



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



Com'è noto, un notevole contributo al raggiungimento degli obiettivi nazionali di riduzione dei consumi energetici può essere dato dal miglioramento dell'efficienza energetica del settore trasporti. In questa pubblicazione vengono illustrati alcuni dei risultati delle attività dell'ENEA, programmi, prodotti e progetti che si ritiene possano essere di particolare interesse o per l'impatto energetico ottenibile o per l'innovatività della proposta.

Vengono considerati sia gli aspetti della mobilità individuale che quelli del trasporto pubblico locale che il trasporto merci, con la presentazione di sistemi per l'infomobilità e per la gestione della distribuzione delle merci, di motorizzazioni elettriche, ibride e che utilizzano combustibili a ridotto impatto ambientale, di componenti e sistemi per la mobilità elettrica.

In particolare un primo gruppo di schede è dedicato alla mobilità individuale e comprende alcuni esempi di motorizzazioni elettriche ed ibride-elettriche innovative, dimostrati con prototipi sviluppati in ENEA. Seguono quindi le schede di presentazione di tre applicazioni innovative ICT.

HOWMOVE è stato sviluppato per la valutazione degli impatti energetico-ambientali ed economici degli spostamenti casa-lavoro. **PRIMO** è una suite di moduli software per l'elaborazione di dati provenienti da flotte di veicoli dotati di sistemi di rilevamento della posizione e della velocità a intervalli regolari di tempo (Floating Car Data – FCD). È stato realizzato su dati Octo Telematics Italia S.r.l. ma può essere adattato a dati di altra fonte, se del medesimo contenuto informativo. Infine, il software **ECOTRIP**®, sviluppato per la stima georeferenziata dei consumi e delle emissioni di flotte di veicoli privati equipaggiati con unità di bordo. Sono poi riportati i risultati di uno studio sulla localizzazione delle colonnine di ricarica ed una introduzione ai problemi di sicurezza nati in seguito all'utilizzo sempre più diffuso delle nuove batterie Litio-Ioni.

Seguono due schede sono dedicate al tema della logistica nei centri urbani, con un prodotto software, **CITYLOG**®, per la gestione ottimizzata delle piattaforme di distribuzione delle merci in città grazie all'utilizzo di algoritmi genetici multi stringa, ed il progetto **EFRUD**, finanziato dal programma LIFE+ della Commissione Europea, per il trasporto refrigerato di merci deperibili con mezzi a trazione elettrica. Durante la sperimentazione EFRUD sono state eseguite consegne nel centro storico di Roma, da agosto a dicembre 2012, con una percorrenza complessiva di circa 8000 km, ed in tutte le tratte percorse in zona ZTL è stata utilizzata la trazione elettrica, senza interruzione della catena del freddo.

Sono poi illustrati due progetti, sviluppati con fondi europei e nazionali nell'ambito del trasporto pubblico locale, **Mhybus**, il primo autobus a miscela metano-idrogeno sperimentato in regolare servizio di linea a Ravenna, ed il progetto **Smartbus** per il trasporto a chiamata con autobus elettrici, dove particolare attenzione è stata destinata alla gestione della ricarica rapida ed automatizzata delle batterie, un complesso di procedure e tecnologie che permette di estendere indefinitamente l'autonomia del mezzo, riducendone per di più peso e costo ad una frazione dei valori attuali. Una scheda è poi dedicata allo sviluppo, in ambito Ricerca di Sistema Elettrico Nazionale 2012-2014, di batterie litio-ioni con caratteristiche di modularità molto spinte in termini di gestione termica e della ricarica (equalizzazione), con particolare riferimento alla ricarica rapida ed un'altra, sempre in ambito RdS, alla fattibilità tecnico-economica dell'elettificazione del TPL ed una seconda scheda al tema del degrado delle batterie, che ha evidenti riflessi sul costo a fine vita di un autobus elettrico.

Chiudono due schede per i software **STREET**® e **SIMP**®, simulatore di Mobilità Pedonale, per la previsione dell'evoluzione del traffico su orizzonti temporali a breve termine, e definizione e monitoraggio di policies per la mobilità sostenibile.



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

TRASPORTO INDIVIDUALE

•

HIZEV

•

MICROVETTURE - Sviluppo di prototipi di micro vetture a trazione elettrico-ibrida

•

HOWMOVE - Home-work Mobility Evaluation Tool Suite

•

PRIMO - PRivate Mobility Observatory

•

ECOTRIP© - Software per la stima dei consumi e delle emissioni dei veicoli a partire dai dati di viaggio misurati da unità di bordo

•

Localizzazione delle stazioni di ricarica in una zona urbana

•

Sicurezza di esercizio delle batterie

TRASPORTO MERCI

•

CITYLOG© - Software per la gestione ottimizzata delle piattaforme di distribuzione delle merci in città

•

EFRUD - Emissions Free Refrigerated Urban Distribution

TRASPORTO PUBBLICO LOCALE

•

SMARTBUS - Trasporto a chiamata

•

MHYBUS - Miscela metano-idrogeno per il TPL

•

Sistema batterie per minibus, realizzato con moduli intelligenti litio-ione da 12V

•

Elettrificazione del trasporto pubblico nelle città

•

Procedure di prova per lo studio dell'invecchiamento e del second-life delle batterie

INFOMOBILITÀ

•

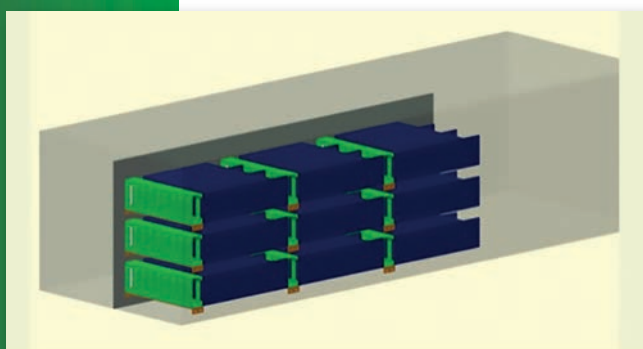
STREET© - Software per la previsione dell'evoluzione dello stato del traffico su orizzonti temporali a breve termine

•

SIMP© - Simulatore di Mobilità Pedonale

HIZEV

Auto sportiva ibrida ed elettrica ad elevate prestazioni



La motorizzazione ibrida, consistente nella combinazione di un motore termico e di uno elettrico, è riconosciuta come tra le tecnologie più moderne per migliorare prestazioni, consumi, versatilità, ecosostenibilità delle attuali vetture. Allo stesso tempo i veicoli elettrici, che hanno un impatto emissivo locale nullo, sono la risposta ad emissioni zero per i trasporti.

Nell'ambito del progetto HIZEV di "Industria 2015", il consorzio guidato da Picchio e composto da medie, piccole e micro aziende, centri di ricerca e università, ha realizzato 2 veicoli ad alte prestazioni, uno ibrido ed uno elettrico.

Le due motorizzazioni, installati su telai identici derivati da prototipi nati per applicazioni "racing" della Picchio S.p.a., sono progettati sia per un utilizzo su strada che per un utilizzo sportivo come le gare in salita.

In particolare il veicolo ibrido è in grado di muoversi in 3 modalità: solo termico, solo elettrico (con una autonomia di 30 km) e in modalità ibrida.

Il sistema di accumulo, progettato da ENEA è costituito da moduli con tecnologia OCCL in grado di erogare elevatissime correnti a parità di capacità (fino a 70 volte la capacità nominale).

CARATTERISTICHE DEI VEICOLI

Veicolo in versione ibrida	Veicolo in versione elettrico
Trazione a 4 ruote motrici	Trazione a 4 ruote motrici
Avantreno: motore elettrico da 150 kW	Avantreno: motore elettrico da 150 kW
Retroreno: motore a combustione interna 2000 cc turbocompresso da 450 cv a 7000 rpm	Retroreno: 2 motori elettrici da 100 kW ciascuno (differenziale a controllo vettoriale)
Sistema di accumulo da 6 kWh: 400 V e 15 Ah tecnologia OCCL (Ossigeno, Carbonio, Cobalto, Litio), posizionato nelle pance laterali del veicolo	Sistema di accumulo da 24 kWh: 400 V e 62 Ah, tecnologia agli Ioni di Litio ad alte prestazioni, posizionato nelle plance laterali del veicolo e posteriormente

ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
 Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia
 Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo
fernando.ortenzi@enea.it

Microvetture

Sviluppo di prototipi di micro vetture a trazione elettrico-ibrida

ENEA si inserisce in questa tematica proponendo all'industria nazionale dei quadricicli la possibilità di produrre veicoli da città in configurazione elettrica ed ibrida. Per questo ha realizzato due prototipi, Urb-e, mezzo a trazione puramente elettrica, e la Spazia HPP (Hybrid Power Pack), una microvetture che dimostra la possibilità di trasferire su di un veicolo di taglia minima il concetto di ibrido "automobilistico", con power-pack termico-elettrico e batteria di piccola taglia (3 kWh).

