



Mobilità sostenibile per la merce fresca in città: sperimentazione a Roma

Le aziende che giornalmente trasportano e consegnano prodotti freschi a consumatori finali o rivenditori nelle aree urbane, possono conseguire una riduzione dei costi di gestione e dell'impatto ambientale con una maggiore efficienza energetica, grazie all'utilizzo di veicoli come il prototipo allestito dall'ENEA. Nell'articolo vengono descritti i requisiti principali del veicolo e si riportano i risultati ottenuti in una campagna sperimentale durata 5 mesi. Durante la campagna il veicolo ha percorso 8.500 km e ha effettuato 85 consegne di merce fresca proveniente da tre aziende agricole romane, con destinazione bar, ristoranti o mercati rionali nel centro della Capitale

DOI 10.12910/EAI2015-057

■ A. Lioi

Introduzione

La crescita della popolazione nei centri urbani è un fenomeno globale ed apparentemente inarrestabile e con essa cresce il bisogno di una mobilità sempre maggiore; aumenta sempre di più la domanda di spostamento, sia per i cittadini che per le merci, e di conseguenza l'impatto ambientale dei trasporti sul territorio risulta sempre più pesante. In particolare il trasporto merci urbano genera fino al 20% del traffico e l'incidenza sull'ambiente è pari a circa il 20% per le emissioni di CO₂ e fino al 60% per il particolato sospeso PM₁₀ [1, 2, 3].

Attualmente la refrigerazione, necessaria in primo luogo per il trasporto di generi alimentari e prodotti ortofrutticoli, si ottiene con sistemi ad aria condizionata prodotta da compressori che 'bruciano' molta energia, fino al

15% del consumo di carburante del veicolo quando si effettuano le consegne quotidiane, voce che può essere molto pesante per le numerose piccole e medie aziende del settore. Nella distribuzione refrigerata delle merci deperibili, alle emissioni proprie del veicolo, occorre poi sommare quelle derivanti dai motori delle macchine frigorifero a bordo per la conservazione della merce a temperatura controllata; all'inquinamento atmosferico si aggiunge inoltre il rumore prodotto dal veicolo e dal compressore per il mantenimento del fresco a bordo.

Il progetto EFRUD, finanziato dal programma LIFE della UE al consorzio TRAIN, in partenariato con Roma Capitale, Metes e ITENE (Spagna), ha avuto come obiettivo la realizzazione di un sistema di trasporto innovativo adibito alla distribuzione di merce a temperatura controllata,

in grado di produrre una riduzione degli inquinanti ed una migliore efficienza energetica durante le consegne giornaliere di merci fresche nelle città (latte e suoi derivati, ortofrutta, medicine ecc.). Il consorzio TRAIN, beneficiario principale del progetto, ha assegnato all'ENEA il coordinamento generale dell'intero progetto, nonché tutta la parte tecnica relativa allo sviluppo, allestimento e assemblaggio del veicolo prototipo, il compito di seguire la campagna sperimentale, la validazione dei risultati e una prima valutazione del nuovo sistema di logistica urbana con i costi/benefici diretti ed indiretti [4].

Contact person: Antonio Lioi
antonio.lioi@enea.it

Requisiti del sistema

Il prototipo allestito per il progetto è costituito da una innovativa cella frigorifera “ad accumulo di frigoriferie”, e perciò senza la macchina frigorifera a bordo durante le operazioni di trasporto e distribuzione delle merci. Il vantaggio di tale sistema è che la “ricarica” del freddo al veicolo viene effettuata a terra, a fine lavoro o di notte prelevando energia elettrica direttamente dalla rete. La cella frigorifero, opportunamente gestita, consente l’apertura/chiusura delle porte fino a 15 volte, ideale per consegne in quantità moderata (capacità max di carico 500 kg).

La ricarica di energia per le frigoriferie necessarie per avere una temperatura controllata a bordo è variabile da 12 a 16 kWh, per refrigerare un volume di circa 12,5 m³ a seconda delle necessità e tenere la temperatura voluta all’interno della cella (tra gli 0-8 °C). La ricarica, come detto, può essere effettuata da generatori alimentati da fonti rinnovabili (Figura 1) o dalla rete elettrica nelle fasce orarie in cui l’energia costa meno.

