

Ricerca di Sistema elettrico



LA 3.22 - Mobilità urbana: Specifiche funzionali e formulazione modellistica

M. Corazza, F. Karagulian, M. Lelli, C. Liberto, S. Orchi, G. Valenti

LA3.22 - MOBILITÀ URBANA: SPECIFICHE FUNZIONALI E FORMULAZIONE MODELLISTICA

M. Corazza, F. Karagulian, M. Lelli, C. Liberto, S. Orchi, G. Valenti

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: *Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti*

Progetto: *Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali*

Linea di attività: 3.22

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni ENEA

Responsabile Linea di Attività: Matteo Corazza, ENEA

Mese inizio previsto: 1

Mese inizio effettivo: 1

Mese fine previsto: 18

Mese fine effettivo: 18

Indice

1	RISULTATI ATTESI	3
2	RISULTATI OTTENUTI.....	4
3	PRODOTTI ATTESI.....	5
4	PRODOTTI SVILUPPATI	6
5	ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI	7
6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	8
7	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	9
8	CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE.....	15
9	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE.....	16
10	EVENTI DI DISSEMINAZIONE	17

1 Risultati attesi

La presente LA (3.22), afferente al task “Mobilità Urbana”, mira a definire la struttura teorico-metodologica e l’architettura software di una piattaforma modellistica, accessibile via WEB, di supporto a decisori e tecnici nell’analisi e pianificazione di politiche e misure per la sostenibilità e la decarbonizzazione della mobilità urbana, oggi quanto mai necessarie e urgenti.

Il task “Mobilità Urbana”, organizzato in cinque LA (da LA 3.22 a LA 3.26), sarà svolto in stretta collaborazione con il DICITA (Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche) dell’Università di Roma TRE, il quale sarà responsabile delle LA 3.24, 3.25 e 3.26.

Le LA 3.22 e 3.24 sono programmate nel periodo compreso tra gennaio 2022 e giugno 2023.

Il task “Mobilità Urbana” interagisce con il task “Ricarica BEV” (da LA 3.18 a 3.21), il cui scopo è di fornire previsioni modellistiche sui profili di ricarica giornalieri legati a scenari di elettrificazione del parco auto circolante e delle flotte del TPL su gomma in esercizio nell’area di applicazione.

All’interno della presente LA è prevista una fase preliminare per la raccolta ed elaborazione dei dataset disponibili necessari per la progettazione e sviluppo delle funzioni della piattaforma.

Saranno studiate e formulate le procedure di simulazione delle catene di spostamenti effettuate in auto, di modellizzazione delle scelte di viaggio sulla rete TPL, di calcolo del fabbisogno energetico e delle emissioni di sostanze inquinanti e climalteranti. Saranno definiti gli approcci per quantificare le esternalità generate dal sistema di mobilità che si ripercuotono negativamente sulla collettività in termini di costi ambientali e sociali. Le attività comprenderanno anche la configurazione del nuovo ambiente di sviluppo e funzionamento della piattaforma e la progettazione della struttura relazionale del geo-database utilizzato per l’archiviazione e gestione di informazioni geografiche e territoriali, dei dati di input e dei risultati delle elaborazioni prodotte dai singoli moduli componenti la piattaforma.

I principali risultati attesi di questa linea di attività possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- Definizione dei requisiti e progettazione dei componenti funzionali;
- Elaborazione degli spostamenti di persone e veicoli ed estrazione dei parametri per la modellizzazione;
- Formulazione delle procedure di simulazione delle catene di viaggi e calcolo degli indicatori di impatto;
- Aggiornamento e ampliamento degli archivi del geo-database.

2 Risultati ottenuti

Il lavoro svolto nella presente LA ha raggiunto gli obiettivi prefissati, stabilendo così le basi metodologiche e strumentali necessarie per la successiva e conclusiva fase di sviluppo e validazione dei componenti funzionali della piattaforma modellistica. Caso di studio e sperimentazione della piattaforma è il sistema di mobilità nell'area metropolitana di Roma. A tal fine sono stati acquisiti e utilizzati i dataset relativi al contesto di sperimentazione forniti da Roma Servizi per la Mobilità (RSM), la società di Roma Capitale responsabile delle attività strategiche di pianificazione e supervisione della mobilità nella Capitale.

