



Comune di Bologna



Sostenibilità
è Bologna



PUMS
BOLOGNA
METROPOLITANA

RTI Progettisti:

SYSTRA SOTECNI
SYSTRA GROUP



STUDIO MATTIOLI
Ambiente - Ingegneria - Energia



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE - DIRETTRICE CORTICELLA-CASTEL MAGGIORE)

FSC

Fondo per lo Sviluppo
e la Coesione

Intervento finanziato con risorse
FSC 2014-2020 - Piano operativo della Città
metropolitana di Bologna
Delibera CIPE n.75/2017



STUDI SPECIALISTICI Studio trasportistico Relazione

COMUNE DI BOLOGNA
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ING. BARBARA BARALDI

GEOM. AGNESE FERRO

Aech. VIRGINIA BORRELLO

RESPONSABILE DI COMMESSA

ING. PAOLO MARCHETTI

RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. SANTI CAMINITI

Gruppo di Progettazione:

Ing. Alessandro Piazza (Coordinatore Tecnico)
Ing. Santi Caminiti (Progetto sistemi tranviari)
Ing. Andrea Spinosa (Studi Trasportistici)
Arch. Sebastiano Fulci De Sarno (Prog. Architettonico e Inser. Urbanistico)
Ing. Sergio Di Nicola (Sovrastruttura Tranviaria)
Ing. Jeremie Wajs (Impianti Tecnologici)
Ing. Maurizio Falzea (Esperto Armamento)
Ing. Giorgio Coletti (Progettazione Funzionale Depositi)
Ing. Pietro Caminiti (Viabilità Interferente)
Ing. Stefano Tortella (Opere Strutturali)
Ing. Andrea Carlucci (Esperto Impianti Elettro-ferroviari)
Ing. Domenico D'Apollonio (Impianti di Trazione Elettrica)
Ing. Matteo Mariotti (Impianti Meccanici)
Arch. Sergio Moscheo (Prime Disposizioni per la Sicurezza)
Ing. Boris. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)
Prof. Matteo Mattioli (Valutazione impatto ambientale e impatto acustico)

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381-C	SF	GPR	RT001	B		B381-C-SF-GPR-RT001B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	31-12-2018	EMISSIONE	SPINOSA	SPINOSA	S. CAMINITI
1	Lug. 2022	AGGIORNAMENTO PER ITER SCREENING AMBIENTALE	SPINOSA	SPINOSA	S. CAMINITI
2					

Indice della relazione

1.	INTRODUZIONE	5
1.1	PREMESSA	5
1.2	CONTENUTI DELLA RELAZIONE	5
2.	IL CONTESTO DI RIFERIMENTO	7
2.1	LA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA	7
2.2	BOLOGNA NELLA RETE DEI TRASPORTI NAZIONALE	9
2.3	LA MOBILITÀ NELL'AREA BOLOGNESE	11
2.3.1	<i>Trasporto privato</i>	13
2.3.2	<i>Servizio Taxi</i>	14
2.3.3	<i>Trasporto pubblico</i>	15
2.4	PRINCIPALI CRITICITÀ DEL SISTEMA DI MOBILITÀ	19
2.5	PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE – PUMS	21
2.5.1	<i>Obiettivi del PUMS</i>	21
2.5.2	<i>Misure previste nel PUMS</i>	22
3.	LA DIRAMAZIONE VERSO CORTICELLA DELLA LINEA ROSSA DEL TRAM	25
3.1	PREMESSA	25
3.2	DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE DI TRACCIATO	25
4.	IL MODELLO DI SIMULAZIONE MULTIMODALE	32
4.1	APPROCCIO METODOLOGICO	32
4.2	LA ZONIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO	32

4.3	L'OFFERTA DI TRASPORTO	36
4.3.1	<i>La rete del trasporto privato</i>	36
4.3.2	<i>La rete del trasporto pubblico</i>	40
4.4	LA DOMANDA DI TRASPORTO	41
4.4.1	<i>L'indagine di mobilità</i>	42
4.4.2	<i>La domanda di trasporto privato</i>	51
4.4.3	<i>La domanda di trasporto pubblico</i>	52
4.5	IL MODELLO DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA	54
4.5.1	<i>L'assegnazione alla rete di trasporto privato</i>	55
4.5.2	<i>L'assegnazione alla rete di trasporto pubblico</i>	57
4.6	LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO NELLA SITUAZIONE ATTUALE	58
4.7	IL MODELLO DI RIPARTIZIONE MODALE	62
5.	SCENARI FUTURI – EVOLUZIONE DEMOGRAFICA E SVILUPPI URBANISTICI	66
5.1	PREMESSA	66
5.2	EVOLUZIONE DEMOGRAFICA	66
5.3	NUOVI SVILUPPI URBANISTICI	68
6.	SCENARI FUTURI – LO SCENARIO DI RIFERIMENTO	72
6.1.1	<i>Gli interventi sulla rete stradale</i>	72
6.1.2	<i>Gli interventi sulla rete di trasporto pubblico</i>	74
7.	SCENARI FUTURI – L'INDIVIDUAZIONE DELL'ALTERNATIVA DI TRACCIATO OTTIMALE	80
8.	SCENARI FUTURI – LO SCENARIO DI PROGETTO	83
8.1.1	<i>La rete del trasporto privato</i>	83
8.1.2	<i>La rete del trasporto pubblico</i>	87
8.1.3	<i>Le differenti configurazioni del modello di esercizio</i>	96
9.	SCENARI FUTURI: RISULTATI MODELLISTICI	99
9.1	PREMESSA	99
9.2	PRINCIPALI RISULTATI	99
9.2.1	<i>Coerenza con gli obiettivi del PUMS</i>	102

9.2.2	<i>Impatto sulla mobilità privata</i>	104
9.3	LA DOMANDA GIORNALIERA E ORARIA SULLA LINEA DEL TRAM	110
10.	CONCLUSIONI	124

Lista delle abbreviazioni

pax*km	misura delle percorrenze della domanda espresse in passeggeri*km ottenuti dal prodotto del numero di passeggeri di una linea, oppure di un arco, per la distanza percorsa (di linea o di arco)
veic*km	misura delle percorrenze dell'offerta di trasporto pubblico espresse in vetture*km oppure, nel caso del traffico privato, come veicoli equivalenti*km
tr*km	misura delle percorrenze dell'offerta ferroviaria/tranviaria di trasporto pubblico espresse in treni*km
pax*h	misura del tempo speso sulla rete di trasporto privata o pubblica espresso in passeggeri*ora ottenuti dal prodotto del numero di passeggeri di una linea, oppure di un arco, per il tempo necessario a percorrerla/o.
veic*h	misura del tempo speso sulla rete da parte dei mezzi di trasporto pubblico espresso in vetture*ora oppure, nel caso del traffico privato, come veicoli equivalenti*ora
Mln	esprime una cifra in milioni
PIMBO	Progetto Integrato della Mobilità Bolognese

1. INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio della domanda della diramazione verso Corticella della prima linea tramviaria di Bologna, denominata linea Rossa. Tale diramazione si innesterà sul tracciato della linea Rossa in corrispondenza di Piazza dell'Unità e si dirigerà verso nord attraverso la direttrice di Via Corticella, fino a raggiungere, nelle differenti alternative di tracciato, la stazione SFM di Bologna Corticella ovvero, poco più a nord, il comune di Castel Maggiore con attestamento presso un ampio nodo di intercambio.

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica e conformemente con le *"Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche"* (allegato A al D.M. 300/2017), viene richiesta la verifica mediante lo sviluppo di un'accurata analisi trasportistica della domanda prevista sulla linea, tenendo conto dei prevedibili sviluppi demografici, urbanistici e socioeconomici, nonché di idonee revisioni della rete di trasporto pubblico su gomma o filoviaria, tali da dare alla linea tramviaria il ruolo di asse portante.

1.2 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente documento si sviluppa su 6 Capitoli che descrivono il contesto di riferimento dello studio, la mobilità pubblica e privata dell'area di studio e gli sviluppi futuri, la metodologia adottata per l'analisi della domanda della nuova Linea Rossa e i principali risultati dello studio, in particolare:

- il Capitolo 2 illustra il contesto di riferimento nel quale si colloca il progetto tramviario e gli obiettivi previsti dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile;
- il Capitolo 3 descrive le caratteristiche della diramazione della linea Rossa del tram verso Corticella;
- il Capitolo 4 riassume la metodologia adottata per lo sviluppo del modello di simulazione utilizzato per la valutazione degli effetti generati dall'introduzione della nuova tratta tramviaria;

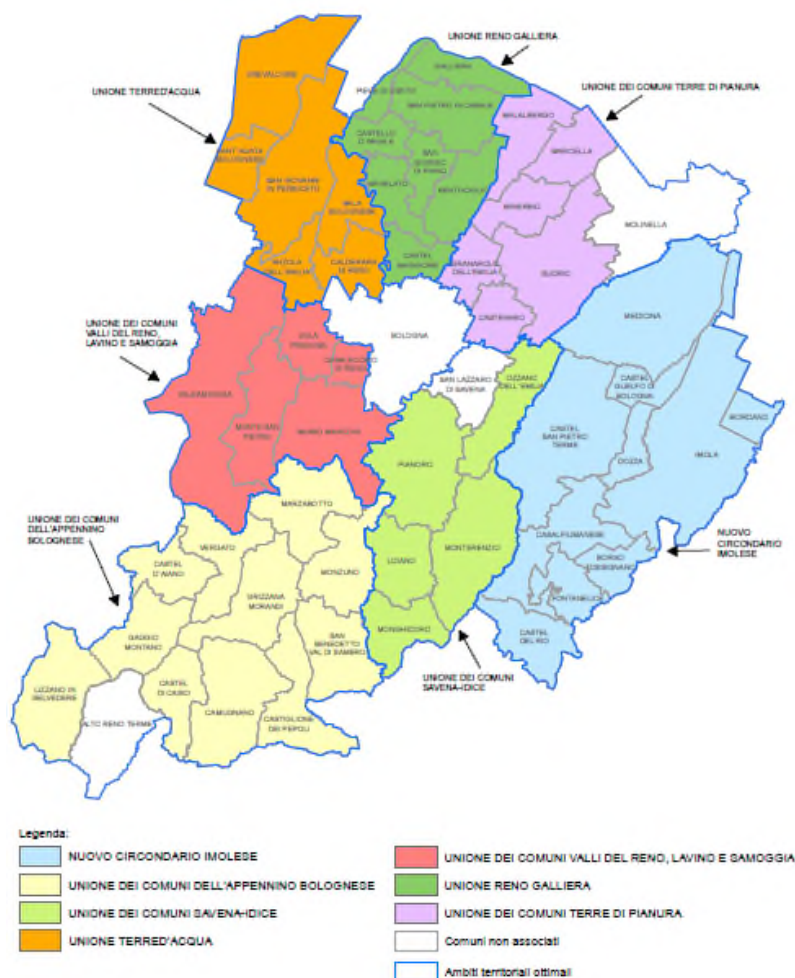
-
- il Capitolo 5 descrive le principali caratteristiche degli scenari futuri in termini di sviluppi demografici, socio-economici ed urbanistici per l'area di studio;
 - il Capitolo 6 descrive tutti gli interventi previsti nello scenario di riferimento sia per la rete di offerta del trasporto privato sia per quella del trasporto pubblico;
 - nel capitolo 7 si presentano le differenti alternative di tracciato considerate per la Diramazione verso Corticella ed i risultati ottenuti a seguito delle valutazioni effettuate;
 - individuata l'alternativa di tracciato ottimale, nel Capitolo 8 si presentano tutti gli interventi correlati alla realizzazione della nuova linea tranviaria che configurano, nel loro insieme, lo scenario di progetto;
 - nel Capitolo 9, infine, si riportano tutti i principali risultati ottenuti dall'applicazione del modello di simulazione;
 - il Capitolo 10 espone le conclusioni dello studio.

2. IL CONTESTO DI RIFERIMENTO

2.1 LA CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

La Città Metropolitana di Bologna ha una popolazione di poco più di **1 milione di abitanti** suddivisa su 55 Comuni. **Bologna**, capoluogo di Regione, con una popolazione di poco superiore a **390.000 persone**, è attraversata da tutte le principali infrastrutture e arterie di traffico di rilievo regionale e nazionale che rendono il capoluogo emiliano uno dei principali nodi viabilistici e ferroviari italiani.

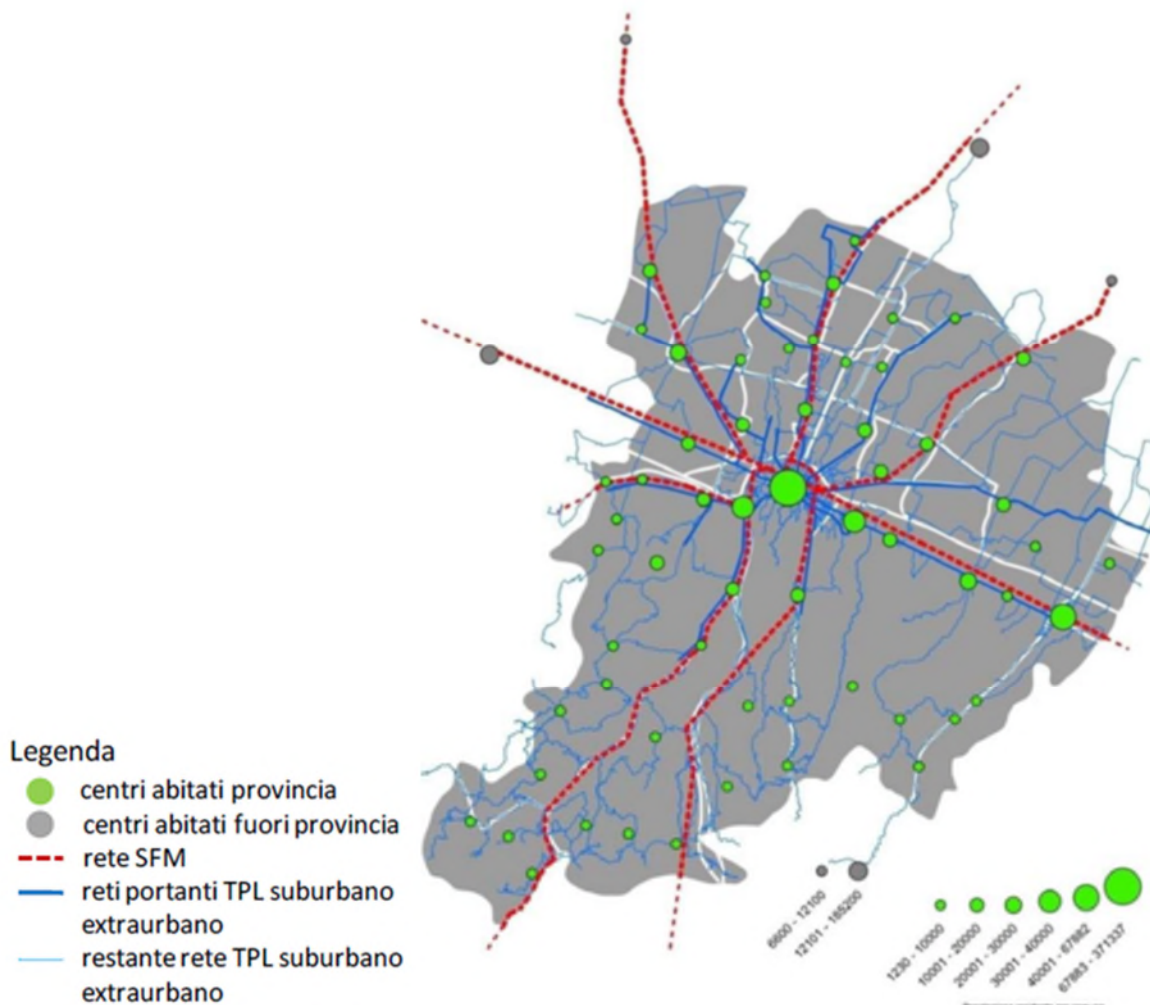
Figura 2.1: Città Metropolitana di Bologna



Fonte: Città Metropolitana

Il territorio è attraversato trasversalmente dalle autostrade A1 e A14 e longitudinalmente dalla A13 e dal proseguimento della A1. La Città Metropolitana è inoltre servita da una rete ferroviaria che, con centro in Bologna, si sviluppa in maniera radiale su otto rami tra loro passanti, che costituiscono l'ossatura del Servizio Ferroviario Metropolitano.

Figura 2.2 Rete di trasporto pubblico portante della Città Metropolitana



Fonte: PUMS 2018

2.2 BOLOGNA NELLA RETE DEI TRASPORTI NAZIONALE

La città di Bologna rappresenta uno dei nodi viabilistici e infrastrutturali portanti del territorio nazionale e delle reti di trasporto europee. Il nodo autostradale composto dal sistema Autostradale (A14, A1 e A13) e Tangenziale è attraversato ogni giorno da circa 160 mila veicoli dei quali circa 50 mila presentano origine e/o destinazione nella città di Bologna.

Relativamente al trasporto ferroviario con oltre 60 milioni di passeggeri/anno (circa 160 mila al giorno) **la Stazione Centrale** costituisce uno dei principali nodi di interscambio ferroviario nazionale dove coesistono Alta Velocità, linee nazionali e Servizio Ferroviario Metropolitano.

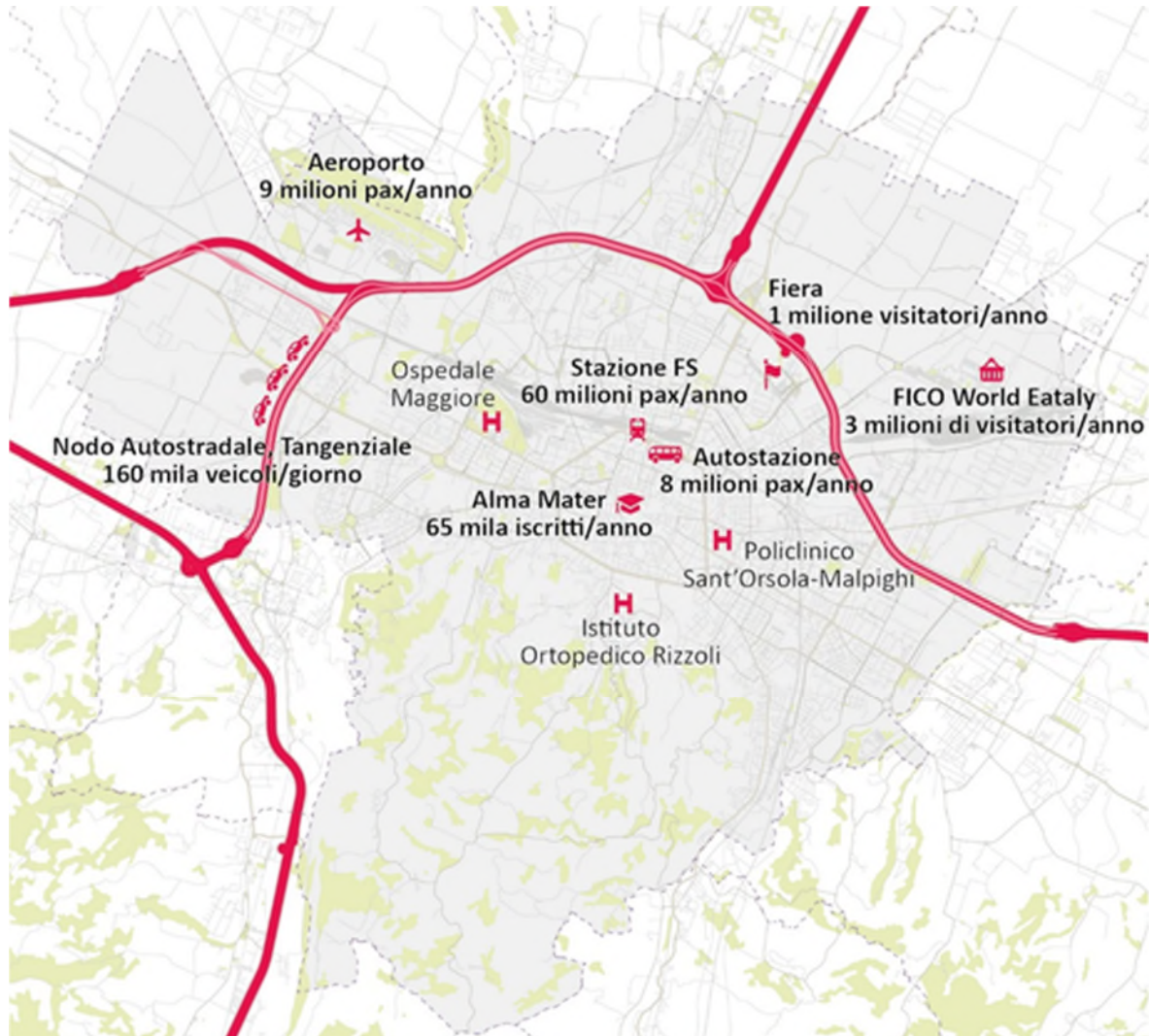
In prossimità della Stazione Centrale e alle porte del centro città vi è l'**Autostazione** dove assieme alle linee di trasporto pubblico regionale si attestano le principali autolinee nazionali ed internazionali e che, con 220.000 corse annue, ha fatto registrare nel 2018 oltre **8 milioni di passeggeri** (circa 22.000 al giorno).

La città di Bologna è sede della più antica Università d'Europa che ogni anno attira circa **85 mila iscritti** di cui oltre 65 mila presso la sede di Bologna, mentre dal punto di vista del commercio, il Polo Fieristico vanta ogni anno circa 28-30 eventi che richiamano complessivamente oltre 1 milione di visitatori (terzo in Italia). In tema di attrattori di flussi del loisir, nel quadrante nordest della città, a novembre 2017 è stato inoltre inaugurata la Fabbrica Italiana Contadina (FI.CO.) che ha fatto registrare al primo anno di apertura circa 3 milioni di visitatori.

Il dinamismo della città e l'area metropolitana di Bologna si rispecchia nei numeri di un turismo in forte crescita che ha portato l'**aeroporto Guglielmo Marconi** in meno di 10 anni a raddoppiare il numero di passeggeri, raggiungendo, nel 2019, un movimento di oltre 9,5 Mln di passeggeri (+11,5% rispetto al 2018 e settimo scalo in Italia).

A Bologna sono inoltre concentrati anche una serie di **poli sanitari** di eccellenza con oltre 3.000 posti letto tra Ospedale Maggiore, Policlinico Sant'Orsola-Malpighi e Istituto Ortopedico Rizzoli.

Figura 2.3: la città di Bologna in un colpo d'occhio

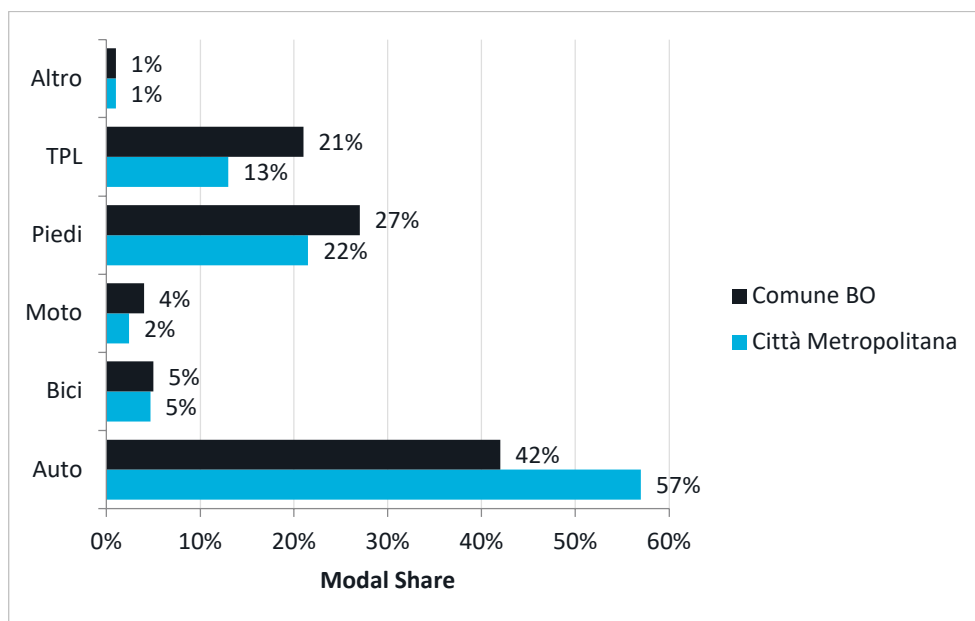


2.3 LA MOBILITÀ NELL'AREA BOLOGNESE

Nell'area della Città Metropolitana vengono effettuati complessivamente circa **2,4 milioni di spostamenti quotidiani** da parte dei residenti e circa 2,7 milioni se si considerano anche gli spostamenti dei *city-users* non residenti.

La ripartizione modale degli spostamenti dei residenti e *city-users*¹ (non residenti) della città Metropolitana di Bologna è riportata in Figura 2.4. In particolare: all'interno del Comune di Bologna il 42% degli spostamenti viene effettuato con l'Auto (57% se si considera tutta l'area Metropolitana), **il trasporto pubblico locale in ambito urbano copre il 21% del totale degli spostamenti** (13% sul territorio metropolitano) e, sempre in ambito urbano, gli spostamenti a piedi si attestano al 27%.

Figura 2.4: Ripartizione Modale

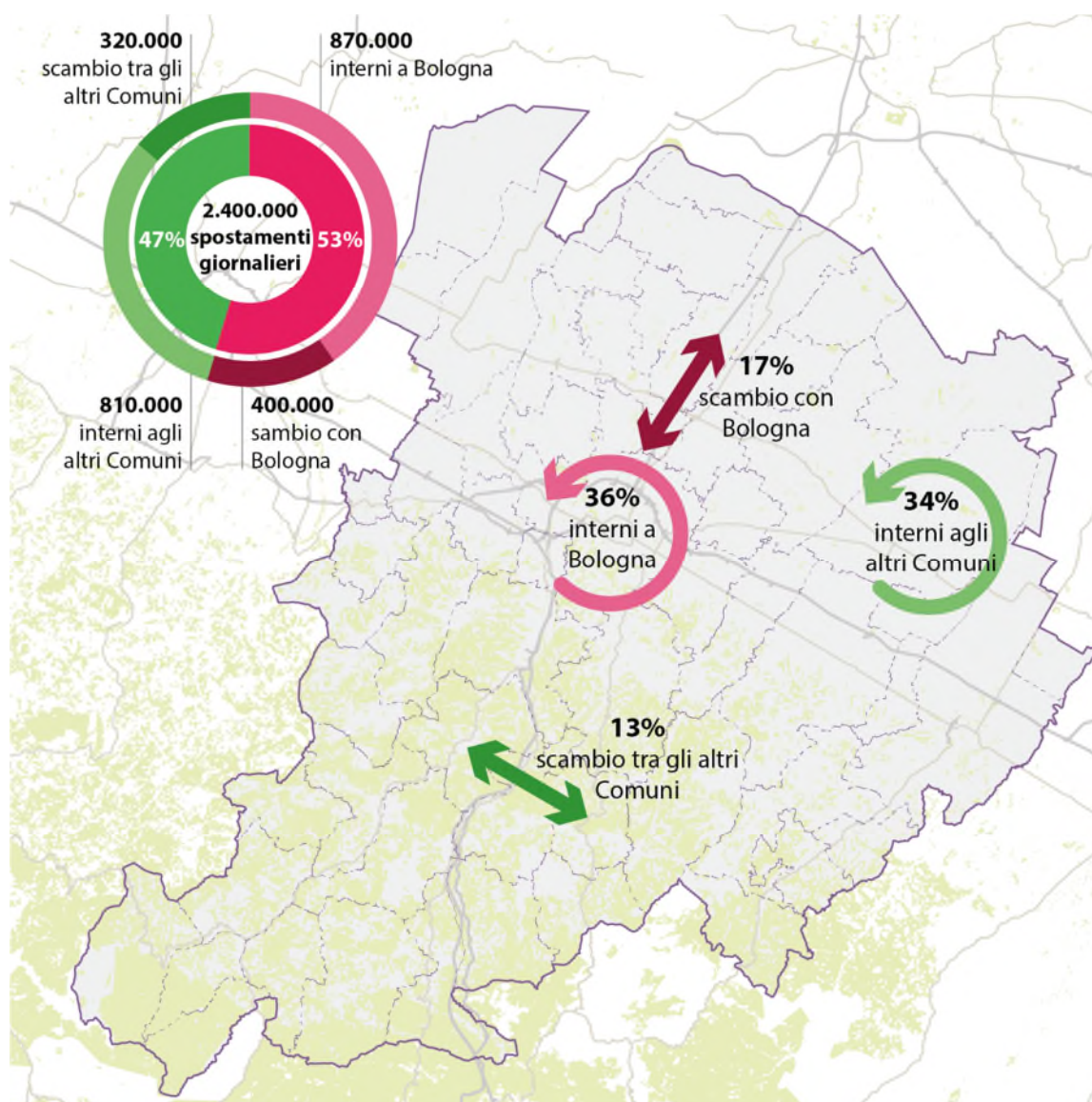


Fonte: PUMS 2018

¹ Per ricostruire le caratteristiche della mobilità dei "city users" si è fatto riferimento ai dati delle matrici regionali ed ai dati provenienti dalle campagne di indagine condotte per i più importanti poli attrattori presenti nel territorio della città metropolitana (Stazione AV Bologna Centrale, Autostazione di Bologna, Aeroporto, Ospedale, Fiera e Università).

Dei 2,4 milioni di spostamenti giornalieri dei residenti all'interno della Città Metropolitana, oltre la metà interessano il Comune di Bologna (53%) e di questi il 36% risulta interno a Bologna. Compatibilmente con le dimensioni della città, oltre l'80% degli spostamenti ha una durata inferiore ai 30 minuti (il 45% compie distanze inferiori ai 5 km e durata inferiore a 15 minuti).

Figura 2.5: Macronumeri della mobilità bolognese

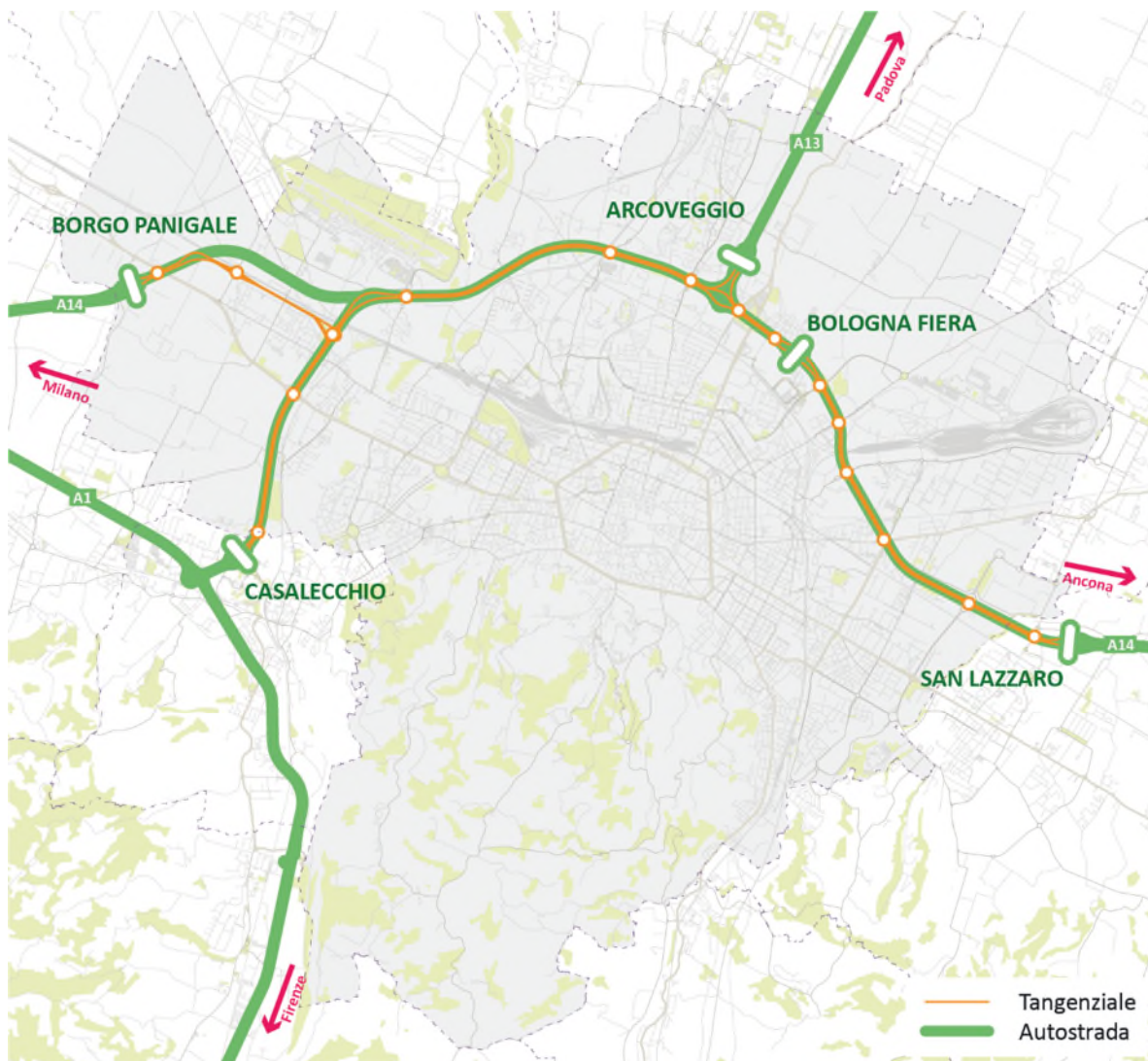


Fonte: Elaborazione su dati PUMS

2.3.1 TRASPORTO PRIVATO

La rete stradale metropolitana si estende in maniera capillare. Il sistema autostradale e tangenziale di Bologna connette le principali direttrici di traffico nazionale e regionale ed in particolare smista i flussi provenienti dalle autostrade: del Sole (A1), Bologna-Padova (A13), del Brennero (A22) e Adriatica (A14) nonché il traffico locale proveniente dalle zone limitrofe all'area metropolitana.

