

Appalto del servizio di architettura ed ingegneria per progettazione di fattibilità
tecnico-economica Linea Metrobus direttrice S. Donato (Bologna - Baricella)

CUP: C22C19000340001 - CIG: 82453863C7

bologna

BRT

RELAZIONE TRASPORTISTICA

0850P06-02060100-SRT001_E00

DATA	CODICE RELAZIONE	REV.
12/2020	0850P06-02060100-SRT001_E00	0

REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Emissione	12/2020	M. Villani	G. Acciaro	M. Lelli

<u>Il Responsabile del progetto e dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche</u> Ing. Simone Eandi Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cuneo, n. 1418/A (Firmato digitalmente)	<u>Il Progettista</u> Ing. Giovanni Acciaro Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n, 21715/A (Firmato digitalmente)	<u>Il Direttore tecnico</u> Ing. Giovanni Acciaro Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, n, 21715/A (Firmato digitalmente)
---	---	---

Sommario

Relazione trasportistica	6
1 Il contesto di riferimento	7
1.1 L'area di studio	7
1.2 Quadro normativo e programmatico.....	9
1.3 Inquadramento socio-economico.....	17
1.4 Il sistema di offerta	25
1.5 Il sistema di domanda.....	32
1.6 Principali criticità del sistema di mobilità	38
2 Il progetto del Metrobus	40
2.1 Il tracciato	41
2.2 Analisi delle fermate	41
3 Il modello di macro-simulazione	44
3.1 Zonizzazione.....	44
3.2 Il modello di offerta	46
3.3 Il modello di domanda.....	48
3.4 Il modello di ripartizione modale.....	49
3.5 Il modello di assegnazione.....	50
3.6 Calibrazione e validazione	54
4 Gli scenari futuri	58
4.1 Il sistema di offerta	58
4.2 Il sistema di domanda.....	84
5 I risultati	92
5.1 Principali risultati.....	92
5.2 Flussogrammi di rete	100
6 Il modello di micro-simulazione	108
6.1 Metodologia per l'individuazione degli ambiti critici	108
6.2 Metodologia per l'analisi di micro-simulazione.....	109
6.3 Gli ambiti critici.....	111

Indice delle figure

Figura 1-1: Area di studio.....	8
Figura 1-2: Individuazione area di influenza	9
Figura 1-3: Target "ambientali" definiti dal PUMS (Fonte: PUMS Città metropolitana di Bologna).....	14
Figura 1-4: Target di riequilibrio modale della mobilità definiti dal PUMS (Fonte: PUMS Città metropolitana di Bologna)	14
Figura 1-5: Andamento demografico nei comuni dell'ara di studio nel periodo compreso tra il 2011 e il 2020. (Fonte Banca dati Istat).....	19
Figura 1-6: Variazione popolazione per Comune tra il 2012 e il 2020. (Fonte Banca dati Istat).....	20
Figura 1-7: Densità popolazione (Fonte Banca dati Istat – Dati al 1 gennaio 2020).....	21
Figura 1-8: Distribuzione delle attività e degli addetti per macro settore economico. (Fonte: Censimento industria e servizi 2011)	22
Figura 1-9: Distribuzione delle unità locali per comune e gruppo di attività economica. (Fonte: Censimento industria e servizi 2011).....	23
Figura 1-10: Densità addetti (Fonte: Censimento industria e servizi 2011).....	24
Figura 1-11: Principali insediamenti industriali e commerciali	25
Figura 1-12: Rete stradale attualmente a servizio dell'area di studio	26
Figura 1-13: Direttrici ferroviarie attualmente a servizio dell'area di studio.....	27
Figura 1-14: Corse giornaliere e in fascia di punta mattutina (06:00-08:00) in un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020).....	29