In sintesi, riguardo a ciascun obiettivo prefissato, sono stati raggiunti i seguenti risultati:

2.1 Definizione dei requisiti e progettazione dei componenti funzionali

È stata definita la nuova architettura di sviluppo della piattaforma e la sua organizzazione in moduli funzionali. È stato allestito l'ambiente hardware e software della piattaforma, accessibile da web, per garantire e agevolare lo svolgimento di tutte le attività necessarie allo sviluppo modellistico, alla gestione del geo-database ed alla messa a punto dell'interfaccia utente per l'accesso alle applicazioni e la visualizzazione dei risultati. Riguardo all'interfaccia utente, è stato predisposto un primo prototipo di back-end e front-end che sarà perfezionato e validato nella successiva fase di sperimentazione della piattaforma modellistica.

2.2 Elaborazione degli spostamenti di persone e veicoli ed estrazione dei parametri per la modellizzazione

Sono stati analizzati i dataset forniti da Roma Servizi per la Mobilità per identificare i parametri e le statistiche più rilevanti ai fini della modellizzazione delle traiettorie sintetiche di mobilità dei veicoli privati. Sono state messe a punto le modalità di estrazione, calcolo e caratterizzazione dei parametri più idonei a descrivere e rappresentare le scelte di mobilità ed i profili di sosta dei singoli individui. Sono state definite le procedure per la caratterizzazione statistica degli spostamenti effettuati in auto tra le diverse zone della città in termini di tempi e distanze percorse.

2.3 Formulazione delle procedure di simulazione delle catene di viaggi e calcolo degli indicatori di impatto

È stato definito l'intero percorso metodologico, dall'estrazione di dati e parametri di viaggio dai dataset, fino al calcolo di indicatori trasportistici, energetici ed ambientali. Sono state studiate le nuove procedure di simulazione delle catene di spostamenti generati da residenti e non residenti (city users), sia in auto che con il trasporto pubblico. Sono state aggiornate le formulazioni di stima dei consumi energetici e delle emissioni di sostanze climalteranti dalla fonte alla ruota sviluppate nel triennio precedente. Sono state definite le nuove formulazioni per il calcolo delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici più soggetti a limitazioni, in particolare: gli ossidi di azoto (NOx), gli idrocarburi incombusti non metanici (NMHC) ed il particolato (PM). Sono stati elaborati gli approcci per la valutazione delle esternalità generate dalla mobilità urbana.

2.4 Aggiornamento e ampliamento degli archivi del geo-database

È stata predisposta una prima versione del geo-database, in ambiente PostgreSQL/PostGIS, mediante la definizione di un apposito tool di sviluppo e controllo realizzato in ambiente Python. Le tabelle create coprono una vasta gamma di dati statistici legati al territorio, inclusi dati geografici, demografici e socio-economici. Le tabelle create includono anche le tracce GPS e le traiettorie estratte dal campione FCD fornito da Roma Servizi per la Mobilità. Questi dataset, filtrati ed elaborati, costituiscono una solida base di riferimento per la fase conclusiva di sperimentazione dell'impianto modellistico e di sviluppo delle interfacce utente.

3 Prodotti attesi

Al termine di questa LA, è prevista la pubblicazione del report intitolato 'Mobilità urbana: Specifiche funzionali e formulazione modellistica (LA 3.22)'.

Nella presente LA non è previsto il rilascio di prodotti hardware o software.

Il suo obiettivo principale è la definizione del quadro teorico-metodologico e dell'architettura di sviluppo della piattaforma modellistica. Questa fase include la creazione di un ambiente prototipale, sia hardware che software, per l'implementazione della piattaforma. Lo sviluppo e la convalida sperimentale della piattaforma sono, invece, pianificati nella seconda e ultima fase del triennio di ricerca. A conclusione delle attività di convalida, è previsto il rilascio della versione software definitiva.

4 Prodotti sviluppati

Come previsto, a conclusione di questa LA, è stato rilasciato il report intitolato 'Mobilità urbana: Specifiche funzionali e formulazione modellistica (LA 3.22)', insieme al relativo allegato.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

In questa LA non sono stati riscontrati scostamenti rispetto alle attività programmate o ai risultati attesi.

6 Sintesi delle attività svolte

Il lavoro svolto nella presente LA ha raggiunto gli obiettivi prefissati, stabilendo così le basi metodologiche e strumentali necessarie per la successiva fase di sviluppo e validazione dei componenti funzionali della piattaforma modellistica.