Figura 2.6: La rete stradale



Il sistema viario è formato dalla sede dell'autostrada A14 e dalle due carreggiate della tangenziale, costituite dalle due complanari, che si sviluppano ai due lati della stessa autostrada, tra Borgo Panigale, Casalecchio, Arcoveggio e San Lazzaro.

I volumi di traffico, misurati tra l'allacciamento con il raccordo autostradale di Casalecchio e la stazione di Bologna San Lazzaro, sono pari a circa **71.500 Veicoli Teorici Giornalieri Medi Anni (VTGMA) sulla sede autostradale** e a circa **80.000 VTGMA sulla tangenziale** (dati 2017).

In ambito urbano, dall'analisi dei flussi di traffico rilevati dalle principali spire provinciali e comunali il trend storico segna una progressiva diminuzione dei flussi di traffico privato su gomma, più rilevante all'interno del Comune di Bologna in direzione centro, favorita dalle politiche di moderazione e limitazione del traffico veicolare all'interno della cerchia dei viali.

Nonostante questo trend, tutte le principali radiali di accesso alla città mostrano flussi di auto molto elevati. In particolare nel quadrante ovest della città, lungo l'asse della Via Emilia a Borgo Panigale tra l'intersezione con l'Autostrada/Tangenziale e la cerchia dei viali transitano in media 25mila veicoli/giorno. Volumi simili si osservano nel quadrante nord-est lungo Via San Donato e Viale Europa.

Per ciò che riguarda il quadrante nord, su Via Stalingrado risultano flussi giornalieri nell'intorno dei 35mila veicoli/giorno, mentre su Via di Corticella, a cavallo dello svincolo con la tangenziale Nord, si registrano flussi prossimi ai 25mila veicoli/giorno.

All'interno della cerchia dei viali nel Centro Storico vi è una **Zona a traffico limitato (ZTL)** in cui tutti i giorni, nella fascia 7:00 – 20:00, la circolazione dei veicoli a motore è soggetta a limitazioni e gli accessi sono sorvegliati dal vigile elettronico Sirio. All'interno della ZTL ci sono alcune zone limitate 24 ore su 24: le zone pedonali e l'area T (via Rizzoli, via Indipendenza e via Ugo Bassi) i cui accessi sono controllati dal sistema di telecontrollo RITA.

Ogni weekend, dalle 8:00 di sabato alle 22:00 di domenica e tutti i giorni festivi sempre dalle 8:00 alle 22:00, la Zona T e una serie di zone limitrofe è aperta solo a pedoni e biciclette.

2.3.2 SERVIZIO TAXI

Nel Comune di Bologna, al netto delle licenze di Noleggio Con Conducente (NCC), sono 742 le licenze Taxi. Di queste, 36 sono di recente emanazione e così caratterizzate:

- 6 licenze sono "prioritarie disabili", con copertura sulle 24 ore per auto elettriche, ibride, a metano o gpl;
- 30 sono vincolate all'utilizzo di veicoli elettrici, in attuazione delle nuove linee del PUMS per promuovere una mobilità urbana integrata e sostenibile.

Complessivamente sono oltre 330 gli stalli disponibili per i Taxi dislocati principalmente nel Centro Storico, Aeroporto, zona Fiera e Stazione.

Tabella 2.1: Localizzazione delle postazioni del servizio Taxi

Zona	Numero stalli
Centro Storico	86
Zona Fiera	54
Stazione Centrale	40
Aeroporto	34

Le principali origini e destinazioni degli spostamenti in Taxi sono quelle relative ai principali poli di attrazione e generazione dell'area urbana di Bologna: Centro storico, Stazione Centrale, Aeroporto, zona Fiera e i Poli Ospedalieri del Rizzoli, Maggiore, Sant'Orsola e Bellaria.

In media circolano circa 400 Taxi durante le ore diurne (7:00-22:00) e 100 durante le ore notturne con una percorrenza media giornaliera variabile tra i 150 e i 250-300 km/giorno in funzione della presenza di eventi Fieristici, servizio diurno/notturno, tipologia di servizio.

2.3.3 TRASPORTO PUBBLICO

Il trasporto collettivo metropolitano comprende: il Servizio Ferroviario Metropolitano (Figura 2.7); il servizio di trasporto collettivo suburbano ed extraurbano su gomma e il servizio urbano su gomma. Complessivamente le rete si estende per oltre 3.050 Km (circa 2.700 km di rete su gomma, 350 km di rete ferroviaria) ed è percorsa da circa 3.110 corse al giorno (2.700 TPL su gomma e 410 su ferro).

A livello giornaliero vi sono circa 145.000 viaggi nel territorio provinciale, di cui circa 100.000 su linee suburbane ed extraurbane e 45.000 sulle linee del SFM. L'offerta del TPL suburbano ed extraurbano è di circa 17.000.000 vkm/anno e la velocità commerciale di 29 km/h.

Per quanto riguarda il SFM, l'offerta annua si aggira intorno ai 4.703.000 trkm.

Tabella 2.2: Offerta di trasporto pubblico

	SFM	Servizio Extraurbano	Servizio Urbano
Estensione (km)	350 (dei quali 45 nel comune di Bologna)	2.700	341
Offerta annua	4,7 Mln trkm	17 Mln vkm/anno	15,8 Mln vkm/anno
N. corse/giorno	400	2.700	5.240
Passeggeri/giorno	35.000	100.000	320.000

Fonte: PUMS 2018

Per quanto riguarda il servizio urbano su gomma si noti che **le prime 10 linee per numero di passeggeri assorbono da sole oltre l'80% della domanda totale giornaliera.**

Figura 2.7: Servizio Ferroviario Metropolitano



Fonte: PUMS 2018

L'offerta del TPL urbano di Bologna si attesta attorno ai **17.600.000 vkm/anno** con una velocità commerciale dei mezzi di circa 15 km/h. Il servizio ha una buona produttività e incontra un discreto successo da parte dell'utenza come dimostrato dal progressivo aumento dei passeggeri trasportati nel quinquennio 2013-2018, dato questo supportato anche da una forte campagna anti evasione portata avanti da TPER a partire dal 2013.

Tabella 2.3: Indicatori dell'offerta TPL – Bacino di Bologna - Ripartizione delle percorrenze

Parametri	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Totale vkm offerte	35.443.680	35.051.259	35.205.174	34.960.353	34.997.142	35.754.074
Servizio Urbano	17.893.240	17.600.410	17.654.622	17.492.452	17.571.302	17.962.874
Altri comuni	712.831	705.712	715.002	705.674	704.565	736.453
Servizio sub & extra urbano	16.778.031	16.689.077	16.775.387	16.705.265	16.666.640	16.980.386
Linee speciali	59.578	56.060	60.163	56.962	54.635	74.361

Tabella 2.4: Indicatori dell'offerta TPL – Bacino di Bologna - Ripartizione della domanda

Parametri	2018	2017	2016	2015	2014	2013
Passeggeri trasportati	135.449.076	131.043.206	127.650.680	125.190.336	123.283.537	116.203.691
Urbano	115.320.708	111.292.812	108.073.193	105.800.154	104.455.241	97.792.889
Aerobus	1.347.334	1.254.587	1.166.129	1.034.989	1.018.830	935.032
Suburbano/extraurbano	18.587.857	18.246.382	18.141.412	18.097.261	17.503.481	17.053.163
Specializzate	243.117	249.425	269.946	257.932	305.985	419.607

Fonte: Bilanci TPER 2013-2018

Come già accennato in precedenza, le 10 linee portanti del sistema di Trasporto Pubblico urbano su gomma **trasportano oltre l'80% dei passeggeri** per circa 93 milioni di passeggeri l'anno, le altre linee si attestano sui 22 milioni di passeggeri.

Figura 2.8: Rete urbana del trasporto pubblico: linee portanti



2.4 PRINCIPALI CRITICITÀ DEL SISTEMA DI MOBILITÀ

Nonostante le buone performance del servizio pubblico, sono diverse le criticità della **mobilità pubblica e privata** su tutto il territorio comunale.

Per quel che riguarda il **trasporto privato**, le principali criticità si riscontrano in corrispondenza delle radiali di penetrazione urbana tra la Tangenziale e i viali e sui viali di circonvallazione.

Da moltissimi anni si sta discutendo sulle possibili opzioni di potenziamento del sistema Tangenziale/Autostrada e nel 2017 è stato approvato il progetto preliminare del **Passante di Bologna** proposto da Autostrade per l'Italia e condiviso anche con il territorio attraverso un lungo iter di consultazioni pubbliche. Le discussioni ed i confronti con le varie Amministrazioni coinvolte, tra cui il MIT, sono proseguiti anche nel corso del 2019 e solo nello scorso mese di giugno del 2020 è stato dato l'avvio alla conferenza dei servizi. Il progetto preliminare del Passante prevede l'ampliamento in sede del sistema esistente mediante la realizzazione di una piattaforma a 3 corsie più corsia di emergenza per senso di marcia, sia sull'A14 che sulla tangenziale (con 4 corsie nel tratto più carico) nella tratta tra le uscite 4 (Aeroporto) e 13 (San Lazzaro). Questa soluzione sarà accompagnata da una serie di interventi volti a migliorare la viabilità sulle principali radiali di penetrazione urbana ed anche su alcune direttrici tangenziali. Per quel che riguarda il servizio di **trasporto pubblico su gomma**, la rete portante metropolitana interna alla città di Bologna mostra sostanzialmente due forti criticità:

- l'accentuazione, negli ultimi anni, di un sovraffollamento a bordo dei mezzi in diverse ore del giorno nelle tratte a ridosso delle aree centrali, con conseguenti riflessi sul comfort di viaggio e sui perditempo alle fermate;
- il raggiungimento del limite di distanziamento minimo tra i passaggi dei mezzi nei corridoi su cui insistono più linee, con le conseguenti problematiche in termini di fluidità della circolazione.

Con riferimento a quest'ultima criticità evidenziata, è importante segnalare che nell'ora di punta del mattino nell'area di Piazza dei Martiri transitano circa 150 mezzi tra servizi Urbani, Suburbani ed Extraurbani, equivalenti ad un passaggio ogni 25 secondi. Per questo motivo, in fase di redazione del Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) si è ipotizzata e sostenuta la necessità di sviluppare un **nuovo sistema di trasporto collettivo più efficace, efficiente e sostenibile** lungo gli assi portanti della mobilità bolognese.

2.5 PIANO URBANO DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE – PUMS

Il PUMS è il piano strategico che orienta la mobilità in senso sostenibile con un orizzonte temporale medio-lungo (2020-2030). Esso sviluppa una visione di sistema della mobilità e si correla e coordina con i piani settoriali ed urbanistici a scala sovraordinata e comunale.

Il PUMS della Città Metropolitana di Bologna ha come ambito territoriale di riferimento l'intero territorio metropolitano e si occupa delle relazioni tra i Comuni analizzando con particolare attenzione gli spostamenti da e verso il capoluogo.

Le **Linee di indirizzo** sono state elaborate tenendo conto gli obiettivi generali provenienti in larga parte dalla comunità internazionale (a livello globale e a livello comunitario):

- **assicurare un alto livello di accessibilità** (rispetto del diritto costituzionale alla mobilità);
- **rispettare gli obiettivi della tutela del clima e della salubrità dell'aria** (Piano dell'Aria Integrato Regionale PAIR 2020 RER, Accordo di Parigi COP 2015);
- **ridurre al minimo gli incidenti causati dalla mobilità** (impegno UE su riduzione dell'incidentalità).

Tutte le fasi di redazione del PUMS della Città metropolitana di Bologna hanno visto un forte processo partecipativo. Tra il 2017 e il 2018 sono stati coinvolti portatori di interesse (stakeholder) e cittadini sia nella fase di definizione degli obiettivi, sia nella fase delle scelte operative, sia nella verifica dell'attuazione del Piano.

2.5.1 OBIETTIVI DEL PUMS

Come indicato nel PAIR 2020, gli obiettivi del PUMS ai fini della tutela della qualità dell'aria prevedono nel lungo periodo (2030), la riduzione delle emissioni da traffico del 40%.

Una quota significativa di tale riduzione sarà sostenuta dall'evoluzione del parco veicolare elettrico che dovrebbe garantire una riduzione pari al 12% di emissioni. L'obiettivo di lungo periodo del PUMS pertanto può essere scomposto in una componente "da parco veicolare" per il 12% e una "da riduzione del traffico privato" per il restante 28%.

Rispetto allo stato attuale, per raggiungere l'obiettivo del PUMS nella città Metropolitana dovranno essere spostati dal mezzo privato (auto e moto) ad altre modalità 440.000 spostamenti/giorno nel Lungo Periodo, pari al 28%.

Tabella 2.5: Obiettivi del PUMS

Obiettivo	Lungo Periodo (2030)
	- 40% emissioni da traffico di cui:
PUMS 2018	<ul style="list-style-type: none">• -12% da rinnovo parco veicolare• -28% da riduzione traffico privato, pari a circa 440.000 spostamenti/giorno (auto+moto)

Fonte: PUMS 2018

La spina dorsale del nuovo modello di mobilità sostenibile delineato nel PUMS sarà la costruzione di un unico sistema di trasporto metropolitano incentrato sul Tram e SFM per superare l'attuale frammentazione di bus urbani, suburbani, extraurbani, treni regionali, metropolitani, ognuno con un proprio sistema di orari, tariffe e governance.

2.5.2 MISURE PREVISTE NEL PUMS

Gli obiettivi posti dal PUMS per il lungo periodo prevedono un significativo **potenziamento della rete di trasporto pubblico** in ambito metropolitano strutturando la rete di trasporto collettivo in tre componenti.

- **Portante** – costituita dal Servizio Ferroviario Metropolitano SFM, dalla nuova rete tranviaria di Bologna e dalle linee extraurbane/suburbane ad alto traffico che ci si propone di servire con sistemi assimilabili a BRT (Bus Rapid Transit).
- **Secondaria** – costituita da tutte le autolinee extraurbane, suburbane ed urbane che non rientrano nella precedente categoria.
- **Servizi di mobilità condivisa** (Taxi, Taxi collettivo, NCC, Car sharing, Bike sharing) che completano l'operatività del sistema del Trasporto collettivo per rispondere ad esigenze di mobilità caratterizzate da elevata flessibilità oppure in ambiti operativi complessi (aree a domanda diffusa).

Le strategie che il PUMS prevede di mettere in campo comprendono:

- **potenziamento del SFM** con un obiettivo di frequenza nelle fasce di punta ai 15' su tutte le linee e la realizzazione di interventi strumentali (potenziamento materiale rotabile) e infrastrutturali propedeutici all'intensificazione del traffico ferroviario in base al modello di esercizio previsto sulle diverse linee;
- potenziamento della capacità di trasporto e dell'attrattività della rete portante urbana di Bologna mediante **l'introduzione della tecnologia tranviaria**;
- potenziamento della capacità di trasporto e **innalzamento della velocità commerciale e della regolarità di marcia** delle autolinee extraurbane e suburbane portanti;
- creazione di una **rete di trasporto collettivo interconnessa** tra servizi della rete portante (SFM e tram) e con la rete autofiloviaria secondaria urbana ed extraurbana.

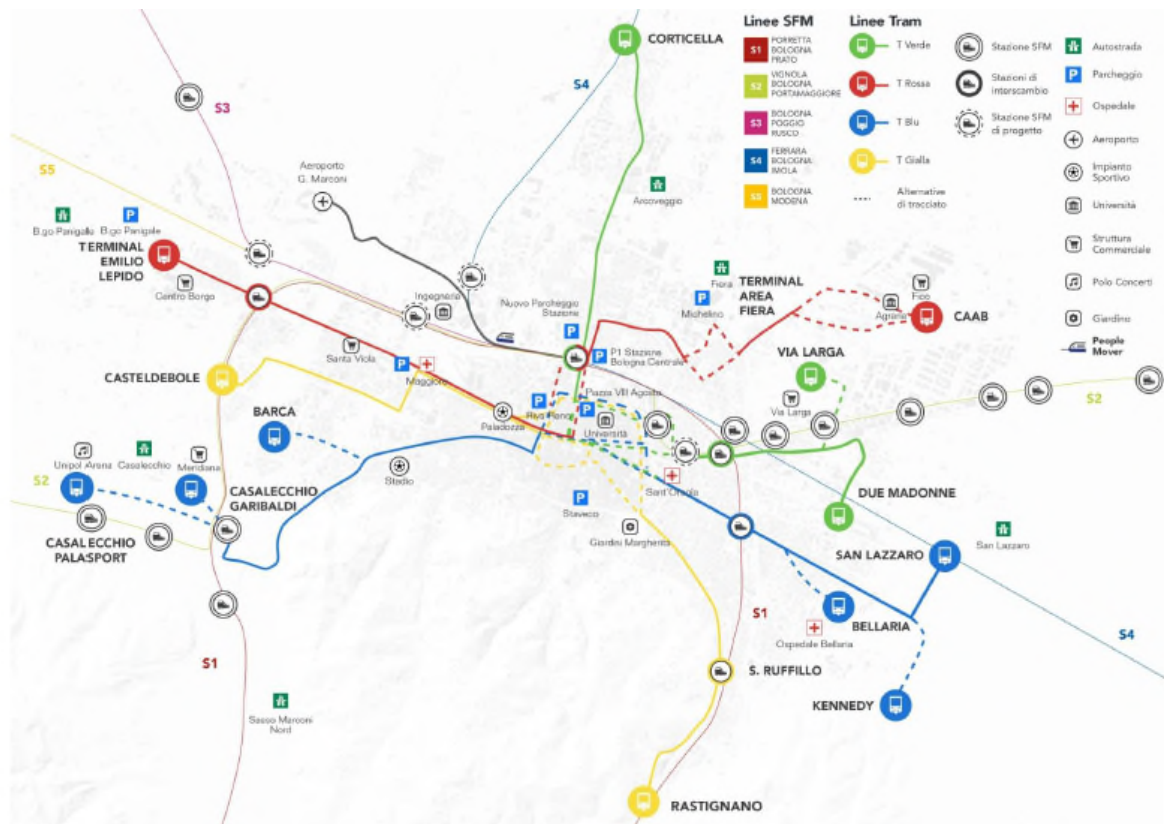
5.2.4.1. La rete tranviaria

L'assetto a regime della **rete portante urbana tranviaria proposta nel PUMS prevede 4 linee**² (Figura 2.9), per un totale di 53,3 km di sviluppo dell'infrastruttura, che ricalcano gran parte delle attuali direttrici di traffico principali all'interno della città.

La rete tranviaria è integrata con le 8 direttrici SFM non solo alla Stazione Centrale ma anche presso una serie di stazioni urbane, consentendo un collegamento ottimale verso i principali attrattori urbani dall'intero bacino metropolitano bolognese. Le 4 linee della rete tranviaria completa, così come prevista dal PUMS, dovrebbero intercettare 340.000 residenti entro un bacino di 500 m dalle linee (ammettendo in prima istanza un distanziamento medio delle fermate di 400 metri), pari al 88% dei residenti di Bologna.

² La linea Blu in realtà è prevista per un orizzonte temporale superiore a quello del PUMS (oltre il 2030).

Figura 2.9: La rete tranviaria di lungo periodo prevista nel PUMS



Fonte: PUMS 2018

3. LA DIRAMAZIONE VERSO CORTICELLA DELLA LINEA ROSSA DEL TRAM

3.1 PREMESSA

Nel corso del secondo semestre del 2018, è stato redatto il progetto di Fattibilità Tecnica Economica (FTE) della prima delle 4 linee tranviarie previste dal PUMS. Si tratta della linea rossa che collega il terminal Marco Emilio Lepido (nella zona di Borgo Panigale ad ovest della città) con due attestamenti posizionati nel settore orientale e nord-orientale: il terminal Fiera/Michelino posizionato all'interno del Fiera district e il secondo presso la Facoltà di Agraria nel quartiere Pilastro e nelle vicinanze del FICO Eataly word.

Al fine di mettere il più possibile a sistema la rete tranviaria che il PUMS ha immaginato si è ritenuto procedere ad un secondo step progettuale che riguarda un ampio tratto della linea verde disegnata dal PUMS e che può essere integrata nella linea già in avanzato stato di progettazione. Per questo motivo chiameremo questo nuovo tracciato tranviario come "Diramazione verso Corticella della Linea Rossa del tram".

3.2 DESCRIZIONE DELLE ALTERNATIVE DI TRACCIATO

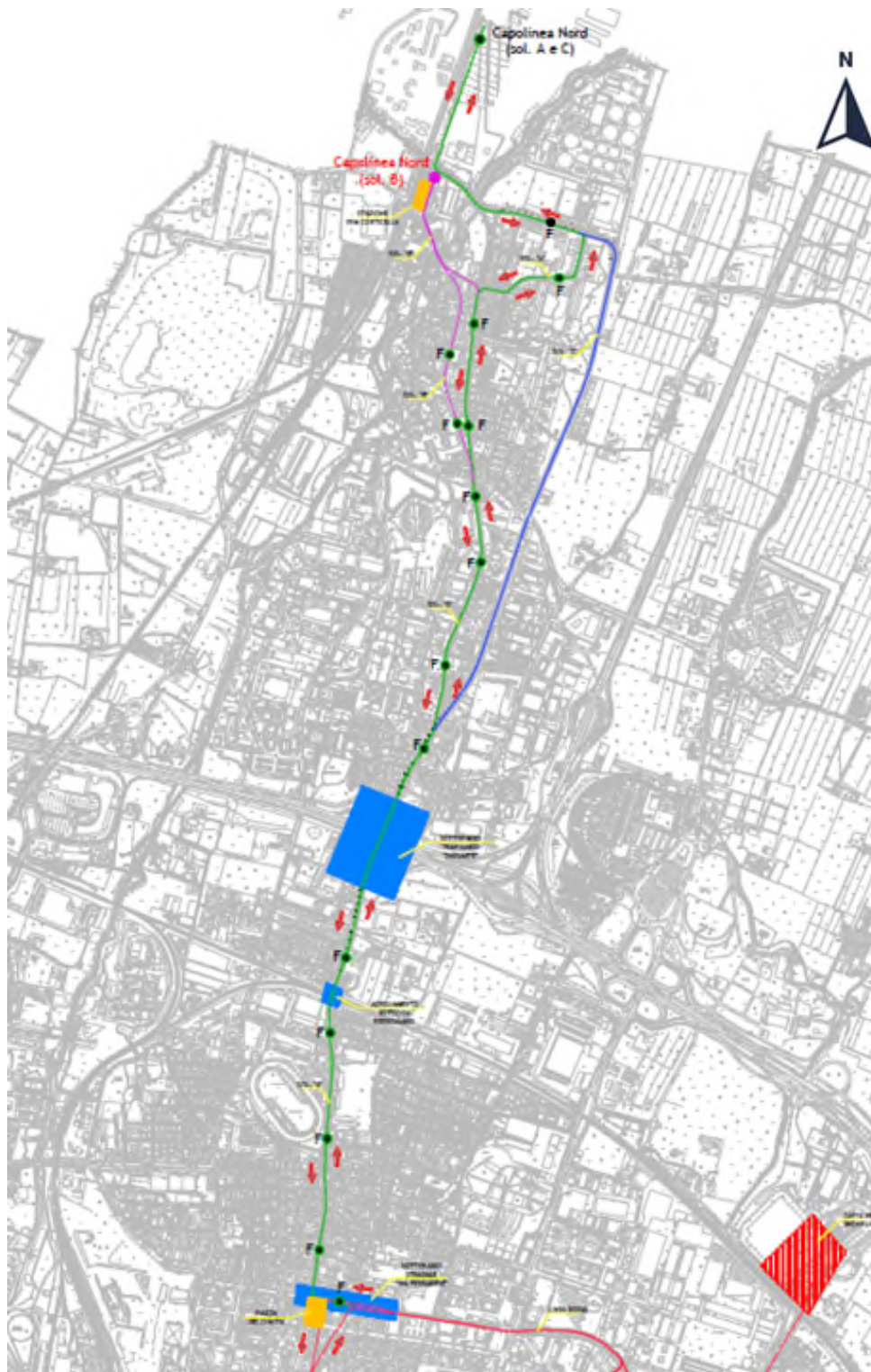
Come rappresentato nella successiva figura, la nuova linea tranviaria si innesta sulla linea rossa in corrispondenza di Piazza dell'Unità.

Possiamo suddividere il percorso in due macro tratte, la prima è comune a tutte le alternative, mentre la seconda si differenzia.

La prima macro tratta, lasciata Piazza dell'Unità imbocca Via di Corticella e la percorre per circa 2,4 chilometri. In questo tragitto, dopo circa 1.200 metri, la strada sottopassa la linea ferroviaria di collegamento verso lo scalo San Donato, dove, per consentire il transito del tram sarà necessario intervenire con un adeguamento del sottovia ferroviario.

Superata la ferrovia e proseguendo verso nord, dopo 400 metri la linea tranviaria entrerà in sottopasso per poco più di 650 metri, al fine di non creare disturbo allo svincolo n°6 della Tangenziale Nord che si innesta su Via di Corticella attraverso due rotatorie poste rispettivamente a Sud e a Nord dell'asse Autostrada/Tangenziale.

Figura 3.1: Tracciato delle alternative per la diramazione verso Corticella della linea tranviaria



Tornata in superficie la linea raggiunge la rotatoria dove, oltre a Via Corticella, si innesta Via Stendhal. da questo punto in poi ha inizio la differenziazione delle alternative di tracciato.

In questo primo tratto è prevista la realizzazione di 6 fermate.

Di seguito si fornisce una rapida illustrazione della seconda macro tratta per le tre alternative considerate.

SOLUZIONE "A"

La prima alternativa (Figura 3.2), prevede che la linea continui a percorrere Via di Corticella fino a raggiungere, dopo 1.000 metri, il bivio con Via Genuzio Bentini. Qui il tram procede per 700 metri su Via Bentini fino all'incrocio con Via Sant'Anna che imbocca svoltando a destra.

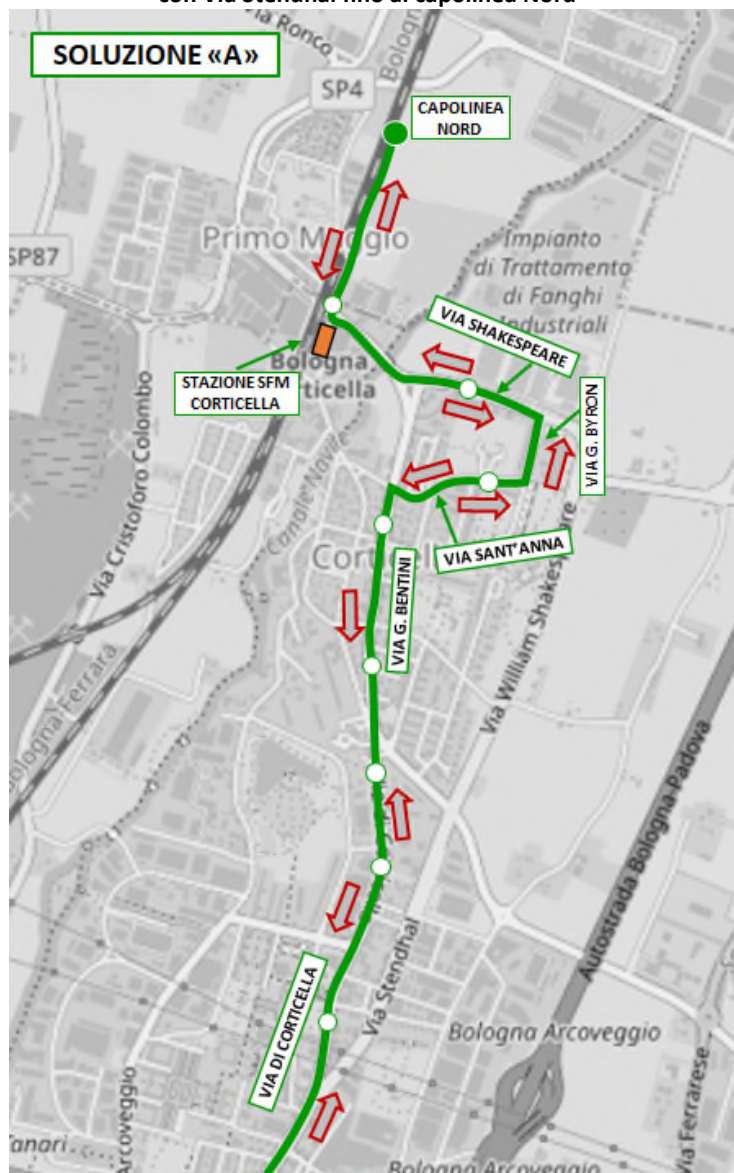
Al termine di Via Sant'Anna percorre Via Georg Byron e, successivamente, Via Shakespeare. Questa sorta di semi anello consentirà di servire in maniera più efficiente una vasta zona residenziale che si sviluppa nell'intorno di Via Sant'Anna e di Via Biron.

Il tracciato prosegue percorrendo l'ultimo tratto di Via Bentini fino a raggiungere la stazione SFM di Bologna Corticella, dove sarà possibile effettuare un interscambio con gli utenti del servizio ferroviario.

Raggiunta la stazione il tram si dirigerà ancora verso Nord in affiancamento alla ferrovia per circa 500 metri, superando il confine del comune di Bologna ed entrando nel comune di Castel Maggiore in corrispondenza di un'area nella quale sarà possibile realizzare un nodo di interscambio, sia per la mobilità privata e sia per il trasporto pubblico extraurbano.

In questa parte del percorso, che ha uno sviluppo di circa 3,5 chilometri, sono previste 7 fermate della tranvia oltre al capolinea Nord.

Figura 3.2: Tracciato della soluzione "A". Dalla rotatoria di intersezione con Via Stendhal fino al capolinea Nord

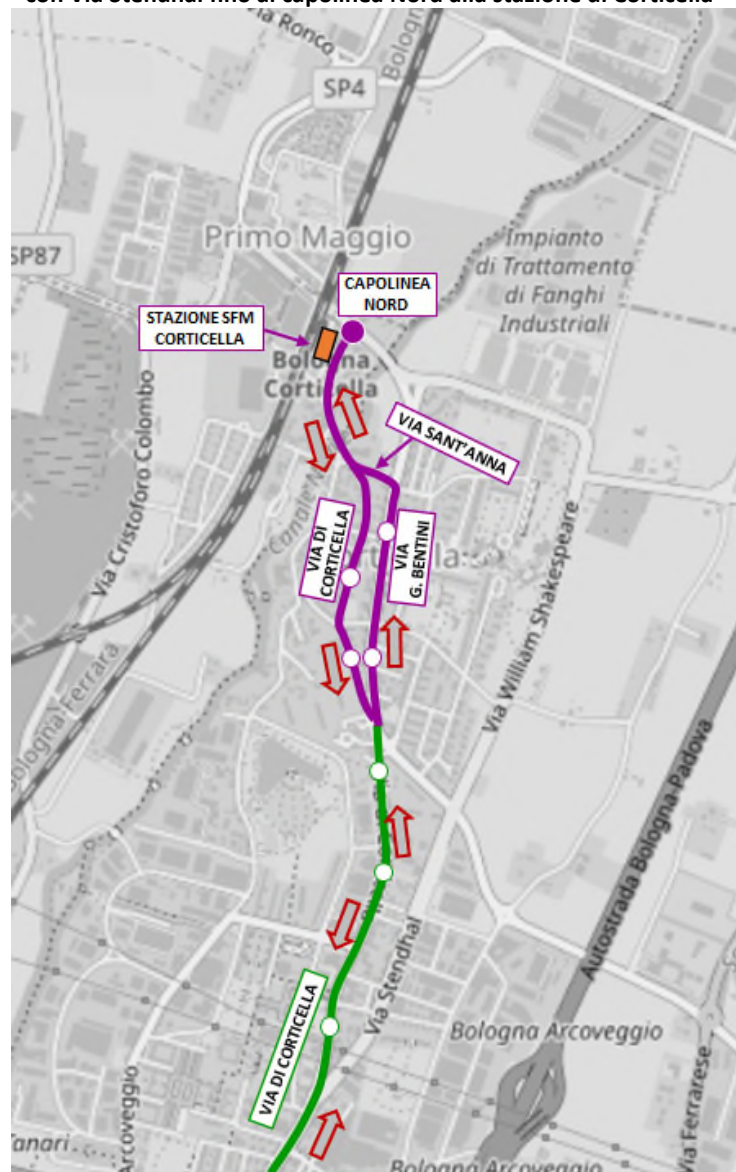


SOLUZIONE "B"

Questa soluzione si differenzia dalla precedente in corrispondenza del bivio Via di Corticella – Via Genuzio Bentini. In questo caso, la linea tranviaria si sdoppia ed in direzione Nord il tram procede su Via Bentini, mentre in direzione Sud transita su Via di Corticella (Figura 3.3). I due sensi di marcia si ricongiungono in corrispondenza dell'intersezione tra Via di Corticella e Via Sant'Anna

e a questo punto il tram si dirige verso la stazione di Corticella in corrispondenza della quale si realizza l'attestamento Nord della linea.