Il principio di funzionamento si basa sulla capacità del sistema di accumulare energia termica (frigoriferie) necessaria per il funzionamento autonomo, senza apporto di energia, mediante congelamento di un liquido eutettico eseguito da una unità di ricarica esterna moto condensante a terra, che fa circolare il fluido frigorifero in una serpentina collocata alla parete di testa della cella a bordo del veicolo; la temperatura viene mantenuta costante intorno a valori ottimali median-



FIGURA 1 Ricarica del veicolo da fonti rinnovabili

te l’assorbimento progressivo del calore passante dall’esterno all’interno della cella e quello generato dalla merce. La fusione della massa termica (calore latente), preventivamente congelata, fornisce l’energia necessaria per mantenere la temperatura interna alla cella fra gli 0-8 °C per almeno 24 ore, con l’umidità relativa nel *range* ottimale per la conservazione del prodotto.

Il sistema sperimentato è basato su più tecnologie già disponibili sul mercato, che nel progetto EFRUD sono confluite nell’assemblaggio di un prototipo costituito da una cella frigorifera montata a bordo di un pianale di veicolo Van-bimodale (diesel-elettrico) a basso impatto ambientale avente un’autonomia di circa 20 km con la trazione elettrica, consentendo così un’andatura in

modalità elettrica nei centri urbani delle città.

Il requisito essenziale del prototipo è di non interrompere la catena logistica del freddo durante le consegne e rifornire i punti vendita (mercati rionali) o consumatori finali (bar/ristoranti/hotel) localizzati in centro città. Altra novità è rappresentata dall’utilizzo di un sistema diagnostico a bordo del veicolo, in grado di monitorare il mantenimento del freddo e lo stato di refrigerazione della merce durante la distribuzione.

Il sistema diagnostico permette anche il monitoraggio dei dati telemetrici del motore durante il percorso giornaliero e la sua posizione in modo da poter determinare le condizioni di traffico e anche lo stile di guida del conducente, informando-

lo in tempo reale sui consumi di carburante, sulle emissioni istantanee e le temperature all'interno della cella frigorifero. A tale proposito, nel corso della sperimentazione, sono state tenute alcune giornate di formazione per gli autisti impegnati nella campagna sperimentale, selezionati alla guida del veicolo prototipo per orientarli ad una conduzione più razionale nelle operazioni di consegna e trasporto.

Il sistema EFRUD messo in campo a Roma per una sperimentazione pilota comprende (Figura 2):

1. un prototipo di sistema diagnostico composto da un HW e SW per l'acquisizione, gestione e trasmissione di tutti i dati cinematici ed ambientali per caratterizzare la missione;
2. un veicolo bimodale (diesel/elettrico) Iveco Daily Mod. 35C13, equipaggiato per la trazione elettrica da *Micro-Vet SpA*, in grado di utilizzare il motore termico nei percorsi extra-urbani e la trazione elettrica per i percorsi in centro città;
3. una cella box a bordo con un sistema di refrigerazione basato sull'accumulo di frigoriferie che viene caricato alla stazione di partenza con tecnologia R_{AF}TM con circa 15 kWh di energia elettrica al giorno per la ricarica del freddo;
4. una centrale operativa di controllo a cui vengono trasmessi le condizioni di temperatura ed umidità della cella e tutti i dati telemetrici rilevati sul veicolo in modo da estrapolare parametri di controllo utili per stimare lo stile di guida del conducente;

5. un display che mostra le condizioni di transito e regime del motore, che include una piattaforma di *e-learning* per l'orientamento degli autisti ad una guida più razionale ed ecologica tramite un'interfaccia in cabina per indicazioni in tempo reale al conducente.

Il veicolo è stato allestito ed equipaggiato dall'ENEA, con della strumentazione a bordo per monitorare, in tempo reale, temperatura e umidità della cella pre-refrigerata, conteggio di apertura/chiusura dei portelloni, un sistema di ventilazione per stratificare e uniformare la temperatura all'interno della cella. È stato inoltre progettato ed installato un sistema di bordo caratterizzato da un HW e SW per l'acquisizione e la trasmissione dei dati on line, sia telemetrici, con una interfaccia al CANBus del veicolo, che riferiti allo stato di refrigerazione della cella e installato in cabina un "display" come interfaccia con l'autista ad una guida più ecologica e razionale.