È stata definita la nuova architettura di sviluppo della piattaforma e la sua organizzazione in moduli funzionali. È stato allestito l'ambiente hardware e software della piattaforma, accessibile da web, per garantire e agevolare lo svolgimento di tutte le attività necessarie allo sviluppo modellistico, alla gestione del geo-database ed alla messa a punto dell'interfaccia utente per l'accesso alle applicazioni e la visualizzazione dei risultati. È stato definito l'intero percorso metodologico, dall'estrazione di dati e parametri di viaggio dai dataset, fino al calcolo di indicatori trasportistici, energetici ed ambientali.

7 Dettaglio delle attività svolte

La presente LA (3.22), afferente al task "Mobilità Urbana", è stata portata a termine con successo, rispettando le tempistiche pianificate e le risorse allocate per il raggiungimento dei risultati attesi.

Il task, articolato in cinque LA (da LA 3.22 a LA 3.26), propone di innovare i processi di pianificazione della mobilità urbana, puntando allo sviluppo di una piattaforma modellistica di supporto alle fasi conoscitive e valutative preparatorie all'adozione di misure in favore della sostenibilità e della decarbonizzazione del trasporto di persone nelle città.

Il lavoro svolto nella presente LA, insieme al contributo fornito dalla LA 3.24 svolta dal DICITA (Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica e delle Tecnologie Aeronautiche), completa la prima fase del task ponendo le basi metodologiche e strumentali necessarie per lo svolgimento della successiva e conclusiva fase di sviluppo e convalida della piattaforma modellistica.

È stato sottoscritto un accordo con Roma Servizi per la Mobilità (RSM) per l'acquisizione e l'utilizzo dei dataset necessari per la realizzazione del geo-database e la formulazione modellistica. L'accordo, stipulato per esclusivi scopi di ricerca, costituisce inoltre un importante riferimento per le future attività sperimentali di convalida della piattaforma e di promozione dei risultati della ricerca.

In questa LA è stata completata la definizione della nuova architettura hardware e software della piattaforma.

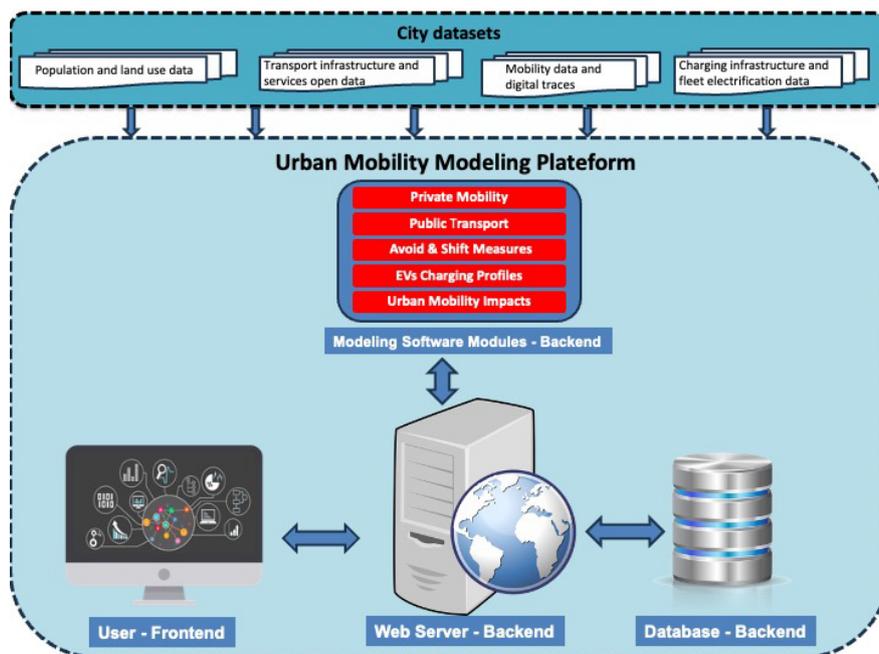


Figura 1: Architettura e componenti della piattaforma

È stato inoltre costruito l'intero percorso metodologico, dall'estrazione dei dati e dei parametri modellistici a partire dai dataset grezzi forniti da RSM, fino alle formulazioni modellistiche per il calcolo di indicatori trasportistici, energetici ed ambientali.