Figura 1-15: Classificazione delle autolinee in funzione della frequenza giornaliera di un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020)	30
Figura 1-16: Classificazione delle autolinee per tipologia di adduzione	31
Figura 1-17: Analisi benchmark delle diverse possibili fonti di dati sulla domanda di mobilità	33
Figura 1-18: Piano di campionamento rispetto alla distribuzione territoriale	34
Figura 1-19 Schema funzionale del sistema di rilevamento dei Floating Car Data	36
Figura 1-20: Andamento orario degli spostamenti totali effettuati in auto, per le diverse componenti di domanda autocontenuta, di scambio o di attraversamento dell'area. (Fonte: FCD - ottobre 2019, giorno feriale medio)	38
Figura 2-1: Matrice O/D giornaliera per ambito sulle fermate della direttrice San Donato (Fonte dati: Indagine novembre 2015 – Linee 93 e 300)	43
Figura 3-1: Zonizzazione del modello di simulazione	44
Figura 3-2: Zonizzazione del modello di simulazione nei Comuni del resto dell'area di studio	45
Figura 3-3: Zonizzazione del modello di simulazione nei Comuni dell'area di influenza	46
Figura 3-4: Scattergram modello di ripartizione modale	50
Figura 3-5 Andamento orario spostamenti sul Trasporto Pubblico nell'area di studio (Fonte: Indagine PUMS 2016)	51
Figura 3-6 Andamento giornaliero del monte-h sviluppato dai veicoli FCD all'interno dell'area di studio	52
Figura 3-7: Sezioni di validazione per il trasporto privato	54
Figura 3-8: Calibrazione del trasporto privato – Flussi veicolari ora di punta mattutina	55
Figura 3-9: Calibrazione del trasporto privato – Distanze medie di viaggio tra O/D ora di punta mattutina	56
Figura 3-10: Calibrazione del trasporto privato – Tempi medi di viaggio tra O/D ora di punta mattutina	56
Figura 3-11: Calibrazione del trasporto pubblico – Saliti/Discesi alle Stazioni SFM	57
Figura 3-12: Calibrazione del trasporto pubblico – Saliti/Discesi alle Stazioni SFM (esclusa Bologna C.le)	57
Figura 4-1: Il tracciato delle linee filoviarie nello Scenario di Riferimento	61
Figura 4-2: Alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità	62
Figura 4-3: Alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)	63
Figura 4-4: Alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità	64
Figura 4-5: Alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)	65
Figura 4-6: Sviluppi urbanistici previsti nel Comune di Bologna al 2027 (Fonte: Dipartimento Urbanistica, Casa e Ambiente, Settore Piani e Progetti Urbanistici del Comune di Bologna)	90
Figura 4-7: Sviluppi urbanistici previsti nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna al 2027 (Fonte: Area Pianificazione Territoriale della Città metropolitana di Bologna)	91
Figura 5-1: Orario grafico del servizio Metrobus Alta Velocità per entrambe le direzioni	92
Figura 5-2: Orario grafico del servizio Metrobus Alta Capacità per entrambe le direzioni	93
Figura 5-3 Sezione massimo carico del sistema Metrobus – dato in passeggeri/ora (zona viale della Fiera - Bologna)	94
Figura 5-4 Benefici ottenuti sulle zone di traffico in termini di shift modale	96
Figura 5-5 Grado di raggiungimento dei target di shift modale da PUMS	97
Figura 5-6 Shift modale ottenuto con il nuovo sistema Metrobus	98
Figura 5-7 Flussogramma trasporto privato nello Scenario di Progetto – veicoli/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)	100
Figura 5-8 Flussogramma trasporto pubblico nello Scenario di Progetto – passeggeri/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)	101
Figura 5-9 Flussogramma sul nuovo sistema Metrobus – passeggeri/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)	102
Figura 5-10: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Baricella – Bologna)	105
Figura 5-11: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Bologna – Baricella)	106
Figura 5-12: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Mondonuovo – Bologna)	106
Figura 5-13: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità (Granarolo – Bologna) ..	107
Figura 5-14: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità (Bologna – Granarolo) ..	107