Azioni e risultati

Per 5 mesi consecutivi (agosto-dicembre 2012), è stata eseguita una campagna

sperimentale a Roma e sono state eseguite più di 85 consegne di merce fresca a bar e ristoranti, o punti vendita localizzati nel centro storico percorrendo oltre 8.500 km con consegne giornaliere di prodotti deperibili (latte fresco, latticini e prodotti ortofrutticoli) con il veicolo prototipo EFRUD; le temperature registrate durante il giorno sono state sempre comprese tra i 2-8 °C, senza interruzione della catena del freddo all'interno della cella.

L'esperienza è stata effettuata con aziende agricole di Roma (Tenuta del Cavaliere e Castel di Guido), produttori di latte biologico fresco, latticini e formaggi che hanno eseguito consegne quotidiane, e dalla cooperativa Agricoltura Nuova, produttore e distributore di ortofrutta e altri prodotti freschi con destinazione mercati rionali o consegne a bar

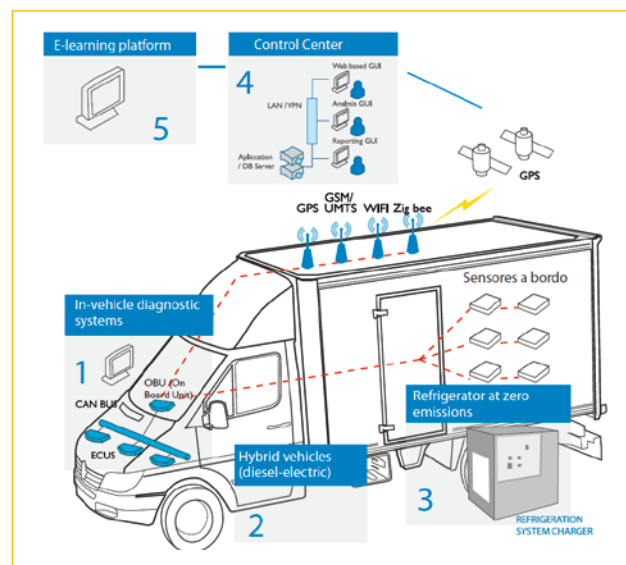


FIGURA 2 Schema di assemblaggio del veicolo prototipo

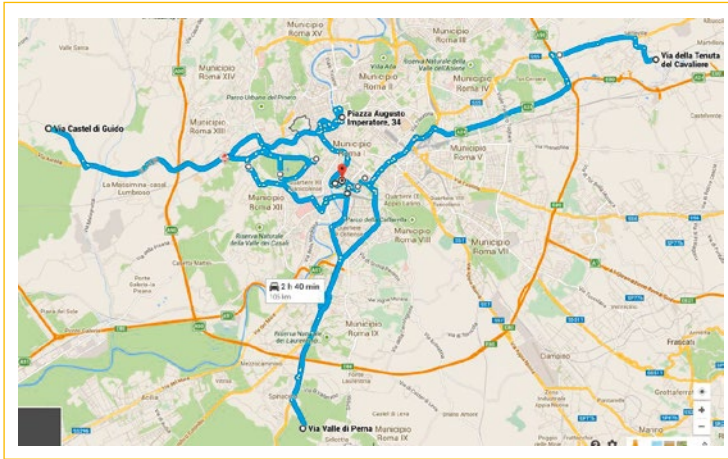


FIGURA 3 Percorsi tipo durante le consegne



FIGURA 4 La Zona a Traffico Limitato interessata dalle consegne

e ristoranti localizzati in centro città (Figura 3).

Durante le consegne, nei percorsi nelle Zone a Traffico Limitato (ZTL), è stata utilizzata quasi sempre la trazione elettrica del veicolo, percorrendo più di 850 km nel centro urbano, con emissioni nulle di gas serra e rumore zero nell'ambiente circostante (Figura 4).

Durante la sperimentazione sono state rilevate misure di energia elettrica giornaliera per la trazione e per la ricarica del freddo, mentre a bordo del veicolo sono stati rilevati direttamente dal CANBus i consumi di carburante, le percorrenze del veicolo, le emissioni di CO₂, la velocità, la temperatura e l'umidità all'interno della cella frigorifero e sulla merce in consegna, ed altre caratteristiche motoristiche e cinematiche dell'automezzo per definire e caratterizzare la piena efficienza del veicolo. In Tabella 1 sono riportati i dati acquisiti più rilevanti, relativi alle missioni di consegna merce, con i consumi energetici reali del veicolo duran-