Nelle sezioni che seguono sono riportati i dettagli delle attività svolte e dei risultati conseguiti per ciascun componente funzionale della piattaforma.

7.1 L'ambiente hardware e software della piattaforma

È stato allestito l'ambiente hardware e software della piattaforma, accessibile da web, propedeutico e funzionale allo sviluppo modellistico, alla creazione e gestione del geo-database ed alla realizzazione dell'interfaccia utente per l'accesso alle applicazioni e la visualizzazione dei risultati.

È stato acquistato e configurato un server dedicato HP (ProLiant ML350 Gen10) presso il laboratorio TERIN-PSU-STMS. La connessione al server da remoto è resa possibile attraverso SSH (Secure Shell). È stato

configurato un repository (GitLab Enterprise Edition) all'interno del server, il quale consente di sviluppare e condividere i codici implementati e di gestire contemporaneamente le modifiche apportate al lavoro dai diversi sviluppatori coinvolti nel progetto. Infine, è stata acquistata e configurata una Workstation HP Z8 Gen4, direttamente connessa al Server tramite una linea dedicata, per l'esecuzione di simulazioni complesse e la gestione di algoritmi avanzati.

7.2 La piattaforma Web-Server

La piattaforma **Web Server** è stata concepita per permettere agli utenti l'accesso da remoto alle procedure di calcolo e visualizzazione dei dati e dei risultati. A questo scopo, è stato predisposto un prototipo di back-end e front-end che sarà perfezionato e validato nella successiva fase di sperimentazione.

Nel back-end si trovano gli algoritmi di calcolo, mentre nel front-end si trovano le procedure per la pubblicazione dei contenuti su web. Il back-end è stato realizzato con il programma open source "**Flask**", un micro-framework per applicazioni Web scritto in **Python** (Figura 2).

Il front-end è stato realizzato utilizzando i tradizionali linguaggi **HTML** (HyperText Markup Language), **JavaScript** e **CSS**. La componente HTML costituisce l'architettura della pagina Web, mentre la componente JavaScript consente una visualizzazione sia statica che dinamica dei dati provenienti dal back-end. Infine, la componente CSS si occupa della formattazione grafica della pagina Web.

Il front-end è stato progettato come un pannello di controllo, nel quale gli utenti hanno la possibilità di attivare le procedure di calcolo nel back-end e di interazione con il database, come illustrato nella Figura 2.

La piattaforma è resa accessibile via web tramite l'applicazione Web server di **Apache2**, la quale sfrutta il Web Server Gateway Interface (WSGI) per consentire l'accesso all'applicazione Flask e, di conseguenza, al back-end della piattaforma. È stata sviluppata una prima versione della piattaforma a cui **sarà assegnato un indirizzo IP pubblico per l'accesso**.

I risultati delle elaborazioni possono essere facilmente richiamati dall'utente attraverso il front-end per realizzare prodotti visualizzabili su una pagina web. Le funzionalità e i risultati delle elaborazioni della piattaforma possono essere scelti attraverso un pannello di controllo o **dashboard** e rappresentati secondo differenti aggregazioni temporali e spaziali come illustrato nella figura qui di seguito.