Figura 3.3: Tracciato della soluzione "B". Dalla rotatoria di intersezione con Via Stendhal fino al capolinea Nord alla stazione di Corticella

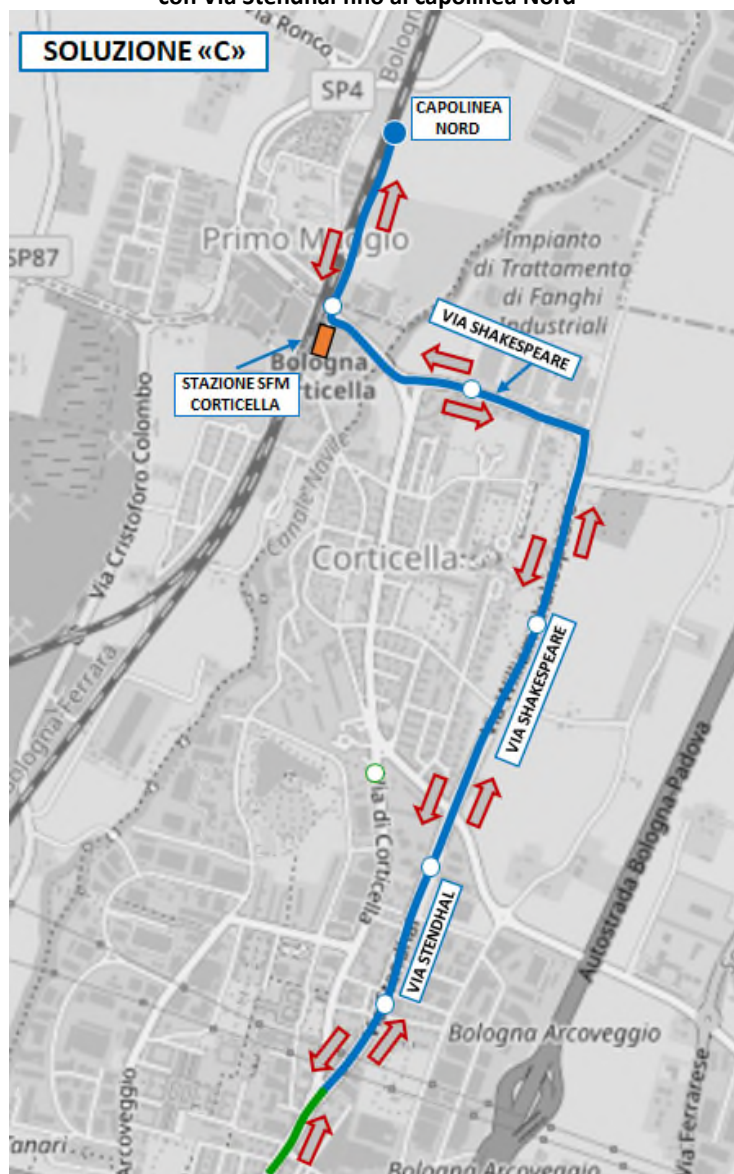


Per questa soluzione lo sviluppo della linea a partire dall'intersezione con Via Stendhal fino al capolinea è di circa 2,3 chilometri e, oltre all'attestamento in stazione, sono previste 5 fermate, 2 delle quali nella tratta in cui le direzioni di marcia si separano.

SOLUZIONE "C"

In corrispondenza della rotatoria di intersezione tra Via di Corticella e Via Stendhal, la terza alternativa di tracciato prevede che la linea tranviaria si diriga su Via Stendhal (Figura 3.4).

Figura 3.4: Tracciato della soluzione "C". Dalla rotatoria di intersezione con Via Stendhal fino al capolinea Nord



In questa ipotesi il tram percorrerà tutto l'asse stradale composto da Via Stendhal e successivamente da Via W. Shakespeare, per oltre 2,1 chilometri, fino a riconnettersi con il tracciato della soluzione "A". a valle dell'intersezione di Via Shakespeare con Via Biron.

Da quel punto il tracciato della soluzione "A" e quello della soluzione "C" coincidono.

Quest'ultima alternativa ha uno sviluppo di circa 3,3 chilometri, a partire dall'intersezione con Via Stendhal e sono previste 4 fermate del tram oltre al capolinea Nord.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche delle tre alternative descritte in precedenza.

Tabella 3.1: Riepilogo delle alternative di tracciato

Alternativa	Estesa complessiva (m)	N° di fermate
Soluzione "A"	6.050	14
Soluzione "B"	5.600 ³	11
Soluzione "C"	5.850	11

³ Nel caso dell'alternativa "B", il calcolo dell'estesa tiene conto del differente instradamento della direzione ascendente e di quella discendente.

4. IL MODELLO DI SIMULAZIONE MULTIMODALE

4.1 APPROCCIO METODOLOGICO

Al fine di stimare gli impatti che saranno generati dalla diramazione verso Corticella della Linea Rossa del Tram sulla mobilità dell'area bolognese si è proceduto ad implementare un modello di simulazione della domanda e dell'offerta di trasporto. Analogamente a quanto fatto per lo studio relativo alla Linea Rossa, si sono utilizzati, come base dati della mobilità pubblica e privata, i dati raccolti ed elaborati per la redazione del PUMS della Città Metropolitana di Bologna che il Comune di Bologna ha messo a disposizione.

Nei prossimi paragrafi vengono dettagliatamente descritte le caratteristiche del modello di base e tutti gli ulteriori elementi di dettaglio che sono stati specificamente introdotti per lo studio in esame.

4.2 LA ZONIZZAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area di studio considerata per lo svolgimento dell'analisi è relativa a tutta la Città Metropolitana.

Come previsto dalla pratica comune della pianificazione dei trasporti, l'area di studio viene suddivisa in zone omogenee di generazione ed attrazione di traffico (zone di traffico). La zonizzazione originale del PUMS della Città Metropolitana era così caratterizzata (cfr. Figura 4.1 e Figura 4.2).

Tabella 4.1: Zonizzazione del PUMS

Area Territoriale	N° di zone
Comune di Bologna (compresi 16 parcheggi di scambio)	132
Comuni di prima cintura	50
Resto della città Metropolitana	54
Zone esterne	25
Totale	261

Fonte: PUMS 2018

Figura 4.1: Zonizzazione della Città Metropolitana

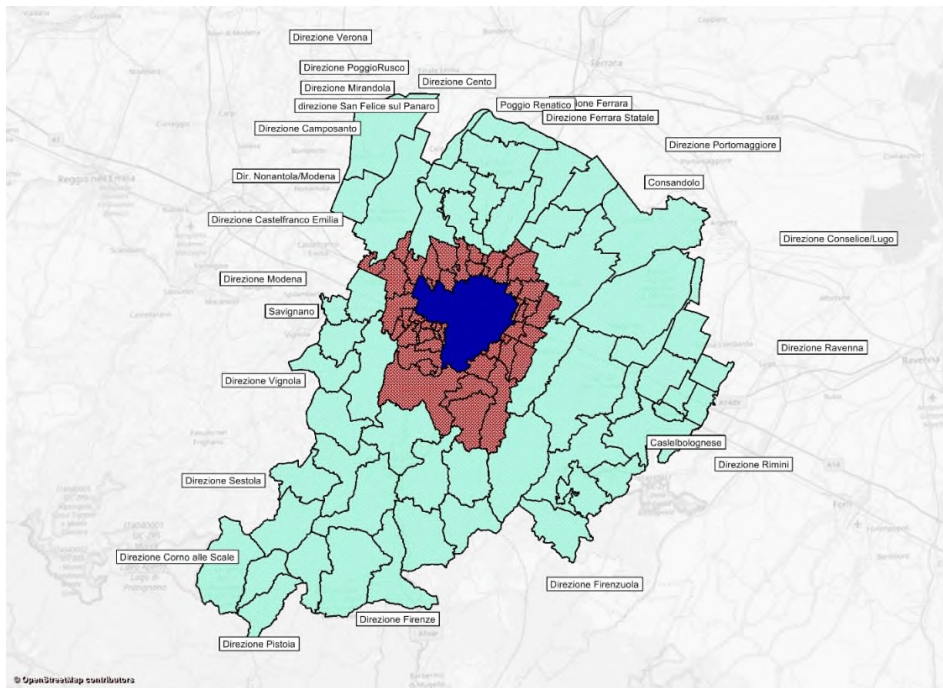
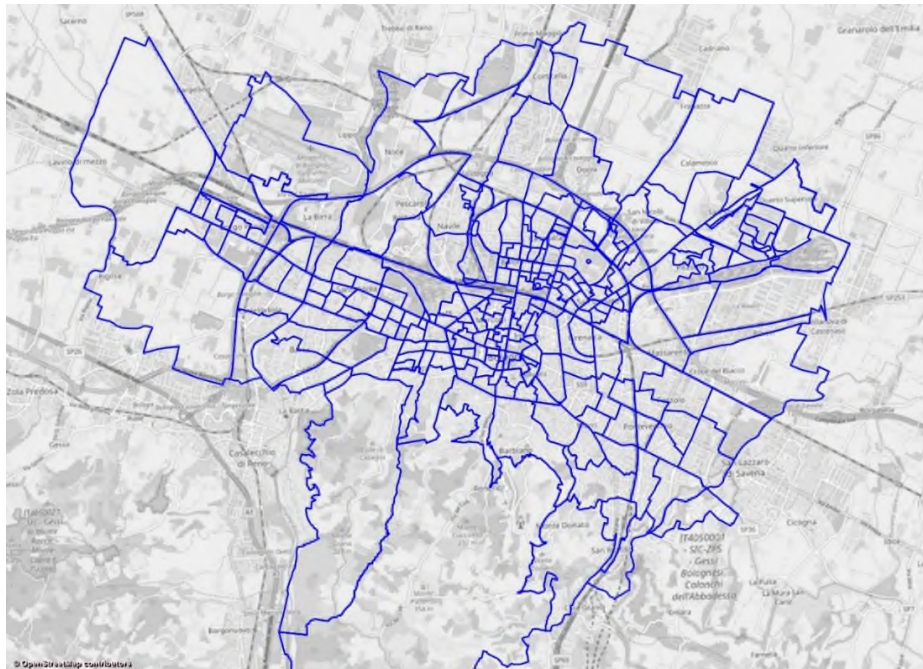


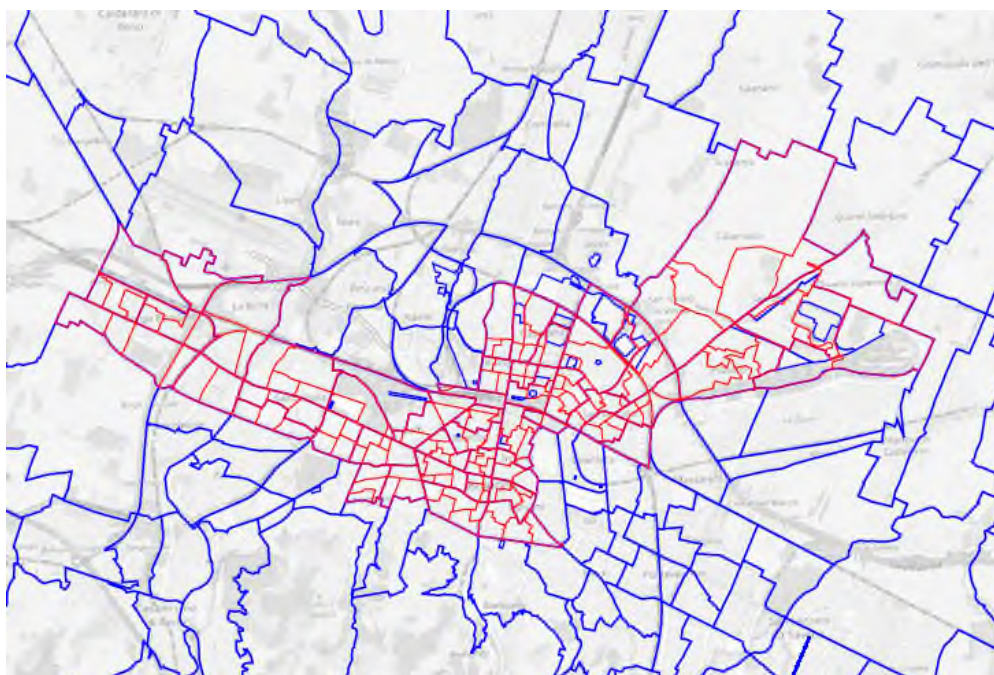
Figura 4.2: Zonizzazione del Comune di Bologna



Successivamente, sia per l'analisi trasportistica della linea rossa del tram, sia per il presente studio della diramazione verso Corticella della medesima linea tranviaria, si è proceduto a una subzonizzazione dei territori direttamente interessati dai citati interventi.

Nello specifico, per lo studio della linea rossa, 47 zone distribuite lungo il tracciato del tram sono state ripartite in 180 zone, portando la zonizzazione del Comune di Bologna a complessive 265 zone (Figura 4.3).

Figura 4.3: Zonizzazione adottata per lo studio della Linea Rossa del Tram



Infine per lo studio in esame 21 zone del Comune di Bologna, poste nell'area della Bolognina e lungo la direttrice di Via Corticella, sono state suddivise in 91 zone e 2 zone del comune di Castel Maggiore suddivise in 12 zone (cfr. Figura 4.4 e Figura 4.5). Nella successiva Tabella 4.2 si riporta il dettaglio della zonizzazione utilizzata per il presente studio.

Tabella 4.2: Zonizzazione per lo studio della diramazione a Corticella del tram

Area Territoriale	N° di zone
Comune di Bologna (compresi 16 parcheggi di scambio)	335
Comuni di prima cintura	60
Resto della città Metropolitana	54
Zone esterne	25
Totale	474

Figura 4.4: Subzonizzazione nell'area della Bolognina

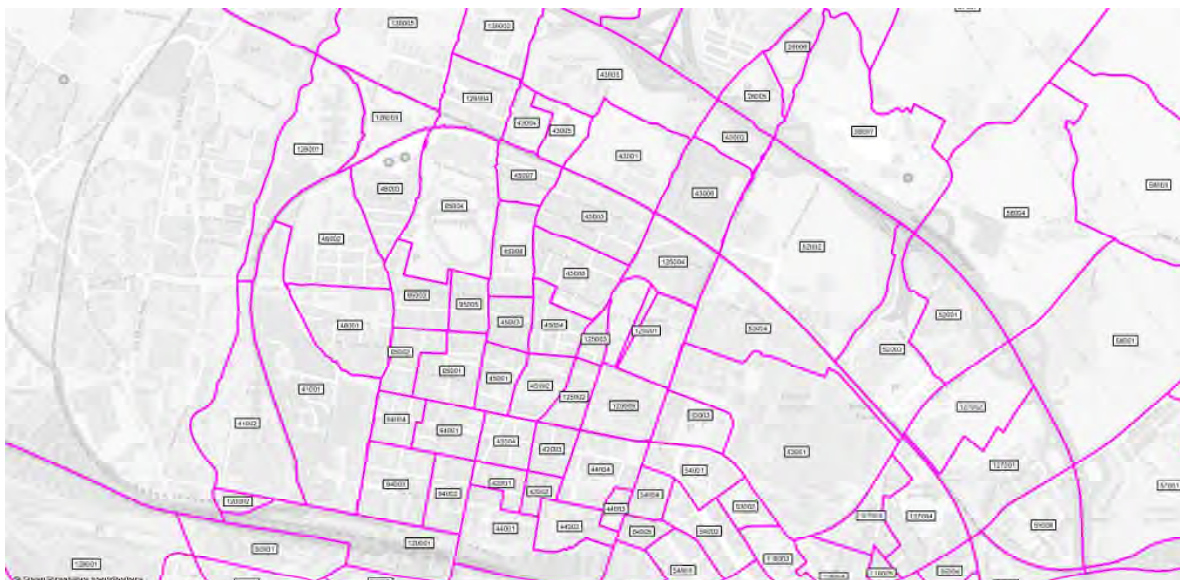
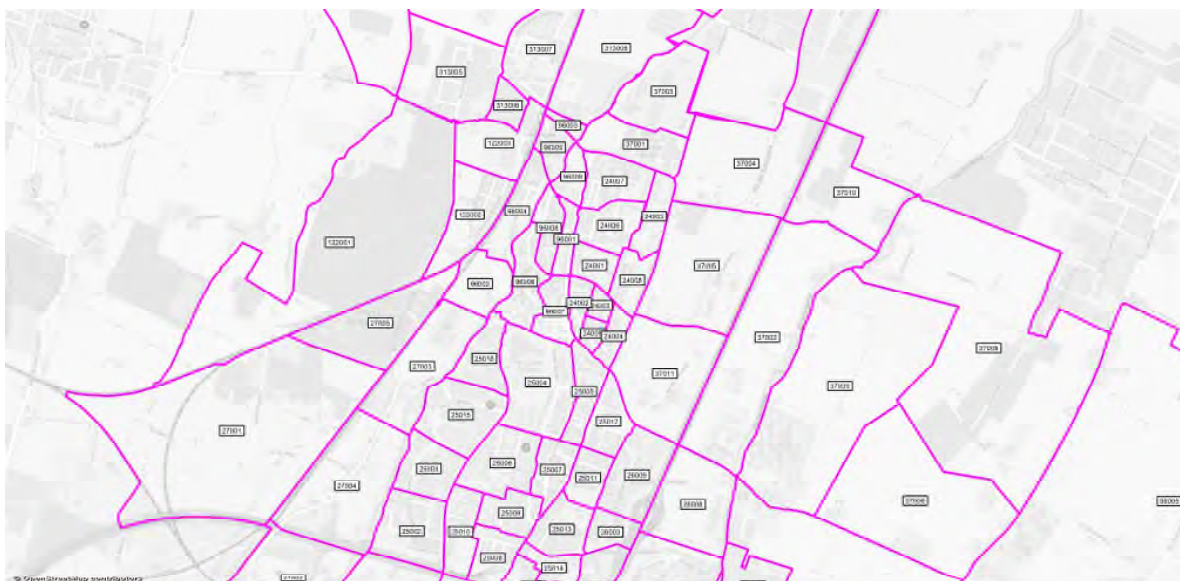


Figura 4.5: Subzonizzazione lungo la direttrice di Via Corticella



4.3 L'OFFERTA DI TRASPORTO

Il sistema dell'offerta di trasporto è costituito da quelle componenti fisiche (infrastrutture, veicoli e tecnologie), organizzative e normative (gestione della circolazione, strutture tariffarie) che determinano la produzione del servizio di trasporto e le relative caratteristiche.

Nei paragrafi che seguono si descrive come è stata costruita l'offerta per le due componenti della mobilità (traffico privato e trasporto pubblico), per i quali si riporta anche una nota sintetica sugli algoritmi di calcolo utilizzati.

4.3.1 LA RETE DEL TRASPORTO PRIVATO

La rete stradale descritta nel grafo del modello di simulazione è schematizzata come successione di archi e nodi che vengono descritti in base alle loro caratteristiche fisico - geometriche.

Ogni arco è rappresentativo di un asse stradale, o di una sua porzione, che presenta caratteristiche omogenee, mentre i nodi sono rappresentativi delle intersezioni tra tronchi stradali o vengono posizionati in corrispondenza di variazioni significative delle caratteristiche geometriche dell'asse.

La rete implementata nel modello ricostruisce con buon dettaglio il sistema della viabilità esistente nell'area di studio ed in particolare lungo i corridoi stradali che ospiteranno la nuova linea tranviaria con tutte le sue diramazioni.

Ogni **arco** che compone il grafo stradale, è stato descritto con le informazioni relative alla sua lunghezza, al numero di corsie disponibili per il deflusso, al limite di velocità. Inoltre sulla base della sezione, geometria e tipologia di intersezione finale, ad ogni arco è stata attribuita una classe funzionale e per ogni classe funzionale sono stati associati specifici valori di capacità⁴ e velocità di percorrenza a flusso nullo.

La classificazione e le caratteristiche degli archi che costituiscono il modello della rete privata per lo studio in esame sono riportate di seguito.

Tabella 4.3: Classifica funzionale della rete stradale

Tipologia	N° di corsie per direz.	Capacità per direz. (veic/gg)	Velocità di flusso libero (km/h)	Lunghezza (km)	N° di archi
Autostrade	4	120.000	130	25,446	8
	3	90.000	130	150,285	84
	3	80.000	110	29,506	16
	2	66.000	130	86,515	58
	2	60.000	110	47,895	24
Autostrade - svincoli	1	25.000	70	5,523	15
Autostrade - rampe	1	20.000	40	27,845	96
Extraurbana principale (B1)	2	55.000	90	14,434	24
	2	50.000	70	1,416	2
	1	28.000	90	32,859	28
	1	27.000	70	70,091	122
	1	25.000	70	18,868	10
	1	24.000	70	196,309	288
	1	22.000	60	4,158	20
B1 - rampe	1	20.000	40	9,469	48
Extraurbana secondaria (B2)	2	44.000	70	2,513	6
	1	22.000	60	287,513	640
	1	20.000	50	58,618	160
B2 - rampe	1	13.000	30	0,164	2

⁴ Per capacità di un sistema di trasporto si intende il flusso massimo che può circolare su una tratta dell'infrastruttura durante un intervallo di tempo fissato, tenendo conto delle caratteristiche geometriche della strada e delle condizioni di circolazione.

Tipologia	N° di corsie per direz.	Capacità per direz. (veic/gg)	Velocità di flusso libero (km/h)	Lunghezza (km)	N° di archi
Extraurbana locale (C)	1	22.000	70	379,279	924
	1	20.000	60	1200,055	2.587
	1	18.000	50	1632,429	4.206
	1	16.000	40	2058,507	5.763
Urbana di scorrimento (U1)	2	64.000	90	49,654	104
	2	60.000	70	5,665	10
	2	45.000	60	13,623	49
	2	40.000	50	5,415	26
U1 - rotatorie	2	38.000	40	2,715	28
U1 - rampe	1	20.000	40	34,739	179
Urbana Interquartiere (U2)	3	48.000	50	17,462	222
	2	45.000	50	19,462	102
	2	40.000	50	11,199	52
	2	38.000	40	4,517	51
	2	32.000	40	10,185	89
	2	28.000	40	42,149	364
	1	20.000	35	2,741	23
	1	16.000	35	0,222	5
	1	14.000	35	25,837	146
	1	12.500	35	89,753	465
	1	8.000	30	40,646	175
U2 - rotatorie	2	22.000	40	0,733	27
Urbana di quartiere (U3)	2	30.000	40	41,339	291
	2	27.000	35	7,513	78
	1	18.000	35	0,116	3
	1	16.000	35	4,408	86
	1	14.000	35	0,755	15
	1	12.000	35	66,056	670
	1	10.500	35	57,259	409
	1	9.500	30	8,017	65
	1	9.000	30	1,138	12
	2	22.000	30	2,777	18
Urbane locali (U4)	2	18.000	30	0,045	1
	2	16.000	30	4,217	62
	1	10.000	30	14,971	174
	1	9.000	30	286,208	1.802
	1	8.000	30	552,948	3.410
	1	7.000	25	4,910	73
ZTL	1	6.000	25	30,885	328
	1	5.000	25	28,011	324

Nel complesso, quindi, la rete stradale modellizzata è composta da **25.069 archi** e copre oltre **7.800 km di strade⁵** all'interno dell'area di studio.

Per i **nodi** stradali, che come detto rappresentano le intersezioni tra diversi archi stradali; sono state definite le penalità di svolta e le capacità delle svolte stesse. Sulla base della tipologia di archi (classifica funzionale) che insistono su un'intersezione e dalla geometria dell'intersezione sono state definite:

- le regole di precedenza tra le strade che convergono nel nodo;
- il tipo di manovre di svolta: a destra, diritto, a sinistra, inversione ad U.

Per ogni manovra su ciascuna intersezione, sono stati associati "perditempo" caratteristici, così da tenere conto delle diverse proprietà (maggiore o minore facilità di eseguire la manovra) di ciascuna manovra di svolta.

Oltre ai nodi rappresentativi delle intersezioni, un'importante classe di nodi è costituita dai **nodi centroidi** (474 nodi pari al numero delle zone di traffico), nei quali si ipotizzano concentrate tutte le attività di una zona e dove, quindi, risultano ubicate le origini e le destinazioni degli spostamenti generati o attratti dalla zona stessa. Generalmente essi non corrispondono a luoghi fisici e vengono solitamente posizionati nel baricentro della zona di traffico; inoltre essi sono collegati al grafo della rete stradale tramite archi fittizi che prendono il nome di "**connettori**", che svolgono la funzione di collegare le zone di domanda alla rete e consentono di modellizzare l'ingresso e l'egresso dalla rete da parte degli utenti.

E' utile sottolineare che una delle più importanti e delicate operazioni di calibrazione del modello di dell'offerta di un sistema di trasporto, è proprio quella di posizionare correttamente gli archi connettori, in modo che non si generino delle distorsioni nell'utilizzo della rete da parte degli utenti che, per poter accedere o uscire da una zona di traffico, devono necessariamente transitare per il/i nodo/i della rete stradale a cui è collegato l'arco connettore.

⁵ Si precisa che, essendo il grafo costituito da archi monodirezionali, per tutta la viabilità a doppio senso di marcia le estese sono raddoppiate.

4.3.2 LA RETE DEL TRASPORTO PUBBLICO

Il modello di trasporto pubblico include la rappresentazione delle seguenti reti:

- rete urbana, suburbana ed extraurbana del trasporto su gomma operata da TPER e dalle altre Società di Trasporto;
- rete del Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM) operato da TPER e da Trenitalia;
- rete del sistema ferroviario regionale, interregionale e nazionale.

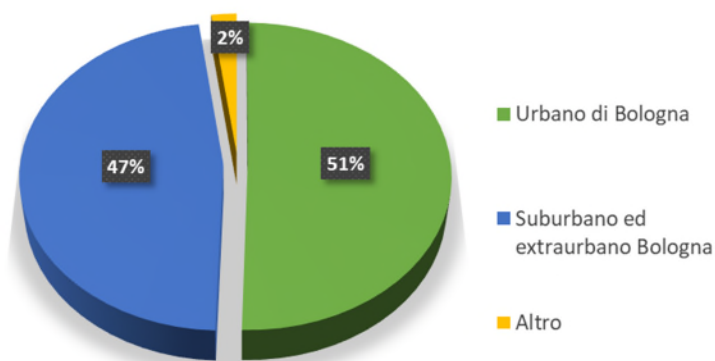
In ragione delle finalità dello studio in esame e dell'estensione dell'area di studio, le reti sono state schematizzate definendo i percorsi gli orari e le frequenze per ciascuna linea.

Secondo quanto riportato dai dati pubblicati sul sito del Comune di Bologna e da TPER S.p.A., la rete di trasporto pubblico su gomma nell'area metropolitana di Bologna si compone di:

- 42 linee urbane di Bologna (comprehensive di 5 navette, 2 linee notturne e 1 linea Aerobus);
- 7 linee urbane di Imola;
- 15 linee suburbane;
- 99 linee extraurbane;
- 10 linee Prontobus.

Nell'esercizio 2018 sono stati complessivamente registrati 35,4 milioni di km percorsi, di cui una metà (17,9 milioni) per il servizio urbano di Bologna e poco meno (16,8 milioni) per il servizio suburbano ed extraurbano.

Figura 4.6: Offerta di servizio del tpl su gomma nel territorio bolognese



Fonte: Bilancio TPER 2018

Nel modello implementato sono rappresentate complessivamente il seguente numero di corse per le differenti tipologie di servizio pubblico.

Tabella 4.4: N° di corse modellizzate per i servizi di Trasporto Pubblico

Tipologia di servizio	N° corse
Trasporto su gomma	8.431
<i>Rete urbana</i>	5.538
<i>Di cui Urbano Bologna</i>	5.240
<i>Rete suburbana</i>	1.100
<i>Rete extraurbana</i>	1.793
Servizio Ferroviario Metropolitano	375
Sistema ferroviario (regionale, interregionale, nazionale)	139
Totale	8.945

4.4 LA DOMANDA DI TRASPORTO

La domanda di trasporto è l'espressione delle esigenze di mobilità degli utenti. Essa viene rappresentata attraverso il numero di spostamenti da ciascuna zona di origine ad ogni zona di destinazione per un determinato intervallo di tempo (Matrice Origine – Destinazione).

Come già esposto in precedenza, anche per la domanda di trasporto il modello implementato trae origine dalle analisi svolte per la redazione del PUMS della Città Metropolitana di Bologna.

Il punto di partenza per la determinazione della domanda di mobilità complessiva è stato rappresentato dall'**indagine O/D condotta nel 2016 sui residenti della Città metropolitana**, che ha permesso di delineare un quadro esaustivo sulle abitudini di mobilità all'interno di tale ambito territoriale.

Nei paragrafi che seguono si forniscono delle indicazioni sintetiche sulle caratteristiche dell'indagine di mobilità e successivamente dei livelli di domanda del trasporto privato e di quello pubblico.

4.4.1 L'INDAGINE DI MOBILITÀ

Come precedentemente accennato, l'indagine di mobilità, è stata effettuata nei primi mesi del 2016, il suo principale obiettivo è stato quello di rilevare le caratteristiche della mobilità dei residenti nella Città Metropolitana.

Le interviste sono state svolte utilizzando un questionario semi-strutturato, realizzato in versione informatica per la somministrazione CATI (Computer Assisted Telephone Interviewing).

Il target di indagine è stato costituito da **cittadini residenti, in età compresa tra 14 e 85 anni**.

Il piano di campionamento

Il campione per l'indagine è stato di **5.500 interviste** rappresentative per *genere, classe di età* (4 fasce) e comune di residenza secondo la zonizzazione d'interesse (15 quadranti) della popolazione presente nell'universo di riferimento (835.955 soggetti).

La numerosità e la struttura campionaria applicate hanno garantito un errore complessivo per il sondaggio pari a $\pm 2,2$ con un livello di confidenza del 95%.

Tabella 4.5: Piano di campionamento rispetto a sesso e classe d'età

	Universo				Campione teorico		
	Maschi		Femmine		Maschi	Femmine	Totale
	V.A.	%	V.A.	%	V.A.		
14 – 24 anni	43.781	5,2	41.362	4,9	288	272	560
25 – 44 anni	132.820	15,9	135.272	16,2	874	890	1.764
45 – 64 anni	134.789	16,1	142.739	17,1	886	939	1.825
65 – 85 anni	90.984	10,9	114.244	13,7	599	752	1.351
Totale	402.374	48,1	433.581	51,9	2.647	2.853	5.500

Nella costruzione del campione particolare attenzione è stata riposta alla distribuzione per zona. A questo riguardo il campione è stato ricostruito procedendo per step, al fine di evitare distorsioni sull'errore campionario che si sarebbe generato procedendo ad un campionamento direttamente proporzionale alla struttura dell'universo per quadranti. Nello specifico:

Step 1: distribuzione delle interviste in modo proporzionale alla popolazione residente nei 15 quadranti;

- Step 2: aggregazione, nel rispetto della zona di appartenenza dei singoli quadranti, nelle 5 zone previste per le elaborazioni;
- Step 3: definizione, per ciascuna Zona di una quantità fissa di interviste (400), passando così da una distribuzione proporzionale ad un campione ragionato, garantendo in questo modo per ogni area di analisi errori statistici non dissimili e quindi confrontabilità dei dati;
- Step 4: distribuzione, all'interno di ciascuna zona delle interviste secondo il peso che i singoli quadranti hanno all'interno della propria zona di riferimento.

Tabella 4.6: Piano di campionamento rispetto alla distribuzione territoriale

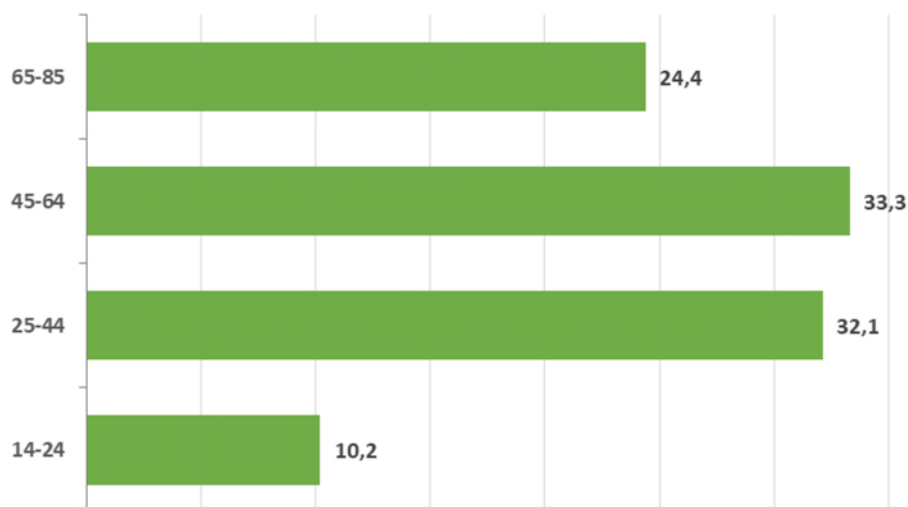
Quadranti	Universo		1-Campione proporzionale per quadrante	Zone	2-Campione proporzionale per zone	3-Campione con quote fisse per zona	4-Distribuzione campionaria per quadrante
	V.A.	%	V.A.		V.A.	V.A.	V.A.
Bologna	324.331	38,8	2.134	Bologna	2.134	1.700	1.700
Est Pianura	44.235	5,3	291	Imolese	728	1.300	520
Est Vallata	8.235	1,0	54				97
Imola	58.114	7,0	382				683
Nord Esterno	65.775	7,9	433	Pianura	924	500	234
NordEst Esterno	28.112	3,4	185				100
NordOvest Esterno	46.514	5,6	306				166
Nord interno	24.070	2,9	158	Cintura	1.098	1.500	216
NordEst Interno	12.294	1,5	81				110
NordOvest Interno	21.106	2,5	139				190
SudEst Interno	52.129	6,2	343				468
Ovest Interno	57.340	6,9	377				515
SudEst Esterno	12.010	1,4	79	Collina - Montagna	616	500	64
SudOvest Bazzanese	33.948	4,1	223				181
SudOvest Esterno	47.742	5,7	314				255
Totale	835.955	100,0	5.500		5.500	5.500	5.500

Il profilo socio-demografico degli intervistati

Rispetto ai **5.500 intervistati**, circa il **52% del campione è composto da donne**, mentre il **48% da uomini**.

