point ad alta potenza alimentati al 100% da energia rinnovabile certificata. Gli operatori vincitori dell'appalto, tra cui SAP, BIS e Toscana, potranno beneficiare di sistemi di accumulo proprietari sviluppati da E-GAP, capaci di immagazzinare energia e distribuirla nei momenti di maggiore richiesta, superando eventuali colli di bottiglia della rete e garantendo continuità e flessibilità nella gestione della flotta. L'investimento complessivo per il progetto ammonta a 100 milioni di euro, sostenuto dalla componente equity del fondo Green Arrow Infrastructure of the Future Fund (GAIF) e da un pool di banche internazionali, con copertura garantita da SACE. La componente tecnica del progetto coinvolge King Long per la fornitura dei veicoli elettrici, TSG e Kempower per le infrastrutture di ricarica, DBA per la progettazione dei depositi e Thetis IT per i sistemi di monitoraggio e gestione della flotta. Anche il Comune di Bari sta investendo in maniera significativa nell'elettrificazione delTPL. La giunta comunale ha approvato un progetto di fattibilità tecnico-economica da 5,8 milioni di euro per la realizzazione di un hub in grado di ospitare contemporaneamente la ricarica di 60 autobus elettrici, nell'ambito di un finanziamento complessivo di 95 milioni di euro per l'acquisto di 135 nuovi veicoli a emissioni zero. L'area di parcheggio Amtab, situata nella zona industriale della città, sarà attrezzata con un impianto elettrico dedicato, recinzioni, accessi e pavimentazione bituminosa, oltre a un impianto fotovoltaico "grid-off" costituito da

circa 760 moduli solari. La nuova infrastruttura consentirà la ricarica efficiente dei mezzi durante tutta la giornata, garantendo la copertura energetica anche in condizioni meteorologiche variabili, e permetterà di evitare spostamenti a vuoto dei bus tra deposito e servizio urbano. Infine, l'esperienza di ATB Mobilità a Bergamo mostra come innovazione tecnologica e ottimizzazione degli spazi possano andare di pari passo. In collaborazione con TPer e Siemens E-Mobility, l'azienda ha installato dieci punti di ricarica presso il deposito di via Monte Gleno, utilizzando colonnine completamente sollevate da terra e controllabili tramite radio comando. Questa configurazione ha permesso di azzerare gli intralci alla mobilità dei mezzi all'interno del deposito, mantenendo le aree di transito libere e sicure senza interventi strutturali invasivi. Queste esperienze, sebbene diverse per scala e modello di implementazione, testimoniano come il settore del TPL italiano stia compiendo progressi concreti nella transizione verso la mobilità elettrica. La combinazione tra infrastrutture di ricarica avanzate, gestione intelligente della flotta, integrazione di energie rinnovabili e modelli finanziari innovativi consente di ridurre le emissioni, ottimizzare i costi operativi e migliorare l'efficienza dei servizi. L'Italia sta così configurando un ecosistema di riferimento per l'elettrificazione del trasporto pubblico, dove l'innovazione tecnologica si unisce a politiche pubbliche e strategie industriali per costruire città più sostenibili, sicure e accessibili.

Autobus: ecco perché l'elettrico è vantaggioso

Il trasporto pubblico locale si trova oggi in una fase cruciale di trasformazione. Dopo anni di sperimentazioni e progetti pilota, il modello dei bus elettrici ha raggiunto un livello di maturità tecnologica ed economica tale da rendere possibile una transizione strutturale e conveniente. Secondo lo studio di Motus-E "Il TCO per la logistica e il TPL", i bus elettrici da 12 metri mostrano già oggi una competitività economica rispetto ai diesel se si considera l'intero ciclo di vita, grazie alla drastica riduzione dei costi operativi e manutentivi. Il parametro chiave analizzato è il Total Cost of Ownership (TCO), che include acquisto, energia, manutenzione, assicurazione e valore residuo. Nel caso dei bus urbani, il costo iniziale d'acquisto di un mezzo elettrico (circa 390.000 euro, contro i 200.000