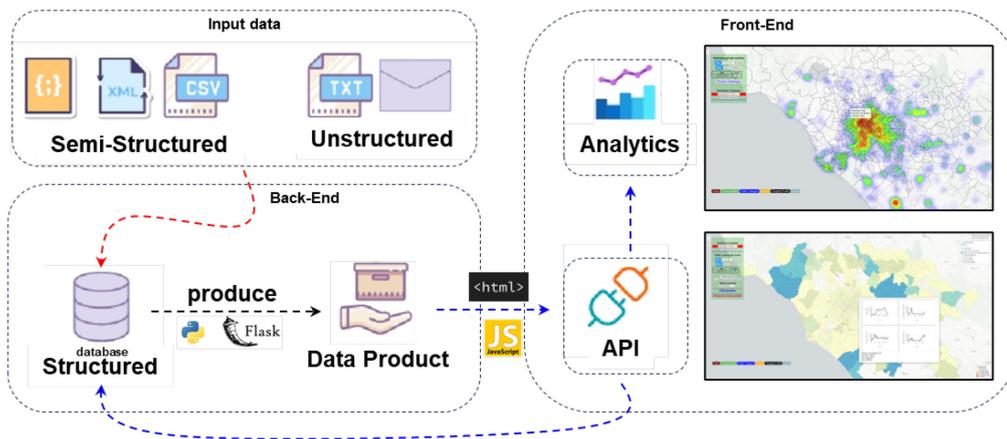


Figura 2: Workflow del sistema web server

7.3 Il Geo-database

Il **geo-database**, pensato come collettore di tutti i moduli modellistici, è stato implementato in versione non definitiva sul Server HP (ProLiant ML350 Gen10) in ambiente **PostgreSQL**. La gestione delle tabelle, delle indicizzazioni e dei vincoli tra campi appartenenti a diverse tabelle è stata implementata attraverso codice python.

Il geo-database è dotato di una estensione **PostGIS** ed è diviso in diverse sezioni, definite in base alle diverse funzionalità della piattaforma e identificate mediante schemi (contenitori di tabelle). In generale, gli schemi

identificano diverse aree applicative, a partire da una differenziazione fra trasporto privato e pubblico, e fra analisi di dati sperimentali o simulazioni associate a dati derivati in modo statistico.

Più in dettaglio, lo **schema fcd** è lo schema contenente i dati fondamentali per i modelli che lavorano sulla mobilità privata a partire da osservazioni. Al suo interno la tabella omonima fcd contiene tutti i record 'floating car data' disponibili per il progetto. Il numero di record fcd è caratterizzato da un ordine di grandezza di diversi milioni, per cui è stato scelto di partizionare la tabella in 20 sottotabelle attraverso un partizionamento di tipo 'hash'. A partire dai dati fcd sono stati estratti i viaggi (tabella trips) dei veicoli (tabella **vehicles**), le posizioni di partenza e arrivo (**staypoints** e poi – points of interest), le sequenze di viaggi (**journeys**). Ad ognuna di queste tipologie di viaggi vengono inoltre associate variabili descrittive dei consumi e delle emissioni, archiviati nelle tabelle **externalities**.

Lo schema network contiene i dati del grafo utilizzato all'interno del progetto, nodi, archi e svolte proibite. Lo schema zones contiene i dati rappresentativi delle zone in è stato scelto di suddividere il territorio, lo schema **gen** contiene informazioni generali e statistiche di base sul contesto di analisi. Lo schema **recharge** contiene tutte le tabelle relative alla parte di progetto finalizzata allo studio dei comportamenti di ricarica e delle infrastrutture di ricarica per la mobilità elettrica. Lo schema cost è invece finalizzato alla gestione dei parametri e dei risultati statistici relativi ai consumi, ai costi e alle emissioni dei veicoli coinvolti nelle simulazioni del progetto. Lo schema **Odpub** contiene i risultati delle elaborazioni per coppie Origine/Destinazione (O/D) e fascia oraria su percorsi, distanze e tempi di percorrenza sulla rete TPL. Lo schema odpriv contiene le statistiche per coppie O/D e fascia oraria su tempi e distanze percorse con auto privata. Infine, synt contiene le informazioni relative alle traiettorie sintetiche rappresentative della mobilità veicolare privata nell'area di studio generate dal modulo Private Mobility.

7.4 L'impianto modellistico

L'impianto modellistico incorpora 5 moduli funzionali: 1) Private Mobility, 2) Public Transport, 3) Impacts, 4) Avoid/Shift Measures e 5) EVs Charging Profile. La formulazione e l'integrazione dei moduli 4 (DICITA) e 5 (task "Ricarica BEV") nella piattaforma sono pianificate nella seconda parte del triennio.

7.4.1 Il modulo Private Mobility

Questo modulo mira a riprodurre con elevata accuratezza l'andamento circadiano della mobilità nelle città attraverso una caratterizzazione dei comportamenti individuali non in termini di singoli viaggi, ma di catene di **spostamenti su base giornaliera tra zone di traffico**.

A tal fine, la presente attività ha richiesto l'aggiornamento e l'estensione dei lavori svolti nel precedente triennio rivolgendosi ad un approccio stocastico che sia in grado di far emergere **l'eterogeneità dei profili spazio-temporali relativi ai movimenti della popolazione** e di catturare le leggi di scala e le proprietà statistiche della mobilità privata.