Le due classi di età centrali (25-44 e 45-64) coprono entrambe circa un terzo degli intervistati, il 24% degli intervistati è over 65, mentre il 10,2% sono ragazzi in età compresa tra i 14 e i 24 anni (Figura 4.7).

Figura 4.7: Distribuzione degli intervistati per classe d'età (%)



Il livello medio di istruzione catturato è risultato piuttosto elevato: il **25,8%** degli intervistati è **laureato** (o istruzione superiore) ed il **40,5%** ha **conferito un diploma/licenza di scuola superiore di II grado** (Figura 4.8).

Per quanto riguarda la condizione professionale (Figura 4.9), il **47,8%** della popolazione intervistata risulta stabilmente **occupata**, mentre il 3,6% sono disoccupati.

Gli intervistati appartenenti alla cosiddetta **utenza debole** costituiscono complessivamente il **46,6%** degli intervistati, costituito da:

- 33,6% di pensionati;
- 8,6% di studenti;
- 4,4% di casalinghe.

Figura 4.8: Distribuzione degli intervistati per titolo di studio (%)

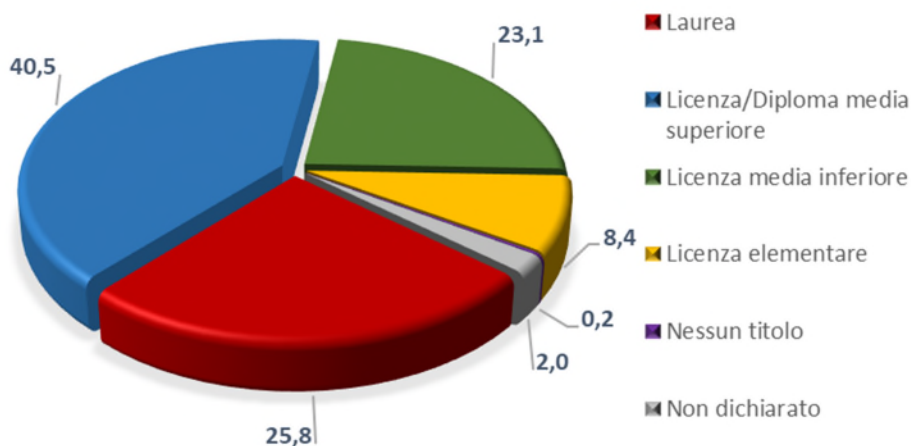
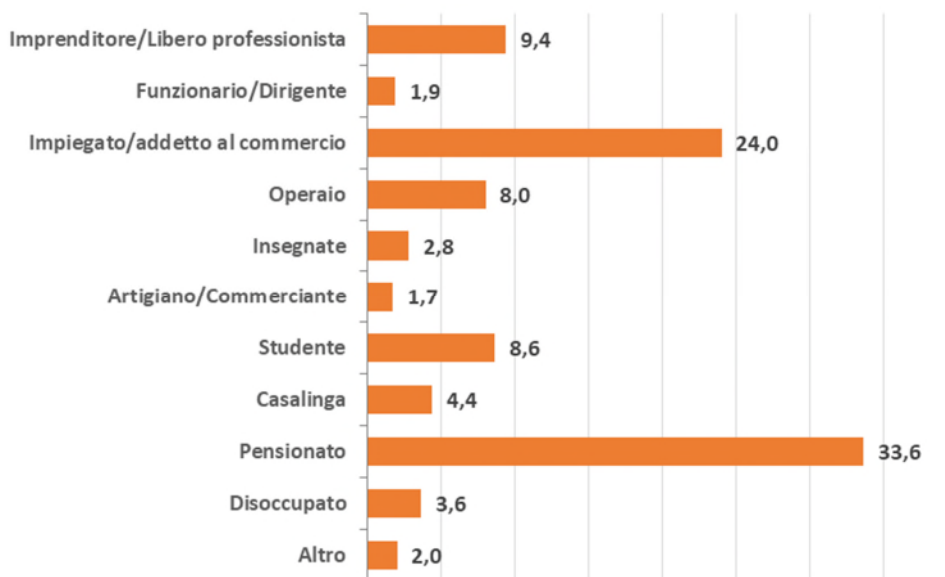


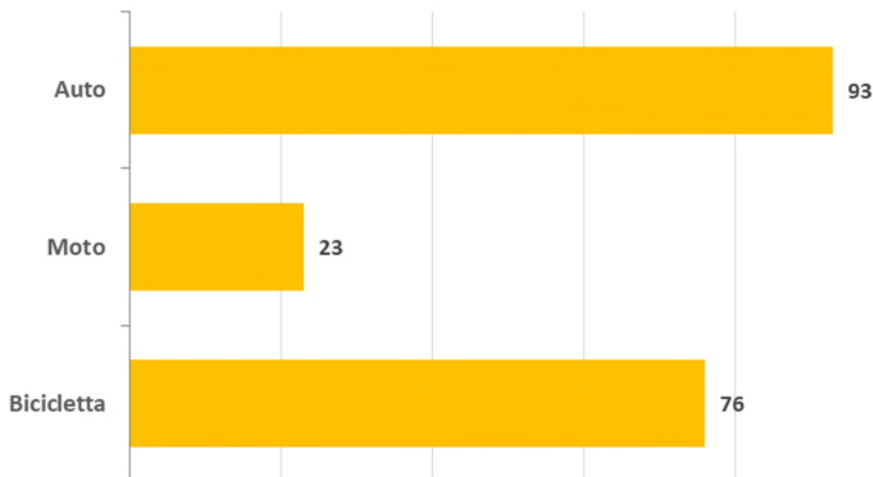
Figura 4.9: Distribuzione degli intervistati per condizione professionale (%)



In merito alla dotazione familiare di mezzi per il trasporto privato, risulta **alto il possesso dell'automobile e della bicicletta**: rispettivamente, il 93% ed il 76% degli intervistati ne possiede

almeno una in famiglia, mentre il 23% degli intervistati possiede almeno un motociclo/ciclomotore in famiglia⁶.

Figura 4.10: Dotazione familiare di mezzi di trasporto (%)



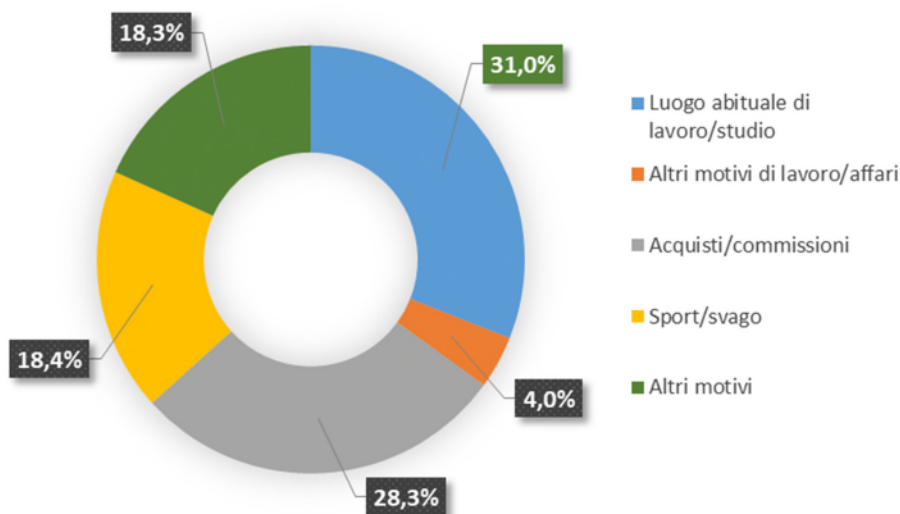
La mobilità

L'indagine relativa agli spostamenti del giorno feriale ha avuto l'obiettivo di rilevare l'intero **diario di viaggio** degli soggetti rispondenti, la cui elaborazione ha consentito la messa a punto di una **base-dati completa degli spostamenti giornalieri** distinti per origine e destinazione, modo, motivo e fascia oraria.

Per il **motivo** dello spostamento si riscontra una ripartizione piuttosto spinta verso la mobilità non sistematica. Infatti, con riferimento a tutto il territorio della Città metropolitana ed al netto dello spostamento di ritorno a casa, la mobilità **sistematica** (spostamento abituale per lavoro/studio) si attesta al **31%**, gli **altri motivi di lavoro** coprono il **4%** e la quota restante è relativa a spostamenti non sistematici (Figura 4.11).

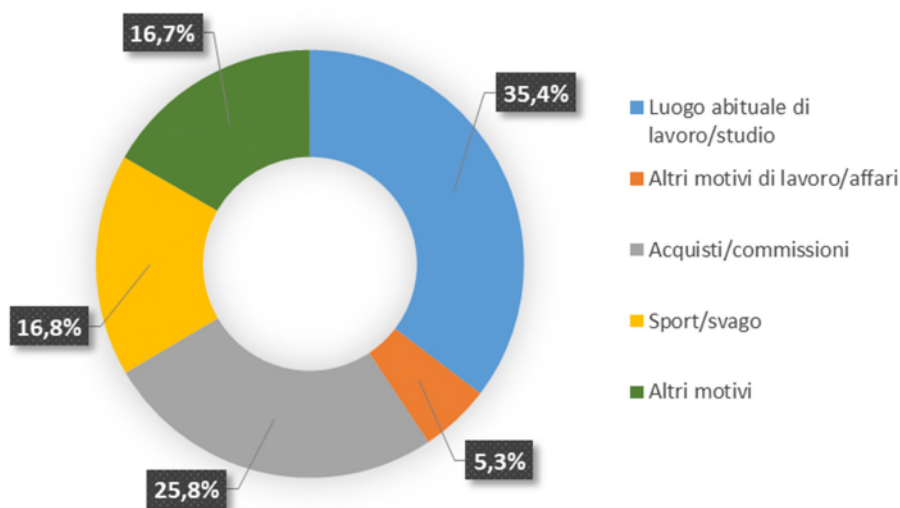
⁶ Il complemento a cento per ciascun modo rappresenta la % di utenti che non possiedono quel mezzo di trasporto.

Figura 4.11: Ripartizione degli spostamenti per motivo. Intera Città Metropolitana (%)



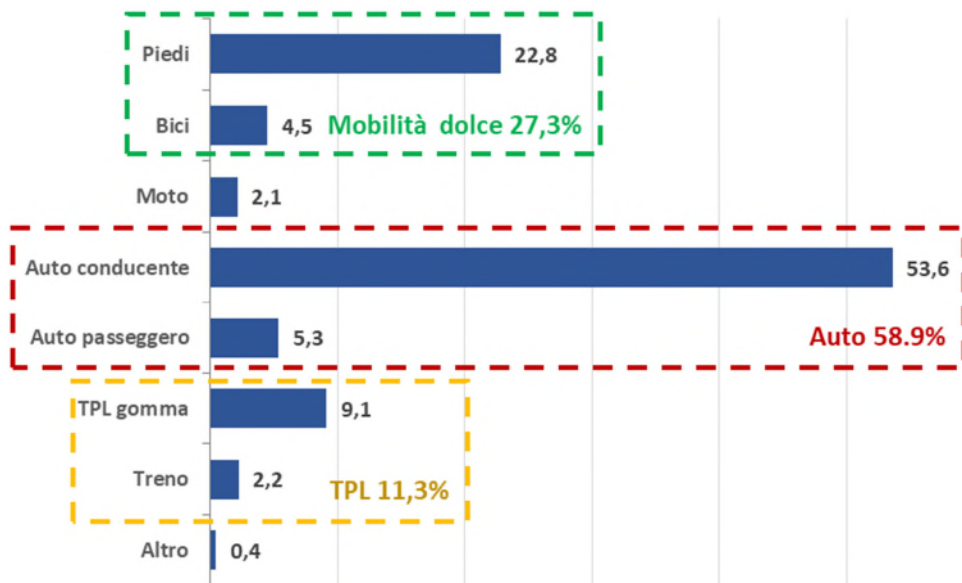
Prendendo in considerazione i soli spostamenti che interessano il comune capoluogo (spostamenti interni a Bologna e di scambio con Bologna), che sono quelli direttamente interessanti per lo studio in esame si ottiene la ripartizione esposta in , che presenta un lieve incremento sia degli spostamenti sistematici sia di quelli per altri motivi di lavoro.

Figura 4.12: Ripartizione degli spostamenti per motivo. Comune di Bologna (interno e scambio) (%)



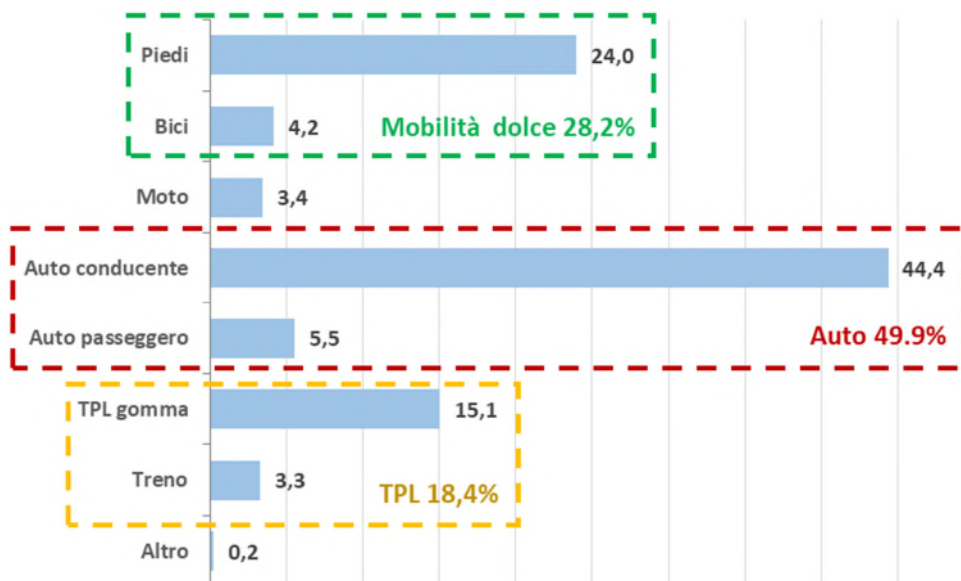
Per quanto riguarda la modalità di trasporto utilizzata, l'indagine ha rilevato che circa il **77% degli spostamenti complessivi viene effettuato utilizzando almeno un mezzo di trasporto**, mentre significativa è la quota di spostamenti che viene svolta solo **a piedi**, pari al **22,8%** del totale (Figura 4.13).

Figura 4.13: Ripartizione modale degli spostamenti dei residenti. Intera Città Metropolitana (%)



Anche per il modo di trasporto è utile analizzare come si distribuisce la ripartizione modale per gli spostamenti che interessano direttamente il comune capoluogo. Come si può osservare in l'elemento principale che si rileva è una riduzione della mobilità con mezzo privato ed un incremento di quella con mezzi di trasporto collettivo (gomma e treno).

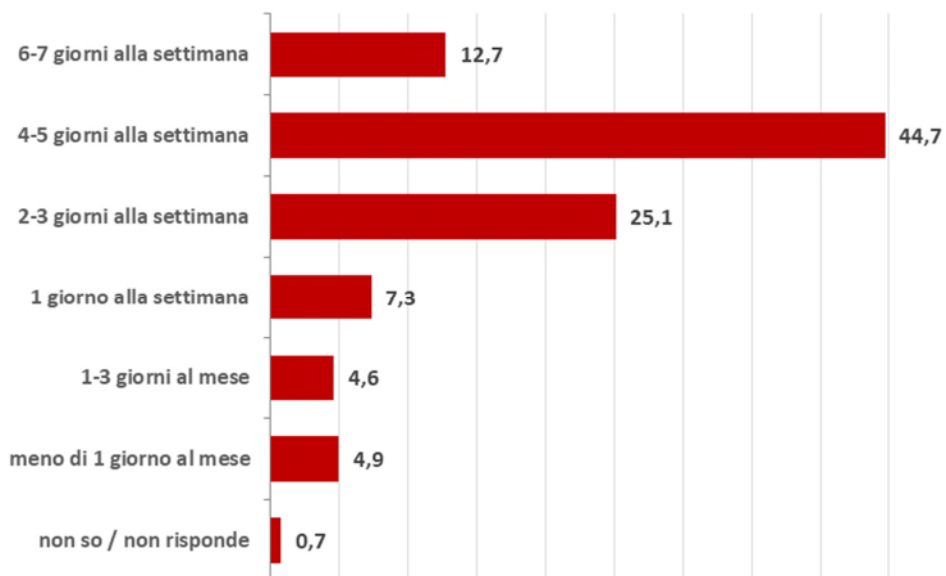
Figura 4.14: Ripartizione modale degli spostamenti dei residenti. Comune di Bologna (interno e scambio) (%)



E' opportuno precisare che le leggere differenze rispetto a quanto esposto nel precedente paragrafo 2.3. (Figura 2.4), sono dovute al fatto che nel citato capitolo sono compresi anche gli spostamenti dei city users che l'indagine, essendo rivolta ai soli residenti della Città Metropolitana, non ha analizzato.

Altro aspetto importante è quello relativo alla frequenza degli spostamenti. Circa il **70% degli spostamenti viene compiuto sempre o spesso durante la settimana** lavorativa. In particolare, circa la metà degli spostamenti complessivi (44,7%) viene compiuta sistematicamente 4 o 5 giorni a settimana.

Figura 4.15: Frequenza degli spostamenti dei residenti (%)



Passando infine ad analizzare la **mobilità complessiva**, come già esposto in precedenza, l'indagine quantifica in **2.401.195** gli **spostamenti** generati dai **residenti nella Città Metropolitana nel giorno medio feriale**.

Se invece si prendono in considerazione solamente gli **spostamenti che interessano l'area di studio** del progetto in esame e cioè il Comune di Bologna e gli scambi che esso ha con il resto della Città metropolitana, nel giorno feriale gli spostamenti complessivi ammontano a **1.272.160**.

I "city users"

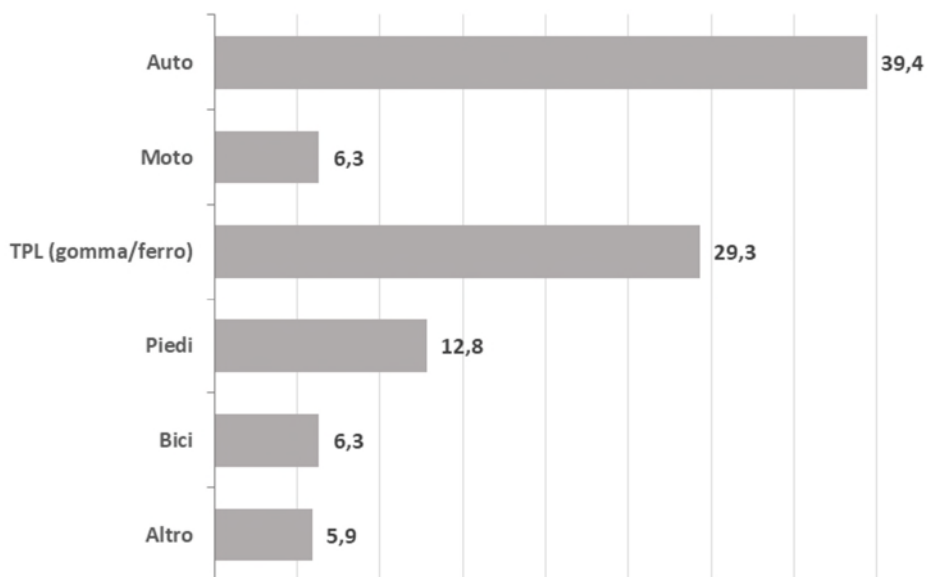
Per ottenere la matrice totale degli spostamenti giornalieri che interessano quotidianamente la Città metropolitana è necessario tenere in conto anche della quota di spostamenti effettuati nel territorio provinciale dai non residenti (anche definiti "City users"). Tale componente di domanda si compone di due aliquote principali:

1. spostamenti di scambio con l'esterno (desunti dalle matrici regionali);
2. spostamenti indotti dai grossi poli attrattori di mobilità di rilevanza nazionale ed internazionale quali: Stazione Bologna Centrale (AV), Autostazione di Bologna, Aeroporto, Ospedale, Fiera e Università.

Considerando quest'ultima categoria di spostamenti, sulla base dei dati provenienti delle campagne di indagine condotte per ognuno dei poli (Indagini Ferro Redas del 2014, Indagine Profilazione utenti aeroporto del 2014, Autostazione di Bologna s.r.l, Web Bologna Fiera; Web UniBo e MIUR, etc.) è stata stimata la numerosità e la ripartizione modale degli spostamenti indotti.

L'elaborazione ha prodotto una quota aggiuntiva (pari a poco più di **300.000 spostamenti**), equamente ripartita tra scambio e indotti. Dal punto di vista della ripartizione modale è ancora **l'auto privata** il mezzo più utilizzato (**39%**) anche se, come atteso per via della quota rappresentata dall'indotto relativo ai poli del trasporto pubblico (Aeroporto, Autostazione e Stazione AV) che esclude la possibilità di effettuare lo spostamento successivo in auto, la quota su **TPL** si attesta al **29%** del totale.

Figura 4.16: Ripartizione modale dei non residenti (city users) (%)



4.4.2 LA DOMANDA DI TRASPORTO PRIVATO

Sulla base delle evidenze esposte nel precedente paragrafo, è stato possibile stimare la matrice degli spostamenti del trasporto privato inerente l'area di studio.

Per far ciò, oltre ad utilizzare la ripartizione modale ottenuta dalla campagna di indagine si è considerato un coefficiente di riempimento medio delle autovetture pari a 1,2.

La domanda di trasporto privato, considera e mantiene distinte sia la componente del traffico leggero, costituito dalle automobili, sia quella del traffico pesante, costituito dai veicoli commerciali leggeri (furgoni) e dai veicoli pesanti per il trasporto delle merci.

Le matrici del PUMS sono state in seguito validate con particolare attenzione su tutto il corridoio di influenza della rete tranviaria costituita sia dalla Linea Rossa del Tram sia dalla diramazione della stessa verso Corticella. Per far ciò si è fatto riferimento in primo luogo alle informazioni fornite dal Comune di Bologna relativamente ai flussi rilevati in corrispondenza delle spire presenti alle intersezioni semaforiche, secondo la metodologia descritta nel successivo paragrafo 4.6 relativo alla calibrazione della modello.

A valle del processo di calibrazione risulta che nel **giorno medio feriale** la rete stradale dell'area di studio è interessata dai seguenti **flussi veicolari** (tutti espressi in veicoli equivalenti):

- 726.000 autoveicoli;
- 4.600 veicoli commerciali leggeri⁷;
- 47.280 mezzi pesanti⁸

4.4.3 LA DOMANDA DI TRASPORTO PUBBLICO

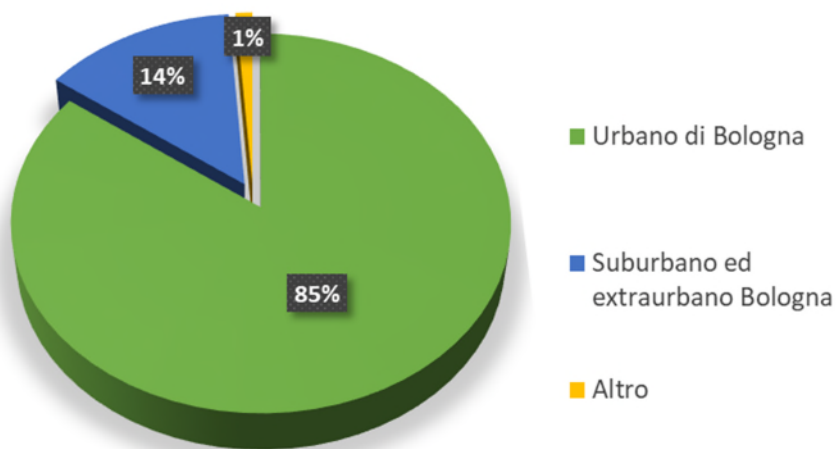
Nel 2017, il totale dei passeggeri paganti trasportati sull'intera rete è stato di 131 milioni di cui l'85% (111,3 milioni) sulla rete urbana di Bologna, mentre poco meno del 14% (18,2 milioni) su rete suburbana ed extraurbana.

Nel 2018, si è registrata una ulteriore crescita sia dei passeggeri sull'intera rete (135,5 milioni, +3.4%) sia di quelli sulla rete urbana di Bologna (115,3 milioni, +3,6%), mentre sono rimasti praticamente invariati quelli su rete suburbana ed extraurbana (18,6 milioni).

⁷ Coefficiente di equivalenza 1,3

⁸ Coefficiente di equivalenza 2,5

Figura 4.17: Passeggeri trasportati servizi TPL su gomma (%)



Fonte: Bilancio TPER 2018

Come già esposto nei capitoli introduttivi, a Bologna le prime dieci linee urbane di trasporto pubblico per passeggeri paganti movimentano oltre l'80% dei passeggeri totali urbani su TPL. Tra queste la **linea 27**, che presenta larga parte del proprio percorso in sovrapposizione con la nuova diramazione verso Corticella della linea rossa del tram, sulla base degli ultimi dati disponibili risulta essere la **seconda linea urbana maggiormente utilizzata** e da sola copre il 12,7% di tutta la domanda urbana di TPL ().

Tabella 4.7: Esercizio automobilistico – Prime 10 linee del servizio urbano del bacino di Bologna (2017)

Linea	Tratta	Estesa linea (km)	Percorrenze (km)	Viaggiatori anno	Incidenza sul totale dei viaggiatori del tpl urbano (%)
13	Borgo Panigale - S. Ruffillo - Rastignano	19,48	1.576.480	14.149.252	12,7
27	Corticella - Mazzini	30,46	1.545.857	14.129.288	12,7
14	Barca - Ospedale S. Orsola - Due Madonne / Pilastro	29,01	1.441.705	12.290.969	11,0
19	Casteldebole - San Lazzaro di Savena	38,74	1.511.989	11.762.220	10,6
20	San Biagio - Casalecchio di Reno - Pilastro	28,61	1.689.359	11.486.436	10,3

Linea	Tratta	Estesa linea (km)	Percorrenze (km)	Viaggiatori anno	Incidenza sul totale dei viaggiatori del tpl urbano (%)
11	Istituto R. Luxemburg / Bertalia / Arcoveggio - rot. Corelli / Ponticella	29,62	1.429.832	9.354.297	8,4
25	Dozza – Staz. Centrale - Ospedale Malpighi - Due Madonne	21,54	943.942	6.268.522	5,6
21	Filanda – Staz. Centrale - San Donato	19,52	694.215	5.849.279	5,3
36	Centro Sportivo Barca – Staz. Centrale - Ospedale S. Orsola - Ospedale Bellaria	20,38	754.640	3.812.050	3,4
35	Facoltà di Ingegneria - Ospedale Maggiore – Staz. Centrale - Fiera - Facoltà di Agraria	22,35	585.620	2.242.047	2,0

Fonte: Open data Comune di Bologna

Ai fini dell'analisi modellistica, anche per la domanda del trasporto pubblico, si è utilizzata la matrici OD del PUMS, a sua volta determinata sulla base delle risultanze ottenute dall'indagine di mobilità.

Come nel caso del trasporto privato anche per la domanda del TPL si è proceduto alla calibrazione delle matrici con le modalità esposte nel successivo paragrafo 4.6.

A valle del processo di calibrazione risulta che nel **giorno medio feriale** la domanda che utilizza i **servizi di TPL** nell'area di studio è di **304.318 persone**.

4.5 IL MODELLO DI INTERAZIONE DOMANDA-OFFERTA

I modelli di interazione domanda-offerta, conosciuti anche con il nome di “modelli di assegnazione”, sono degli algoritmi matematici che consentono di simulare le modalità con cui la domanda utilizza il sistema di offerta. Applicando queste procedure, quindi, sarà possibile ottenere delle stime dei flussi di traffico sugli archi della rete stradale ovvero la stima degli utenti che utilizzano una data linea di trasporto pubblico.

4.5.1 L'ASSEGNAZIONE ALLA RETE DI TRASPORTO PRIVATO

Il software VISUM utilizza specifici algoritmi per calcolare i volumi del traffico privato sui singoli archi della rete stradale.

Come detto, gli algoritmi di assegnazione permettono di simulare le logiche di comportamento degli automobilisti che sono portati a scegliere l'itinerario del viaggio minimizzando il costo generalizzato del trasporto, che comprende, oltre agli eventuali costi monetari, la lunghezza dell'itinerario ed il tempo di viaggio; mentre i primi due parametri dipendono esclusivamente dalle caratteristiche proprie della rete stradale, il tempo di viaggio è invece influenzato dai flussi di veicoli che occupano gli archi.

La procedura di assegnazione è basata su un algoritmo per la ricerca degli itinerari ottimi. Ogni itinerario viene calcolato minimizzando la funzione di costo generalizzato che sinteticamente può essere espressa dalla formula:

$$\text{Costo gen.} = T * VOT + D * VOC + C_p$$

dove:

T = tempo di percorrenza

VOT = valore monetario del tempo

D = distanza percorsa

VOC = costo operativo (carburante, consumo pneumatici, ect)

C_p = eventuali costi di pedaggio

A rete scarica il tempo di percorrenza è unicamente funzione della velocità massima consentita dai limiti di circolazione, mentre in presenza di altri autoveicoli la velocità si riduce e dipende dal livello di congestione.

Il tempo di percorrenza con un dato flusso di veicoli viene dunque determinato con una funzione detta "curva di deflusso" o "capacity restraint" (funzione CR), che descrive la relazione esistente tra la capacità di una strada ed il flusso che la interessa.

Il software VISUM consente di applicare differenti tipologie di curve; nel caso in esame il modello è stato implementato utilizzando curve di deflusso di tipo BPR (Bureau of Public Roads) derivate dall'HCM (manuale americano Highway Capacity Manual).

Le curve BPR presentano la seguente formulazione

$$T_{corr} = T_0 * \left[1 + a \left(\frac{q}{q_{max} * c} \right)^b \right]$$

dove:

T_{corr} = tempo di percorrenza a rete carica,

T_0 = tempo di percorrenza a rete scarica,

q = flusso presente sull'arco stradale,

q_{max} = capacità dell'arco stradale,

a, b, c = parametri caratteristici adimensionali che variano con la tipologia degli archi e che determinano la pendenza e la convessità della funzione.

Il flusso del traffico presente sulla rete viene calcolato con la seguente funzione:

$$q = \sum_{i=1}^{NumSist} q_i + q_{precarico}$$

dove:

q_i = flusso del sistema di trasporto i-esimo,

$q_{precarico}$ = flusso preliminare e rappresentativo di una mobilità non espressa direttamente nella matrice O/D (ad es. la mobilità intrazonale).

La procedura di calcolo utilizzata è quella detta "assegnazione all'equilibrio", coerente con il *Primo Principio di Wardrop*; tale metodo di calcolo sottintende l'ipotesi che gli utenti abbiano una conoscenza completa delle caratteristiche della rete e dello stato del traffico sulla rete e decidano di conseguenza l'itinerario migliore.

Nel software VISUM tale procedura è implementata attraverso una prima assegnazione di tipo incrementale, in modo che il numero di veicoli presenti sulla rete aumenti gradualmente e di conseguenza l'impedenza di ogni tratto di strada possa variare gradualmente in funzione del

flusso. Successivamente vengono effettuate diverse iterazioni per ricercare i percorsi con impedenza inferiore e quindi bilanciare i flussi tra tutti possibili itinerari per ciascuna relazione O/D.

4.5.2 L'ASSEGNAZIONE ALLA RETE DI TRASPORTO PUBBLICO

I dati di input per il modello di trasporto pubblico comprendono tutte le informazioni relative al servizio offerto (linee, percorsi, orari e tempi di percorrenza, sia dei mezzi su gomma che su ferro) ed alla domanda di trasporto. Sulla base di questi dati, i risultati delle procedure di calcolo per il trasporto pubblico consentono di:

- determinare i carichi sulla rete: volumi sulle linee e volumi sugli archi;
- calcolare indicatori specifici per il trasporto pubblico, come la velocità media di servizio, i veicoli chilometro, i passeggeri chilometro ($pax \cdot km$) ed i passeggeri ora ($pax \cdot h$).

Il modello di trasporto pubblico è stato implementato utilizzando la procedura di calcolo basata sulle frequenza dei passaggi delle linee (o intertempi), che è indicata per aree urbane con reti tendenzialmente congestionate e ad elevata frequenza di servizio, dove non è necessario considerare il coordinamento degli orari.

Questa procedura di assegnazione ha inizio dalla rappresentazione di ogni linea attraverso una sequenza di fermate (percorso di linea), definisce i tempi di corsa tra le fermate e il distanziamento tra i veicoli di una linea.

Essa si sviluppa in tre passi:

- la ricerca dell'itinerario,
- la scelta dell'itinerario,
- la ripartizione degli spostamenti.

Il primo passo individua i possibili percorsi fra due zone di traffico. Il secondo passo confronta i singoli itinerari ed elimina quelli relativamente meno convenienti. Il terzo passo analizza le caratteristiche degli itinerari selezionati e assegna gli spostamenti della matrice OD a tali itinerari. Gli itinerari possibili fra due zone di traffico vengono individuati applicando un algoritmo di minimo percorso. L'impedenza di ciascun itinerario comprende i tempi di accesso, di egresso, i tempi di percorrenza ed i tempi di trasbordo.

Nella fase di ripartizione si considerano tutti gli itinerari risultanti dalle fasi di ricerca-scelta, valutati con la loro funzione di impedenza. La distribuzione della domanda di trasporto nei differenti itinerari dipende dall'impedenza ed è calcolata utilizzando la *Legge di Kirchhoff*.

4.6 LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO NELLA SITUAZIONE ATTUALE

L'attività di calibrazione comprende tutte quelle operazioni di revisione, controllo e aggiornamento dei dati di domanda ed offerta volti ad aumentare la precisione del modello e la sua capacità di riprodurre lo stato di fatto.