Dati acquisiti	km percorsi	Consumi (km/litro)	km percorsi in elettrico	Consumi (Wh/km)	CO ₂ (kg/km)	Temperatura media cella box (°C)	Umidità (%RH)
No - Eco-driving Agosto 2012	1712	7,36	120,3	284,4	0,352	6,0	71,3
Yes - Eco-driving Settembre 2012	2189	8,76	288,7	273,2	0,296	5,7	66,7
Yes - Eco-driving Ottobre 2012	3210	7,94	216,5	285,3	0,326	6,5	76,1
Yes - Eco-driving Novembre 2012	1770	8,14	178,1	284,6	0,318	5,7	75,8
Yes - Eco-driving Dicembre 2012	1088	8,11	37,2	302,4	0,319	8,1	74,8

TABELLA 1 Dati acquisiti durante la campagna sperimentale EFRUD

Emissioni	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
km percorsi	1712	2189	3210	1770	1088
kg di CO ₂	552,867	706,908	103,627	571,597	351,335
g di NOx	1780,88	2277,07	3339,15	1841,22	1131,78
g di PM ₁₀	153,97	196,87	288,70	159,19	97,85

TABELLA 2 Emissioni complessive prodotti dal veicolo EFRUD

Risparmio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
km in elettrico	120,3	288,7	216,5	178,1	37,2
kg di CO ₂	-38,849	-93,231	-69,915	-57,515	-12,013
g di NOx	-125,14	-300,32	-225,21	-185,27	-38,70
g di PM ₁₀	-10,82	-25,96	-19,47	-16,02	-3,35

TABELLA 3 Emissioni evitate sull'area urbana per l'utilizzo della trazione elettrica

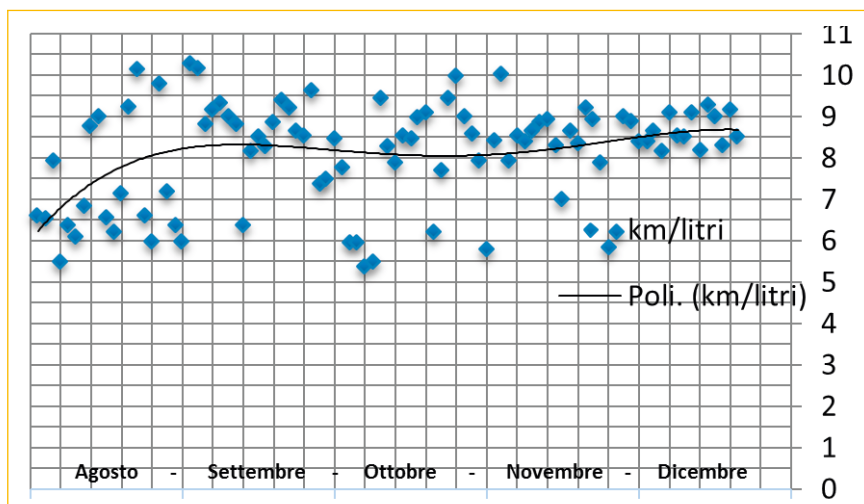


FIGURA 5 La riduzione dei consumi durante la sperimentazione

te il percorso giornaliero, mentre i fattori di emissione mensili di CO₂ sono derivati direttamente dai consumi di combustibile.

Le quantità di gas serra (CO₂) e inquinanti (ossidi di azoto NO_x e particolato PM₁₀) emessi durante la sperimentazione, stimati secondo l'inventario ISPRA sui trasporti delle emissioni su strada [5] nei cicli urbani per veicoli diesel leggeri Euro 4, sono indicati in Tabella 2.

Le emissioni evitate al centro di Roma con il veicolo EFRUD durante la campagna sperimentale sono mostrate in Tabella 3.

I conducenti che hanno eseguito le sedute formative sull'eco-driving, hanno ottenuto un impatto significativo sulla riduzione dei consumi e delle emissioni (16% a settembre, 12% a ottobre, 11% novembre e dicembre) con una percorrenza media di 8-9 km/litro rispetto ad agosto quando ancora non era stata data nessuna indicazione o formazione per una guida ecologica e razionale (Figura 5).

Gli autisti che non hanno partecipato alle sedute formative di eco-driving hanno conseguito consumi che si sono attestati intorno ai 6-7 km/litro.