Il prototipo Urb-e fu concepito inizialmente come ibrido serie (a trazione solo elettrica) con supercondensatori, allo scopo di fungere da banco di prova per lo sviluppo delle strategie di gestione del motogeneratore (termico) e dell'accumulo elettrico. Il prototipo è stato poi utilizzato per mettere a punto altri tipi di motorizzazione, in particolare è stata sperimentata una alimentazione "elettrica pura", sia con batterie al litio, da sole, che con batterie (di due tipi) e supercondensatori.

L'idea di base della Spazia HPP è invece quella di verificare la adattabilità di una motorizzazione ibrida "parallela" ad un quadriciclo, con possibilità di marcia anche in elettrico puro e quindi a zero emissioni. La motorizzazione originale (diesel Lombardini) è stata integrata con una motorizzazione elettrica e una batteria Li-Io compatta e performante, realizzando un power-pack alloggiato tutto sotto il cofano, batteria compresa.

Il prototipo può marciare tanto in modalità tradizionale, con il motore diesel, che in modalità "elettrica pura" che in modalità ibrida (con entrambi i motori), ottenendo un miglioramento delle prestazioni, un minore consumo di carburante e una riduzione degli inquinanti allo scarico. Grazie alla piccola taglia della batteria, il costo del veicolo è minore di quello di una microvetture "elettrica pura" (batteria di taglia almeno doppia); il costo aggiuntivo, rispetto ad una microvetture diesel, è molto ridotto, ma la flessibilità d'uso del mezzo molto maggiore, grazie alla possibilità di marcia a zero-emissioni.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

HOWMOVE

HOME-WORK MOBILITY EVALUATION TOOL SUITE

Software per la valutazione degli impatti energetico-ambientali ed economici degli spostamenti casa-lavoro

HOWMOVE è un software sviluppato nell'ambito delle attività di valutazione di misure di Mobility Management in grado di supportare il processo di valutazione degli spostamenti casa-lavoro dei dipendenti di enti pubblici e privati.

HOWMOVE rappresenta un valido strumento per l'identificazione ex-ante delle strategie di ottimizzazione degli spostamenti casa-lavoro e per la valutazione ex-post delle misure adottate sulla base di diversi indici di performance.

HOWMOVE incorpora un insieme di moduli integrati in grado di:

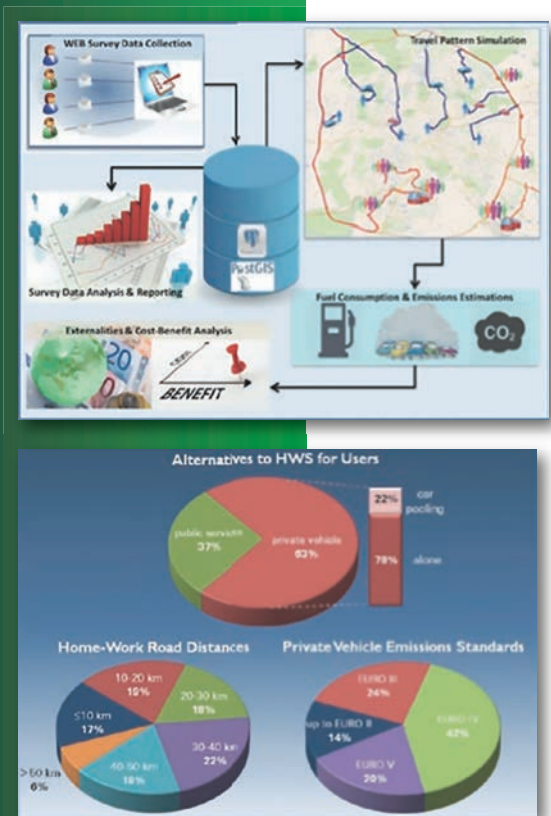
- Raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione degli spostamenti casa-lavoro mediante un'indagine online formulata attraverso il software open-source (LimeSurvey). Costruire una banca dati efficiente e robusta grazie al sistema relazionale ad oggetti PostgreSQL.
- Analizzare statisticamente i dati ottenuti attraverso l'indagine e fornire sintesi e rappresentazioni grafiche delle risposte pervenute.
- Ricostruire i tragitti casa-lavoro attraverso un applicativo in grado di simulare i percorsi sulla rete stradale a partire dalla posizione geografica dell'abitazione indicata in ciascun questionario.
- Stimare i consumi di carburante e le emissioni di inquinanti considerando le categorie veicolari, la classificazione delle strade (urbane, rurali e scorrimento veloce), l'ambito territoriale in cui hanno luogo le emissioni (urbano ed extraurbano) e l'eventuale frequenza di utilizzo del servizio aziendale. I consumi e le emissioni sono stimati mediante i fattori di emissione italiani (ISPRA) secondo la classificazione veicolare indicata nelle Linee Guida EEA – CORINAIR per gli Inventari Nazionali delle Emissioni.
- Valutare i benefici economici calcolando i costi di investimento e operativi del trasporto (carburante, assicurazione e manutenzione), i costi esterni connessi alla congestione, alle emissioni di inquinanti, alla sicurezza e al valore del tempo speso in viaggio, sulla base dei valori indicati nell'Handbook dei costi esterni per i trasporti della Commissione Europea.

HOWMOVE è stato applicato con successo agli spostamenti sistematici dei "frequentatori" del Centro di Ricerche ENEA Casaccia. Situato a circa 25 km a nord-ovest di Roma, il Centro ospita 1.200 dipendenti e più di 300 visitatori giornalieri.

Il servizio di autobus per la mobilità casa-lavoro aziendale è organizzato in 12 linee che servono il centro per quattro giorni a settimana, da Lunedì a Giovedì.

Gli esiti dell'applicazione hanno dimostrato come il servizio aziendale garantisca una maggiore sostenibilità degli spostamenti casa-lavoro del Centro "Casaccia" in termini di:

- riduzione giornaliera del 37% dei km percorsi col mezzo privato
- risparmio di circa 600 kg al giorno di carburante
- riduzione annua di più di 300 tonnellate di CO₂ e più di 80 kg di particolato
- circa 1.3 Mln € l'anno di benefici economici per gli utenti e la comunità in generale
- riduzione dei fenomeni di congestione e incremento della sicurezza stradale.



ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
 Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia
 Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo
valentina.conti@enea.it

PRIMO Private Mobility Observatory

Tool per analisi sistematiche sui comportamenti della mobilità privata sulla base di Floating Car Data

PRIMO è un suite di moduli software per l'elaborazione di dati provenienti da flotte di veicoli dotati di sistemi di rilevamento della posizione e della velocità a intervalli regolari di tempo (Floating Car Data – FCD). È stato realizzato su dati Octo Telematics Italia S.r.l. ma può essere adattato a dati di altra fonte, se del medesimo contenuto informativo.

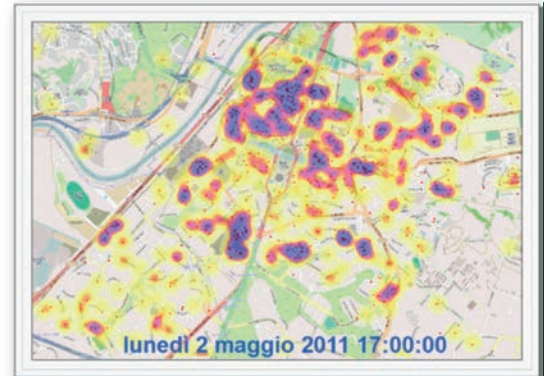
PRIMO è finalizzato a ricostruire il comportamento di mobilità di campioni statisticamente significativi dell'utenza stradale privata con una risoluzione spazio-temporale più spinta e affidabile rispetto alle usuali tecniche di indagine.

PRIMO è rivolto alle Amministrazioni territoriali, alle quali è in grado di fornire una base di conoscenza ampia, approfondita e continuamente aggiornata per la definizione di strategie e misure di gestione della domanda di mobilità.

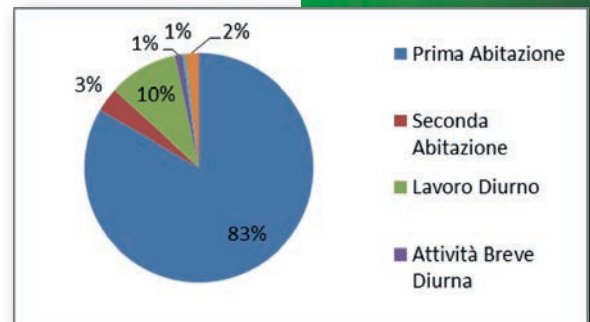
PRIMO è sviluppato in più ambienti informatici integrati:

- SQL Server per l'archiviazione dei dati del monitoraggio in un DataBase relazionale e per l'estrazione di sottopopolazioni significative;
- ArcGis per la visualizzazione e l'interpretazione dei dati di input e di output contestualizzata sul territorio attraverso l'impiego di mappe tematiche;
- Java/C++ per alcune elaborazioni più complesse.