La **formulazione modellistica** si basa principalmente su dati provenienti da tracce GPS di un campione di veicoli privati circolanti all'interno dell'area metropolitana di Roma (FCD) ed è pertanto strettamente correlata alle attività di pre-processing e filtraggio dati svolte dall'Università di Roma Tre.

Per rappresentare la sequenza di eventi all'interno di un trip si farà riferimento a un processo stocastico (ad esempio processi di Markov nascosti (HMM) o modelli di Markov a tempo discreto) in cui lo stato (sosta o spostamento O-D) all'istante t del singolo individuo è determinato da predefinite variabili e informazioni rilevanti. Alcune di queste fanno riferimento ad informazioni di carattere generale, ad esempio la tipologia di spostamento (lavorativo, ritorno a casa, altro), le zone interessate dallo spostamento, il giorno della settimana e l'orario in cui avviene lo spostamento, la distanza percorsa (e.g. Figura 3) e il tempo impiegato, e il numero totale di spostamenti/soste effettuati durante il giorno. Altre sono invece legate ad attributi individuali, come la specifica categoria veicolare assegnata a partire dal parco circolante, l'eventuale residenza e luogo di lavoro, o la particolare propensione/sistematicità di esplorazione dello spazio circostante (raggio di girazione, entropia). La stima delle distribuzioni di probabilità delle variabili chiave e la probabilità di transizione tra diversi stati è stata realizzata sulla base delle sequenze di tracce FCD pre-processate.

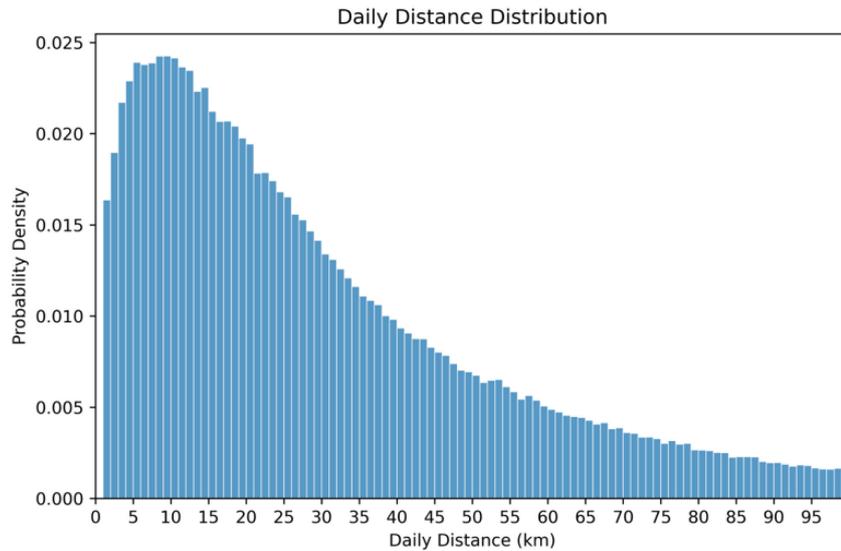


Figura 3: Distribuzione delle distanze percorse giornalmente

7.4.2 Il modulo Public Transport

Il modulo è finalizzato alla modellizzazione e calcolo di indicatori di valutazione della rete dei servizi di trasporto collettivo ferro/gomma. Questi indicatori coprono più aspetti come l'accessibilità, l'efficacia, l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale del trasporto collettivo.

L'attività svolta è consistita nella definizione e codifica in python di un algoritmo di tipo **CSA (Connection Scan Algorithm)** per il calcolo dei percorsi (**routing**) nell'ambito delle reti di trasporto multimodale (bus, tram, metro e ferrovie locali). Lo script implementato permette di individuare il **percorso multimodale migliore** tra l'origine e la destinazione dello spostamento ad un certo istante di un preciso giorno, utilizzando gli orari programmati delle singole corse della rete dei servizi **TPL**, la rete pedonale di accesso ed egresso dalle singole fermate e le connessioni disponibili per i trasbordi. L'output include inoltre i tempi a piedi, a bordo e di attesa alle fermate come riportato in Figura 4.