Il miglioramento medio per gli autisti, dopo il training formativo, è stato evidente. Nei primi 15-20 viaggi consegna eseguiti dallo stesso autista, successivi alla formazione, si è registrata una riduzione nei consumi ed emissioni di circa il 16%; successivamente i benefici si sono assestati intorno all'11-12% sempre riferiti allo stesso conducente, motivo per cui si sono ritenute necessarie ulteriori sedute di formazione. Le tecniche di eco-driving adottate dagli autisti dopo il training formativo hanno mostrato risultati più che interessanti; nel tempo vi è stato un reale cambiamento che ha portato ad una modifica nei tragitti e modalità di guida durante i percorsi; gli autisti più attenti hanno modificato la gestione del veicolo con uno stile di guida più fluido e attento con ac-

celerazioni/decelerazioni o frenate meno brusche, riducendo così anche i tempi a veicolo fermo.

Le prestazioni di guida durante la giornata lavorativa vengono determinate con una serie di indicatori (giri motore, cambi marcia, velocità, accelerazione e decelerazione, uso freno) i quali, opportunamente elaborati, forniscono degli *eco-indici* per ciascun percorso che, confrontati con i valori registrati prima della formazione, permettono di elaborare dei suggerimenti personalizzati per ogni conducente finalizzati ad ottenere una guida sempre più ecologica.

Durante la sperimentazione con il veicolo EFRUD, grazie all'utilizzo della trazione elettrica nelle Zone a Traffico Limitato e nelle aree pedonali, le emissioni rispetto ad un veicolo convenzionale si sono significativamente ridotte: 25% di CO₂, 14% di NO_x e 22% di PM₁₀.

Il veicolo EFRUD ha percorso in media circa 15 km al giorno nell'area pedonale o in ZTL con la trazione elettrica, ottenendo così un risparmio di 2 litri di carburante giornaliero, con un abbattimento di emissioni di gas serra del 26-27%; se si ipotizza di sostituire 600 veicoli, che sono circa il 50% della flotta attualmente adibita al trasporto e consegna merce deperibile nel centro di Roma [6], si può raggiungere una riduzione di carburante di 1200 litri per veicolo al giorno.

I risultati della sperimentazione durante le attività di consegna, sia in termini di gestione operativa del mezzo (capacità di carico, manovrabilità, funzionalità, prestazioni ecc.), sia in termini di risparmio energetico, hanno accertato la riduzione

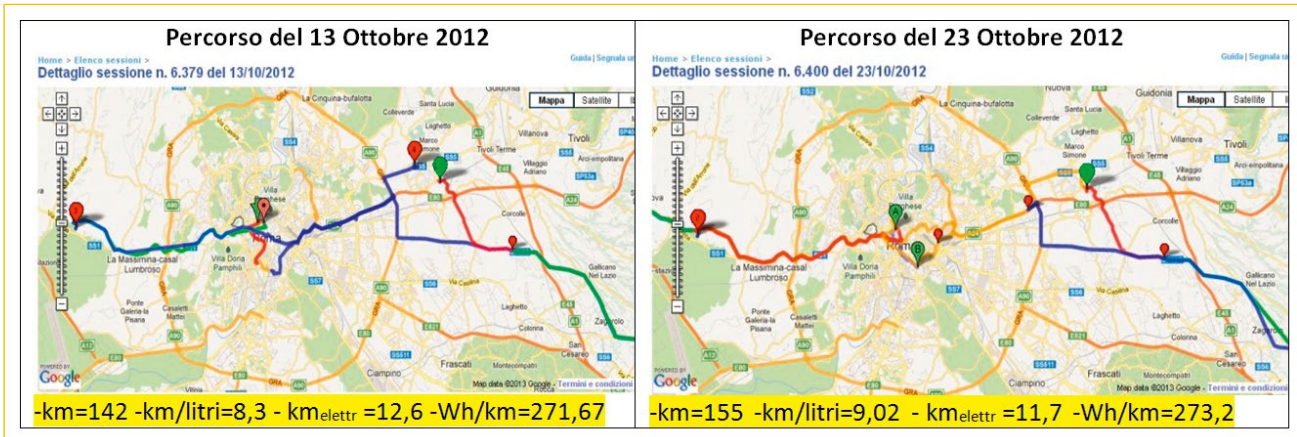


FIGURA 6 Confronto e tendenza dei consumi energetici su percorsi simili e diverse giornate con differenti autisti