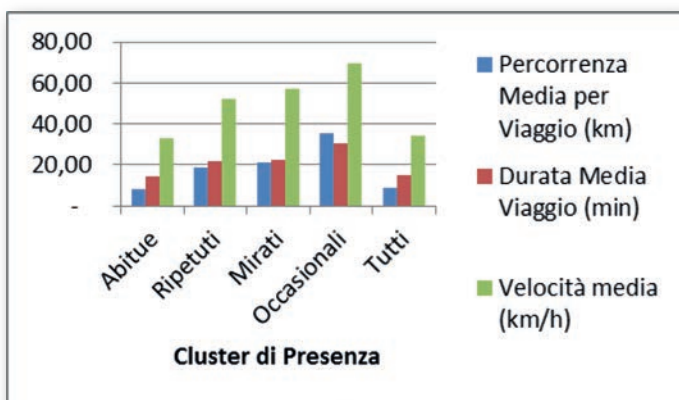
PRIMO è stato sinora testato su un campione mensile di rilevazioni interne alla provincia di Roma, sul quale sono state effettuate analisi sulla mobilità sistematica, sulla distribuzione delle soste e sulle potenzialità di penetrazione di autovetture elettriche.



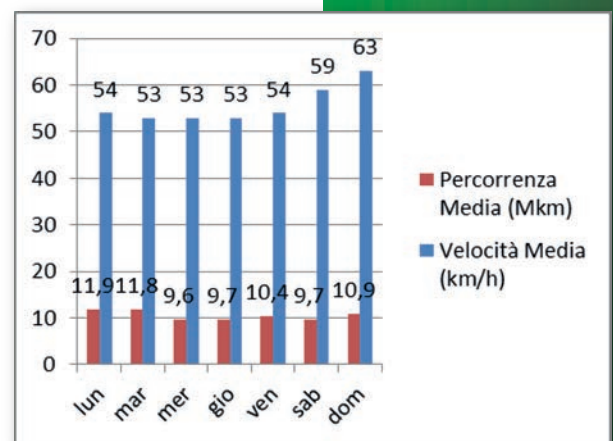
Mappa di densità delle soste



Ripartizione dei tempi di sosta in funzione del tipo di luogo di afferenza



Cluster Analysis



Analisi aggregate: mobilità settimanale media

ECOTRIP[©]

Software per la stima dei consumi e delle emissioni dei veicoli a partire dai dati di viaggio misurati da unità di bordo

ECOTRIP[©] è un software per la stima dei consumi e delle emissioni dei veicoli, a partire dai dati di viaggio misurati da unità di bordo. Ideato e realizzato dall'Unità "Mobilità Sostenibile" dell'ENEA nell'ambito del Progetto PEGASUS, un programma Industria 2015 che persegue l'obiettivo di realizzare una piattaforma infotelematica destinata a migliorare la gestione sostenibile e in sicurezza dei flussi di persone, veicoli e merci all'interno delle aree urbane.

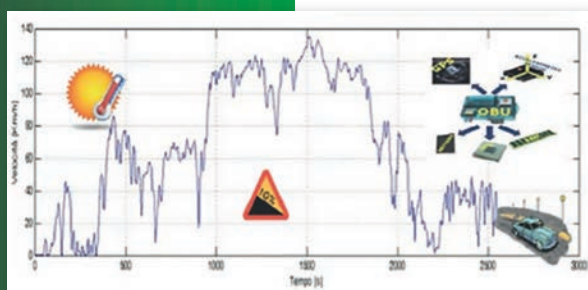
ECOTRIP[©] è finalizzato alla stima puntuale e georeferenziata dei consumi di carburante e delle emissioni inquinanti prodotte da ogni tipo di veicolo circolante equipaggiato con unità di bordo in grado di registrare e trasmettere periodicamente a una Centrale Operativa informazioni sui tragitti e sul ciclo di marcia rappresentativo delle reali condizioni di guida.

ECOTRIP[©] effettua in particolare il calcolo dei consumi di carburante, delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) e dei principali inquinanti atmosferici (monossido di carbonio, ossidi di azoto, composti organici volatili e particolato) prodotti dalla combustione dei motori dei veicoli, nelle diverse condizioni di funzionamento sia nella fase di riscaldamento del motore (emissioni a freddo) che durante il funzionamento alla temperatura di esercizio (emissioni a caldo). L'aspetto innovativo e l'originalità del prodotto derivano dalla capacità di operare su diversi livelli di aggregazione e dettaglio a seconda dei dati di viaggio resi disponibili dalla centrale operativa che controlla e gestisce tutte le unità di bordo installate sui veicoli. **ECOTRIP[©]** incorpora infatti più approcci metodologici, con livelli di accuratezza e complessità computazionale differenziate, in grado di fornire stime sui consumi e sulle emissioni prodotte dai veicoli a partire sia da parametri cinematici aggregati per singola tratta percorsa, sia dai profili di velocità istantanea rilevati con frequenza di 1 Hz.

Il vantaggio offerto da **ECOTRIP[©]** risiede nella possibilità di fornire stime puntuali e georeferenziate sui consumi e sulle emissioni inquinanti dei singoli veicoli in base ai dati di viaggio e del reale ciclo di marcia registrati dalle unità di bordo. Questa peculiarità rende il software **ECOTRIP[©]** un nuovo e valido strumento di ausilio alla definizione e realizzazione di interventi di limitazione (road-pricing e crediti di mobilità) dell'uso del mezzo privato basati sulla valutazione dei costi esterni. Rientrano in questa tipologia d'interventi sia l'applicazione di misure di road-pricing, per l'accesso alle aree regolamentate delle città, attraverso un regime elastico di costi legato ai costi esterni generati dai veicoli, sia l'introduzione del sistema dei bonus/crediti di mobilità, in cui si stabilisce un tetto massimo di esternalità che possono essere sostenute dalla città e lo si distribuisce, in quote uguali, a ciascun cittadino sotto forma di crediti, che possono essere amministrati liberamente da ogni individuo. L'attuale tendenza di diffusione delle tecnologie telematiche di bordo sul parco veicolare circolante, porterà indubbiamente a migliorare sempre di più l'accuratezza e la validità delle stime e, quindi, ad accrescere ulteriormente l'importanza strategica di **ECOTRIP[©]** quale strumento per il monitoraggio continuo dei consumi e delle emissioni del traffico veicolare su scala urbana ed extraurbana.

ECOTRIP[©] è stato installato e testato sulle piattaforme hardware del sistema Floating Car Data di Octotelematics, società specializzata nella fornitura di sistemi e servizi telematici per il mercato assicurativo e automotive, che gestisce la più grande flotta telematica in Europa per numero di unità di bordo installate (intorno a un milione corrispondente a circa il 2,7% del parco auto circolante). Destinatari e principali utilizzatori del prodotto sono quindi le imprese dei sistemi Floating Car Data che perseguono l'obiettivo di sviluppare nuove applicazioni rivolte a Pubbliche Amministrazioni, Enti Locali, operatori autostradali/stradali e Agenzie della Mobilità, in grado di migliorare e innovare i processi di monitoraggio e gestione del traffico negli aspetti dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale. Il prodotto possiede anche tutti i requisiti per contribuire allo sviluppo di nuove applicazioni per il mercato Assicurativo che consentono la costituzione e gestione di nuove polizze che prevedono più risparmi per chi inquina meno.

ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
 Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia
 Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo
gaetano.valenti@enea.it



Dati di viaggio in input



Output di Ecotrip

Localizzazione delle stazioni di ricarica in una zona urbana

La disponibilità di un'infrastruttura di ricarica ben ritagliata sulle esigenze dell'utenza è un fattore determinante ai fini della diffusione della mobilità elettrica.

Lo studio effettuato ha lo scopo di definire delle soluzioni accettabili relativamente a due problemi insiti nello sviluppo di una infrastruttura elettrica di ricarica: la collocazione ottimale delle stazioni di ricarica sul territorio (specie quello urbano) e la dotazione energetica da assegnare a ciascuna di esse, calcolata in base all'utenza prevedibile.