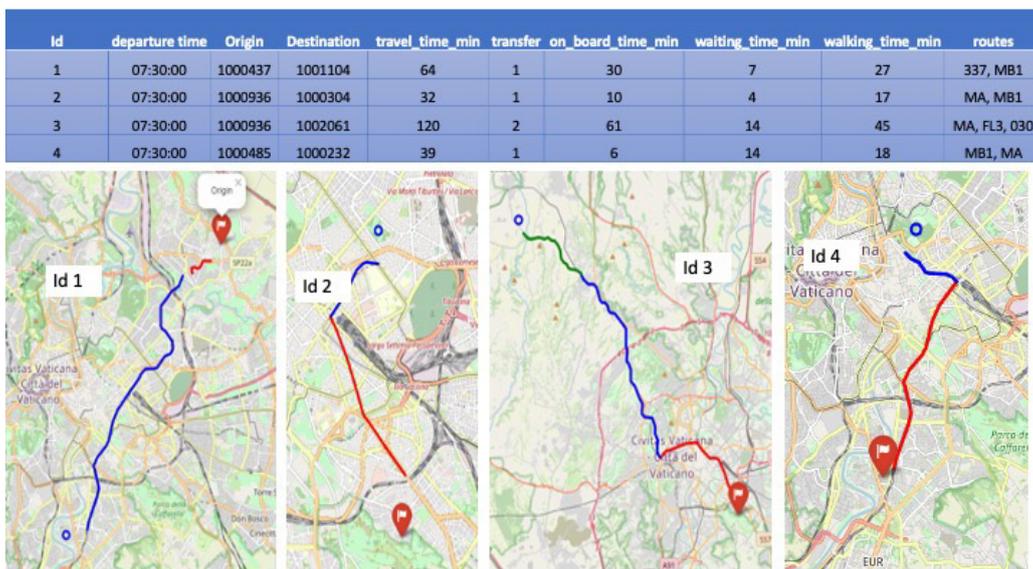


Figura 4: Esempi di output del modello di routing

La base informativa di riferimento per lo script di routing è costituita dai dati open pubblicati da RSM nel formato standard **GTFS (General Transit Feed Specification)**. Lo script utilizza, inoltre, i dati geografici e gli

attributi del grafo stradale presenti negli archivi **OpenStreetMap** per la rappresentazione della rete pedonale di riferimento e la ricostruzione dei percorsi a piedi tra l'origine dello spostamento e la fermata di accesso al TPL, tra fermata e fermata per i trasbordi e tra la fermata di ingresso e la destinazione dello spostamento. Lo script elabora e predispone tutti i dati necessari alle procedure di calcolo degli indicatori di accessibilità, efficienza energetica e sostenibilità ambientale della rete dei servizi TPL. Tali procedure saranno sviluppate in collaborazione con il DICITA nel corso della seconda parte del triennio.

7.4.3 Il modulo Impacts

L'attività svolta ha riguardato, prima di tutto, l'aggiornamento dei seguenti parametri del **modulo Emucons** sviluppato nel PRT 2019-2021:

1. i coefficienti per il calcolo del consumo specifico, alla luce della nuova edizione dell'[Appendice](#) alle Linee Guida "1.A.3.b.i-iv Road transport" dell'AEA-Corinair per gli Inventari Nazionali,
2. i fattori di consumo ed **emissione di CO₂** nel ciclo di vita dei vettori energetici (**Wheel-To-Tank**), secondo la nuova edizione del Rapporto "[JEC well-to-tank report v5](#)". Il fattore WTT per la produzione e distribuzione dell'energia elettrica è stato calcolato dai dati nazionali rilevati da [ISPRA](#)
3. i **coefficienti di miscelazione dei biocarburanti**, per i quali si è ricorso ai dati del Rapporto "[Energia nel settore Trasporti 2005-2021](#)" del GSE.

Le curve consumo-velocità delle autovetture elettriche a batteria (BEV), risultato di una campagna di misure effettuate con la **Nissan LEAF** in dotazione dell'ENEA, sono state sostituite con le nuove curve dell'Appendice Corinair suddetta. In Figura 5 si riportano, come esempio, le curve per il segmento delle auto medie.