Indice delle tabelle

Tabella 1-1: Residenti e addetti nei comuni dell'area di studio (Fonte: Banca dati Istat 2020 - Censimento dell'industria e dei servizi ISTAT - 2011)	7
Tabella 1-2: Popolazione residente al 2012 ed al 2020 nell'area di studio. (Fonte: Banca dati Istat)	18
Tabella 1-3: Indicatori di struttura demografica area di studio	19
Tabella 1-4: Addetti e unità locali per settore e comune. (Fonte: censimento dell'industria e dei servizi ISTAT - 2011) ..	22
Tabella 1-5: Elenco delle linee selezionate per lo studio	28

Tabella 1-6: Classificazione delle autolinee in funzione della frequenza giornaliera di un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020)	28
Tabella 1-7: Classificazione delle autolinee per tipologia di adduzione	31
Tabella 1-8: Piano di campionamento rispetto a sesso e classe d'età	34
Tabella 1-9: Matrice degli spostamenti auto aggregata. (Fonte FCD – ottobre 2019, giorno medio feriale)	37
Tabella 2-1: Riepilogo dati movimentazione alle fermate per ambito territoriale della direttrice San Donato (Fonte dati: Indagine novembre 2015 – Linee 93 e 300)	42
Tabella 3-1: Riepilogo zonizzazione del modello di simulazione	45
Tabella 3-2: Numero di corse modellizzate per i servizi di Trasporto Pubblico	48
Tabella 4-1: Linee TPL su gomma modificate a seguito dell'inserimento della Linea Rossa del tram	60
Tabella 4-2: Principali indicatori di valutazione delle Alternative di tracciato	65
Tabella 4-3: Incremento percentuale della popolazione e della domanda generata per ciascun Comune dell'area di studio (Fonte: Banca dati Istat)	85
Tabella 4-4: Sviluppi urbanistici previsti nel Comune di Bologna al 2027	86
Tabella 4-5: Incrementi di domanda generata e attratta a seguito degli sviluppi urbanistici previsti nel Comune di Bologna al 2027	87
Tabella 4-6: Sviluppi urbanistici nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna previsti al 2027	88
Tabella 4-7: Incrementi di domanda generata e attratta a seguito degli sviluppi urbanistici previsti nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna al 2027	89
Tabella 5-1: Shift modale negli scenari simulati	92
Tabella 5-2: Stima della domanda sul sistema Metrobus e degli indicatori sintetici.....	93
Tabella 5-3 Indicatori sintetici di rete del Trasporto Pubblico	94
Tabella 5-4 Indicatori sintetici di rete del Trasporto Privato.....	95
Tabella 5-5: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Baricella - Bologna	103
Tabella 5-6: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Mondonuovo – Bologna	103
Tabella 5-7: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Bologna – Baricella	104
Tabella 5-8: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità – percorso Granarolo – Bologna	104
Tabella 5-9: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità – percorso Bologna – Granarolo	105

Relazione trasportistica

Introduzione

La presente relazione riguarda lo studio della domanda del nuovo sistema Metrobus Bologna-Baricella, sviluppato con tecnologia Bus Rapid Transit (BRT) lungo la direttrice San Donato.

Nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica, è stata condotta la verifica della domanda prevista sulla linea, mediante lo sviluppo di un'accurata analisi trasportistica che ha tenuto conto dei prevedibili sviluppi demografici, urbanistici e socioeconomici, nonché di idonee revisioni della rete di trasporto pubblico su gomma o filoviaria, tali da conferire al nuovo sistema il ruolo di asse portante del Trasporto Pubblico nel quadrante d'interesse.