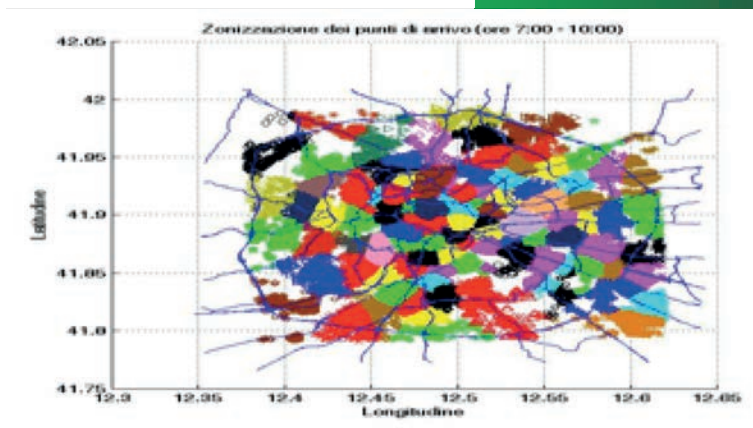
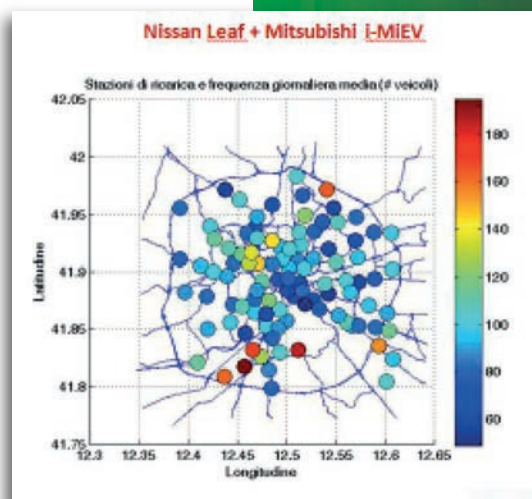
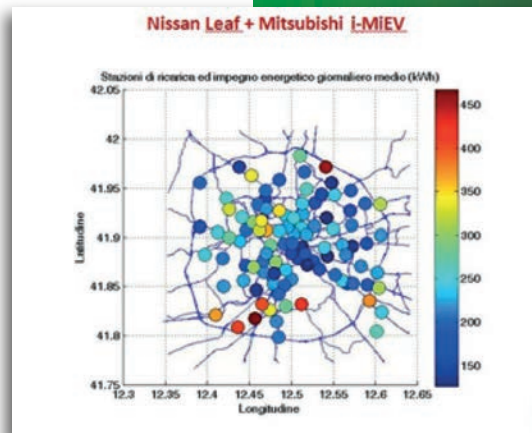
Il focus dello studio è stato quello di sviluppare nuovi strumenti per aumentare l'efficienza e l'affidabilità dei processi decisionali relativi alla pianificazione delle infrastrutture elettriche ed allo sviluppo del trasporto elettrico urbano. In particolare, lo studio si è concentrato sulle infrastrutture di ricarica per le auto elettriche che vadano incontro alle esigenze dell'eventuale utenza di vetture elettriche (approccio demand-side), in maniera da assicurare su base calcolata il rispetto del vincolo di autonomia dello spostamento mediante una dislocazione ben valutata delle stazioni di ricarica sul territorio urbano.

Lo studio si è basato sull'analisi di una grande quantità di dati raccolti dalla compagnia privata OctoTelematics. L'utilizzo nello studio della mobilità di grandi raccolte di dati geo-referenziati (Big Data), rende possibile un approccio quantitativo innovativo al problema, permettendo la costruzione di modelli di simulazione più aderenti alla realtà. I dati riguardano gli spostamenti compiuti dai veicoli nella città metropolitana di Roma e copre 6 giorni lavorativi (lunedì-sabato) del mese di Maggio 2013. Essi rappresentano un dato significativo dell'andamento del traffico urbano, coprendo circa il 6% del parco vetture circolante all'epoca del rilevamento.

L'analisi del database ha permesso di determinare il numero di viaggi effettuati nel periodo di osservazione, le distanze coperte, la distribuzione geografica dei punti di arrivo. I dati sono stati quindi opportunamente filtrati, focalizzando l'attenzione sullo studio dei viaggi casa-lavoro e degli spostamenti occasionali verso punti di attrazione al fine di individuare i parametri di distribuzione geografica e dimensionamento di potenza e di affluenza per le infrastrutture di ricarica.

La metodologia proposta in questo studio ha portato all'individuazione delle potenziali infrastrutture di ricarica nell'ambito della città di Roma, ognuna caratterizzata da un bacino di utenza distribuito su una porzione del territorio e da una taglia energetica media giornaliera.

Sebbene la pianificazione delle infrastrutture di ricarica debba necessariamente tener conto di una serie di vincoli (quali l'interazione di tale infrastruttura con il sistema elettrico territoriale, l'effettiva conformazione del territorio, le politiche nazionali e comunitarie in materia di energia elettrica, ecc. nonché l'integrazione con modelli di business che garantiscano gli opportuni ritorni economici agli operatori privati, che nel presente contesto devono necessariamente essere coinvolti in una impresa difficilmente sostenibile dal solo intervento pubblico), il presente studio vuole offrire una metodologia che permetta di gestire la domanda dei potenziali utenti di vetture elettriche.



Sicurezza di esercizio delle batterie

Le tecnologie di accumulo dell'energia per via elettrochimica utilizzano reazioni chimiche di ossidoriduzione per accumulare energia ed erogarla in forma di corrente elettrica. Queste tecnologie hanno permesso di costruire le sempre più diffuse batterie ricaricabili Litio-ione impiegate nei nostri cellulari, nei PC portatili, nei tablet e negli e-book, nelle sigarette elettroniche. Batterie che hanno una estrema versatilità costruttiva, una elevata capacità di accumulare energia per unità di peso (densità di energia), potenti e longeve. Unitamente ai sistemi basati sull'impiego di reazioni elettrochimiche che vedono il Sodio come vettore energetico (batterie Sodio-Zolfo e batterie Sodio-Cloruri metallici), le batterie Li-ione stanno trovando applicazione anche nella realizzazione dei cosiddetti sistemi di accumulo stazionario utilizzati nelle Smart-Grid per l'accumulo e la ridistribuzione dell'energia prodotta con fonti alternative.

Le batterie sono sigillate e possono apparire come "scatole magiche", ma, in determinate condizioni, possono accadere eventi incidentali che possono provocare dei danni.

Una batteria brulica di vita: elettroni e materia in movimento. Queste possono reagire tra loro anche in modi non desiderati. È dal 2012 che l'ENEA (Laboratorio DTE PCU STMA insieme alla Squadra di Pronto Intervento del CR Casaccia) indaga su questi fenomeni in un'ottica di prevenzione delle perdite (Loss Prevention), o rischi. In particolare resi stanno indagando: le condizioni di abuso in cui tali batterie possono esplodere e/o incendiarsi, l'analisi del che ciò accada; quali sono i sistemi migliori per prevenire tali rischi; quali sostanze si sviluppano in caso di incidente; come gestire un incidente e quali mezzi estinguenti utilizzare nel caso in cui si sviluppi un incendio. Naturalmente, le batterie sono tutte dotate di dispositivi di protezione ridondanti e la loro gestione in sicurezza è ulteriormente assicurata dal BMS (Battery Management System).

Dal punto di vista sperimentale, il laboratorio è dotato di una camera climatica per prove di

abuso e di un campo prove all'aperto dove si stanno conducendo prove di abuso e partecipazione al fuoco e si stanno collaudando diversi sistemi di estinzione. Il Campo Prove, impianto FARO, è il primo in Italia e uno dei pochi in Europa.

Tra gli obiettivi dell'ENEA sono: messa a punto procedure di prova e procedure di intervento in caso di incidente; fornitura di informazioni necessarie a chi realizza i locali di accumulo o di ricarica dei veicoli elettrici, contributo alla normazione di questi settori. Le attività sono finanziate dalla Ricerca di Sistema Elettrico del Ministero dello Sviluppo Economico.



Cella di prova in sicurezza



Batterie soft pouch deformate



Struttura interna di una batteria soft pouch

CITYLOG®

Software per la gestione ottimizzata delle piattaforme di distribuzione delle merci in città

CITYLOG® è un software sviluppato dall'ENEA e dal Dipartimento di Trasporti dell'Università di Roma "La Sapienza". È uno strumento di supporto alla gestione dei Centri di Distribuzione Urbana delle merci ed è quindi destinato ai gestori di tali piattaforme.

Grazie al suo ampio mercato potenziale, può risultare di interesse per le società di produzione di software industriale.

CITYLOG® suggerisce in tempo reale la migliore soluzione operativa delle attività di consegna anche in caso di arrivi casuali delle merci.

In pratica **CITYLOG®**:

- assegna la merce da consegnare sui veicoli della flotta disponibile
- stabilisce il programma temporale dei giri e l'ordinamento di consegna della merce
- definisce i percorsi ottimali sulla rete stradale urbana

Poiché il problema di ottimizzazione è di estrema complessità, **CITYLOG®** utilizza procedure euristiche avanzate (algoritmi genetici multistringa).