Calibrazione Trasporto Privato

Sinteticamente le principali operazioni effettuate possono essere raggruppate in:

- revisione del grafo di offerta e controllo/calibrazione dei connettori, per ottenere un buon bilanciamento dei flussi di ingresso / egresso dalle zone e una corretta distribuzione dei flussi sulla rete nell'intorno dei nodi centroidi⁹;
- correzione della domanda tramite procedure di *matrix estimation* sulla base dei flussi rilevati.

La corretta calibrazione del modello è effettuata, secondo prassi consolidata (ad es. Ortúzar e Willumsen, Pianificazione dei sistemi di trasporto, 2004), attraverso il confronto tra i risultati dell'assegnazione del modello ed i rilievi disponibili.

Considerando che il modello di simulazione è stato implementato ed utilizzato per le analisi del PUMS e di conseguenza un primo livello di calibrazione a scala metropolitano è già stato svolto, ai fini del presente studio, che mira alla stima della domanda di un'infrastruttura lineare, ci si è concentrati ad effettuare un'operazione di **validazione del modello** lungo il corridoio che verrà interessato dalla realizzazione della nuova rete tranviaria (sia la linea rossa tra Terminal Emilio

⁹ Il corretto posizionamento dei connettori rappresenta una attività fondamentale per il raggiungimento di un buon risultato modellistico. Basti dire che se due centroidi differenti risultano collegati attraverso i rispettivi connettori al medesimo nodo di rete, la domanda che si scambiano le due zone non transiterà mai sulla rete modellizzata ma attraverserà solamente i due connettori.

Lepido e Terminal Fiera Michelino/Facoltà d'Agraria, sia la nuova diramazione verso Corticella della medesima linea).

I dati di rilievo disponibili per la verifica della calibrazione del modello di trasporto privato sono stati i flussi rilevati dalle spire induttive del sistema di regolazione semaforica in servizio nella città di Bologna (Figura 4.18).

Figura 4.18: Sezioni di validazione per il trasporto privato



Si è ritenuto il modello validato quando i risultati delle simulazioni dello stato di fatto hanno ricostruito con buona precisione i dati di traffico rilevati.

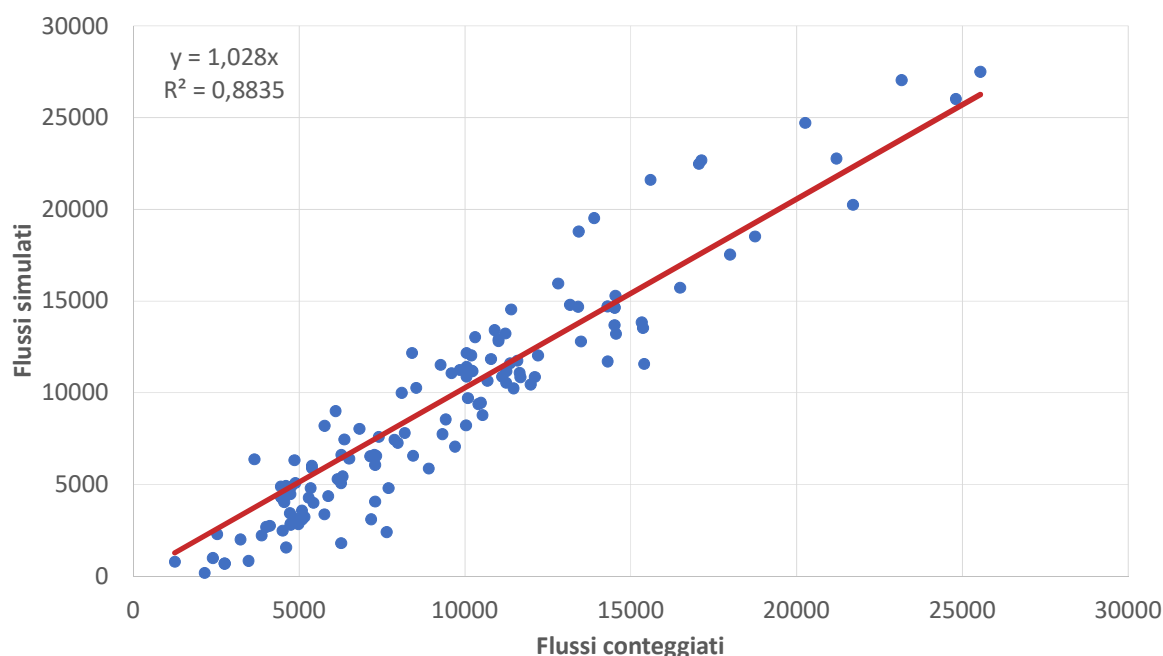
La precisione della validazione sul corridoio viene valutata in base ai seguenti parametri statistici:

- confronto tra flussi stimati – flussi misurati. Si controlla che i valori di traffico teorici, calcolati mediante il modello, siano ben correlati ai valori di traffico rilevati mediante i

conteggi; in una buona calibrazione il coefficiente di correlazione della retta di regressione lineare deve essere prossimo a 1 (coefficiente angolare della retta bisettrice).

- coefficiente di correlazione R^2 : è anche detto indice di correlazione di Bravais-Pearson e dà una misura della dipendenza tra due variabili; nel caso in esame, si calcola un indice di correlazione pari a 0,88, risultato molto soddisfacente;
- Indice GEH: la letteratura di settore indica come soglia obiettivo un valore inferiore a 8. In questo caso, il valore complessivo GEH è pari a 5,44, con oltre il 60% dei rilievi con un Indice GEH inferiore a 8.

Figura 4.19: Calibrazione del trasporto privato



Calibrazione Trasporto Pubblico

Analogamente al modello del trasporto privato, la procedura di calibrazione del modello di trasporto pubblico a scala metropolitana è stata già svolta nell'ambito dell'implementazione del modello per le analisi del PUMS. Anche nel caso del trasporto pubblico dunque si è proceduto ad una procedura di validazione lungo il corridoio interessato dalla realizzazione della linea tranviaria.

Per far ciò si è fatto riferimento ai dati resi disponibili dagli operatori del trasporto integrati con i dati raccolti nel corso della **campagna di rilievo sui passeggeri delle linee di trasporto pubblico urbane** svolta nel mese di ottobre 2018 a supporto della redazione dello studio di fattibilità della linea rossa del tram. La campagna ha riguardato le seguenti linee:

Tabella 4.8: linee interessate alla Campagna di indagine del 2018

Linea	Tratta
13	Borgo Panigale – Via Ugo Bassi
19	Ospedale Maggiore – Via Ugo Bassi
20	San Pietro – Pilastro
21	Piazza Malpighi – San Donato
35	Ospedale Maggiore – CAAB
38/39	San Donato – Ospedale Maggiore

I rilievi svolti nel corso dell'indagine sono state:

- rilievo a campione di alcune corse lungo il corridoio tranviario con conteggio dei passeggeri saliti e discesi a tutte le fermate;
- rilievo dei saliti e discesi in corrispondenza delle fermate maggiormente frequentate di tutte le corse in transito;
- interviste ad un campione casuale di utenti a bordo di alcune corse lungo il corridoio tranviario per caratterizzare gli spostamenti dei passeggeri;
- interviste agli utenti in attesa presso alcune fermate principali, per caratterizzare meglio le abitudini degli spostamenti dei passeggeri.

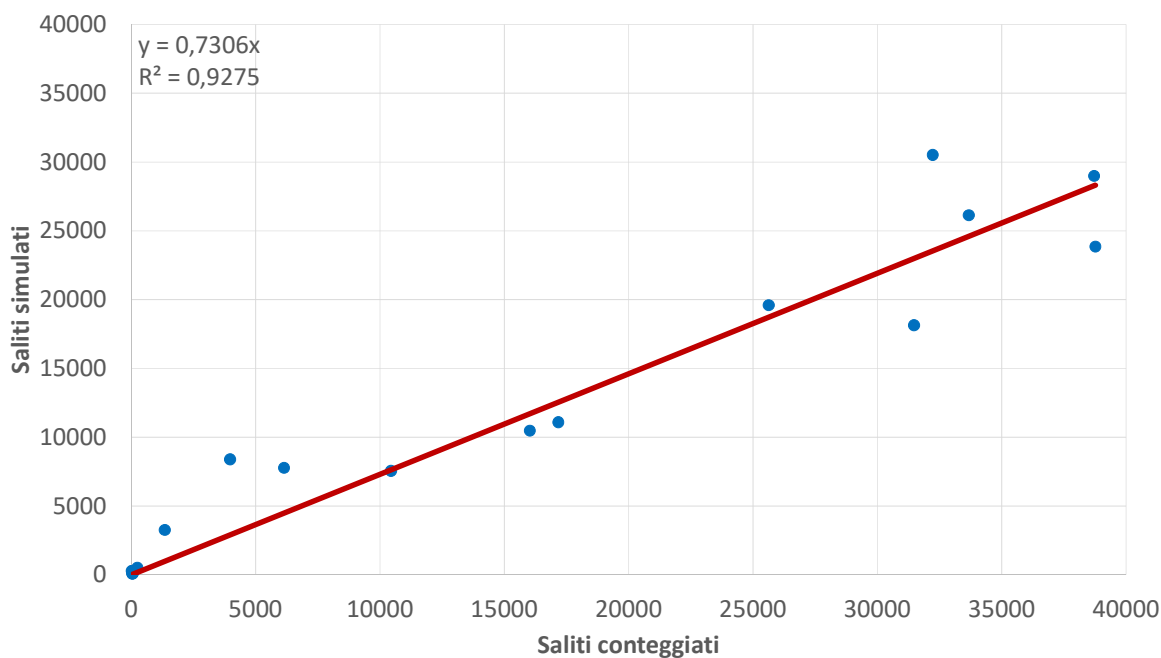
Purtroppo, a causa dell'emergenza sanitaria che ha investito il paese a partire dal mese di Febbraio 2020, non è stato possibile effettuare delle ulteriori indagini integrative anche sulle linee che servono il quadrante interessato dalla nuova diramazione tranviaria.

Sulla base delle informazioni disponibili è stato possibile ricostruire, in termini di passeggeri saliti, i carichi delle principali linee da utilizzare per la calibrazione del modello.

La precisione della simulazione è stata valutata in base ai seguenti parametri statistici:

- confronto flussi stimati – flussi misurati: nel caso in esame, la retta di regressione ha coefficiente pari a 0,73, che rappresenta un risultato soddisfacente.
- coefficiente di correlazione R^2 : nel caso in esame, si è ottenuto un buon valore dell'indice di correlazione pari a 0,93;

Figura 4.20: Calibrazione del trasporto pubblico



4.7 IL MODELLO DI RIPARTIZIONE MODALE

Prima di passare ad esporre le attività svolte per la simulazione degli scenari futuri, si ritiene importante descrivere la struttura del modello di ripartizione modale che è stato implementato, calibrato e validato per consentire di stimare lo shift modale che sarà possibile ottenere tra trasporto privata e trasporto pubblico rispettivamente nello scenario di riferimento e in quello di progetto.

Il modello fornisce come output, tramite la definizione di una funzione di utilità legata ad alcuni parametri specifici delle alternative, le percentuali di ripartizione, per relazione O/D, degli spostamenti sulle modalità di trasporto tra cui l'utente effettua la scelta.

Le funzioni di utilità consistono in una combinazione lineare di un set di parametri, moltiplicati per dei coefficienti (β) che ne indicano il peso percepito dall'utenza.

In particolare la **funzione di utilità del trasporto privato** ha la seguente forma funzionale:

$$U_{\text{auto}} = \beta_{T_{\text{auto}}} * T_{\text{auto}} + \beta_{C_{\text{auto}}} * C_{\text{auto}} + \beta_{ZTL \text{ origine}} * ZTL_{\text{origine}} + \beta_{ZTL \text{ destinazione}} * ZTL_{\text{destinazione}}$$

dove:

T_{auto} = tempo di percorrenza sulla relazione O/D (min);

C_{auto} = $0,1 * DIST_{\text{auto}} + \max(\text{costo park origine, costo park destinazione})$ (€);

$ZTL \text{ origine}/ZTL \text{ destinazione}$ = 1 se la zona di origine/destinazione è ZTL; 0 altrimenti (adim.);

i valori assunti dai coefficienti β risultano:

$$\beta_{T_{\text{auto}}} = -0,09325$$

$$\beta_{C_{\text{auto}}} = -0,34065$$

$$\beta_{ZTL \text{ origine}} = -0,51553$$

$$\beta_{ZTL \text{ destinazione}} = -0,39465$$

Mentre la **funzione di utilità del trasporto pubblico** assume la forma:

$$U_{\text{TPL}} = \beta_{T_{\text{accesso}}} * T_{\text{accesso}} + \beta_{T_{\text{egresso}}} * T_{\text{egresso}} + \beta_{\text{frequenza OD}} * \text{Freq}_{\text{OD}} + \beta_{\text{Costo biglietto}} * C_{\text{biglietto}} + \\ \beta_{T_{\text{piedi}}} * T_{\text{piedi}} + \beta_{T_{\text{bordo}}} * T_{\text{bordo}} + \beta_{T_{\text{trasbordo}}} * T_{\text{trasbordo}} + \beta_{\text{Numero trasbordi}} * N_{\text{trasbordi}} + \\ \beta_{\text{Presenza ferro}} * PR_{\text{ferro}} + ASC_{\text{TPL}}$$

dove:

$T_{\text{accesso/egresso}}$ = tempi pedonali sui connettori in accesso/egresso dai centroidi (min);

$FREQ_{\text{OD}}$ = numero di corse giorno che collegano la relazione OD sul percorso di impedenza minima (adim.);

$C_{\text{biglietto}}$ = costo del biglietto (€);

T_{piedi} = tempo pedonale su rete necessario a raggiungere la fermata (min);

T_{bordo} = tempo a bordo (min);

$T_{\text{trasbordo}}$ = tempo di attesa per l'eventuale trasbordo (min);

$N_{\text{trasbordi}}$ = numero di trasbordi (adim.)

$PR_{ferro} =$ prodotto della percentuale di area coperta dai buffer delle fermate delle linee su ferro per la zona di origine e quella di destinazione¹⁰ (adim.);

$ASC_{TPL} =$ parametro specifico dell'alternativa modale pari a -1,06841 € (determinato in fase di calibrazione)

questi i valori assunti dai coefficienti β :

$\beta_{Tempo\ accesso} = -0,01557$

$\beta_{Tempo\ egresso} = -0,01242$

$\beta_{frequenza\ OD} = +0,00498$

$\beta_{Costo\ biglietto} = -1,93448$

$\beta_{Tempo\ piedi} = -0,05832$

$\beta_{Tempo\ bordo} = -0,01024$

$\beta_{Tempo\ trasbordo} = -0,0185$

$\beta_{Numero\ trasbordi} = -0,35955$

$\beta_{Presenza\ ferro} = +0,67248$

I valori dei parametri sono stati calcolati dal modello di simulazione, ovvero sono stati reperiti da fonte (TPer per costo biglietto, siti comunali per tariffazione sosta ecc.).

Determinato il valore numerico delle funzioni, la probabilità di scelta di ciascuna alternativa è definita secondo un modello di tipo logit binomiale, applicando la seguente formula:

$$p_{od}^j = \frac{e^{\frac{U_{od}^j}{\theta}}}{\sum_{i=1}^m e^{\frac{U_{od}^i}{\theta}}}$$

ossia la probabilità della generica alternativa p_{od}^j è determinata dal rapporto tra il numero di Nepero elevato all'utilità di tale alternativa (U_{od}^j) diviso un coefficiente θ (che esprime il livello

¹⁰ 800 metri per le stazioni ferroviarie, 200 metri per le fermate del tram e del people mover

di stocasticità del modello) fratto la sommatoria dei rapporti per tutte le alternative di scelta disponibili.

Per determinare il valore dei coefficienti (compreso Θ) è stata minimizzata, per relazione O/D a livello di macroarea (sia per il modo auto che per il trasporto pubblico), la somma degli scarti quadratici tra gli spostamenti da matrice O/D e quelli ottenuti a partire dalle probabilità calcolate dal modello di ripartizione modale.

Negli scenari di previsione, introducendo i nuovi valori dei parametri sono state ottenute le stime delle relative quote di spostamenti su auto privata e trasporto pubblico.

5. SCENARI FUTURI – EVOLUZIONE DEMOGRAFICA E SVILUPPI URBANISTICI

5.1 PREMESSA

Il modello matematico descritto nei capitoli precedenti e calibrato sulla situazione attuale, rappresenta la base di partenza per la costruzione degli scenari futuri. A questo scopo è necessario, innanzitutto, individuare l'orizzonte temporale di riferimento più significativo per il quale procedere alla caratterizzazione e successivamente alla simulazione degli scenari futuri.

L'orizzonte temporale individuato è il 2030, anno in cui s'ipotizza che la nuova diramazione tranviaria sia entrata pienamente a regime e rispetto al quale è possibile definire, sulla base degli strumenti di pianificazione di medio e lungo periodo, l'assetto territoriale ed infrastrutturale previsto con buona approssimazione.

Gli scenari che saranno presi in esame, come prassi nelle valutazioni di progetti di infrastrutture e /o di servizi di trasporto, sono due:

- **lo scenario di riferimento** (o di “non intervento”), che modella la rete con tutti gli interventi sia sulla rete di trasporto privato sia su quella di trasporto pubblico che si prevede saranno realizzati entro l'anno di riferimento preso in considerazione a meno dell'intervento di progetto da analizzare;
- **lo scenario di progetto**, che in aggiunta a quanto previsto dallo scenario di riferimento introduce anche l'intervento di progetto e le eventuali modifiche alle reti infrastrutturali e dei servizi da esso indotte.

Prima di entrare nel dettaglio degli scenari, però, è necessario definire la configurazione demografica e territoriale che si prevede ci troveremo dinanzi all'anno di riferimento.

5.2 EVOLUZIONE DEMOGRAFICA

Per ciò che concerne gli scenari di crescita demografica di medio-lungo periodo, si fa riferimento agli “*Scenari demografici per l'area metropolitana bolognese al 2033*” sviluppati da un gruppo di lavoro inter istituzionale formato dall'Ufficio di Statistica del Comune di Bologna, dal Servizio Studi e Statistica per la programmazione strategica della Città metropolitana di Bologna, dalla

Regione Emilia-Romagna e dalla sede territoriale dell'ISTAT per l'Emilia-Romagna e resi pubblici nel mese di giugno 2018.

Sulla base di questi scenari, il territorio metropolitano, tra tredici anni dovrebbe contare circa 1 milione e 42 mila residenti, oltre 30 mila in più di oggi. La città di Bologna si prevede superi la quota dei 400 mila abitanti con un calo del numero di bambini, mentre è atteso in crescita il numero degli over 65 e degli over 80 soprattutto in provincia, dove l'età media sarà più alta di quella dei residenti in città.

Dopo un lungo periodo di riduzione e successiva stagnazione demografica, iniziato nella seconda metà degli anni Settanta, la popolazione residente nella Città metropolitana di Bologna è tornata a salire senza soste ed ha superato già nel 2014 il milione di abitanti di cui poco meno del 40% nella città di Bologna.

Coerentemente con questo andamento, le attuali previsioni ipotizzano che la popolazione residente continui ad aumentare anche nei prossimi anni, tanto nel capoluogo quanto nell'insieme degli altri comuni metropolitani, in maniera continua seppur contenuta. Più nel dettaglio, per la Città metropolitana le diverse ipotesi prospettano variazioni della popolazione di diversa intensità assoluta, ma sempre di segno positivo: al 1° gennaio 2033 si ipotizza infatti un numero di abitanti compreso fra 1.033.000 (nel caso della variante più bassa) e quasi 1.051.000 (in quella più alta), con aumenti rispetto alla situazione al 2018 che vanno da quasi 22 mila persone in più (+2,2%) a circa 39.500 (+3,9%).

L'ipotesi tendenziale, posizionata più o meno a metà tra le due varianti, prevede un numero di residenti intorno al milione e 42 mila abitanti a fine periodo, corrispondente al 3% in più (+30.700 residenti). Per il comune di Bologna si passerebbe, sempre nell'ipotesi tendenziale, dagli attuali 389.261 abitanti a circa 407.500, con un aumento del 4,7% nel periodo ed un range che va da 403.200 (+3,6%) a poco meno di 412.000 (+5,8%). La crescita relativa del capoluogo supera, seppur di poco, quella degli altri comuni metropolitani, che guadagnerebbero solo il 2% in 15 anni.

Uno dei fenomeni più significativi della storia demografica del territorio è rappresentato dall'invecchiamento: a titolo di confronto si pensi che il peso relativo degli anziani,

convenzionalmente identificati con gli over 64, è salito, nella Città metropolitana, dal 13% del Censimento del 1971 all'attuale 25%, il loro numero assoluto nello stesso periodo è raddoppiato, passando da quasi 122mila a 246mila. Questa tendenza di lungo periodo continuerà probabilmente ancora nel prossimo futuro: a livello metropolitano si prevedono, nel 2033, quasi 300mila anziani residenti, con un incremento assoluto rispetto ad oggi, di circa 50 mila persone (quasi il 20% in più).

Sulla base del trend previsto si è stimato che all'anno di riferimento (2030) la popolazione di Bologna si incrementi del 3,8% rispetto al 2018.

5.3 NUOVI SVILUPPI URBANISTICI

Sono stati valutati e inseriti nell'analisi trasportistica gli effetti derivanti dagli interventi urbanistici previsti dagli strumenti di pianificazione territoriale all'orizzonte temporale di riferimento del 2030.

Utilizzando i dati progettuali forniti dal Dipartimento Urbanistica, Casa e Ambiente, Settore Piani e Progetti Urbanistici del Comune di Bologna, quanto a localizzazione, tempistiche e quantificazione delle nuove superfici da edificare distinte per tipologia funzionale (residenziale, direzionale, commerciale e pubblici esercizi), è stato in primo luogo stimato il numero di residenti, addetti e visitatori che graviteranno su ciascun nuovo intervento. In seconda battuta, utilizzando coefficienti desunti dalla letteratura, sono stati stimati gli spostamenti generati ed attratti dalle trasformazioni territoriali a livello giornaliero. Tali coefficienti variano in funzione delle diverse tipologie di intervento e delle relative dimensioni.

È stata inoltre ipotizzata una quota percentuale per ciascun intervento previsto che sarà realizzata al 2030.

Nella Tabella 5.1 sono riportati gli interventi previsti dai diversi strumenti di programmazione e le stime degli spostamenti complessivi generati dalla realizzazione dei programmi stessi al loro completamento. Nella figura successiva sono riportate le localizzazioni delle aree che saranno oggetto di trasformazioni territoriali.

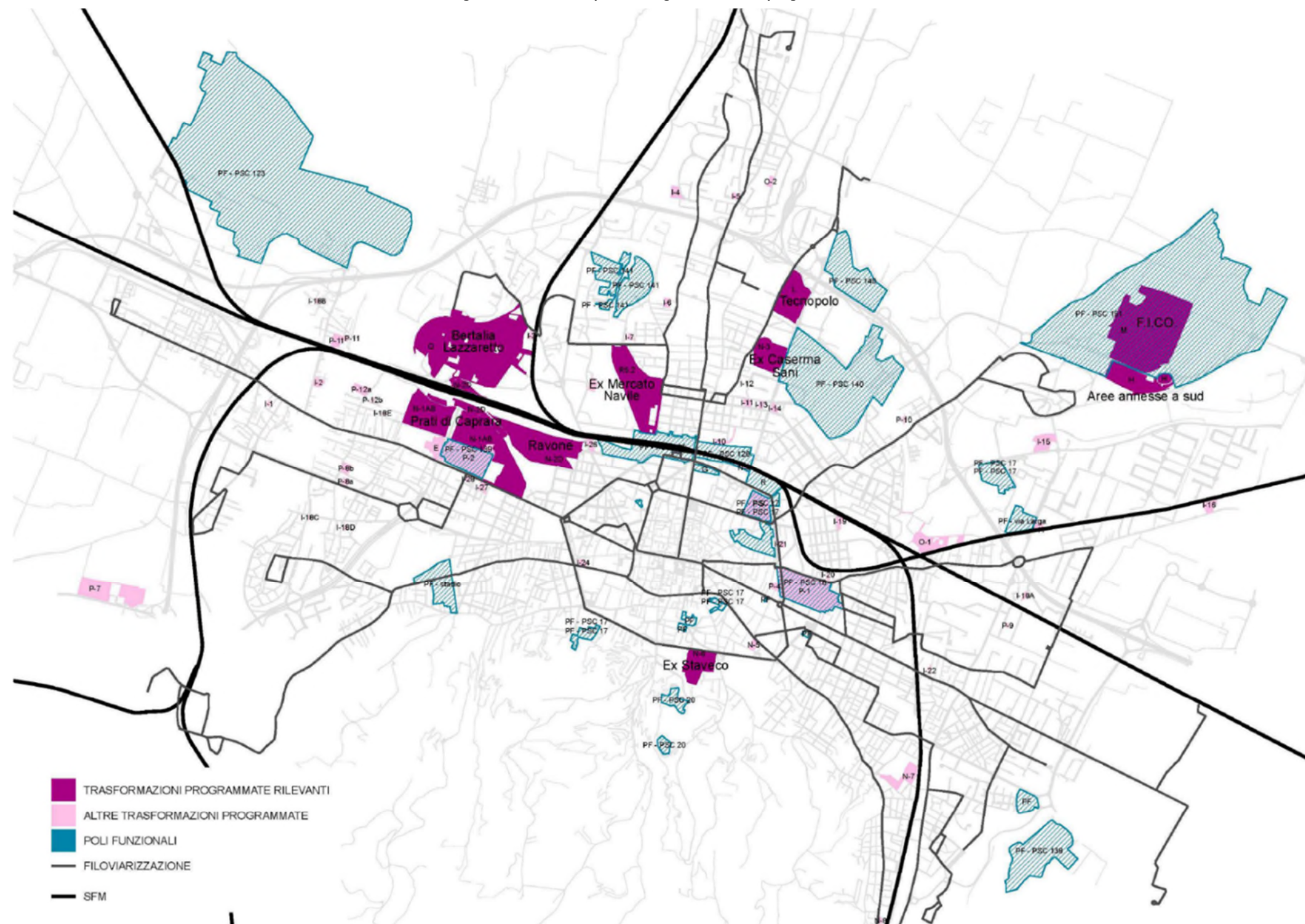
Inoltre, per determinare la distribuzione della domanda generata&/attratta dalle nuove urbanizzazioni è stato implementato un semplice modello gravitazionale che tiene conto della potenzialità attrattiva/generativa delle altre zone e utilizza come impedenza un mix del quadrato delle distanze su rete delle diverse modalità di trasporto.

Infine, per la stima della ripartizione modale di questi spostamenti si è utilizzato lo specifico modello descritto in precedenza. In questo modo è stato possibile tenere in conto dell'impatto che gli interventi previsti sia nello scenario di riferimento che in quello di progetto avranno sullo shift modale.

Tabella 5.1: Interventi previsti e spostamenti generati

Intervento	Residenziale (m ²)	Direzionale (m ²)	Commerciale (m ²)	Pubblici esercizi (m ²)	Spostamenti/giorno in origine	Quota % di completamento al 2030
Prati di Caprara Est	43.634	-	-	-	1.250	80
Prati di Caprara Ovest	43.634	-	-	-	1.250	80
Prati di Caprara Sud	-	-	-	9.900	970	80
Ravone	59.400	-	-	-	1.711	80
Ex Oma	-	-	-	6.800	670	100
Ex Sintexcal	4.664	-	-	-	130	100
ex Officine SABIEM	7.600	-	-	-	220	100
Bertalia - Lazzaretto	158.976	-	-	-	4.500	100
Navile - ex mercato ortofrutticolo	92.503	-	-	-	2.660	100
Tecnopolo di Bologna - ex Manifattura Tabacchi	-	72.390	-	-	3.000	100
Area via Scandellara	12.362	-	-	-	350	100
Via del Pontelungo 7/c	1.860	-	-	-	50	100
Via Zanardi 106	1.824	2.016	480	480	260	100
Via Bigari 1	-	-	-	6.000	150	100
Creti, 22-24 Liberazione 8-10	6.705	-	216	-	230	100
Stalingrado/Gnudi	-	3.300	-	-	140	100
Via Libia 69	-	-	2.920	-	500	100
Bovi Campeggi	-	-	4.000	-	690	100
Marzabotto 4	1.758	419	502	-	154	100
Aree Annesse Sud CAAB	58.500	-	-	-	1.685	100
Ex ASAM	-	13.329	25.740	-	5.010	100
TOTALE	493.420	91.454	33.858	23.180	25.580	-

Figura 5.1: Interventi previsti dagli strumenti di programmazione



Fonte: Dipartimento Urbanistica, Casa e Ambiente, Settore Piani e Progetti Urbanistici del Comune di Bologna

6. SCENARI FUTURI – LO SCENARIO DI RIFERIMENTO

Nel presente paragrafo si riportano gli interventi che determinano la configurazione dello scenario di riferimento che, come già esposto, rappresenta lo scenario comprensivo di tutti gli interventi previsti sia sulle reti infrastrutturali sia su quelle dei servizi all'anno di riferimento (2030) a meno dell'intervento di progetto del quale si vogliono valutare gli effetti.

Per svolgere tale attività si è fatto in primo luogo riferimento a quanto previsto dal PUMS, avendo però cura di valutare attentamente la reale fattibilità dei singoli interventi all'orizzonte temporale considerato.

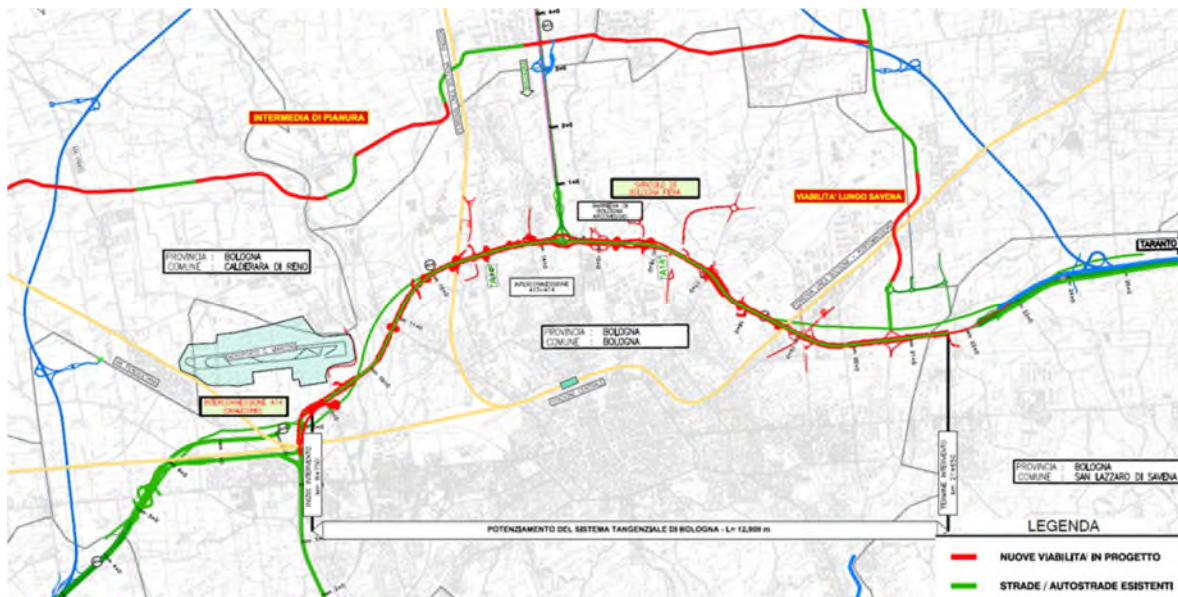
6.1.1 GLI INTERVENTI SULLA RETE STRADALE

Per ciò che riguarda la rete stradale, lo scenario di riferimento è stato implementato considerando la realizzazione dei seguenti interventi:

1. realizzazione del progetto del **Passante di Bologna** che prevede il potenziamento in sede della tratta urbana della A14 e della tratta urbana del Sistema Tangenziale. Nello specifico:
 - il **potenziamento della A14** avverrà tramite la realizzazione di una terza corsia reale¹¹ e della corsia di emergenza tra l'Interconnessione con il Raccordo di Casalecchio e lo svincolo di Bologna San Lazzaro con un limite di velocità posto a 110 km/h.;
 - il **potenziamento della Tangenziale** avverrà tramite la realizzazione di una terza corsia reale e della corsia di emergenza tra lo svincolo 3 (Interconnessione con il Ramo Verde) e lo svincolo A14 di BO S. Lazzaro. Il limite di velocità su tutto il Sistema Tangenziale sarà posto a 80 km/h. Il progetto inoltre prevede interventi su alcuni svincoli della Tangenziale con apertura di nuovi svincoli e chiusura e/o modifica di altri;

¹¹Attualmente sulla tratta urbana della A14 è disponibile una terza corsia dinamica tra il Raccordo di Casalecchio e Bologna S. Lazzaro che viene attivata in caso di necessità.