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

- il Capitolo 1 illustra il contesto di riferimento nel quale si colloca il progetto, dal punto di vista normativo-programmatico, socio-demografico e trasportistico;
- il Capitolo 2 descrive le caratteristiche del tracciato e delle fermate esistenti lungo la direttrice San Donato in funzione dell'implementazione del nuovo sistema Metrobus
- il Capitolo 3 riassume la metodologia adottata per lo sviluppo del modello di simulazione utilizzato per la valutazione degli effetti generati dall'introduzione della nuova linea;
- il Capitolo 4 descrive le principali caratteristiche degli scenari futuri in termini di sviluppi demografici, socio-economici ed urbanistici per l'area di studio, nonché tutti gli interventi previsti nello Scenario di Riferimento sia per la rete di offerta del trasporto privato sia per quella del trasporto pubblico e le valutazioni sulle differenti alternative di tracciato considerate per il sistema Metrobus;
- il Capitolo 5 riporta tutti i principali risultati ottenuti dall'applicazione del modello di macro-simulazione;
- il Capitolo 6 espone tutti i principali risultati ottenuti dall'applicazione del modello di micro-simulazione.

1 Il contesto di riferimento

1.1 L'area di studio

Il sistema Metrobus oggetto del presente studio si inserisce nella porzione nord-orientale della Città metropolitana di Bologna, insistendo nello specifico sul territorio dei comuni di Baricella, Minerbio, Granarolo dell'Emilia e Bologna.

L'area di studio individuata per il presente studio comprende 18 comuni (cfr. Figura 1-1), per una superficie complessiva pari a circa 1.700 km², di cui 15 afferenti alla Città metropolitana di Bologna e 3 alla provincia di Ferrara; nel dettaglio:

Comune	Provincia	Residenti	Addetti
Argelato	Bologna	9.769	5.831
Argenta	Ferrara	21.365	5.614
Baricella	Bologna	7.254	1.126
Bentivoglio	Bologna	5.715	6.230
Bologna	Bologna	390.625	194.299
Budrio	Bologna	18.545	5.789
Castel Maggiore	Bologna	18.622	8.955
Castenaso	Bologna	15.686	7.626
Ferrara	Ferrara	132.195	51.318
Galliera	Bologna	5.532	938
Granarolo dell'Emilia	Bologna	12.369	9.205
Malalbergo	Bologna	9.107	2.328
Minerbio	Bologna	8.897	3.920
Molinella	Bologna	15.677	4.245
Poggio Renatico	Ferrara	9.884	1.924
San Giorgio di Piano	Bologna	9.035	3.366
San Lazzaro di Savena	Bologna	32.792	11.569
San Pietro in Casale	Bologna	12.664	2.448
Totale		735.733	326.731

Tabella 1-1: Residenti e addetti nei comuni dell'area di studio (Fonte: Banca dati Istat 2020 - Censimento dell'industria e dei servizi ISTAT - 2011)