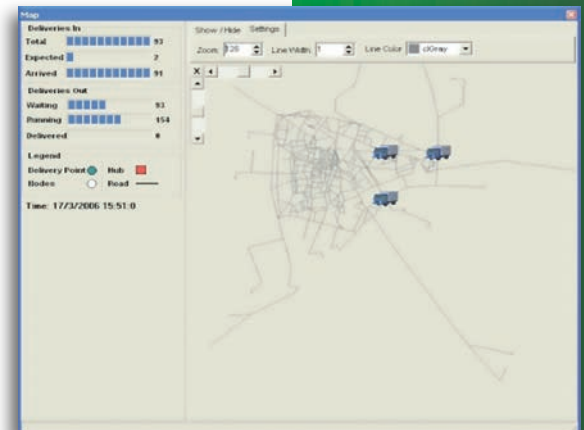
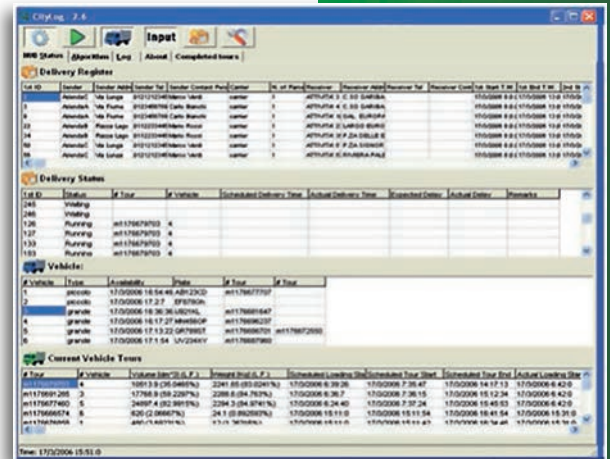
CITYLOG® si compone di:

- un'interfaccia utente
- un modulo per l'ottimizzazione in tempo reale dei giri di consegna
- un modulo di simulazione degli arrivi e dei giri, di supporto alla pianificazione di medio periodo

Inoltre **CITYLOG®** è predisposto per accogliere i dati del monitoraggio dei veicoli tramite GPS

Dati di input del modello di ottimizzazione

- quantità delle consegne
- luogo di consegna
- finestre temporali utili alla consegna
- limiti temporali della consegna
- la rete di trasporto nell'area
- la flotta veicolare (portata, capacità)
- la posizione dei luoghi di consegna (negozi, PMI, uffici pubblici, ecc.)



Molteplici sono i vantaggi che possono derivare dall'utilizzo del software CITYLOG®:

- una maggiore efficienza e qualità del servizio
- ottimizzazione dei carichi e dei percorsi
- programmazione e previsione degli orari di consegna
- simulazione dei giri di consegna e riprogrammazione in caso di anomalia
- riduzione dei tempi di consegna e degli impatti energetico ed ambientali
- controllabilità e tracciabilità delle spedizioni



EFRUD

Emissions Free Refrigerated Urban Distribution

Il progetto EFRUD, finanziato dal programma LIFE + della Commissione Europea, propone l'allestimento di un nuovo sistema di trasporto per merci fresche in città in grado di ottenere una riduzione dell'impatto ambientale prodotto dal trasporto di prodotti deperibili ed una migliore efficienza energetica. I partecipanti al progetto sono stati: Consorzio TRAIN, ROMA Capitale, Fondazione METES, ITENE di Valencia.

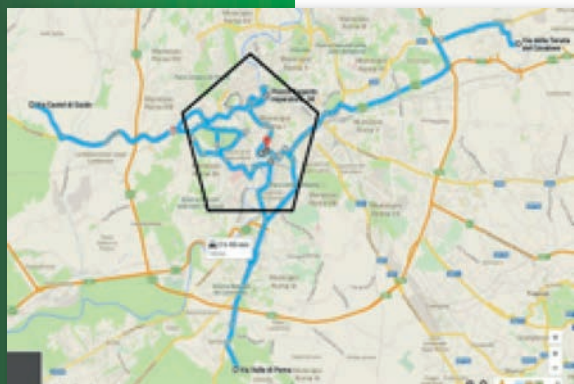
Il nuovo sistema di trasporto proposto abbina innovazioni e tecnologie già disponibili sul mercato e include un sistema innovativo per il mantenimento del fresco con una cella frigorifera basata sull'accumulo di frigoriferie (senza l'uso di un compressore), e l'uso di veicoli bimodali (elettrico/diesel) che utilizza il motore termico fuori città e il motore elettrico nei centri urbani a traffico limitato (ZTL) per rifornire di merce fresca giornaliera mercati, bar e ristoranti.

Il sistema di trasporto e consegna merci sperimentato con EFRUD comprende:

- un **veicolo bimodale** (diesel/elettrico) IVECO DAILY Mod. 35C13, equipaggiato per la trazione elettrica da Micro-Vett Spa, che può utilizzare il motore termico nei percorsi extra-urbani e la trazione elettrica nei percorsi in città;
- un **sistema diagnostico di bordo** (HW/SW) per l'acquisizione, gestione e trasmissione in tempo reale di tutti i dati cinematici ed ambientali durante le missioni di consegna merci;
- una **cella box** a bordo con un sistema di refrigerazione ad accumulo di frigoriferie (tecnologia RaFTM) che viene precaricato di freddo alla stazione di partenza con circa 14 kWh di energia elettrica al giorno;
- una **centrale operativa di controllo** a cui vengono trasmessi temperatura ed umidità della cella e tutti i dati telemetrici rilevati a bordo veicolo in modo da estrapolare parametri di controllo per stimare lo stile di guida del conducente;
- un **display** che evidenzia le condizioni di transito e regime del motore e una piattaforma di E-learning per l'orientamento degli autisti ad una guida più razionale ed ecologica tramite un display in cabina per indicazioni on-line al conducente.

Il veicolo è stato equipaggiato dall'ENEA e comprende strumentazione e sensoristica di bordo (apertura/chiusura porte, temperatura e umidità, ventilazione per stratificare l'aria all'interno della cella frigo); installazione di un sistema di bordo (HW/SW) per l'acquisizione e trasmissione dati (OBU), una interfaccia (display) per il conducente e una centrale operativa di terra per il coordinamento e gestione.

Nella sperimentazione a Roma sono state eseguite consegne nel centro storico con percorrenza complessiva di circa 8500 km, da agosto a dicembre 2012, in diversi giorni e orari. I conducenti che hanno seguito la formazione sullo stile di guida hanno ottenuto un significativo impatto in termini di riduzione di consumi di carburante ed inquinanti: (-16% Settembre, -12% Ottobre, -11% Novembre e Dicembre). Il sistema di raffreddamento ad accumulo di frigoriferie è stato in grado di mantenere la temperatura sempre al di sotto di 7-8°C senza interruzione della catena del freddo consegnando prodotti freschi a mercati rionali, bar, ristoranti e negozi in centro città. Sono stati coinvolti due operatori agricoli (Tenuta del Cavaliere, produttore di latte biologico, latticini-formaggi e Agricoltura Nuova, produttore e distributore di frutta e verdura biologica ed altri prodotti con marchio a km 0) e in tutte le tratte percorse in ZTL o isole pedonali è stata utilizzata la trazione elettrica del furgone ottenendo emissioni e rumore zero. Il monitoraggio del veicolo nelle consegne ha mostrato i consumi giornalieri di energia, i percorsi del veicolo, le emissioni di CO₂, la velocità, temperatura e umidità dei prodotti trasportati, lo stato di efficienza del veicolo con una riduzione consistente di consumi e inquinanti rispetto ad un veicolo e trasporto convenzionale ed un benefit economico anche per gli addetti alle consegne.



SMARTBUS

Trasporto a chiamata

SmartBus è un servizio sperimentale di BUS “a chiamata” nel centro storico dell’Aquila, attivo dal 19 Maggio all’autunno 2014. Il servizio sperimentale è entrato in funzione in sostituzione di parte del percorso della linea M17, per migliorare l’offerta di trasporto ed attirare nuova utenza, ed è effettuato con un veicolo bimodale (cioè a trazione diesel oppure elettrica).

Il sistema acquisisce le richieste di trasporto pervenute al centro operativo da parte dell’utenza tramite collegamento ad un sito dedicato. Un algoritmo di ottimizzazione gestisce le richieste intervenute in un determinato intervallo temporale e programma il servizio in termini di percorso ottimo (sequenza spaziale e temporale dei prelievi) compatibilmente con i vincoli di autonomia, con le esigenze di ricarica del veicolo e la capacità di trasporto. Viene quindi comunicata agli utenti l’accettazione/rifiuto della richiesta (anche tramite SMS), la fermata e l’orario di prelievo ed all’autista dell’autobus il percorso, le fermate e gli utenti prenotati su ogni fermata.

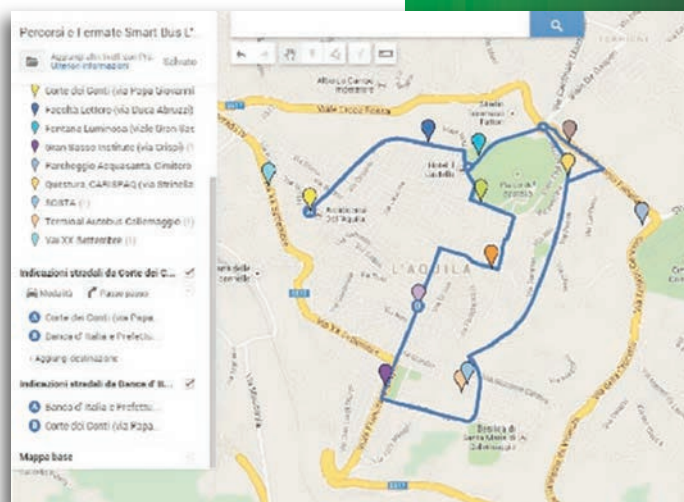
Il sistema elettronico di bordo si collega:

- con la sensoristica di bordo per la misura istantanea delle grandezze elettriche caratteristiche del motore e delle grandezze cinematiche del veicolo in movimento. Questa misura verifica in concreto ed in situazione di impiego effettivo su strada la capacità del veicolo di affrontare le esigenze di servizio di trasporto;
- con il sistema di localizzazione satellitare GPS;
- con un centro operativo di terra, in maniera bidirezionale e senza fili. Questa capacità di trasmissione permette il monitoraggio continuo del mezzo su strada da postazione remota.