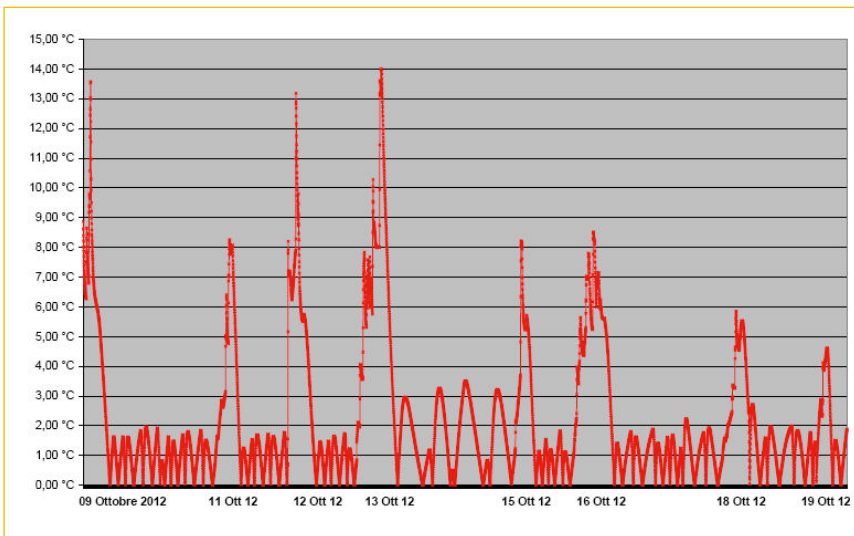


FIGURA 7 Andamento delle temperature all'interno della cella frigorifero

delle emissioni e un abbattimento della rumorosità confermando le premesse sull'efficienza del sistema di trasporto adottato. Per alcune giornate tipo, anche se il percorso di consegna è stato simile, è stato rilevato che la differenza dei consumi è influenzata unicamente dallo stile di guida e dalla fluidità

del traffico lungo il percorso, come risulta evidente nell'esempio di seguito citato. Durante il viaggio di consegna del 13 ottobre 2012 l'autista non ha eseguito le indicazioni di eco-driving (in più occasioni, ha superato la soglia di 3000 giri/motore), ottenendo così maggiori consumi rispetto alla consegna del

23 ottobre dove l'autista ha adottato uno stile di guida molto più ecologico e razionale (Figura 6).

La conservazione e la qualità dei prodotti ortofrutticoli è stata efficacemente dimostrata da uno studio preliminare dell'INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione), che ha effettuato dei test sulla cella evidenziando la salvaguardia della qualità (disidratazione e calo di peso) dei prodotti ortofrutticoli trasportati durante la sperimentazione.

La temperatura registrata all'interno della cella frigorifero non ha mai superato il valore medio di 7-8 °C durante l'intera campagna sperimentale e i picchi riportati nel grafico di Figura 7 sono riferiti solo ad alcuni minuti di apertura delle porte per il prelievo della merce durante le consegne del giorno.

L'energia elettrica giornaliera utilizzata per la ricarica delle batterie del veicolo e la ricarica del freddo è stata di 12-16 kWh, che corrispondono a circa 5,5 kg di CO₂ [7], ovviamente se non si dispone di una



FIGURA 8 Attraversamento di un varco ZTL

fonte di energia rinnovabile; per contro una cella frigo tradizionale, se alimentata con un compressore autonomo, può raggiungere un consumo di 1,5 litri di gasolio/ora e, considerando almeno 4 ore di funzionamento giornaliero del compressore, consumerebbe 6 litri di gasolio rilasciando giornalmente 15,5 kg di CO₂. Sommando il combustibile risparmiato per mantenere il fresco in una cella frigo convenzionale (6 litri al giorno) a 2 litri di combustibile risparmiati perché il veicolo percorre il centro città con la trazione elettrica, si può ottenere un abbattimento della CO₂ di circa 21 kg al giorno.

La soluzione di trasporto sperimentata non è significativamente più costosa delle tecnologie tradizionali. A determinate condizioni logistiche e ambientali, al contrario, esternalizzando i costi esterni dovuti all'impatto sulle città dei veicoli tradizionali, la logistica spe-

rimentata con il veicolo EFRUD può ottenere un abbattimento dei costi fino al 30%.

I costi unitari esterni dei gas serra e dei gas inquinanti emessi e del rumore generato per km percorso nelle aree urbane, sono ricavabili dal manuale europeo sui costi ambientali del trasporto [8].