Figura 6.1: Il progetto di potenziamento in sede del passante di Bologna



Fonte: Materiale del confronto pubblico Passante di Bologna

2. realizzazione III corsia sulla A13 da Bologna Arcoveggio a Ferrara Sud, per un'estesa complessiva di circa 33 km;
3. realizzazione della IV corsia sulla A14 tra ponte Rizzoli e la diramazione per Ravenna per complessivi 27 km;
4. realizzazione della **Complanare Nord all'A14** nel tratto da Bologna-San Lazzaro a Ponte Rizzoli e relativi svincoli;
5. realizzazione di due complanari ad Est e Ovest del ramo di A13 tra diramazione con l'A14 e lo svincolo Bologna-Arcoveggio in maniera tale da consentire lo scambio tra sistema autostradale e i quartieri di Croce Coperta e Dozza;
6. completamento della Nuova Bazzanese tra Bazzano e l'area produttiva Via Lunga e relativi svincoli;
7. realizzazione di un collegamento tra via Porrettana (altezza uscita Cantagallo) e il Raccordo Autostrada-Tangenziale in corrispondenza della stazione ferroviaria Casalecchio Garibaldi;
8. completamento dell'asse Osteria Nuova - Trebbo di Reno;

9. collegamento tra le aree posizionate ad Est e ad Ovest del fascio ferroviario tra le stazioni di Rastignano e Bologna San Ruffillo;
10. realizzazione di uno svincolo di collegamento tra la SP253 e la zona di Ca' dell'Orbo;
11. realizzazione di uno svincolo e di una rotatoria per il collegamento diretto tra la Trasversale di Pianura e il casello autostradale di Bologna-Interporto ed il potenziamento del tratto tra il casello e lo svincolo per Interporto;
12. realizzazione di un collegamento in direzione Nord-Sud tra la San Vitale e via dell'Industria;
13. una serie di interventi infrastrutturali (diretti o accessori) per il collegamento tra le zone poste a Nord e Sud del fascio ferroviario all'interno dell'abitato di Bologna;
14. realizzazione di alcuni rami infrastrutturali tangenziali all'abitato di Imola allo scopo di garantire il bypass da parte dei flussi di attraversamento;
15. realizzazione di un collegamento tra la via Emilia e la SP30 a Ovest di Toscanella di Dozza, finalizzato a indirizzare il traffico dalla via Emilia verso il nuovo casello autostradale Toscanella, limitando l'attraversamento del nucleo abitato.

Oltre agli interventi citati, alla rete stradale dello scenario di riferimento sono state applicate anche tutte quelle modifiche indotte dagli interventi previsti sulla rete di trasporto pubblico. In particolare è stato necessario introdurre:

- restringimenti di carreggiate stradali,
- modifiche agli schemi di circolazione (chiusura di alcune strade, modifica ai sensi di marcia, svolte vietate, etc),
- modifiche alla regolazione della circolazione (variazione dei cicli semaforici, inserimento di nuovi impianti semaforici, etc).

6.1.2 GLI INTERVENTI SULLA RETE DI TRASPORTO PUBBLICO

Relativamente alla rete di trasporto pubblico, l'intervento più rilevante che caratterizza lo scenario di riferimento è certamente l'introduzione della **Linea Rossa del Tram** che si sviluppa per circa 15 chilometri all'interno della città di Bologna e il cui percorso ha origine dal capolinea ovest

(Terminal Emilio Lepido) situato a Borgo Panigale, si sviluppa lungo l'asse delle vie Marco Emilio Lepido, Emilia Ponente e Aurelio Saffi fino alla cinta dei viali, prosegue poi su Via San Felice e Via Ugo Bassi nel pieno centro storico di Bologna alle spalle di Piazza Maggiore; da qui svolta verso nord in direzione della Stazione Bologna Centrale FS e passato ponte Matteotti attraversa il quartiere della Bolognina, giunto a Piazza dell'Unità si dirige verso est su via della Liberazione e Viale Aldo Moro. Qui la linea si separa dirigendosi in un caso verso il "Fiera District" per andarsi ad attestare al **Terminal Fiera Michelino**, mentre il secondo braccio percorre Via della Repubblica e poi Via S. Donato per raggiungere il quartiere Pilastro posto a nord-est della città ed andarsi ad attestare presso **la Facoltà di Agraria** (Figura 6.2).

Questo importante intervento comporta necessariamente un ampio riassetto delle linee su gomma urbane/suburbane/extraurbane. In generale, per le varie linee coinvolte, sono stati previsti interventi di vario tipo, i principali dei quali sono:

- eliminazione di linee;
- riduzione della frequenza;
- modifica degli attestamenti;
- modifica del percorso.

Di seguito si riporta l'elenco delle linee riorganizzate.

Tabella 6.1: Linee TPL su gomma modificate a seguito dell'inserimento della linea rossa del tram

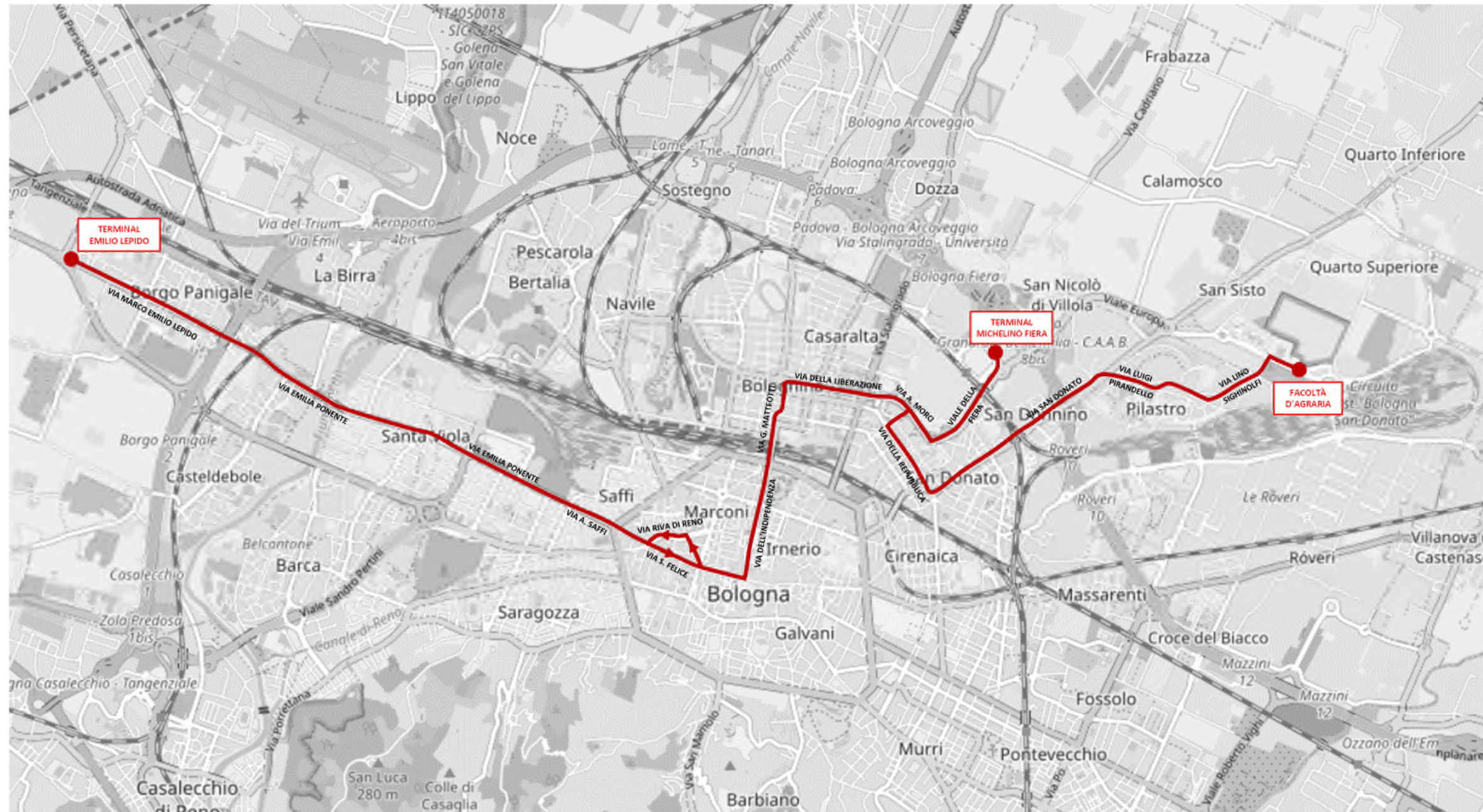
Linea	Tipologia	Descrizione
11	Urbana	Istituto R. Luxemburg / Bertalia / Arcoveggio - rot. Corelli / Ponticella
19	Urbana	Casteldebole - San Lazzaro di Savena
20	Urbana	San Biagio - Casalecchio di Reno - Pilastro
21	Urbana	Filanda - Stazione Centrale - San Donato
28	Urbana	Via Indipendenza S. Pietro / Via dei Mille - Fiera
38	Urbana	Circolare periferica destra
39	Urbana	Circolare periferica sinistra
55	Urbana	Facoltà di Agraria - San Rufillo

Linea	Tipologia	Descrizione
Navetta A	Urbana	Fioravanti P. Liber Paradisus - Poliamb. Rizzoli
Navetta C	Urbana	Via Castiglione - Stazione Centrale - Parcheggio Tanari
81	Suburb.	Stazione Centrale - Longara - Padulle - Bagno di Piano
86	Suburb.	P.za Roosevelt / P.za San Francesco - Casalecchio di Reno
87	Suburb.	Bologna - Stazione Centrale - Ospedale Maggiore - Anzola dell'Emilia - Castelfranco Emilia
88	Suburb.	Bologna - Cadriano - Viadagola - Granarolo dell'Emilia
91	Suburb.	Stazione Centrale - Calderara di Reno - Padulle - Bagno di Piano
93	Suburb.	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
213	Extraurb.	Bologna - Budrio - Medicina
300	Extraurb.	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
556	Extraurb.	Cento - San Giovanni in Persiceto - Bologna
576	Extraurb.	Bologna - San Giovanni in Persiceto - Crevalcore
646	Extraurb.	Bologna - Anzola dell'Emilia - Spilamberto - Bazzano Stazione F.B.V.
651	Extraurb.	Bologna autostazione - Bazzano stazione
673	Extraurb.	Zola Predosa - Rigosa

A questi interventi si aggiungono, infine:

- il Terminal Area Fiera Michelino che costituirà un nuovo centro intermodale dove confluiranno sia i mezzi delle linee di lunga percorrenza, sia le linee extraurbane del quadrante Nord-Est e dove gli utenti provenienti dall'area suburbana e dall'autostrada potranno parcheggiare l'auto ed effettuare Park and Ride (P&R) su Tram;
- il parcheggio di interscambio localizzato in prossimità dell'attestamento della linea tranviaria presso la facoltà di Agraria.

Figura 6.2: Il tracciato della Linea Rossa del Tram



Altro importante progetto considerato nello scenario di riferimento, è quello relativo all'attivazione del **Progetto Integrato della Mobilità Bolognese (PIMBO)**. Il Progetto PIMBO comprende una serie di interventi finalizzati al completamento del Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM) e alla **filoviarizzazione delle linee portanti del trasporto pubblico urbano di Bologna**, per soddisfare - in ambito urbano e metropolitano - una maggiore domanda di mobilità. In estrema sintesi il progetto riguarda:

- interventi su alcune **fermate del Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM)**:
 - realizzazione delle fermate Prati di Caprara e Zanardi;
 - completamento delle fermate Borgo Panigale Scala e San Vitale;
 - rimesse e adeguamento delle fermate San Ruffillo e Fiera;
- opere di accessibilità alle fermate SFM;
- il completamento dell'interramento della tratta urbana della linea ferroviaria SFM2 Bologna-Portomaggiore;
- il completamento della **rete filoviaria urbana bolognese**, con la realizzazione delle opere stradali e di alimentazione elettrica, comprese le sottostazioni, e la fornitura di materiale rotabile filoviario.

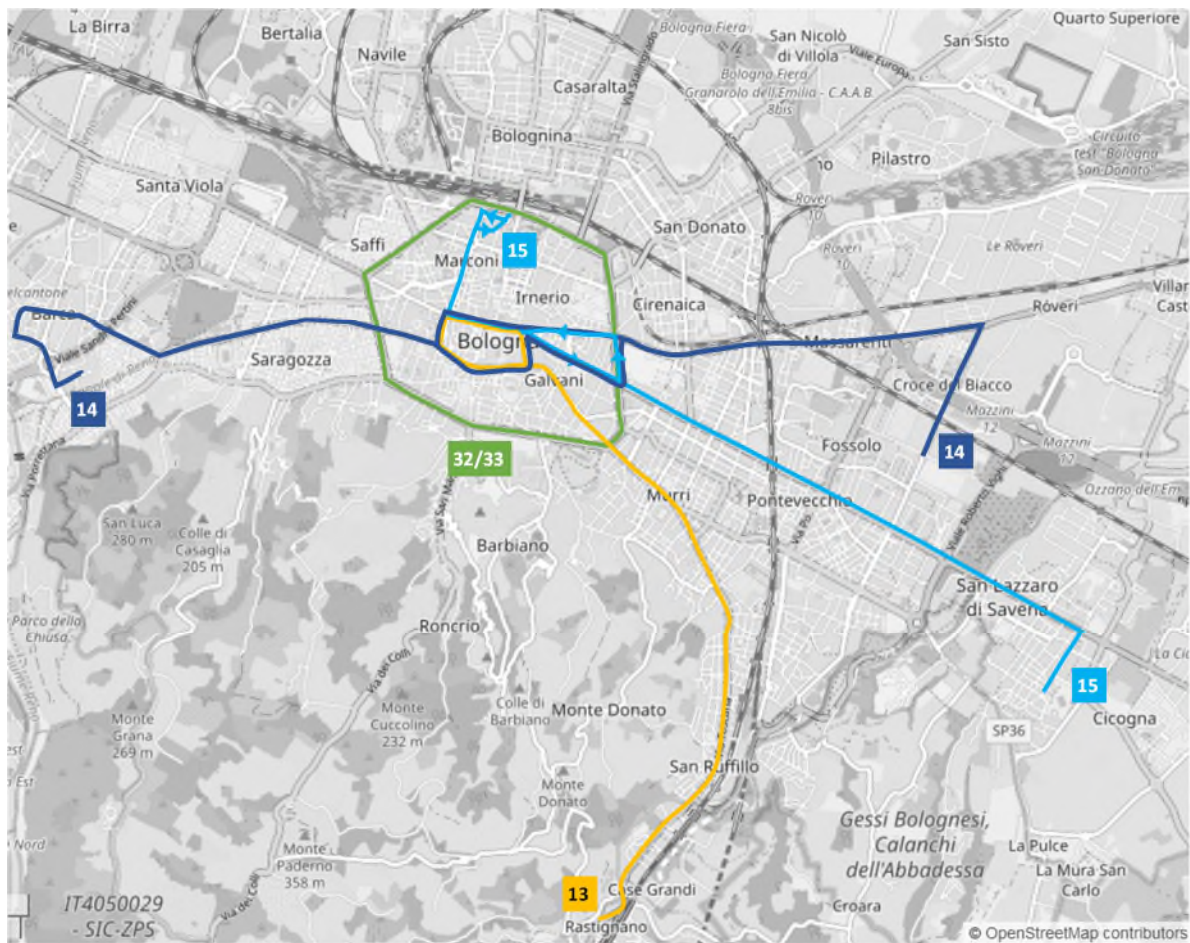
Nello specifico, il progetto di filoviarizzazione riguarda le linee:

- 13 Borgo Panigale - S. Ruffillo – Rastignano;
- 14 Barca - Ospedale S. Orsola - Due Madonne / Pilastro;
- 15 P.za XX Settembre - S. Lazzaro di Savena (anche nota come Crealis)¹²
- 32 Circolare esterna destra;
- 33 Circolare esterna sinistra;

alcune delle quali subiranno delle modifiche a seguito dell'attivazione della linea rossa del tram.

¹² Questa linea è stata attivata il 30 giugno 2020 mentre erano in corso le attività sul progetto in esame.

Figura 6.3: Il tracciato delle linee filoviarie nello scenario di riferimento



7. SCENARI FUTURI – L'INDIVIDUAZIONE DELL'ALTERNATIVA DI TRACCIATO OTTIMALE

Dopo aver implementato e simulato lo scenario di riferimento si è proceduto all'analisi finalizzata all'individuazione dell'alternativa di tracciato più performante.

A tale scopo, le tre alternative descritte nel precedente capitolo 3, sono state implementate a partire dallo scenario di riferimento senza apportare nessun'altra modifica prevista nello scenario di progetto.

Questo allo scopo di valutare, al netto di altri interventi integrativi o di riorganizzazione delle reti di trasporto, la capacità di ciascuna delle tre alternative di attrarre domanda al trasporto pubblico ed, in modo particolare, alla rete tranviaria.

Per facilità di lettura in si riporta in Figura 7.1 la rappresentazione della porzione di tracciato delle tre alternative che presentano una differenziazione del percorso.

Nella Tabella 7.1 sono riportati, in forma aggregata, i principali indicatori trasportistici ottenuti a seguito della simulazione modellistica delle tre alternative. I dati esposti sono riferiti all'intera giornata e devono essere interpretati come segue:

- Incremento spostamenti sul Trasporto Pubblico: misura lo shift modale dovuto al trasferimento d'utenza dall'auto al trasporto pubblico ovvero quello dovuto all'utilizzo del Park and Ride per le alternative ove è presente;
- Saliti diramazione: fornisce il valore dei passeggeri saliti sul tram esclusivamente sulle corse in partenza/arrivo dal/al capolinea Nord della diramazione verso Corticella;
- Pax*km diramazione: fornisce la percorrenza complessiva sviluppata a bordo del tram da parte dei "saliti diramazione";
- Percorrenza media a bordo: ottenuta dal rapporto tra "pax*km diramazione" e "saliti diramazione";
- Percorrenze tram diramazione: fornisce la percorrenza complessiva sviluppata dalle corse del tram in partenza/arrivo dal/al capolinea Nord della diramazione verso Corticella.

Figura 7.1: Tracciati delle alternative di progetto per la parte con variazione di percorso.

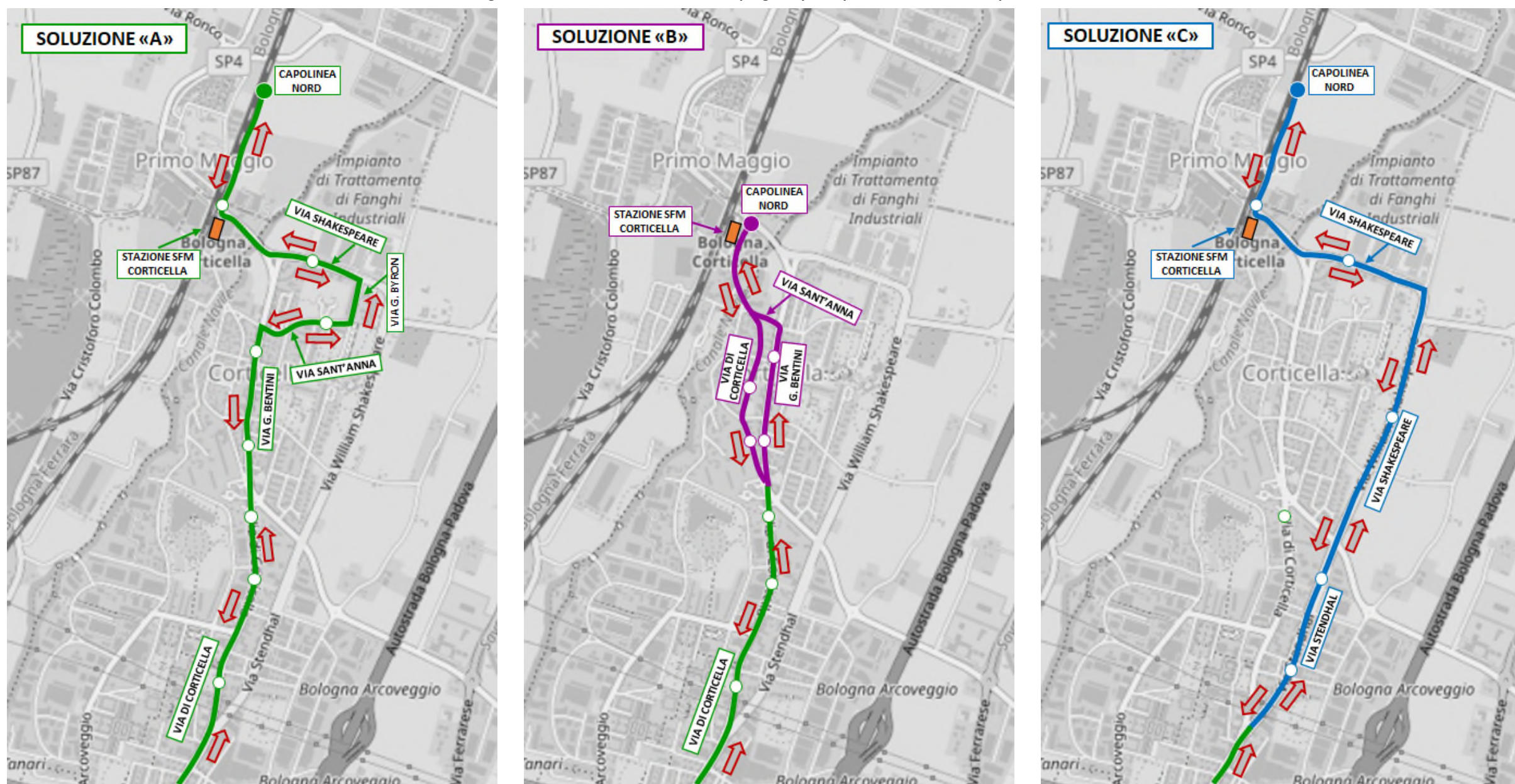


Tabella 7.1: Principali indicatori

Indicatore	Soluzione "A"	Soluzione "B"		Soluzione "C"	
	V.A.	V.A.	Var % vs "A"	V.A.	Var % vs "A"
Incremento spostamenti sul Trasporto Pubblico (pax/gg)	10.427	9.314	-10,7%	9.981	-4,3%
Saliti Diramazione (pax/gg)	30.156	28.040	-7,0%	27.201	-9,8%
Pax*km Diramazione (gg)	131.609	116.650	-11,4%	116.372	-11,6%
Percorrenza media a bordo (km)	4,36	4,16	-4,6%	4,28	-1,8%
Percorrenze tram diramazione (tr*km/gg)	4.495	3.977	-11,5%	4.347	-3,3%

Sulla base di questa risultanze e delle caratteristiche infrastrutturali delle tre soluzioni ipotizzate si ritiene che la **soluzione "A"** sia la soluzione che fornisce le migliori prestazioni a livello trasportistico, sia in termini di shift modale (anche per effetto della presenza del nodo di interscambio), sia in termini di carico sulla linea perché il suo itinerario consente di servire in modo più capillare la popolazione residente nell'area.

Inoltre la soluzione "A", a differenza della "B", sviluppando il suo tracciato sia in direzione ascendente che in direzione discendente sulla medesima viabilità, consente di ottimizzare l'occupazione degli spazi sulla sede stradale (ad esempio evitando il raddoppio delle fermate) e conseguentemente anche gli impatti sul deflusso della circolazione privata.

8. SCENARI FUTURI – LO SCENARIO DI PROGETTO

Come detto, la configurazione dello scenario di progetto differisce da quello di riferimento esclusivamente per la presenza del progetto che deve essere oggetto di valutazione. Progetto che necessariamente genera delle modifiche sia alla rete di trasporto privato che a quella del trasporto pubblico.

Delle caratteristiche infrastrutturali e di tracciato della linea tranviaria si è già parlato nel precedente cap. 3, mentre nel capitolo 7 si è individuata nella Soluzione “A” l’alternativa che viene sottoposta a valutazione e per la quale viene definita anche la riorganizzazione della rete di trasporto su gomma.

Di seguito si espongono tutti gli ulteriori elementi progettuali che discendono direttamente dalla realizzazione della nuova linea tranviaria.

8.1.1 LA RETE DEL TRASPORTO PRIVATO

L’inserimento della nuova diramazione tranviaria induce delle problematiche di un certo rilievo su alcuni nodi della rete stradale che richiedono la realizzazione di specifiche opere infrastrutturali al fine di consentire il mantenimento di un deflusso accettabile da parte degli autoveicoli.

Il nodo di Piazza dell’Unità

primo nodo rilevante è quello di **Piazza dell’Unità** nel quartiere della Bolognina, nell’intersezione tra l’asse est-ovest di Via della Liberazione, Via Giuseppe Mazza, Via Bolognese e quello nord-sud di Via Ferrarese e poco più avanti di Via Corticella.

La realizzazione della nuova tratta tranviaria, infatti, richiede la realizzazione di un secondo binario in corrispondenza di Via Giuseppe Mazza per consentire il corretto instradamento dei servizi sia verso est (Fiera Michelino e Facoltà d’Agraria) sia verso nord (Corticella). In tal modo, però, la porzione di sede stradale rimanente risulta assolutamente insufficiente ad accogliere i flussi in ingresso al centro della città (Figura 8.1).

Figura 8.1: Corografia linea tranviaria. Particolare di Via Giuseppe Mazza-P.zza dell'Unità



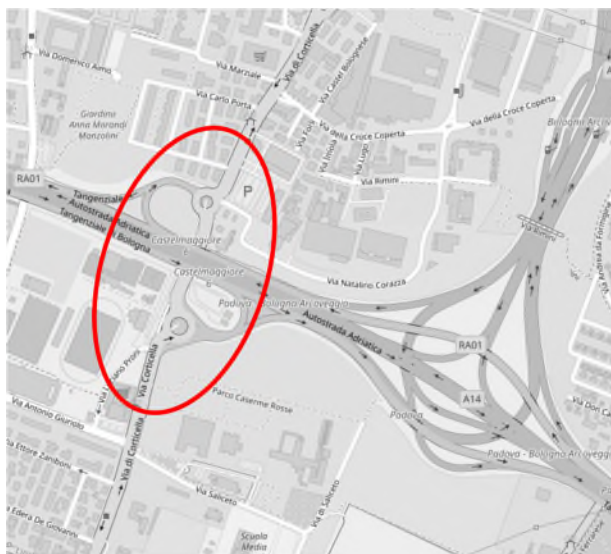
Per ovviare a questa limitazione si rende necessario realizzare un **sottopasso veicolare** che consenta di bypassare il tratto incriminato. Sottopasso che ha uno sviluppo complessivo di poco superiore ai 430 metri, con rampa di ingresso di 101 metri, rampa di uscita di 138 metri e sottopasso di 194 metri. Il nuovo asse presenta due corsie a senso unico di marcia ed ha inizio a Via Ferrarese, subito dopo l'intersezione con Via della Liberazione e termina su Via Franco Bolognese a valle dell'intersezione con Via Antonio Di Vincenzo.

Il funzionamento complessivo della nuova configurazione di Piazza dell'Unità è stato valutato implementando un **modello di microsimulazione dinamica** esteso ad un'area che include larga parte del quartiere della Bolognina. Nel documento B381-C-SF-GPR-RT002A sono dettagliatamente descritte tutte le attività svolte per l'implementazione, la calibrazione, la simulazione dello scenario di progetto e sono riportati tutti i risultati ottenuti dall'analisi modellistica. Si rimanda al citato documento per tutti gli approfondimenti necessari, mentre qui si ritiene sufficiente dichiarare che l'analisi ha permesso di verificare che, attraverso la soluzione adottata, il deflusso dei veicoli nell'area presenta livelli di servizio equivalenti a quelli riscontrati nella situazione attuale.

Il nodo Via di Corticella – Tangenziale Nord

Come già esposto nel cap. 3, il secondo nodo per il quale è stato necessario prevedere un'importante intervento infrastrutturale è posto in corrispondenza dell'intersezione tra Via di Corticella con l'asse autostrada/tangenziale (Figura 8.2). Infatti l'uscita n° 6 della Tangenziale Nord di Bologna si innesta attraverso due rotatorie proprio su via di Corticella.

Figura 8.2: Svincolo della Tangenziale Nord su Via di Corticella



Vista l'impossibilità di introdurre l'infrastruttura tranviaria all'interno di questa intersezione la soluzione individuata è stata quella di ricorrere ad un **sottopasso ad uso esclusivo del tram**.

Figura 8.3: Corografia linea tranviaria. Particolare dell'intersezione Via di Corticella – Tangenziale Nord BO



In questo caso il sottopasso si sviluppa per circa 665 metri con rampa a sud della tangenziale di 129 metri, rampa a nord di 130 metri e sottopasso di 407 metri.

Anche per questo secondo intervento è stato implementato un modello di microsimulazione dinamica. La porzione di rete simulata si estende da prima dell'intersezione semaforizzata che si trova a sud dell'asse autostrada/tangenziale (Via Saliceto, Via Giuriolo) e raggiunge la rotatoria che definisce l'intersezione tra Via di Corticella e Via Stendhal, circa 160 metri oltre l'intersezione semaforizzata che si trova a nord della tangenziale (Via Carlo Porta, Via Marziale, Via della Croce Coperta).

Anche per questa intersezione l'analisi svolta attraverso la microsimulazione dinamica ha permesso di verificare che la soluzione adottata consente, anche in presenza di una importante riduzione della capacità dell'asse stradale di Via di Corticella di mantenere un Livello di servizio più che soddisfacente sia sulle intersezioni semaforizzate precedentemente citate sia sulla due rotatorie che permettono di gestire l'accesso e l'egresso alla Tangenziale Nord. Tutti gli

approfondimenti sul modello di microsimulazione, sulle ipotesi progettuali e sui risultati ottenuti sono riportati nello specifico documento (B381-C-SF-GPR-RT002A).

Oltre a questi due importanti interventi, per ciò che concerne la **rete di trasporto privato**, le ulteriori variazioni introdotte nello scenario di progetto, sono principalmente connesse alla riduzione della capacità di deflusso che l'infrastruttura tranviaria genera sugli assi stradali interessati. A questo si aggiungono delle piccole variazioni negli schemi di circolazione (ad es. introduzione di qualche divieto di svolta).

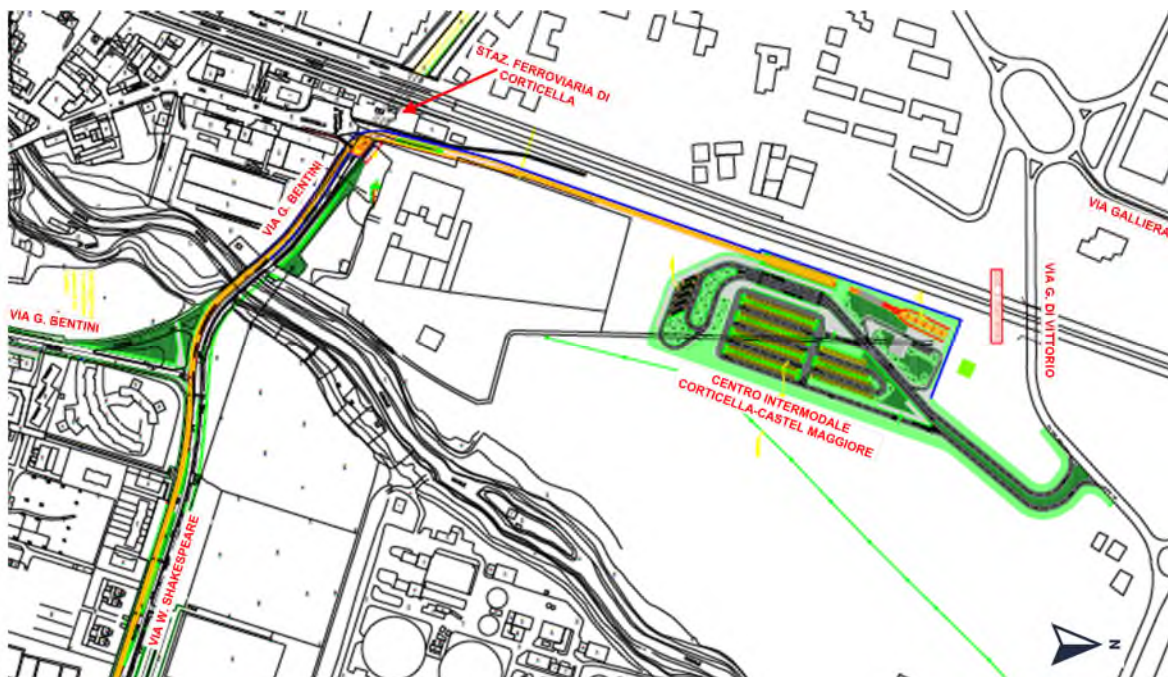
8.1.2 LA RETE DEL TRASPORTO PUBBLICO

Oltre alla realizzazione della nuova diramazione tranviaria verso Corticella, che nel precedente capitolo 3 è stata esposta nelle differenti alternative di tracciato e che costituisce l'intervento di progetto da sottoporre a valutazione, la rete del trasporto pubblico è interessata da altri interventi che vengono illustrati di seguito e che sono strettamente correlati alla realizzazione della nuova tranvia.

Il terminal di Corticella-Castel Maggiore (park&ride)

In corrispondenza dell'attestamento a nord della nuova diramazione tranviaria è prevista la realizzazione (per la soluzione "A" e per la soluzione "C") di un vero e proprio centro intermodale. La funzione principale che sarà svolta da questa area sarà quella di contribuire al decongestionamento del centro della città dalle automobili e dai mezzi delle linee suburbane ed extraurbane del quadrante Nord della città metropolitana. Gli utenti provenienti dalla direttrice della SP4 Galliera potranno parcheggiare l'auto ed effettuare Park and Ride (P&R) sul Tram.

Figura 8.4: Il centro intermodale di Corticella-Castel Maggiore



Per definire la domanda in diversione modale potenzialmente attirabile dal Tram e connessa al Terminal Corticella-Castel Maggiore è stata sviluppata una procedura ad hoc che, a valle dell'applicazione del modello di ripartizione modale, si concentra sull'analisi degli spostamenti che permangono sulla modalità auto e che si sviluppano su relazioni tra zone del quadrante nord esterne all'area tangenziale e zone servite dalla direttrice tranviaria (e viceversa).

Per il sottoinsieme di domanda individuata la procedura prevede:

1. il calcolo della funzione utilità per l'alternativa Park&Ride (ottenuta come somma dei costi in auto per raggiungere il parcheggio dall'origine e costo TPL da parcheggio a destinazione) e per l'alternativa solo auto;
2. l'applicazione del modello logit di scelta modale mettendo a confronto solamente le due alternative modali considerate (Park&Ride e solo auto);
3. la sottrazione, per singola relazione O/D, alla domanda auto della quota per cui si stima l'utilizzo del Park&Ride (P&R);
4. aggiunta della domanda di P&R alla modalità solo auto per la relazione Origine/zona del parcheggio e alla modalità TPL per la relazione zona del parcheggio/Destinazione.