Le tecnologie implementate sul mezzo consentiranno, in prospettiva, anche ricariche rapide e parziali “su strada” ad intervalli spaziali predefiniti, e quindi l’uso di un accumulo elettrico “minimo”.

La navetta è attrezzata con sistemi di analisi dei parametri più importanti di funzionamento (posizione, stato di carica batteria, velocità, passeggeri, ecc.) e di parametri ambientali relativi alla qualità dell’aria (NO2, SO2, H2S, CO), grazie al sistema NASUS, sviluppato in ENEA. La possibilità di trasmissione wireless lungo il percorso consente l’acquisizione di tali dati in tempo reale (in maniera continua e verso un centro di raccolta dati).

L’interazione autobus - struttura di terra deputata a raccogliere i dati avviene con tecnologia GSM/GPRS, e la comunicazione comprende anche la fornitura di parametri trasportistici tipici (indicatori di scorrimento del traffico incontrato lungo il percorso, di eventuali congestioni incontrate strada facendo etc.).



Sensore mobile per informazioni “fresche” sullo stato del traffico (informazioni all’utenza, regolazione semaforica locale)

Verifica in tempo reale dello stato di carica delle batterie, per l’ottimizzazione della ricarica “di opportunità”

Assegnazione di un veicolo ad un servizio in funzione delle caratteristiche del veicolo e del suo stato di carica



ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
 Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell’Energia
 Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l’Accumulo
roberto.ragona@enea.it
 UNIVERSITÀ LA SAPIENZA, Centro Trasporti e Logistica (CTL)
 A. Alessandrini; F. Cignini

MHYBUS

MISCELE METANO-IDROGENO PER IL TPL

L'aggiunta al metano dell'idrogeno, che è caratterizzato da una più bassa energia di ignizione (0.02 mJ vs. 0.29 mJ) e da una maggiore velocità del fronte di fiamma (2.6-3.2 m/s vs. 0.37-0.45 m/s), ha effetti positivi sul funzionamento di un motore a combustione interna, perché:

- migliora la combustione, e quindi il combustibile si utilizza fino in fondo;
- si aumenta il rateo di espansione effettivo, grazie all'aumento della velocità di avanzamento del fronte di fiamma, il che aumenta il lavoro ottenibile;
- si riduce la variabilità ciclica del motore, permettendo una gestione dell'anticipo più precisa, che aumenta ancora il lavoro ottenibile.

L'aggiunta di idrogeno al metano comporta quindi:

- un aumento del lavoro ottenibile a parità di energia in ingresso, e quindi un miglioramento del rendimento energetico del motore, in altre parole una riduzione dei consumi;
- una doppia riduzione delle emissioni di CO₂, sia per la suddetta riduzione dei consumi che per la sostituzione di atomi di carbonio con atomi di idrogeno, con una specie di "effetto leva".

Per contro, all'aumentare dell'idrogeno, l'energia per unità di volume della miscela diminuisce. Di conseguenza si ha nel motore una riduzione della potenza massima (a parità di pressione di alimentazione), e nelle bombole una riduzione dell'energia trasportata (a parità della pressione di fine compressione).

L'ENEA, nell'ambito del Progetto Europeo LIFE+MHYBUS, finalizzato all'utilizzo delle miscele idrogeno-metano, ha svolto una serie di attività che vanno dalla messa a punto al banco del motore al fine di ottimizzare i consumi energetici e ridurre le emissioni, allo studio degli aspetti di sicurezza, al monitoraggio delle prove su strada del mezzo. Il progetto è gestito dalla Regione Emilia Romagna e vede tra i suoi partner la SOL ed ASTRA.

La messa a punto a banco del motore è stata effettuata presso la sala prova motori da 250 kW del Laboratorio Veicoli a Basso Impatto Ambientale del Centro Ricerche ENEA Casaccia, ridisegnando la mappatura della centralina di gestione del motore in funzione delle diverse caratteristiche del combustibile.

I risultati ottenuti, molto positivi, sono stati certificati nella prova di omologazione del motore svolta dall'Istituto Motori di Napoli, ed il motore è stato rimontato a bordo di un autobus da 12 che svolge da alcuni mesi regolare servizio a Ravenna. Il mezzo si rifornisce della miscela al 15% di idrogeno presso lo stabilimento SOL, utilizzando una minicentralina di proprietà dell'ENEA.

Ad oggi (novembre 2015) il mezzo ha percorso oltre 40.000km senza dar luogo a nessun inconveniente. L'ENEA misura periodicamente (ogni 15.000 km) le prestazioni del mezzo, in termini di emissioni e di consumi, che si sono mantenute invariate, come pure non presenta alterazioni l'interno della camera di combustione.

ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia
Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo
antonino.genovese@enea.it



Vantaggi

Le miscele H₂-CH₄ nei motori a combustione interna offrono un ottimo rapporto costi/benefici (ambientali ed energetici) sia rispetto al motore alimentato ad H₂ puro, sia rispetto alla fuel cell

Infatti anche l'idrogeno ottenuto da metano può essere utilizzato nei motori a combustione interna con un bilancio positivo in termini di emissione della CO₂. Ciò non è vero per un MCI alimentato ad idrogeno puro ottenuto da metano

Un "effetto leva" uguale a 2, cioè una riduzione della CO₂ doppia di quella legata alla sola sostituzione di atomi di carbonio nel combustibile con atomi di idrogeno, equivale, in termini di utilizzo dell'idrogeno, a raddoppiarne il rendimento. Si annulla così, in pratica, il vantaggio energetico delle fuel cell

Grazie alla comunanza dei sistemi di stoccaggio e trasporto con il metano, le miscele possono costituire un sistema flessibile per consentire la crescita graduale del sistema idrogeno



Sistema batterie per minibus realizzato con moduli intelligenti litio-ione da 12V

Il Laboratorio “Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l’Accumulo” dell’ENEA, nell’ambito dei finanziamenti del Ministero dello Sviluppo Economico per la Ricerca di Sistema Elettrico ed il Progetto “ENEA-CNR per lo sviluppo del tessuto produttivo del Mezzogiorno”, ha sviluppato e realizzato un sistema batterie al litio innovativo per minibus.

Il veicolo dimostratore, rappresentativo della categoria di autobus cui è indirizzato il sistema batterie sviluppato, è un “Gulliver” della Tecnobus, fornito dal Centro Ricerche per il Trasporto e la Logistica dell’Università di Roma “La Sapienza”.

Caratteristiche principali del minibus “Gulliver”	
Peso (senza batterie di trazione)	2'800 ± 100 kg
Lunghezza	5.1 m
Passeggeri	27 (di cui 10 seduti)
Potenza trazione	25 kW (picco) 20 kW (nominale)
Consumo chilometrico medio	500 Wh/Km

Il sistema batterie è costituito da 24 unità del modulo da 12V – 60Ah, disposte a formare stringhe da 6 elementi in serie (per raggiungere la tensione nominale di alimentazione del veicolo, 72V) e 4 stringhe in parallelo. I 24 moduli batterie sono comodamente disposti nei due contenitori in cui era alloggiato il sistema batterie al piombo originario del mezzo.

Il modulo batterie (previste tre taglie: 30Ah, 60Ah, 100Ah), è costituito da quattro celle connesse in serie, più il sistema elettronico di gestione e controllo BMS (Battery Management System) ed il sistema di raffreddamento ad aria forzata. Esso è in grado di lavorare da solo (modulo “intelligente”) o connesso in combinazioni serie/parallelo per costruire sistemi batterie completi, gestiti da una scheda elettronica “master”, come nel caso del minibus. In questo modo, si possono ottenere i livelli di tensione/capacità richiesti da moltissime possibili applicazioni nel campo della trazione dei veicoli elettrici e dell’avviamento/alimentazione ausiliari (anche nel settore nautico).