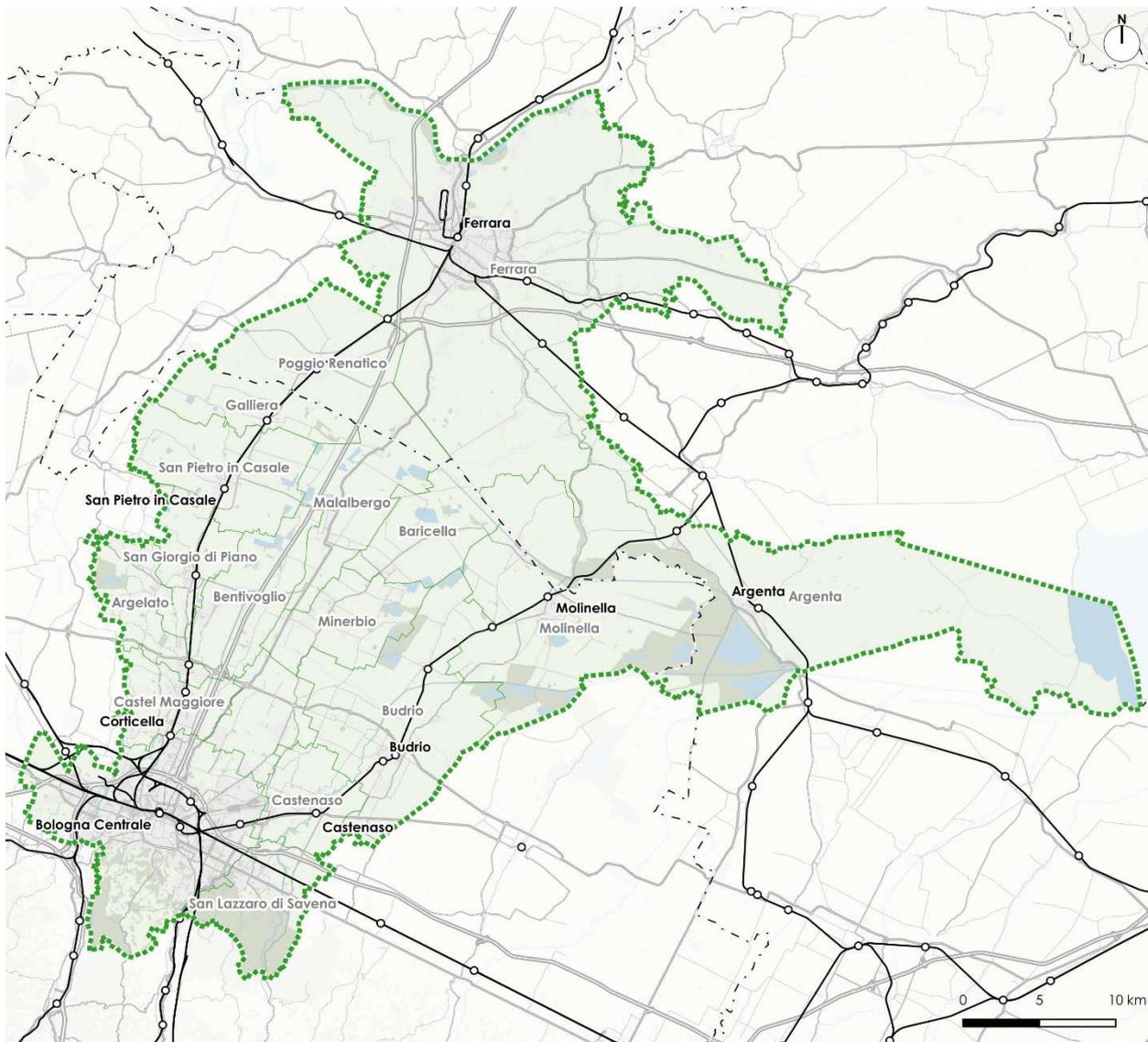


Figura 1-1: Area di studio

1.1.1 Metodologia per la definizione dell'area di studio

L'area di studio, così come definita nel paragrafo precedente e illustrata in Figura 1-1, è stata individuata come unione tra l'area di influenza e il sottoinsieme dei Comuni che presentano il maggior numero di spostamenti di mutuo scambio con quest'ultima.

Nello specifico, la cosiddetta *area di influenza* costituisce il bacino dei 13 Comuni serviti dalle linee di trasporto pubblico che insistono sul corridoio della San Donato e che, pertanto, risultano direttamente interessati dall'inserimento del sistema Metrobus.

Per misurare in modo esaustivo e completo gli effetti dell'intervento oggetto di analisi sul sistema di mobilità del territorio, l'area di studio è stata ulteriormente ampliata, comprendendo anche alcuni Comuni non direttamente serviti dalle linee TPL citate. In particolare, sono stati aggiunti quei Comuni che presentano un'elevata quota di relazioni di scambio con l'area di influenza, tali per cui almeno l'80% degli spostamenti transitanti all'interno di quest'ultima abbia origine e destinazione nell'area di studio; è importante precisare che, per completare tale procedura, si è fatto ricorso ai Floating Car Data relativi al mese di ottobre 2019 e che è stato escluso dalle analisi il comune di Bologna a causa dell'elevata quota di spostamenti di scambio tra il capoluogo e il resto del territorio nazionale.