Per avere un ordine di grandezza, in Italia una tonnellata di particolato PM₁₀ emesso nelle aree urbane produce 48.000 € di costi esterni. Il differenziale dei costi esterni che impattano sul contesto urbano fra un veicolo Daily a propulsione tradizionale ed un veicolo Daily a propulsione elettrica è pari a circa -30% [9] a favore del veicolo a trazione elettrica.

Altri risultati elaborati a fine sperimentazione rispetto al primo mese di consegna, che si sommano come ulteriore contributo al risparmio e ottimizzazione del servizio, sono stati:

- le fermate del veicolo durante le consegne nella sperimentazione si sono ridotte del 3%;
- il superamento di 3.000 giri/motore durante le consegne si sono ridotti del 4%;
- la velocità media del veicolo è aumentata del 2,5%;
- il tempo di apertura/chiusura porte della cella durante le consegne dall'inizio a fine sperimentazione si è ridotto del 13%.

Ai dati su riportati si aggiunge il risparmio economico conseguito per i permessi di accesso alle aree ZTL applicati dal Comune di Roma per i veicoli a basso impatto ambientale (Figura 8).

Dall'analisi e valutazione dei risultati ottenuti con la sperimentazione si evince che il sistema EFRUD, così come progettato, è in grado di rispondere alle necessità per cui è stato ideato ed è funzionale a rendere un servizio conforme e vantaggioso alle esigenze degli operatori che operano con consegne nei centri urbani di merce fresca in modeste quantità ai distributori finali (piccoli e medi negozi, bar, ristoranti).

La tecnologia sperimentata, la localizzazione della posizione del veicolo, lo stato di conservazione della merce ed efficienza della cassa frigorifero, i parametri più significativi del veicolo e le sue condizioni di marcia hanno funzionato senza inconvenienti o avarie durante i 5 mesi di sperimentazione.

Il sistema EFRUD ha dimostrato la sua piena validità per le esigenze del mercato di trasporto di merce fresca nelle consegne ed un eventuale utilizzo e commercializzazione su larga scala per le città che

vogliono adottare un trasporto e consegna merci a basso impatto ambientale. L'organizzazione della sperimentazione, una volta avviata, non ha subito interruzioni se non quelle programmate per l'eco-driving agli autisti o azioni correttive per ottimizzare la ricarica dell'energia termica (fluido frigorifero) effettuata tramite l'unità autonoma esterna "RAF charger" sulla base delle temperature stagionali e a seconda dei prodotti trasportati (Figura 9 – vedi anche schema di Figura 2).

Si può affermare che la refrigerazione ad accumulato di frigoriferi, completamente testata con la sperimentazione EFRUD, associata con i veicoli a basso impatto ambientale (elettrici, ibridi o bimali) destinati alla distribuzione di merce deperibile (alimenti e medicine) nei centri urbani, soprattutto dove sono operative aree con traffico limitato o ampie zone pedonali, accoppia le due tecnologie in modo ottimale ed incide sui diversi indicatori che caratterizzano la vivibilità e qualità di un'area urbana:

- si ottiene un risparmio energetico e si azzerano le emissioni inquinanti e acustiche quando il veicolo utilizza la trazione elettrica in centro città;
- la catena del freddo è assicurata e garantita durante il ciclo distributivo con emissioni e rumore zero e nessuna richiesta di energia aggiuntiva viene richiesta durante il trasporto;
- viene ottimizzata la gestione delle consegne, si riducono i costi esterni sull'ambiente urbano ed anche i costi di esercizio

e gestione per gli operatori impegnati nella promozione della filiera corta a km zero e produzione biologica;

- i dati telemetrici on-line rilevati a bordo del veicolo possono essere utilizzati per studi sulle previsioni di traffico in città ed interagire con azioni per migliorare la fluidità del traffico su tutta l'area urbana.

La soluzione EFRUD può essere facilmente adattata a qualsiasi tipo di distribuzione e consegna di prodotti a temperatura controllata (2-8 °C); con l'utilizzo di un veicolo con maggiore autonomia in modalità elettrica (nuove batterie al litio) si possono ottenere risultati ancora più performanti perché tutta l'area urbana può essere percorsa con la trazione elettrica.