euro di un diesel) viene progressivamente compensato da risparmi strutturali sui costi di gestione. Un bus elettrico, infatti, richiede manutenzioni ordinarie meno frequenti (circa 10.000 euro annui contro i 16.000 del diesel) e azzera la spesa per carburanti tradizionali, sostituita da un approvvigionamento elettrico molto più stabile e prevedibile nel tempo. A parità di chilometraggio — circa 55.000 km annui per i mezzi urbani — il vantaggio economico complessivo cresce nel medio periodo. La semplicità meccanica dei motori elettrici, la minore usura dei componenti e l'assenza di costi legati a sistemi come l'AdBlue o ai filtri antiparticolato portano a una riduzione media del TCO del 10-15% dopo sei anni.

A ciò si aggiungono i benefici indiretti: minori costi assicurativi, incentivi pubblici, e soprattutto una maggiore prevedibilità nella pianificazione economica aziendale. Il vantaggio dei bus elettrici non deriva solo da considerazioni tecniche, ma anche da un quadro normativo sempre più favorevole. Il Piano Strategico Nazionale per la Mobilità Sostenibile e il PNRR destinano oltre 1,8 miliardi di euro al rinnovo delle flotte del trasporto pubblico con mezzi a zero emissioni, con un obiettivo di circa 3.000 nuovi e-bus entro il 2026. Il cofinanziamento statale può coprire fino all'80% del costo di un bus elettrico urbano, rendendo l'investimento immediatamente sostenibile per gli operatori. A livello europeo, la Direttiva Veicoli Piu (2019/1161/UE) impone che entro il 2025 almeno il 45% degli autobus acquistati tramite appalti pubblici sia a basse emissioni, metà dei quali a zero emissioni; la quota salirà al 65% nel 2030. Parallelamente, il sistema dell'Eurovignette, che dal 2026 prevede riduzioni fino al 100% dei pedaggi per i veicoli elettrici, rafforza ulteriormente la convenienza operativa di flotte completamente elettriche, anche per eventuali servizi extraurbani.

A questo proposito, il report di Motus-E sottolinea come, al netto di queste misure, il TCO dei bus elettrici sia già competitivo con quello dei diesel. Tuttavia, l'attivazione di ulteriori leve normative e fiscali — come l'introduzione dei Certificati Bianchi per i veicoli a zero emissioni, la riduzione dei costi energetici tramite estensione dello status di "azienda energivora" anche al TPL, o la cumulabilità piena degli incentivi nazionali con i fondi europei — potrebbe ridurre ulteriormente il divario iniziale di costo e

IL TPL È TRA I SEGMENTI TRAINANTI DELL'ELETTRIFICAZIONE

accelerare la transizione. In questo contesto, la formula del Fleet-as-a-Service (FaaS) proposta da operatori come E-GAP (di cui abbiamo anticipato prima), che ha già elettrificato oltre 250 autobus a Roma, rappresenta un modello di business capace di abbattere l'investimento iniziale. Gli operatori pagano un canone periodico comprensivo di veicoli, infrastrutture e manutenzione, liberandosi dagli oneri di capitale e beneficiando di economie di scala e servizi integrati. Secondo Motus-E, questo modello può ridurre il TCO degli e-bus fino a un ulteriore 10-15%, aprendo la strada a una diffusione più capillare, soprattutto nei centri urbani di medie dimensioni.

Un investimento per il futuro

L'adozione di autobus elettrici non rappresenta soltanto una scelta ambientale, ma un investimento strategico per la resilienza economica e industriale del Paese. La sostituzione dei bus diesel con e-bus comporta una riduzione diretta delle emissioni climateranti e acustiche, migliorando la qualità della vita urbana e generando esternalità positive quantificabili: minori costi sanitari, aumento del valore immobiliare, crescita dell'attrattività turistica e industriale delle città. Il report Motus-E suggerisce inoltre di creare un sistema di crediti di decarbonizzazione che certifichi le riduzioni di CO₂ ottenute dal TPL elettrico, rendendole monetizzabili nei bilanci ESG delle aziende e facilitando l'accesso a finanziamenti green o prestiti a tasso agevolato.