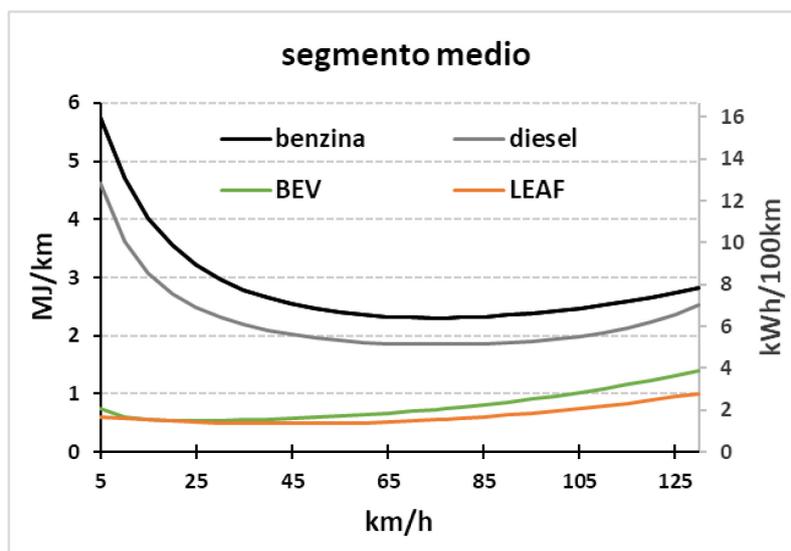


Figura 5: Curve del consumo specifico

Il modello Emucons è stato, inoltre, arricchito di nuove subroutine per il calcolo delle emissioni di metano e dei principali inquinanti atmosferici emessi dagli autoveicoli: **Ossidi di azoto (NOx)**, **Idrocarburi non metanici (NMHC)** e **Particolato fine (PM2.5)**.

Le emissioni sono calcolate utilizzando la curva generale Corinair¹, tranne che per il metano e il particolato e per tutte le emissioni dei bus a gas naturale compresso anteriori allo standard emissivo EEV. In questi casi i fattori di emissione sono differenziati per 4 diverse condizioni di traffico.

¹ Se ne riporta la formula in funzione della velocità media (V): $FE [g/km] = (\alpha \cdot V^2 + \beta \cdot V + \gamma + \delta/V) / (\epsilon \cdot V^2 + \zeta \cdot V + \eta) \cdot (1 - RF)$

E' stata inoltre aggiunto script per il calcolo del PM2,5 emesso dall'abrasione dei freni, dei pneumatici e della strada (PM non exhaust), secondo le Linee Guida "[1.A.3.b.vi-vii-Road-tyre-and-brake-wear](#)" dell'AEA-Corinair.

Infine, è stata elaborata la metodologia di stima delle **esternalità generate dalla mobilità urbana** sulla base delle recenti edizioni del manuale europeo sui costi esterni generati dai trasporti. Le principali componenti di costo considerate riguardano: **l'incidentalità, l'inquinamento atmosferico e acustico, i cambiamenti climatici**, la fase di produzione delle fonti primarie di energia dalla sorgente al serbatoio e la perdita di habitat. A queste, si aggiunge la **stima economica del costo privato del valore del tempo di viaggio**. La metodologia di stima dei costi esterni è strettamente connessa e funzionale alle analisi economiche relative a scenari di efficientamento energetico e decarbonizzazione del sistema di mobilità urbana.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

La Linea di Attività 3.24, condotta dal DICITA dell'Università di Roma TRE, ha dato un importante contributo alle attività sopradescritte.

Questa linea di attività, svolta tra gennaio e giugno 2023, è stata finalizzata alla progettazione e sviluppo di procedure pre-processamento e script per il filtraggio delle tracce FCD in formato grezzo, la ricostruzione dei percorsi di ciascun veicolo del campione ed il caricamento delle tabelle del geo-database a seguito delle suddette procedure di pre-processamento.

La linea di attività ha fornito un contributo determinante alle attività di progettazione e popolamento delle tabelle del geo-database finalizzate alla gestione delle tracce FCD registrate nell'area Metropolitana di Roma. Essa ha inoltre garantito un supporto concreto per lo svolgimento delle attività di clustering dei profili di mobilità e di parametrizzazione delle scelte di viaggio.

9 Pubblicazioni scientifiche

Visto il carattere preliminare delle attività svolte nella presente LA orientate alla progettazione dei componenti funzionali della piattaforma, non sono state prodotte pubblicazioni scientifiche sui risultati dall'attività svolta.

10 Eventi di disseminazione

Visto il carattere preliminare delle attività svolte nella presente LA orientate alla progettazione dei componenti funzionali della piattaforma, non sono stati organizzati eventi di disseminazione.