La riorganizzazione delle linee di TPL

Analogamente a quanto fatto per la linea rossa del tram, anche per la diramazione verso Corticella è stato necessario prevedere un significativo riassetto dei servizi di TPL su gomma che attualmente servono il quadrante nord della città sul quale si innesta il nuovo collegamento tranviario.

Nella tabella che segue è riportato l'elenco delle linee urbane inserite nel piano di riassetto e nelle successive figure una rappresentazione delle variazioni apportate.

Tabella 8.1: Linee TPL urbane modificate nello scenario di progetto

Linea	Tipologia	Descrizione	
11	Urbana	Istituto R. Luxemburg/Bertalia/Arcoveggio - rot. Corelli/Ponticella	Figura 8.5
25	Urbana	Dozza - Stazione Centrale - Ospedale Malpighi - Due Madonne	Figura 8.6
27	Urbana	Corticella - Mazzini	Figura 8.7
37	Urbana	Rotonda C.N.R. / Stazione Centrale - Bombicci	Figura 8.8
68	Urbana	Via dei Mille - Camping Città di Bologna	Figura 8.9

Figura 8.5: Riorganizzazione TPL. Linea 11

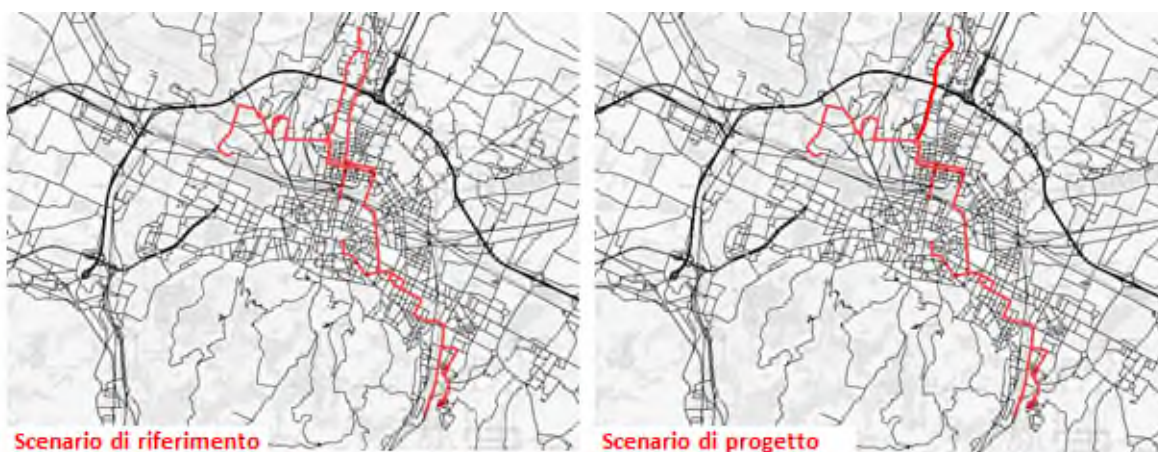


Figura 8.6: Riorganizzazione TPL. Linea 25



Figura 8.7: Riorganizzazione TPL. Linea 27

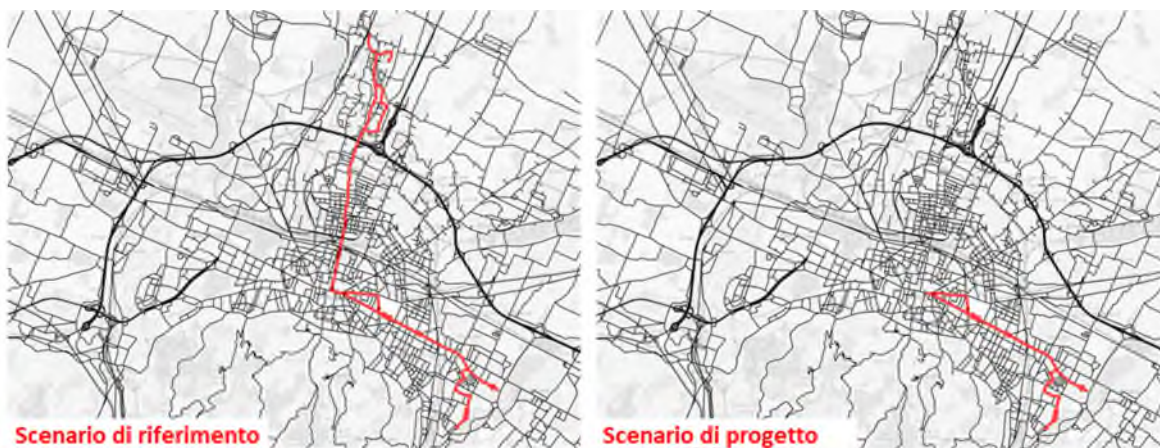
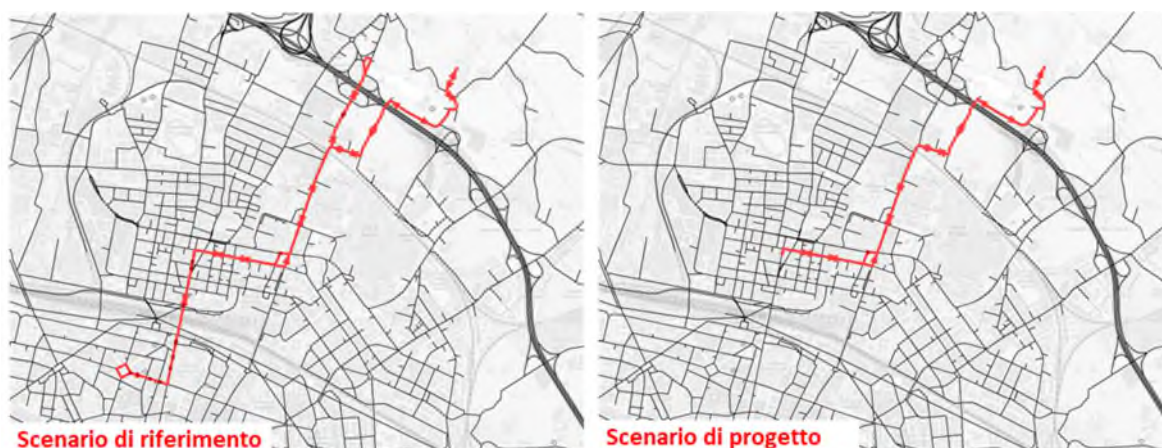


Figura 8.8: Riorganizzazione TPL. Linea 37



Figura 8.9: Riorganizzazione TPL. Linea 68



Nella tabella e nelle successive figure sono descritte le modifiche introdotte nelle linee suburbane ed extraurbane.

Tabella 8.2: Linee TPL suburbane ed extraurbane modificate nello scenario di progetto

Linea	Tipologia	Descrizione	
92	Suburbana	Trebbo di Reno - Bologna - Ospedale Maggiore - Sasso Marconi	Figura 8.10
95	Suburbana	(Bologna) - Funo - Centergross - Interporto - Bentivoglio - (Saletto)	Figura 8.11
97	Suburbana	Bologna - San Giorgio di Piano - Cento/San Venanzio di Galliera	Figura 8.12
98	Suburbana	Bologna - Castel Maggiore	Figura 8.13
354	Extraurbana	Bologna - Altedo - Gallo	Figura 8.14
356	Extraurbana	Bologna - Altedo - Malalbergo - Ferrara	Figura 8.15
364	Extraurbana	Bondeno - Mirabello - Finale Emilia - Cento - Bologna	Figura 8.16
446	Extraurbana	Bologna - Bentivoglio - Saletto	Figura 8.17
447	Extraurbana	Bologna - Z.I. Saliceto - Bentivoglio - Saletto	Figura 8.18
448	Extraurbana	Bologna - Centergross - Interporto	Figura 8.19
450	Extraurbana	DIRETTA Cento - Bologna	Figura 8.20

Figura 8.10: Riorganizzazione TPL. Linea 92



Figura 8.11: Riorganizzazione TPL. Linea 95



Figura 8.12: Riorganizzazione TPL. Linea 97



Figura 8.13: Riorganizzazione TPL. Linea 98



Figura 8.14: Riorganizzazione TPL. Linea 354



Figura 8.15: Riorganizzazione TPL. Linea 356



Figura 8.16: Riorganizzazione TPL. Linea 364

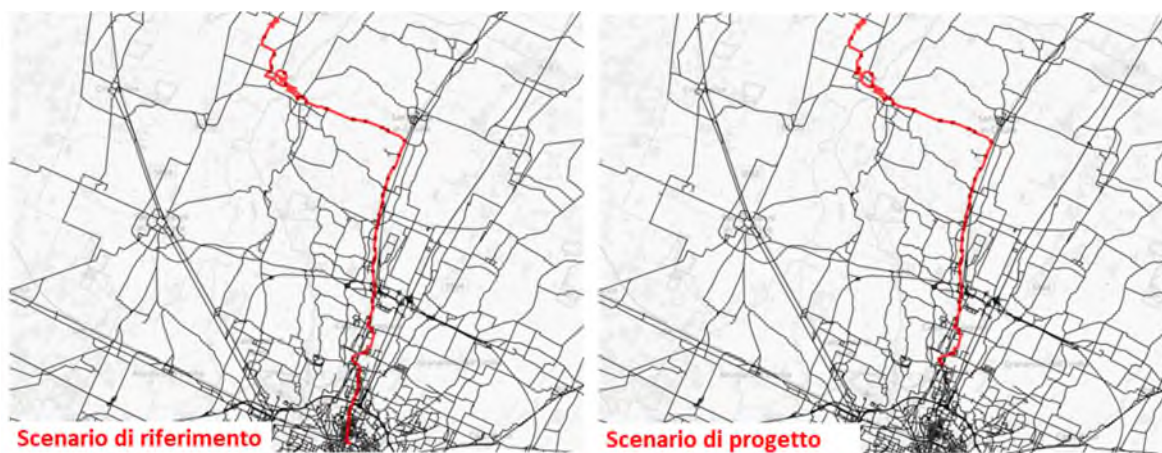


Figura 8.17: Riorganizzazione TPL. Linea 446



Figura 8.18: Riorganizzazione TPL. Linea 447



Figura 8.19: Riorganizzazione TPL. Linea 448



Figura 8.20: Riorganizzazione TPL. Linea 450



E' opportuno specificare che sia per le linee suburbane che per quelle extraurbane **non è stata apportata alcuna modifica alle corse scolastiche**. Questa scelta, assunta in accordo con l'Amministrazione, è stata fatta per non obbligare gli studenti in arrivo dai comuni della città metropolitana ed in alcuni casi anche dalle province contermini ad effettuare dei trasbordi e/o ad incrementare le percorrenze pedonali.

8.1.3 LE DIFFERENTI CONFIGURAZIONI DEL MODELLO DI ESERCIZIO

Un ulteriore aspetto che caratterizza lo scenario di progetto è legato alla struttura del modello di esercizio dei servizi offerti all'utenza.

In particolare, il servizio offerto sulla diramazione verso Corticella della linea tranviaria dovrà necessariamente integrarsi con quello offerto sulla linea rossa.

Si ricorda che il modello di esercizio della linea rossa prevede una corsa ogni 5 minuti in partenza dal Terminal Emilio Lepido con destinazione rispettivamente al Terminal Michelino Fiera e alla Facoltà di Agraria.

Per ciò che concerne i servizi sulla diramazione verso Corticella sono state valutate due ipotesi alternative:

Ipotesi 1:

- una corsa ogni 5 minuti in partenza da Piazza Martiri con destinazione al terminal Corticella-Castel Maggiore.

Ipotesi 2:

- una corsa ogni 10 minuti in partenza da Terminal Emilio Lepido con destinazione il Terminal di Corticella-Castel Maggiore;
- una corsa ogni 10 minuti in partenza di Piazza Martiri e destinata sempre al terminal Corticella-Castel Maggiore.

Figura 8.21: Il tronchetto di Via dei Mille/P.zza Martiri

La necessità di limitare almeno una corsa a Piazza Martiri, dove è prevista la realizzazione di un tronchetto della tranvia per permettere un attestamento della linea (Figura 8.21), è dovuta al fatto che la presenza di un solo binario su Via Emilia Ponente in corrispondenza del ponte sul fiume Reno, non consente di sostenere una frequenza del servizio superiore ad una corsa ogni 3 minuti e mezzo per ciascun senso di marcia, senza rischiare di compromettere significativamente la fluidità del servizio.



Le due ipotesi descritte presentano le caratteristiche di produzione riportate nella tabella che segue.

Tabella 8.3: Caratteristiche di produzione delle due differenti ipotesi di modello di esercizio

HP	Relazione servita	Estesa (m)	Tempo giro (min)	N° corse/gg	Treni*km/gg
1	P.zza Martiri-Corticella	7.300	55,0	206	1.504
	P.zza Martiri-Corticella	7.300	55,0	206	1.504
	Totale	-	-	412	3.008
2	Emilio Lepido-Corticella	15.000	107,3	206	3.090
	P.zza Martiri-Corticella	7.300	55,0	206	1.504
	Totale	-	-	412	4.594

I valori esposti in tabella sono stati sviluppati nell'ipotesi che il servizio sia attivo per 19 ore nel corso della giornata (dalle 5:30 alle 0:30) con una frequenza di 10' su ciascun servizio (20' nella prima ora di servizio e dalle 21:30 a fine servizio).

9. SCENARI FUTURI: RISULTATI MODELLISTICI

9.1 PREMESSA

In questo capitolo vengono riportati i principali risultati ottenuti dall'analisi trasportistica. L'obiettivo è quello di valutare gli impatti sulla mobilità generati dalla presenza della Diramazione verso Corticella della Linea Rossa del Tram, così come descritta nei capitoli precedenti.

Il modello sviluppato nel PUMS e qui ripreso e opportunamente specificato per le necessità del progetto in esame, simula la domanda relativa all'intera giornata di un **giorno feriale medio invernale**. I dati relativi all'ora di punta sono determinati sulla base della ripartizione degli spostamenti per fasce orarie risultanti dall'indagine O/D condotta nel 2016 sui residenti della Città metropolitana ed ampiamente illustrata nel paragrafo 4.4.1. Tale segmentazione è stata definita per le differenti macro componenti della matrice O/D (area centrale del comune di Bologna, aree periferiche, comuni di prima cintura, comuni esterni, etc.).

Coerentemente con quanto previsto nelle *"Linee Guida per la Valutazione degli Investimenti in Opere Pubbliche"* (allegato A al D.M. (MIT) 300/2017) nell'analisi viene individuata:

- la domanda tendenziale (Scenario di Riferimento);
- la domanda in diversione modale.

Per ciò che concerne la domanda indotta, si è preferito effettuare una scelta a favore di sicurezza non considerando, in mancanza di evidenze certe sulla sua dinamica, questa quota di domanda che certamente sarà indotta a spostarsi una volta che sia reso disponibile il nuovo servizio tranviario.

9.2 PRINCIPALI RISULTATI

Di seguito vengono riportati i principali indicatori trasportistici, riferiti all'intera area di studio, per gli scenari simulati:

- Situazione attuale 2018
- Scenario di Riferimento 2030
- Scenario Progettuale 2030 – Scenario 1 (HP1 modello di esercizio)
- Scenario Progettuale 2030 – Scenario 2 (HP2 modello di esercizio)

Tabella 9.1: Sintesi dei principali risultati trasportistici

		Situazione attuale (2018)	Scenario di Riferimento (2030)	Scenario Progetto HP 1 (2030)	Scenario Progetto HP 2 (2030)
Trasporto privato	Veicoli giorno	1.324.903	1.368.536	1.368.429	1.365.223
	Veicoli anno	384.221.967	396.875.392	396.844.458	395.914.525
Trasporto pubblico	Pax giorno	357.527	390.833	390.195	393.307
	Pax anno	103.682.830	113.341.570	113.156.550	114.059.030
Park & Ride	Veicoli giorno	-	6.852	7.618	8.354
	veicoli anno	-	1.987.080	2.209.220	2.422.660
Domanda totale	Pax giorno	1.947.411		2.039.928	
	Pax anno	564.749.190		591.579.120	

La quota di domanda che utilizzerà i parcheggi di interscambio è stata distinta dalle altre perché essa, in fase di assegnazione, sarà attribuita alla matrice del trasporto privato sulla relazione “origine/parcheggio in interscambio” e su quella del trasporto pubblico per la relazione “parcheggio di interscambio/destinazione”, ovvero il contrario nel caso dello spostamento inverso.

Nella tabella successiva, si riportano le stime degli utenti che utilizzeranno i servizi tranviari negli scenari futuri.

Tabella 9.2: Utilizzo dei servizi tranviari. Saliti, percorrenze e tempi di viaggio

		Scenario di Riferimento (2030)	Scenario Progetto HP 1¹³ (2030)	Scenario Progetto HP 2¹³ (2030)
Saliti	giorno feriale	92.486	117.083	124.991
	anno	26.820.940	33.954.070	36.247.390
Pax*km	giorno feriale	380.041	481.560	523.761
	anno	110.211.890	139.652.400	151.890.690
Percorrenza media (km)		4,11	4,11	4,19

¹³ Si ricorda che l'ipotesi 1 prevede che le corse dirette a Corticella siano tutte attestare a Piazza Martiri, mentre nel caso dell'ipotesi 2 le corse procedono alternate una con attestamento a Piazza Martiri ed una al Terminal Emilio Lepido (cfr paragrafo 8.1.3).

		Scenario di Riferimento (2030)	Scenario Progetto HP 1 ¹³ (2030)	Scenario Progetto HP 2 ¹³ (2030)
Pax*h	giorno feriale	14.527	18.200	20.640
	anno	4.212.830	5.417.200	5.985.600
Tempo medio a bordo (min)		9,4	9,6	9,9

In primo luogo si può rilevare che la realizzazione della nuova diramazione tranviaria comporta un incremento di utenza di 32.500 passeggeri giorno rispetto alla domanda servita dalla sola Linea Rossa presente nello scenario di riferimento.

Nel confronto tra i due scenari di progetti si osserva invece che il numero di passeggeri trasportati nell'ipotesi 2 supera di circa 8.000 passeggeri/giorno quelli dell'ipotesi 1. Ciò è facilmente comprensibile in ragione del fatto che la presenza di un servizio tra la zona di Corticella e l'area occidentale della città consente il collegamento diretto di ampia parte del settore nord sia con tutto il centro storico sia con importanti poli attrattori posti lungo la direttrice di Emilia Ponente (ad es. Ospedale Maggiore). Allo stesso tempo questa configurazione consente anche un maggior trasferimento modale dal privato al pubblico, come richiesto dagli obiettivi del PUMS.

In ragione di questi risultati l'ipotesi 2 del modello di esercizio viene assunta come configurazione di progetto per la Diramazione verso Corticella della linea Rossa del tram.

Per ciò che concerne l'insieme della rete di trasporto pubblico con riferimento alle linee maggiormente rilevanti si ottengono i seguenti risultati relativi all'intera giornata.

Tabella 9.3: Indicatori trasportistici per le principali linee del TPL. Scenario di Riferimento e di Progetto (pax/gg)

Linea	Scenario di Riferimento			Scenario di Progetto		
	Saliti	Pax km	Pax h	Saliti	Pax km	Pax h
11	21.888	89.003	4.350	20.724	84.656	4.371
13	33.506	155.467	8.179	34.486	159.098	8.370
14	37.726	150.191	7.690	39.585	154.084	7.892
19	3.940	14.068	796	3.890	13.559	757
20	11.770	24.753	1.565	11.850	24.293	1.537
21	3.047	7.165	455	3.125	7.294	463
25	4.688	9.996	629	1.098	1.669	94

Linea	Scenario di Riferimento			Scenario di Progetto		
	Saliti	Pax km	Pax h	Saliti	Pax km	Pax h
27	44.745	164.067	8.639	10.993	27.979	1.471
32	4.608	8.657	456	4.836	9.243	486
33	4.452	7.993	423	4.430	7.949	420
35	4.074	10.163	597	4.065	9.699	568
36	5.108	14.935	973	5.108	15.297	1.003
Crealis TPGV	24.384	80.100	4.241	31.382	106.174	5.623
Tram	92.486	380.041	14.526	124.991	523.761	20.640
Totale	296.422	1.116.599	53.518	300.563	1.144.755	53.697

Legenda colori

Linea filoviaria
Linea tranviaria

9.2.1 COERENZA CON GLI OBIETTIVI DEL PUMS

Al fine di verificare se l'intervento di progetto in esame consente di perseguire in maniera efficace gli obiettivi che il PUMS si propone, in particolar modo per ciò che concerne lo share modale, è stato necessario effettuare delle analisi puntuali per valutare l'impatto della nuova diramazione Tranviaria sulla mobilità privata.

Per valutare correttamente gli effetti della realizzazione della rete tranviaria bisogna tenere in conto che sia le evoluzioni socio-demografiche previste sia le nuove urbanizzazioni comporteranno, per l'orizzonte temporale di analisi, un incremento della domanda di mobilità.

In questo contesto, grazie al potenziamento dei servizi di TPL e alla realizzazione della Linea Rossa del tram si osserva, già nello Scenario di Riferimento, un aumento di domanda sui mezzi pubblici rispetto alla situazione attuale del 11,2% (considerando il contributo del Park & Ride) e conseguentemente una generale diminuzione della mobilità sui mezzi privati.

Con l'introduzione della nuova diramazione tranviaria, si prosegue nel processo di diversione modale della domanda dai mezzi privati verso il trasporto pubblico (+12,3% rispetto alla situazione attuale).

Se poi si pone l'attenzione ad un'area più ristretta che possiamo denominare **area di influenza**, si ottengono degli indicatori ancor più significativi. L'area di influenza è stata ottenuta

considerando tutte e sole le relazioni O/D per le quali risulta che almeno una parte degli utenti utilizzano i servizi tranviaria che transitano sulla nuova diramazione.

In Tabella 9.4 si riportano i principali risultati degli indicatori trasportistici relativamente alla sola area di influenza.

Tabella 9.4: Sintesi dei principali indicatori trasportistici. Area di influenza

Valori giornalieri		Situazione attuale (2018)	Scenario di Riferimento (2030)	Scenario Progetto (2030)
Trasporto privato	Veicoli	500.578	514.798	512.253
	Veic*km	8.683.316	9.048.293	9.034.133
	Veic*h	208.202	175.321	173.909
	Distanza media dello spostamento (km)	17,35	17,58	17,64
	Tempo medio di viaggio (min)	24,96	20,43	20,37
Trasporto pubblico	Passeggeri	228.101	257.322	261.589
	Pax*km	3.617.308	3.843.443	3.863.081
	Pax*h	112.584	106.147	104.502
	Distanza media dello spostamento (km)	15,86	14,9	14,8
	Tempo medio a bordo (min)	29,61	24,75	23,97

Con riferimento a questo sottoinsieme dell'area di studio si ottiene che l'effetto della nuova infrastruttura ferroviaria produce un incremento della domanda di trasporto pubblico del 12,8% nello scenario con realizzazione della Linea Rossa e del 14,7% quando si rende operativa anche la nuova diramazione verso Corticella.

Importante osservare anche il fatto che a fronte di distanze medie dello spostamento assolutamente comparabili si rileva una significativa riduzione dei tempi di percorrenza su rete stradale proprio per effetto dello shift modale verso il trasporto pubblico.

Tutto ciò indica chiaramente che l'azione messa in campo è perfettamente coerente rispetto al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità che il PUMS si è posto.

9.2.2 IMPATTO SULLA MOBILITÀ PRIVATA

Nelle figure successive (Figura 9.1, Figura 9.2 e Figura 9.3) si riportano i flussogrammi relativi alla mobilità privata rispettivamente per: la situazione attuale, lo scenario di riferimento e lo scenario di progetto. I flussi rappresentati sono quelli relativi all'intera giornata.

Per valutare meglio l'effetto dell'inserimento della nuova infrastruttura tranviaria sulla mobilità privata si riporta nella Figura 9.4 la rete differenza per: scenario di Progetto VS scenario di Riferimento.

Nella rappresentazioni delle reti differenza la legenda dei colori deve essere interpretata in questo modo:

- nelle tratte VERDI il flusso di autovetture diminuisce con l'introduzione della nuova diramazione tranviaria;
- nelle tratte ROSSE si registra un incremento del flusso di autovetture.

Certamente quest'ultima rappresentazione è quella maggiormente comprensibile e che permette di verificare gli effetti attesi.

È bene ricordare che l'elemento principale che differenzia lo scenario di progetto da quello di riferimento consiste nella presenza di un nuovo servizio tranviario così caratterizzato:

- il 50% delle corse effettua il collegamento tra Corticella ed il Terminal Emilio Lepido nel settore ovest della città;
- il restante 50% collega il Terminal Nord di Corticella con Piazza Martiri subito all'interno dell'area delimitata dai viali provenendo da Nord.

Nel complesso, la nuova offerta tranviaria e l'ulteriore riorganizzazione della rete del TPL su gomma genera un impatto positivo sulla riduzione della mobilità privata per effetto della ripartizione modale della domanda.

Tale effetto è molto evidente proprio sull'asse di penetrazione da Nord (Via Bentini, Via di Corticella) fino al quartiere della Bolognina.

Figura 9.1: Situazione Attuale. Carichi sulla rete del trasporto privato. Intera giornata



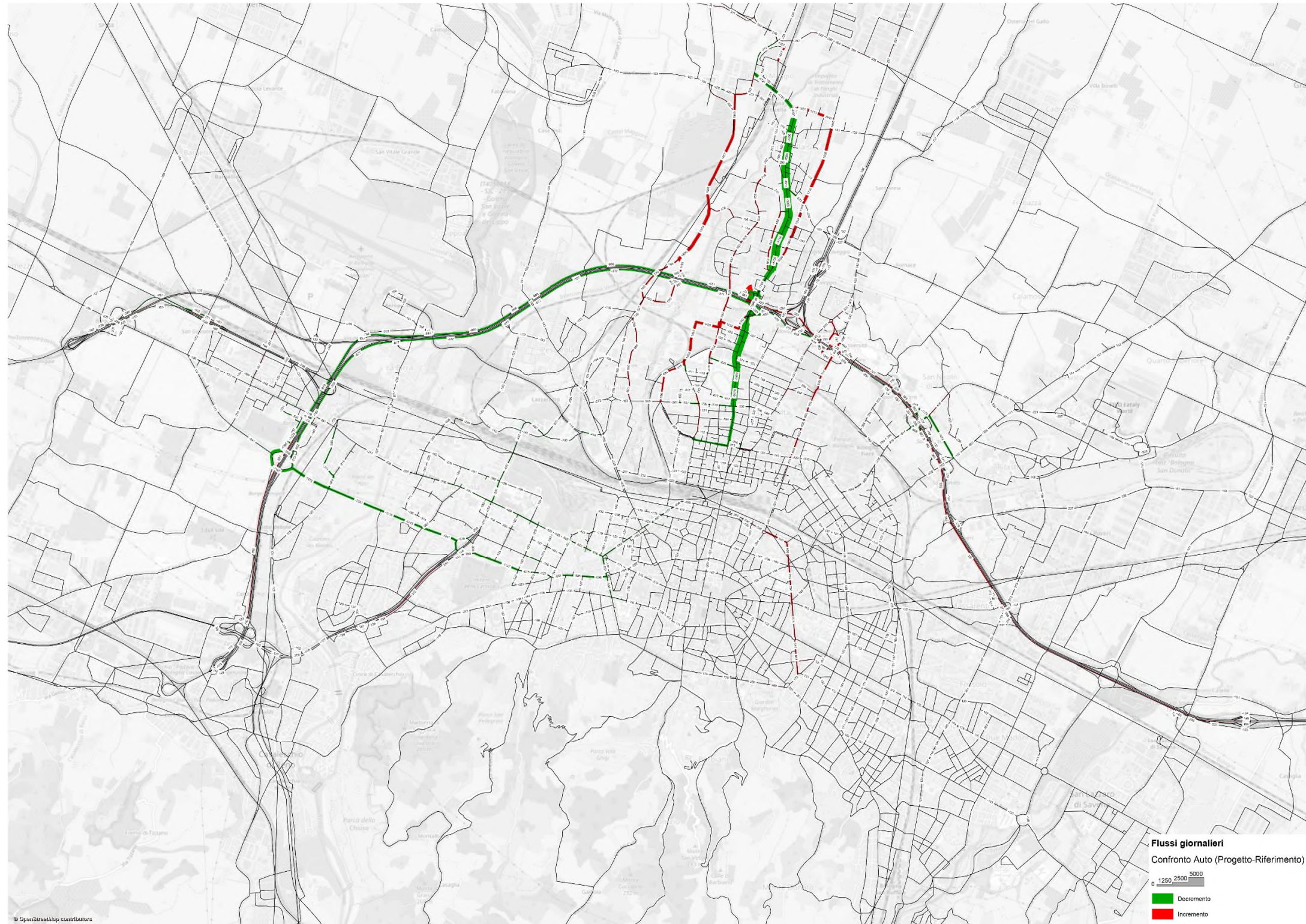
Figura 9.2: Scenario di Riferimento. Carichi sulla rete del trasporto privato. Intera giornata



Figura 9.3: Scenario di Progetto. Carichi sulla rete del trasporto privato. Intera giornata



Figura 9.4: Scenario Differenza - Progetto VS Riferimento. Variazione dei carichi sulla rete del trasporto privato. Intera giornata



Altri miglioramenti si riscontrano sia nella mobilità tangenziale sia sulla direttrice Via A. De Gasperi, Via P. Togliatti, in entrambi i casi su itinerari di collegamento verso il centro città e il polo stazione/autostazione.

La riduzione degli spostamenti stimata nell'arco dell'intera giornata su queste infrastrutture è combinazione dell'effetto di riduzione del numero di automobili e del cambio di itinerario di una parte degli utenti. Questi i valori stimati di riduzione del flusso:

- Via Bentini – Via di Corticella: 3.700-4.500 veicoli/gg
- Tangenziale Nord versante occidentale: 1.300-1.500 veicoli/gg
- Via De Gasperi – Via Togliatti: 700-1.200 veicoli/gg

Degli incrementi di flusso si riscontrano solamente nelle altre viabilità di penetrazione da nord che vengono utilizzate da utenti che trovano maggior difficoltà ad accedere al centro città attraverso l'asse di Via di Corticella.

Come ulteriore elemento di valutazione degli impatti generati sulla viabilità privata dal nuovo servizio tranviario, possiamo utilizzare le classi di criticità individuate attraverso il rapporto flusso/capacità dell'arco. In Tabella 9.5 si riporta il confronto tra i chilometri di rete stradale che ricadono in ciascuna classe per lo scenario di riferimento e quello di progetto.

Tabella 9.5: Analisi della rete stradale in funzione del rapporto Flusso/Capacità

Rapporto Flusso/Capacità	Scen. Riferimento (km)	Scen. Progetto (km)	Var. %
<= 0,6	7.547	7.554	0,09%
Compreso tra 0,6 e 0,9	274	268	-2,19%
>=0,9	61	60	-1,64%

Anche questo indicatore ci dice che la rete stradale, a valle della realizzazione del progetto, consentirà un migliore deflusso dei veicoli. Deflusso che registrerà i maggiori benefici proprio negli orari di punta della giornata.

9.3 LA DOMANDA GIORNALIERA E ORARIA SULLA LINEA DEL TRAM

Come esposto nei precedenti paragrafi (Tabella 9.2), si stima che, su base annua, i passeggeri del sistema tranviario composto dall'insieme della Linea Rossa e della Diramazione verso Corticella siano pari a 36,2 milioni, corrispondenti a circa 125.000 passeggeri nel giorno medio feriale.

Considerando che, nella configurazione in cui è presente la sola Linea Rossa, i passeggeri anno risultano pari a 26,8 milioni, se ne può dedurre che il contributo all'utenza tranviaria fornito dalla nuova diramazione ammonta a circa 9,5 milioni di passeggeri/anno (+35%) ed oltre 32mila passeggeri/giorno.

Nella tabella seguente, si riporta il numero complessivo di passeggeri/giorno che utilizzano i servizi tranviari segmentato per le differenti componenti (utenti trasferiti da altro trasporto pubblico, utenti che utilizzano i nodi di interscambio, utenti trasferiti dalla modalità privata).

Tabella 9.6: Passeggeri per giorno feriale sulla rete tranviaria

Tipo di domanda	Passeggeri/Giorno	Distr. %
Tendenziale	119.513	95,6%
Park & Ride (Corticella, Fiera, Facoltà di Agraria)	1.502	1,2%
Trasferimento modale	3.976	3,2%
Totale	124.991	100,0%

Volendo effettuare la medesima analisi relativamente alla sola domanda aggiuntiva che utilizza il tram a seguito della realizzazione della Diramazione verso Corticella si ottengono i valori riportati in Tabella 9.7.

Tabella 9.7: Incremento dei passeggeri giornalieri sulla rete tram per effetto della nuova Diramazione

Tipo di domanda	Passeggeri/Giorno	Distr. %
Tendenziale	27.027	83,1%
Park & Ride (Corticella, Fiera, Facoltà di Agraria)	1.502	4,6%
Trasferimento modale	3.976	12,2%
Totale	32.505	100,0%

Nelle successive figure (Figura 9.5 e Figura 9.6) si riportano rispettivamente il flussogramma dei carichi giornalieri su tutta la rete del trasporto pubblico locale (bus, filobus e tram) e quello relativo alla sola rete tranviaria.

Da quest'ultimo flussogramma si evince che, in tutto il percorso che si sviluppa all'interno dei Viali il carico è sempre superiore ai 56.500 passeggeri/giorno e raggiunge il valore massimo all'altezza della stazione di Bologna Centrale in corrispondenza del Ponte Matteotti con oltre 65.000 passeggeri/giorno. Oltrepassata Piazza dell'Unità, sulla diramazione per Corticella, il carico massimo si attesta a circa 20.000 passeggeri/giorno.