Conclusioni

La sperimentazione del progetto EFRUD è stata l'occasione per dimostrare l'affidabilità e la convenienza di una soluzione facilmente adottabile, economicamente vantaggiosa, che risponde in modo efficace alla necessità di ridurre l'impatto ambientale nelle aree urbane e favorire lo sviluppo di politiche eco-sostenibili. EFRUD apre la strada ad un processo innovativo che aggrega i principali operatori del settore con gli enti istituzionali e ne ascolta le esigenze, offrendo un contributo concreto allo sviluppo di nuove forme di trasporto sostenibile ed ecologico per un servizio di consegna efficiente di merci fresche nei centri delle città europee. Si esaltano così efficacemente i



FIGURA 9 La stazione di ricarica di energia per la cella frigorifero e combustibile per il veicolo

valori ambientali insiti nei prodotti con filiera corta a km zero e si offre un'opportunità aggiuntiva per il miglioramento della qualità della vita nelle aree urbane.

A Roma, diversi operatori che operano con le consegne giornaliere di merce nel centro storico hanno acquistato veicoli commerciali a basso impatto ambientale (ibridi, bimodali, a GPL, a metano ecc.) con incentivi resi disponibili dal Comune, sia per risparmiare nei costi generali che nell'accesso alle aree ZTL.

Diversamente nella città di Valencia, durante la sperimentazione a Roma, è stata condotta una simulazione sulla distribuzione urbana di merci mediante il veicolo prototipo EFRUD. I tecnici di ITENE si sono avvalsi di un supporto software di simulazione del traffico (TRANSCAD). La simulazione è stata applicata a due diversi scenari: il primo, utiliz-

zando tre veicoli commerciali convenzionali, e un secondo scenario in cui è stato ipotizzato l'impiego del nuovo sistema di trasporto EFRUD, con associato un centro di distribuzione urbana per le consegne.

Il risultato finale è stato che, impiegando un veicolo tipo EFRUD, è possibile ridurre di un terzo i km percorsi rispetto al primo scenario, le consegne sono state più veloci con una riduzione nei tempi di viaggio del 25% e la riduzione di 2/3 dei km totali percorsi in un anno; una riduzione del consumo di energia del 90%; l'eliminazione di 2.560 kg CO₂ per anno; una riduzione della densità di traffico del 5%; una riduzione dei ritardi nelle consegne del 6%; un incremento della velocità media del 3% ed il rumore praticamente eliminato nella zona urbana sottoposta a simulazione [10].

Si può prevedere il raggiungimen-

to di risultati ancora migliori con i diversi interventi realizzati mediante un approccio integrato che veda come obiettivo finale la riduzione dei consumi energetici e la riduzione delle emissioni. Il sistema EFRUD può avere un utilizzo e commercializzazione su larga scala nelle città che vogliono adottare un trasporto e consegna merci a basso impatto ambientale, con il concorso di tecnologie innovative (già disponibili e neanche eccessivamente costose), l'impegno dei governi del territorio (pianificazione, gestione della mobilità e incentivi/disincentivi) e operatori o autisti che operano sul territorio, consapevoli e fautori di una mobilità e una logistica eco-sostenibile. ●

Antonio Lioi
ENEA, Dipartimento Tecnologie Energetiche,
Laboratorio sistemi e Tecnologie
per la Mobilità e l'Accumulo

bibliografia

- [1] EEA (2007). European Environment Agency, *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007*, Technical Report no. 16/2007, Published December 06, 2007 (latest version)
- [2] EEA (2011). European Environment Agency, *COPERT – Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*, Published: Nov 08, 2011. <http://emisias.com/copert>
- [3] EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2013
- [4] Consorzio TRAIN, 2001, Piano Ship Rail Road - Realizzazione di strumenti e prodotti per l'attuazione di processi innovativi di logistica multimodale, Progetto e realizzazione del cassa mobile a refrigerazione passiva, Prove comparate di consumo energetico. Progetto EFRUD (2010/2013) "Emissions Free Refrigerated Urban Distribution"
- [5] ISPRA (2010). *Road Transport Emissions National Inventory*, Technical Report no. 124/2010, Italy
- [6] Roma Capitale, Dipartimento Mobilità e Trasporti
- [7] ISPRA (2011). *Produzione termoelettrica ed emissioni di CO₂*, Technical Report no. 135/2011, Italy
- [8] M. Mailbach et al. (2008). *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*, Delft, 2008
- [9] "Study to support an impact assessment of the urban mobility package – activity 31" – European Commission 2013
- [10] ITENE, progetto EFRUD