È un meccanismo che risponde a un trend già consolidato: secondo l'analisi MSCI citata nel documento, le aziende con migliori rating ESG ottengono un costo del debito inferiore dello 0,3%, a dimostrazione di come la sostenibilità si traduca anche in vantaggio finanziario concreto. Se nel segmento dei camion e dei veicoli commerciali leggeri il TCO elettrico necessita ancora di incentivi per raggiungere la piena parità economica, il trasporto pubblico locale si conferma il terreno più fertile per l'elettrificazione. La natura programmata delle percorrenze, la presenza di depositi centralizzati per la ricarica e la maggiore incidenza dei costi operativi rispetto a quelli di acquisto rendono il bus elettrico il mezzo ideale per una transizione strutturale. L'Italia sta già muovendo passi significativi: tra i progetti in corso, quello romano di E-GAP è oggi uno dei più grandi programmi di elettrificazione del trasporto pubblico in Europa, ma anche città come Milano, Torino e Bologna stanno ampliando rapidamente le proprie flotte a zero emissioni. Con l'orizzonte europeo che impone solo bus a zero emissioni dal 2035, la sfida non è più tecnologica ma gestionale: costruire modelli di esercizio e infrastrutture di ricarica efficienti, integrando pianificazione urbana, reti energetiche e innovazione finanziaria.

Nel lungo termine, l'elettrificazione del trasporto pubblico urbano si configura dunque come una leva economica oltre che ambientale. Il minor costo operativo, la stabilità dei prezzi dell'energia elettrica rispetto ai carburanti fossili e la possibilità di beneficiare di nuove forme di finanza sostenibile rendono il bus elettrico un asset competitivo per amministrazioni locali e operatori privati. L'esperienza europea mostra che i benefici accumulati superano ampiamente l'esborso iniziale, e che la transizione non solo è possibile, ma già in atto.

NEGLI ULTIMI DUE ANNI, IL TRASPORTO PUBBLICO LOCALE HA ASSUNTO UN RUOLO CENTRALE NELLA TRANSIZIONE VERSO LA MOBILITÀ ELETTRICA. TRA INCENTIVI, FONDI PNRR E L'INGRESSO DI NUOVI OPERATORI TECNOLOGICI, LE AZIENDE STANNO COSTRUENDO INFRASTRUTTURE DI RICARICA SEMPRE PIÙ AVANZATE ED EFFICIENTI. NE PARLIAMO CON CARLO CARNELLI, RESPONSABILE DELLA BUSINESS UNIT CHARGE DI TSG GROUP.

Come si sta evolvendo il business del trasporto pubblico locale per TSG Group?

«Possiamo dire che quest'anno il segmento del trasporto pubblico locale ha inciso molto di più rispetto all'anno precedente. Nell'esercizio fiscale 2024 la sua incidenza era stata forse del 10-15%, oggi siamo nell'ordine del 30-35%. I charging point operator hanno leggermente rallentato, mentre il TPL è cresciuto molto velocemente anche grazie alla presenza dei fondi pubblici, che continueranno a spingere l'elettrificazione del trasporto pubblico per altri due anni. È quindi lecito aspettarsi che il mercato continui a crescere e che, per quanto riguarda TSG Group in Italia, il TPL possa arrivare a rappresentare il 40% del business e-mobility».

Quali sono i progetti più significativi che avete realizzato negli ultimi mesi e a quali state lavorando?