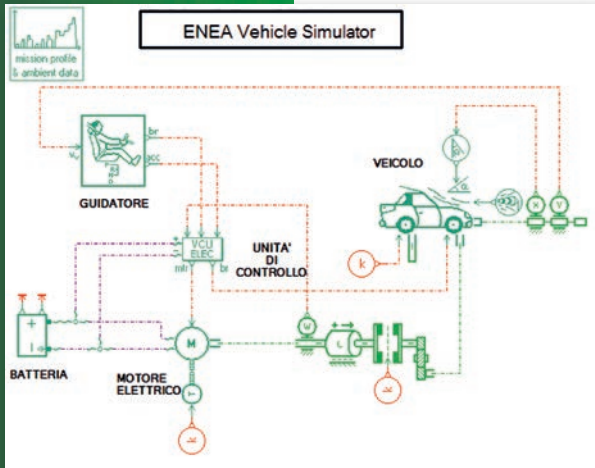
Il sistema elettronico di gestione e controllo, sviluppato in collaborazione con il Dipartimento d’“Ingegneria dell’Informazione” dell’Università di Pisa, è costituito da due schede, una per le funzioni di monitoraggio e controllo, l’altra per la realizzazione con piste di contatto dei collegamenti di segnale, mentre i collegamenti di potenza sono realizzati con conduttori di sezione adeguata. Esso provvede al monitoraggio, protezione e bilanciamento attivo dello stato di carica delle singole celle del modulo.

Le caratteristiche del modulo batterie, evidenziate da una prova vita tuttora in corso, rendono lo stesso particolarmente adatto all’installazione a bordo di autobus per il trasporto pubblico locale, predisposti per la ricarica rapida. Infatti, grazie alla presenza del sistema di raffreddamento “attivo”, è possibile la ricarica completa della batteria in 20’ (ultra-rapida) e quindi ricariche parziali di 5’-10’, durante le soste del mezzo ai capolinea, sufficienti al reintegro dell’energia utilizzata durante la marcia.



Elettificazione del trasporto pubblico nelle città

Validità e fattibilità di progetto testato su un caso di studio



L'elettificazione del servizio di Trasporto Pubblico Locale (TPL) costituisce una valida opzione per il processo di transizione verso un sistema dei trasporti più sostenibile. Tuttavia oggi l'autonomia di guida, per gli autobus alimentati a batteria, è ancora limitata e il processo di carica standard richiede diverse ore. I recenti progressi nei sistemi di accumulo ed in quelli di ricarica, consentono di superare questi vincoli tecnici, ampliando le possibilità di successo di questi progetti. L'obiettivo finale dello studio effettuato era di verificare, in termini quantitativi, in quale misura e con quale modalità le reti di autobus possano essere elettrificate utilizzando le nuove tecnologie veicolari e di ricarica, senza andare a modificare in modo significativo il servizio esistente.

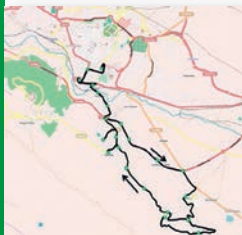
L'analisi è stata condotta su due linee a bassa frequentazione che collegano il centro della città dell'Aquila con le vicine periferie, valutando la fattibilità e

la validità della sostituzione degli autobus diesel di piccole dimensioni impiegati attualmente su queste due linee con autobus elettrici, di caratteristiche simili ma alimentati a batteria.

Allo scopo, è stata eseguita una campagna di misurazioni dotando gli autobus in servizio con dispositivi di bordo, in grado di raccogliere i dati di posizione, di velocità e di carico nel corso dell'esercizio, inclusi i trasferimenti da e per il deposito. Questo, attraverso operazioni di filtraggio e smoothing dei dati, ha consentito di estrarre il profilo di missione stagionale per ogni bus utilizzato sulle due linee, correlandolo ai dati di consumi energetico raccolti in corrispondenza delle soste al capolinea o al deposito.



Sopra:
Percorso della linea "12 A"



Di fianco:
Percorso della linea "10"

Inoltre, ENEA ha progettato e sviluppato uno strumento di simulazione del veicolo elettrico al fine di valutarne le prestazioni sul ciclo di guida reale precedentemente rilevato. Lo strumento di simulazione ha determinato, secondo per secondo, il consumo energetico del veicolo e lo stato di carica della batteria, fissata la sua capacità. Con un'operazione di trade-off, è stato possibile dimensionare il sistema di motorizzazione e di accumulo in grado di consentire l'esercizio programmato.

La sostituzione dei veicoli diesel con quelli elettrici così configurati è stata valutata attraverso un'analisi costi-benefici operata rispetto a due diversi stakeholder: l'azienda di trasporto pubblico e la collettività. In entrambi i casi, l'analisi ha dato risultati positivi, il che dimostra come gli investimenti aggiuntivi (veicoli e stazioni di ricarica) possano essere ammortizzati durante il ciclo di vita dei veicoli, grazie al risparmio dei costi energetici, in particolar modo per un uso intensivo dei mezzi, come nel caso di studio. Il posizionamento delle stazioni di ricarica nei nodi strategici della rete di trasporto pubblico è di fondamentale importanza nel determinare la fattibilità economica del provvedimento.

Scenario di base	Azienda	Collettività
Valore Attuale Netto (VAN)	€ 9.095	€ 3.473
Rapporto Beneficio/Costo (B/C)	1,05	1,02
Tasso Interno di Rendimento (TIR)	7,5%	4,3%

Procedure di prova per lo studio dell'invecchiamento e del second-life delle batterie

Le batterie ricaricabili sono un sistema di accumulo dell'energia molto importante grazie alla loro versatilità che le rende adatte ad un vasto campo di utilizzo. Tuttavia, la perdita di performance ed i guasti potrebbero rappresentare dei grossi problemi per le possibili applicazioni. Diventa quindi di fondamentale importanza riuscire a prevedere, ed eventualmente cercare di allungare, la durata di vita degli accumulatori, per avere un riscontro positivo sia in termini di affidabilità che di impatto economico.

Prevedere la durata di vita di una batteria in determinate condizioni di utilizzo è un problema tutt'altro che banale, poiché i meccanismi che portano al degrado delle batterie sono molteplici.

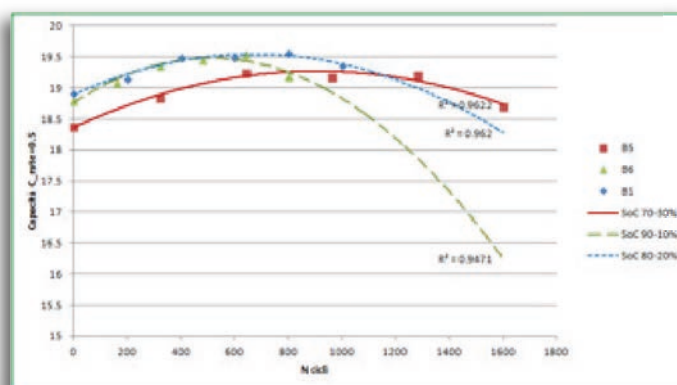
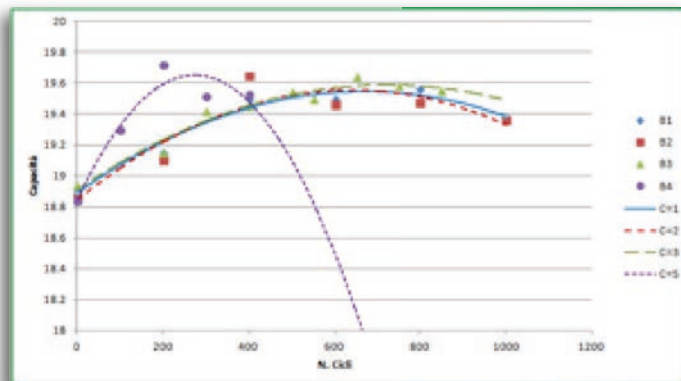
Lo studio sperimentale di degrado ed invecchiamento di celle al litio propone un protocollo di esperimenti che permette di evidenziare gli effetti dei singoli fattori di stress per le batterie sulla durata di vita delle stesse. La scelta dei fattori di stress, delle condizioni di prova, della chimica delle batterie influenza in maniera determinante i risultati delle prove vita.

Oltre a studiare i fenomeni di degrado delle celle, si studia anche l'utilizzo di celle considerate a fine vita per applicazioni di potenza per usi differenti, come ad esempio l'accumulo stazionario. Si parla in questo caso di second-life.

Le criticità maggiori nel riutilizzo delle celle in second-life per la creazione di batterie risiedono nell'assemblaggio di celle omogenee, nella definizione di criteri omogenei di ritiro e caratterizzazione delle celle, nella necessità di un'elettronica di controllo per l'ottimizzazione delle prestazioni e la gestione della sicurezza. Di fondamentale importanza è la destinazione di uso nella seconda applicazione. Il profilo di lavoro a cui saranno sottoposte le batterie realizzate con celle in second-life è cruciale nella determinazione dei criteri di ritiro e di riutilizzo delle celle stesse. Una volta identificate le caratteristiche della cella degradata, occorre individuare le correnti continuative ed 'impulsive' che non provochino il degrado veloce della cella, al fine di creare un profilo di lavoro che la cella possa sopportare con successo. Questo porta quindi all'identificazione di applicazioni compatibili con il profilo di lavoro definito. I parametri considerati per la stima del degrado sono utili per la costruzione di modelli d'invecchiamento delle batterie secondo determinati profili di lavoro in applicazioni di second life.