Nella successiva tabella i carichi giornalieri sulla tranvia sono rappresentati per tratte omogenee, viene esposto sia il carico teorico medio relativo sia a tutti i servizi presenti nelle singole tratte analizzate, sia quello che utilizza i soli servizi che si originano o si attestano dal/al terminale Nord di Corticella.

Tabella 9.8: Carichi teorici medi sulla rete tranviaria interessata dai nuovi servizi (pax/gg)

Tratta Omogenea	Carico teorico medio	
	Tutti i servizi	Servizi da/per Corticella
Terminal Lepido-Ugo Bassi	33.606	8.970
Indipendenza-Martiri	63.985	17.549
Martiri- Autostazione	63.245	19.701
Autostazione-Unità	62.047	23.102
Unità-Tangenziale	20.788	20.788
Tangenziale-Corticella	10.221	10.221

Figura 9.5: Scenario di Progetto. Carichi sulla rete del trasporto pubblico (bus, filobus, tram). Intera giornata

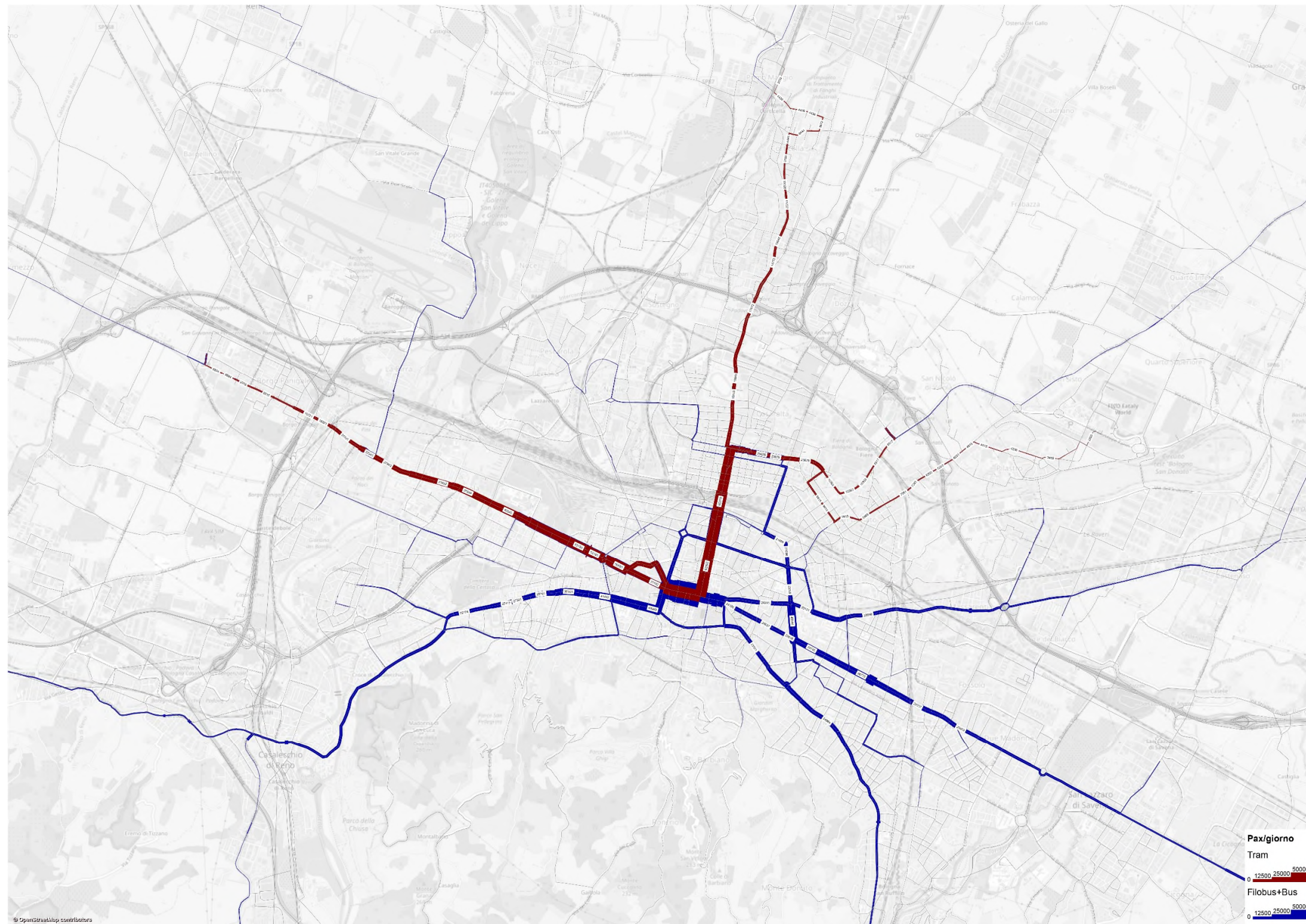
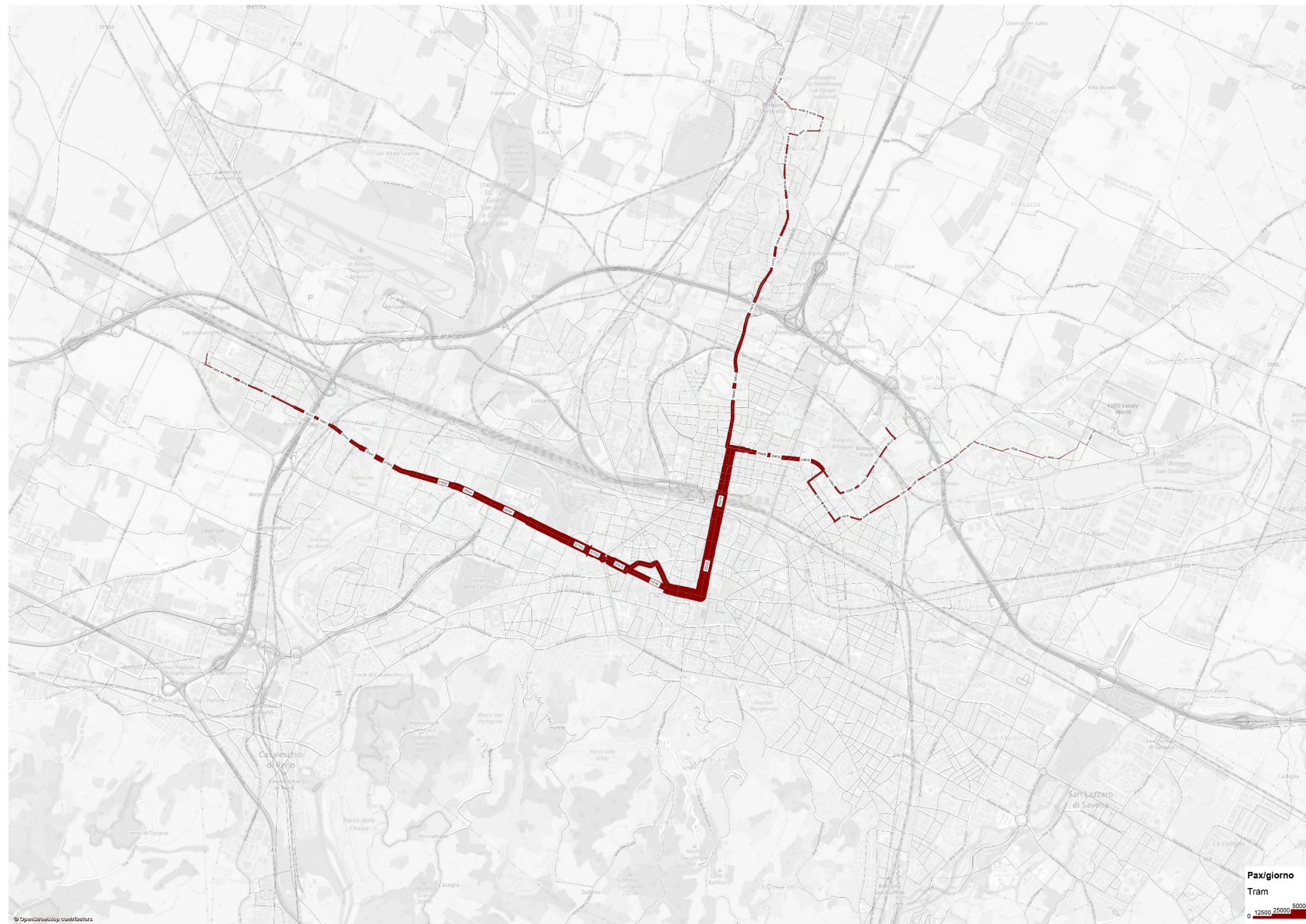


Figura 9.6: Scenario di Progetto. Carichi sulla rete tranviaria. Intera giornata



Passando ad analizzare i risultati relativi all'ora di punta si ricorda, come già esposto nella premessa del presente capitolo, che la matrice di domanda del trasporto pubblico relativa all'ora di punta è stata ricostruita sulla base della ripartizione degli spostamenti per fasce orarie risultanti dall'indagine O/D condotta nel 2016 sui residenti della Città Metropolitana.

In primo luogo si riportano, per l'insieme della rete di trasporto pubblico, i risultati relativi all'ora di punta per le linee maggiormente rilevanti.

Tabella 9.9: Indicatori trasportistici per le principali linee del TPL. Scenario di Riferimento e di Progetto (pax/h)

Linea	Scenario di Riferimento			Scenario di Progetto		
	Saliti	Pax km	Pax h	Saliti	Pax km	Pax h
11	2.913	9.297	4.350	2.838	8.895	485
13	5.091	18.521	8.179	5.173	18.728	984
14	5.784	18.587	7.690	6.100	19.200	984
19	498	1.434	796	500	1.406	80
20	1.679	2.955	1.565	1.699	2.888	186
21	424	823	455	443	845	54
25	549	871	629	141	194	11
27	6.997	21.264	8.639	1.709	3.899	205
32	772	1.309	456	823	1.422	75
33	746	1.262	423	773	1.320	70
35	579	1.268	597	576	1.210	72
36	598	1.351	973	613	1.401	93
Crealis TPGV	3.134	8.979	4.241	4.253	12.402	656
Tram	11.899	41.698	14.526	16.556	58.518	2.295
Totale	41.664	129.618	6.277	42.196	132.326	6.251

Legenda colori

Linea filoviaria
Linea tranviaria

È interessante osservare che il servizio tranviario nella fascia oraria di punta assorbe oltre il 39% del totale degli utenti che utilizzano le principali linee di TPL.

Analogamente a quanto visto per l'intera giornata, di seguito si riportano (Figura 9.7 e Figura 9.8) i flussogrammi dei carichi ora di punta su tutta la rete del trasporto pubblico locale (bus, filobus e tram) e quello relativo alla sola rete tranviaria.

Figura 9.7: Scenario di Progetto. Carichi sulla rete del trasporto pubblico (bus, filobus, tram). Ora di Punta

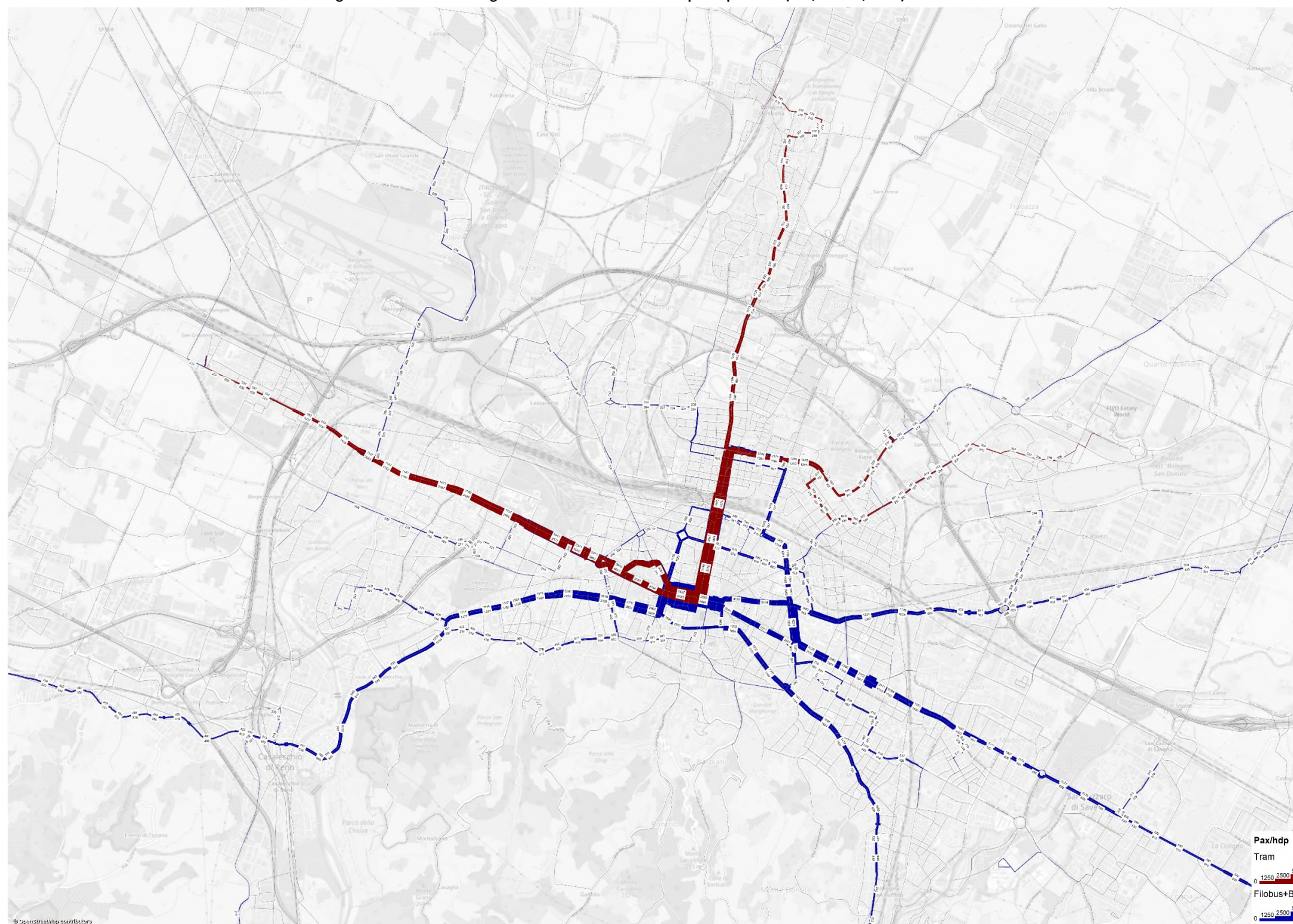


Figura 9.8: Scenario di Progetto. Carichi sulla rete tranviaria. Ora di Punta



In questo caso, nella tratta che va dall'intersezione tra Via Ugo Bassi e Via Marconi e prosegue su Via Indipendenza fino a Ponte Matteotti, il carico risulta praticamente costante e si attesta in prossimità dei 7.500 pax/h con una ripartizione sostanzialmente equivalente tra le due direzioni di marcia. Oltrepassata Piazza dell'Unità, sulla diramazione per Corticella, il carico massimo si attesta poco al di sotto dei 2.200 pax/h, con una leggera prevalenza dei flussi diretti verso il centro città.

Passando ad analizzare i carichi per tratte omogenee, analogamente a quanto esposto nella Tabella 9.8, di seguito si riporta il carico teorico medio relativo sia a tutti i servizi presenti nelle singole tratte analizzate, sia quello che utilizza i soli servizi che si originano o si attestano dal/al terminale Nord.

Tabella 9.10: Carichi teorici medi sulla rete tranviaria interessata dai nuovi servizi (pax/h)

Tratta Omogenea	Carico teorico medio	
	Tutti i servizi	Servizi da/per Corticella
Terminal Lepido-Ugo Bassi	3.680	1.007
Indipendenza-Martiri	7.424	2.074
Martiri- Autostazione	7.352	2.273
Autostazione-Unità	7.071	2.494
Unità-Tangenziale	2.299	2.299
Tangenziale-Corticella	1.121	1.121

L'andamento dei saliti e discesi alle singole fermate è riportata prendendo in considerazione solamente alle corse che si originano/attestano dal/al Capolinea Nord di Corticella con riferimento all'ora di punta.

Le informazioni sono riportate prima in formato tabellare (Tabella 9.11 e Tabella 9.12) e successivamente in formato grafico (

Figura 9.9 e

Figura 9.10).

Tabella 9.11: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Sud (pax/h)

FERMATA	Saliti	Discesi	A Bordo
Terminale Castel Maggiore	141	0	-
Corticella SFM	134	0	134
Shakespeare	42	0	42
S. Anna/Byron	69	0	69
Corticella	171	0	171
Gorki	81	0	81
Bentini	95	3	95
Lipparini	124	4	124
Fiammelli	61	1	61
Papini	195	3	195
Della Croce Coperta	120	2	120
Saliceto	6	3	6
Bassanelli	50	20	50
Ippodromo	35	14	35
Poliziano	206	115	206
Piazza dell'Unità	62	106	62
Matteotti AV	289	184	289
Porta Galliera	37	230	37
Piazza dei Martiri	0	82	1
VIII Agosto	15	32	15
Indipendenza	173	267	173
Ugo Bassi	153	266	153
Riva Reno	26	30	26
Palasport	18	171	18
Porta S. Felice	21	56	21
Saffi	23	49	23
Ospedale Maggiore	12	124	12
Prati di Caprara	0	21	0
S. Viola	10	44	10
Ponte Lungo	6	76	6
Fiorini	1	55	1
Borgo Panigale SFM	10	56	10
Manuzio	0	93	0
Ducati	0	41	0
Villaggio INA	0	0	0
Terminale Emilio Lepido	0	76	-

Tabella 9.12: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Nord (pax/h)

FERMATA	Saliti	Discesi	A Bordo
Terminale Emilio Lepido	76	0	-
Villaggio INA	5	0	5
Ducati	83	0	83
Manuzio	152	1	152
Borgo Panigale SFM	122	7	122
Fiorini	77	3	77
Ponte Lungo	102	14	102
S. Viola	130	3	130
Prati di Caprara	45	1	45
Ospedale Maggiore	203	24	203
Saffi	90	31	90
Porta S. Felice	104	36	104
S. Felice	67	153	67
Ugo Bassi	344	233	344
Indipendenza	185	294	185
VIII Agosto	28	40	28
Piazza dei Martiri	120	0	120
Porta Galliera	205	45	205
Matteotti AV	267	128	267
Piazza dell'Unità	73	139	73
Poliziano	40	232	40
Ippodromo	14	78	14
Bassanelli	22	61	22
Saliceto	1	16	1
Della Croce Coperta	3	101	3
Papini	3	148	3
Fiammelli	1	48	1
Lipparini	3	105	3
Bentini	2	66	2
Gorki	0	64	0
Corticella	0	126	0
S. Anna/Byron	0	12	0
Shakespeare	0	50	0
Corticella SFM	0	113	0
Terminale Castel Maggiore	0	111	-

Figura 9.9: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Sud (pax/h)

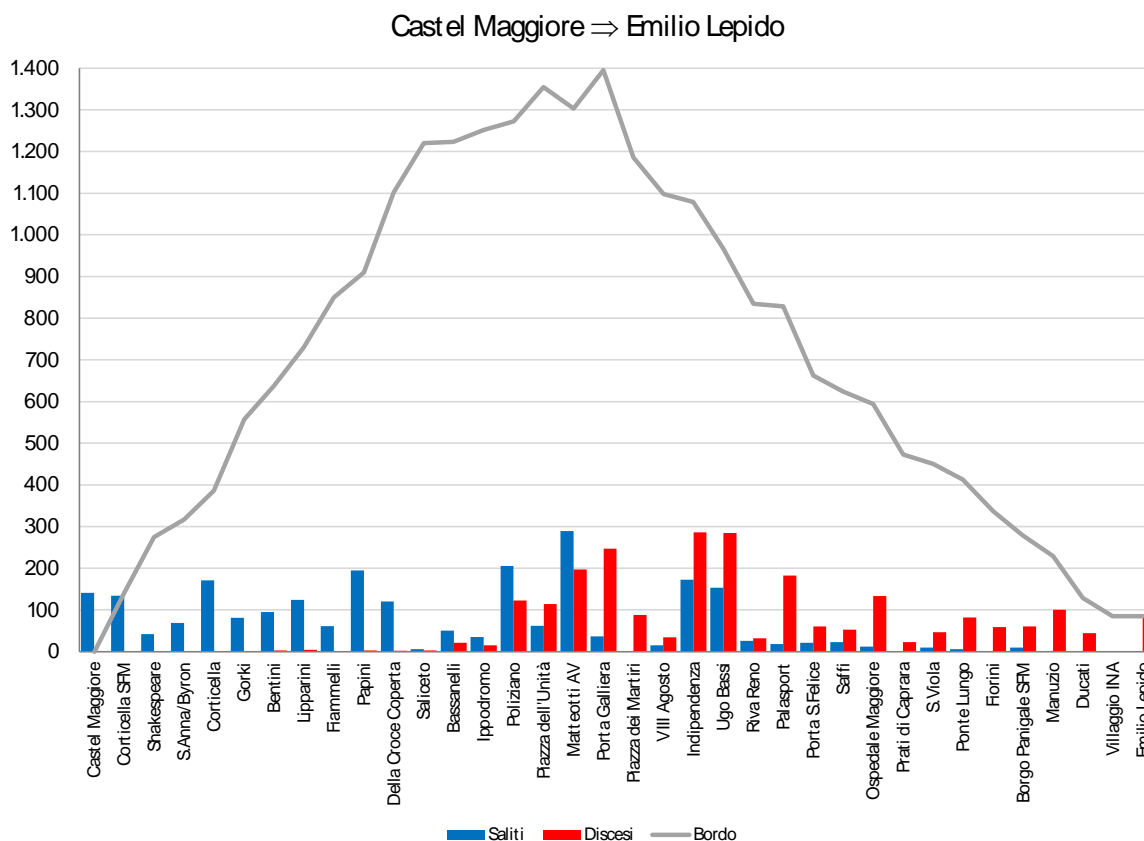
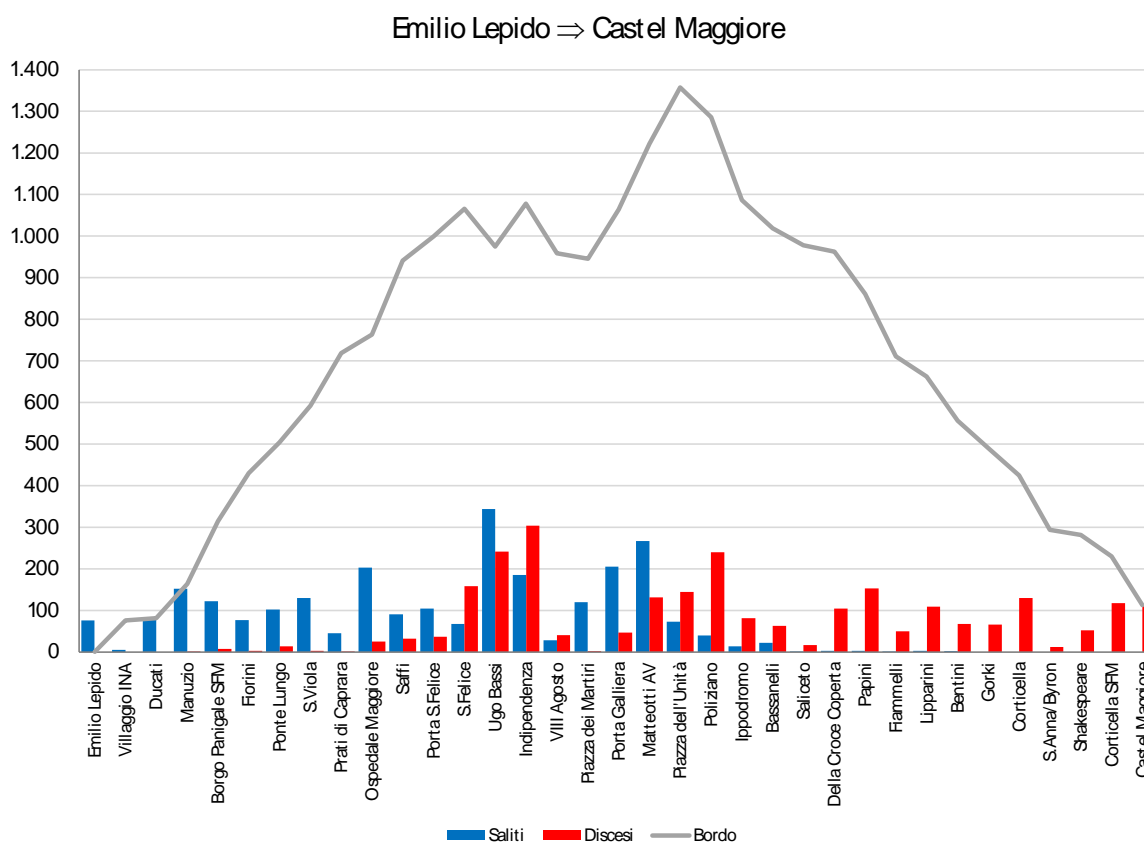


Figura 9.10: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Nord (pax/h)



10. CONCLUSIONI

Dall'analisi svolta risulta che la realizzazione della nuova diramazione tranviaria verso Corticella costituisce un ulteriore passo verso la realizzazione del progetto di rete tranviaria che il PUMS della Città Metropolitana di Bologna ha indicato tra i progetti chiave per poter perseguire gli obiettivi di una mobilità maggiormente sostenibile in termini: di riduzione delle emissioni inquinanti, di incremento della sicurezza stradale, di fluidificazione della circolazione, etc.

Il progetto prevede che la nuova infrastruttura tranviaria si connetta alla Linea Rossa in corrispondenza di Piazza dell'Unità e si diriga verso Nord attraverso la direttrice di Via di Corticella e poi di Via Bentini, compia un semi anello su Via Sant'Anna, Via Byron e Via Shakespeare per dirigersi alla stazione SFM di Corticella e poi ancora a Nord andandosi ad attestare all'interno del comune di Castel Maggiore dove sarà possibile realizzare un ampio nodo di interscambio.

Dal punto di vista del modello di esercizio, invece, il servizio sarà esercito con una corsa ogni 5 minuti con attestamenti differenziati secondo questo schema:

- una corsa ogni 10 minuti in partenza da Terminal Emilio Lepido con destinazione il Terminal di Corticella-Castel Maggiore;
- una corsa ogni 10 minuti in partenza di Piazza Martiri e destinata sempre al terminal Corticella-Castel Maggiore.

La produzione del servizio correlato alla realizzazione della diramazione è indicata di seguito.

Tabella 10.1: Caratteristiche di produzione del modello di esercizio scelto

Relazione servita	Estesa (m)	Tempo giro (min)	N° corse/gg	Treni*km/gg
Emilio Lepido-Corticella	15.000	107,3	204	3.060
P.zza Martiri-Corticella	7.300	55,0	204	1.489
Totale	-	-	408	4.549

Nello scenario di progetto i carichi delle principali linee di trasporto pubblico sono riportate di seguito.

Tabella 10.2: Indicatori trasportistici per le principali linee del TPL. Scenario Progetto

Linea	Giorno feriale			Ora di punta 8:00-9:00		
	Saliti	Pax km	Pax h	Saliti	Pax km	Pax h
11	20.724	84.656	4.371	2.838	8.895	485
13	34.486	159.098	8.370	5.173	18.728	984
14	39.585	154.084	7.892	6.100	19.200	984
19	3.890	13.559	757	500	1.406	80
20	11.850	24.293	1.537	1.699	2.888	186
21	3.125	7.294	463	443	845	54
25	1.098	1.669	94	141	194	11
27	10.993	27.979	1.471	1.709	3.899	205
32	4.836	9.243	486	823	1.422	75
33	4.430	7.949	420	773	1.320	70
35	4.065	9.699	568	576	1.210	72
36	5.108	15.297	1.003	613	1.401	93
Crealis TPGV	31.382	106.174	5.623	4.253	12.402	656
Tram	124.991	523.761	20.640	16.556	58.518	2.295
Totale	300.563	1.144.755	53.697	42.196	132.326	6.251

Legenda colori

Linea filoviaria

Linea tranviaria

Come si può osservare il servizio tranviario assorbe oltre il **41% nell'arco dell'intera giornata** ed oltre il **39% nella fascia oraria di punta**, del totale degli utenti che utilizzano le principali linee di TPL.

Di seguito il confronto sull'utilizzo dei servizi tranviari nello scenario di riferimento (Linea Rossa) ed in quello di Progetto (Linea Rossa + diramazione)

Tabella 10.3: Utilizzo dei servizi tranviari. Saliti, percorrenze e tempi di viaggio

Indicatore	Scenario di Riferimento	Scenario Progetto
Saliti	giorno feriale	92.486
	anno	26.820.940
Pax*km	giorno feriale	380.041
	anno	110.211.890
Percorrenza media (km)	4,11	4,19

Indicatore	Scenario di Riferimento	Scenario Progetto
Pax*h	giorno feriale	14.527
	anno	4.212.830
Tempo medio a bordo (min)	9,4	9,9

Qui si evidenzia che **la realizzazione della nuova diramazione tranviaria comporta un incremento di utenza di 32.500 passeggeri giorno (+35%)** rispetto alla domanda servita dalla sola Linea Rossa. Analizzando la distribuzione dei carichi lungo tracciato (Figura 9.6) si rileva che, in tutto il percorso che si sviluppa all'interno dei Viali il carico è sempre superiore ai 56.500 passeggeri/giorno e raggiunge il valore massimo all'altezza della stazione di Bologna Centrale in corrispondenza del Ponte Matteotti con oltre 65.000 passeggeri/giorno. Oltrepassata Piazza dell'Unità, **sulla diramazione per Corticella, il carico massimo si attesta a circa 20.000 passeggeri/giorno.**

L'analoga analisi riferita alla fascia oraria di punta evidenzia che, nella tratta che va dall'intersezione tra Via Ugo Bassi e Via Marconi e prosegue su Via Indipendenza fino a Ponte Matteotti, il carico risulta praticamente costante e si attesta in prossimità dei 7.500 pax/h con una ripartizione sostanzialmente equivalente tra le due direzioni di marcia. Oltrepassata Piazza dell'Unità, **sulla diramazione per Corticella, il carico massimo si attesta poco al di sotto dei 2.200 pax/h, con una leggera prevalenza dei flussi diretti verso il centro città.**

Infine, la distribuzione dei saliti e discesi nell'ora di punta, per le corse che si originano/attestano verso via di Corticella presenta l'andamento riportato nelle figure che seguono per le due direzioni.

Figura 10.1: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Sud (pax/h)

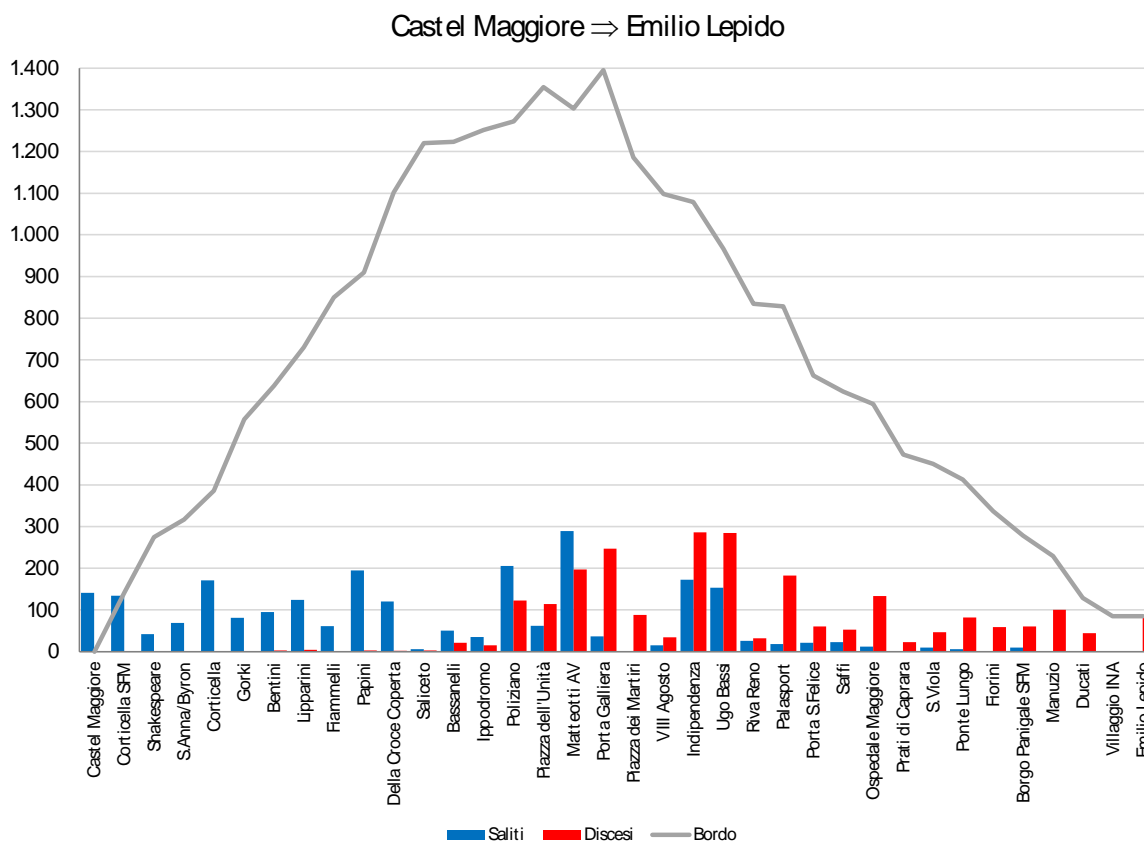


Figura 10.2: Passeggeri saliti/discesi sui servizi attestati al Capolinea di Corticella. Direzione Nord (pax/h)