«I primi due progetti più importanti hanno riguardato SETA, società di trasporto pubblico di Modena, Piacenza e Reggio Emilia, per la quale abbiamo realizzato due depositi: uno a Reggio Emilia e uno a Piacenza. Il primo impianto dispone di 26 punti di ricarica, il secondo 25. Gli impianti sono stati completati e collaudati a fine 2024 e inaugurati lo scorso marzo. Entrambi i depositi sono perfettamente operativi e il cliente sta già valutando una possibile integrazione con impianto fotovoltaico. Attualmente siamo impegnati in un progetto importante a Ferrara, con TPER. Qui stiamo realizzando una doppia infrastruttura: otto colonnine all'interno del deposito e due pantografi installati presso i capolinea delle linee 3 e 4 nei pressi della stazione ferroviaria. L'installazione è completata, ma, per l'impianto ai capolinea, stiamo attendendo l'allaccio alla rete. Abbiamo inoltre realizzato impianti più piccoli per alcune aziende di trasporto che hanno installato colonnine o infrastrutture temporanee in attesa di aggiudicare le gare per gli impianti definitivi finanziati dai fondi. In Sardegna, per esempio, abbiamo realizzato cinque impianti provvisori con tre colonnine ciascuno per consentire l'avvio delle prime ricariche. A Roma continuiamo a lavorare al progetto presentato da E-GAP, che ha lanciato il servizio Fleet-as-a-Service. Abbiamo realizzato il primo deposito in via Costi, già operativo dai primi di agosto, con 50 punti di ricarica e una potenza complessiva di circa 4 MW, attivi principalmente durante la notte. Oltre alla parte impiantistica, abbiamo fornito e messo in funzione una piattaforma di monitoraggio che opera su due livelli: il primo integra i software del fornitore delle colonnine e della cabina di media tensione per la gestione dei dispositivi; il secondo intercetta in tempo reale eventuali messaggi di errore, dirottandoli al nostro call-center o al sistema di ticketing per garantire interventi immediati. Dopo aver completato questo deposito, stiamo costruendo il secondo a Roma Maglianella, che prevediamo di terminare a metà novembre».

Quali altri sviluppi vedete sul territorio?

«Posso confermare che diverse municipalizzate di dimensioni più ridotte stanno elettrificando flotte di tre o quattro autobus, installando un numero proporzionato di colonnine. Sono inoltre in corso varie gare interessanti, come quella di Autolinee Tosiane, che prevede la

realizzazione di sei depositi elettrificati tra Firenze, Lucca, Prato e Pistoia, sempre all'interno del progetto E-GAP. Ci sono poi la gara di Start Romagna per il Comune di Forlì e quella di TUA per la regione Abruzzo. È una fase molto dinamica, alimentata dagli incentivi che ora devono essere concretamente utilizzati».

Dal punto di vista tecnico, quali soluzioni di ricarica si adattano meglio alle flotte di autobus?

«Le infrastrutture più efficaci per questo tipo di applicazione sono quelle che prevedono "satelliti" collegati a Power units, definita "architettura distribuita", che si contrappone alle soluzioni "all in one", ossia con i moduli di conversione AD/DC incorporati nelle colonnine di ricarica. Le power units (o cabinet di potenza) sono configurabili da 100 kW fino a 1 MW e possono essere ampliate nel tempo aggiungendo moduli di potenza fino al raggiungimento della capacità massima. La potenza viene distribuita dinamicamente tra 6 o 12 satelliti collegati. Quando tutti i connettori sono collegati ai veicoli, ognuno di essi ha a disposizione una potenza minima garantita; se alcuni connettori non sono occupati, gli altri possono accedere alla potenza residua nella power unit e, di conseguenza, ricaricare più rapidamente. Un ulteriore vantaggio dell'architettura distribuita deriva dal fatto che in caso di guasto su alcuni moduli nella Power Unit, gli altri moduli restano operativi e a disposizione di tutti i connettori, assicurando una maggiore continuità di servizio».

Ci sono problemi di compatibilità tra autobus e infrastrutture di ricarica?

«E' possibile che ci siano, in effetti. A volte le gare vengono impostate richiedendo agli offerenti sia la fornitura degli autobus che delle infrastrutture, perché le aziende del TPL ritengono in questo modo di evitare problemi di compatibilità tra veicoli e colonnine di ricarica. In realtà, dato che il protocollo di comunicazione è uno standard ufficiale, è possibile separare le gare di fornitura dei bus elettrici da quelle per le infrastrutture, con la sola accortezza di verificare che siano state fatte le prove di compatibilità tra le colonnine offerte con le infrastrutture e i bus elettrici acquistati con gara separata».