L'impiego di batterie al litio in applicazioni di second life è fattibile e può portare a sistemi energeticamente più efficienti ed economicamente più convenienti. I

vantaggi e benefici applicativi dovranno essere individuati e confermati sperimentalmente, con particolare attenzione alla sperimentazione di varie tecnologie di batterie al litio e all'analisi degli aspetti di sicurezza.



STREET[©]

Software per la previsione dell'evoluzione dello stato del traffico su orizzonti temporali a breve termine

STREET[©] (Short-term TRaffic Evolution for Ecasting Tool) è un'applicazione software per la diagnostica del traffico stradale e la previsione della sua evoluzione nell'immediato futuro (tra i 15 e i 60 minuti). È stato ideato e realizzato dall'Unità "Mobilità Sostenibile" dell'ENEA nell'ambito del Progetto PEGASUS del programma Industria 2015. L'applicazione è in grado di operare sia dai dati rilevati da reti diffuse di sensori fissi di traffico, sia da stime in linea dei principali parametri di traffico basate sull'elaborazione di dati anonimi di posizione GPS trasmessi da flotte di veicoli in movimento. **STREET[©]** incorpora un insieme di modelli di tipo "data-driven" (regressivi, pattern-matching e reti neurali) con diversi gradi di complessità teorica e computazionale.

Due approcci fondamentali, di tipo univariato e multivariato, possono essere applicati in **STREET[©]** per la specificazione del modello di previsione e la scelta delle variabili più significative. Nel caso di approccio "univariato" i modelli sono definiti e stimati per ciascun arco stradale e le previsioni degli stati futuri del traffico sono basate esclusivamente sulle misure/stime attuali e più recenti realizzate sull'arco di riferimento. Nel caso, di approccio "multivariato" i modelli hanno una struttura in grado di considerare come variabili in ingresso anche le fluttuazioni di traffico più recenti misurate/stimate sugli archi correlati posti a monte e a valle del tratto di strada preso in esame. Questa proprietà dei modelli riveste particolare importanza in quanto rafforza la loro capacità di cogliere/apprendere le dinamiche evolutive del traffico nello spazio e nel tempo e quindi di prevedere le diverse modalità di propagazione/ dissipazione della congestione che si possono manifestare per improvvise variazioni della domanda e/o della capacità della rete.

STREET[©] include la funzione di calibrazione/training dei valori numerici dei parametri dei modelli che viene applicata sia nella fase iniziale di messa a punto dei modelli a partire da un set di dati storici, sia per periodici aggiornamenti, particolarmente necessari nei casi in cui si manifestano importanti cambiamenti nella struttura del traffico conseguenti a modifiche delle caratteristiche fisiche e funzionali della rete viaria.

In STREET[©] è compresa la funzione di testing che consente di verificare fuori linea la capacità predittiva dei diversi modelli e di monitorare nel tempo le loro prestazioni nelle diverse situazioni di traffico attraverso il calcolo di opportuni indicatori di accuratezza delle previsioni a livello di singolo arco, di percorso e di intera rete. Questa funzione consente di individuare i punti di forza e le criticità dei modelli proposti nelle reali condizioni di utilizzo e perciò di ricavare indicazioni utili per eventuali correzioni da apportare al fine di aumentarne la loro accuratezza e affidabilità. La funzione di testing consente inoltre di definire la combinazione "ottima" delle previsioni dei diversi modelli al fine di conseguire performance superiori rispetto alle singole previsioni.

STREET[©] è dotato inoltre di una funzione di analisi in linea delle stime correnti del traffico basate sulle trasformate "Wavelet". Questa funzione consente di identificare stati del traffico anomali e di migliorare l'accuratezza dei modelli di previsione nella caratterizzazione spaziale e temporale degli eventi di congestione ricorrente e non. Il software **STREET[©]**, dotato di interfaccia utente che consente di accedere alle singole funzioni, è scritto totalmente in JAVA per assicurarne l'indipendenza dalla piattaforma sulla quale verrà eseguito.

STREET[©] è stato installato e reso funzionante sulla piattaforma telematica del sistema "Floating Car Data" di Octotelematics per la previsione del traffico sulla rete viaria di Roma.



ENEA - Dipartimento Tecnologie Energetiche
 Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia
 Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo
gaetano.valenti@enea.it

SIMP[©]

Simulatore di Mobilità Pedonale

SIMP[©] è un software in grado di simulare i flussi pedonali all'interno di ambienti strutturati, quali ad esempio le stazioni della metropolitana, al fine di migliorarne il livello di sicurezza. Il simulatore affronta le tematiche legate al comportamento pedonale considerando l'ambiente di simulazione come sistema complesso a rischio variabile nel tempo in funzione delle condizioni contingenti di traffico.

SIMP[©] è stato sviluppato attraverso l'utilizzo di strumenti di simulazione ad agenti autonomi: unità computazionali dotate di percezione (informazioni ricevute dall'ambiente in base alle particolari proprietà sensoriali), ragionamento (data processing), ed autonomia (compiere azioni per realizzare determinati obiettivi), partendo dalle planimetrie dell'ambiente e dai dati numerici di affluenza delle persone.

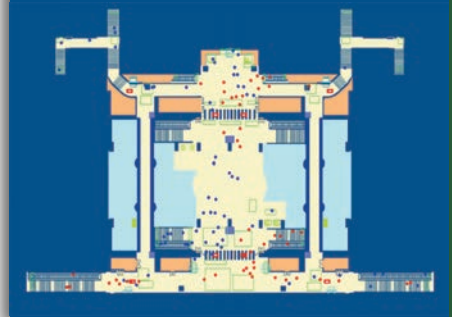
Partendo dalla planimetria dell'ambiente in esame, dallo studio delle direzione dei flussi e dai dati numerici medi sull'affluenza delle persone nell'ambiente stesso, **SIMP[©]** è in grado di:

- modellare comportamenti collettivi emergenti a partire dallo studio del comportamento del singolo individuo
- caratterizzare la dinamica pedonale al variare delle condizioni al contorno, sia in situazioni di gestione ordinaria, che in condizioni di criticità
- testare le planimetrie dell'ambiente in fase di progettazione

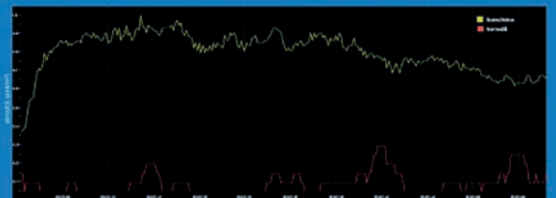
SIMP[©] è utile per:

- migliorare il controllo e la supervisione della mobilità
- diagnosticare in modo precoce eventuali criticità o turbolenze nel deflusso pedonale
- gestire efficacemente le emergenze
- ottenere adeguamenti geometrici e strutturali dell'ambiente di studio
- testare criteri di sicurezza negli ambienti ad elevata affluenza di persone

Simulazione effettuata all'interno dell'atrio della stazione metropolitana di Torino "Porta Nuova". Gli agenti sono distinti per colore in base alla direzione di cammino: in entrata nella stazione (cerchi in blu) e in uscita (cerchi in rosso). I tempi di arrivo dei treni e i flussi in entrata ed in uscita sono stati calibrati sulla base dei dati medi reali rilevati da GTT (Gruppo Torinese Trasporti).



SIMP consente inoltre la visualizzazione durante la simulazione di alcune informazioni come la densità di persone in determinate aree o i tempi di percorrenza di percorsi specifici. Nella figura in basso è riportato un grafico della densità (espressa in pedoni per metro quadro) in banchina e nell'area adiacente ai tornelli della stazione di Torino "Porta Nuova".



L'agente i possiede un certo settore di visibilità identificato dalla coppia raggio-angolo di visibilità (RV, γ). Ciascun agente è inoltre provvisto di una serie di obiettivi spaziali (obji) da raggiungere con una specifica velocità desiderata vdes. Nella figura l'agente i nota che l'obiettivo obji è occupato e decide di cambiare autonomamente la propria velocità desiderata.

Se un particolare agente j entra nel settore di visibilità dell'agente i, quest'ultimo valuterà la possibilità di impattare j proiettando se stesso e l'agente rilevato lungo le rispettive direzioni di moto. In caso di possibile impatto il pedone i applicherà a se stesso una forza di "avoidance" (in modulo inversamente proporzionale alla distanza fra i e j).

Gli agenti interagiscono inoltre con l'ambiente circostante e con gli ostacoli in esso presenti come ad esempio i muri o le colonne. Anche in questo caso l'agente i compirà una stima della probabilità di impatto con l'ostacolo e, se necessario, applicherà a se stesso una forza in grado di fargli evitare l'ostacolo stesso.



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

Dipartimento Tecnologie Energetiche

Ing. Gian Piero Celata



Divisione Produzione, Conversione e Uso Efficiente dell'Energia

Ing. Stefano Gianmartini



Laboratorio Sistemi e Tecnologie per la Mobilità e l'Accumulo

Ing. Giovanni Pedè

www.enea.it