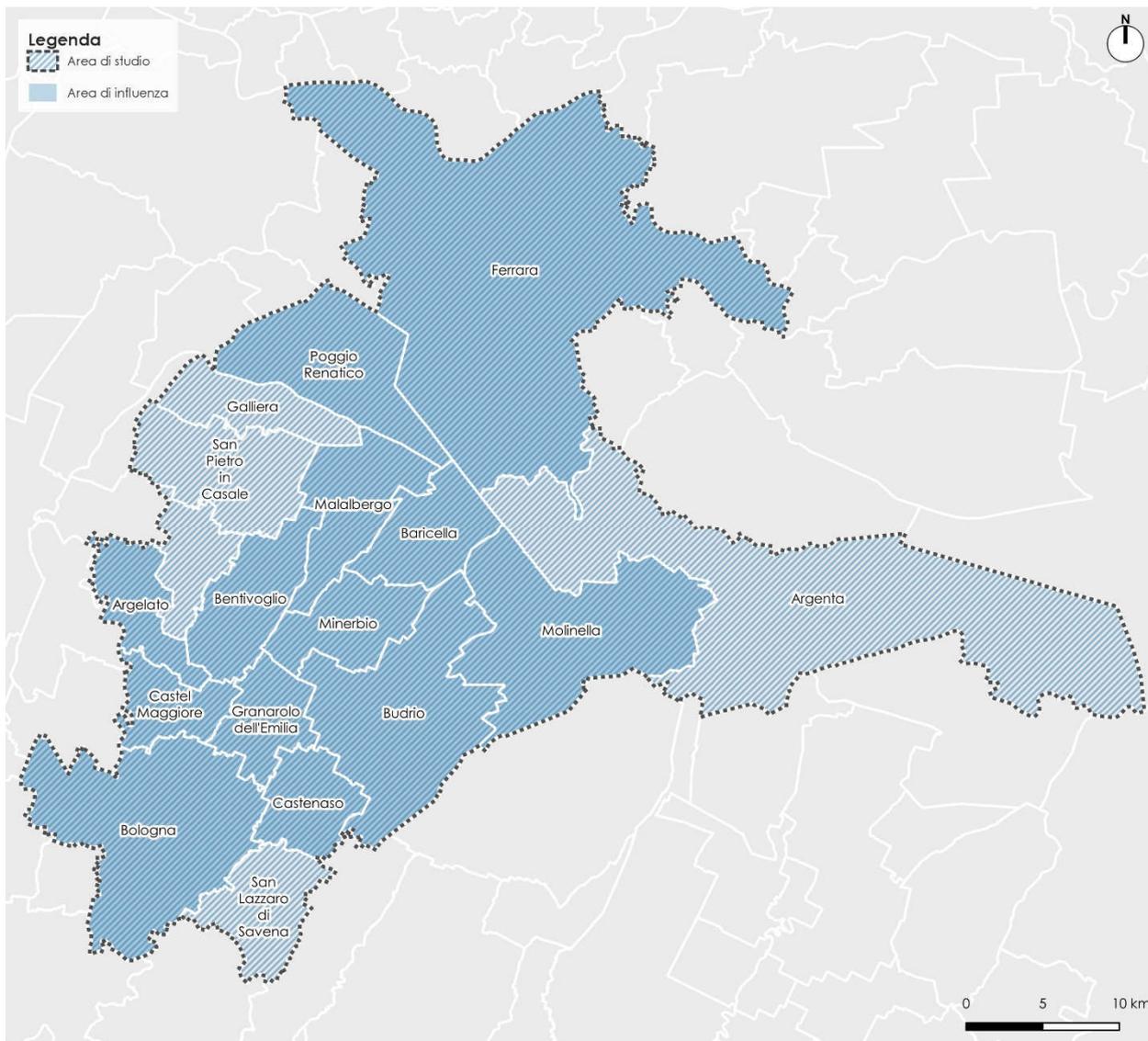


Figura 1-2: Individuazione area di influenza

1.2 Quadro normativo e programmatico

Nel presente capitolo si descrivono i principali riferimenti normativi che costituiscono la cornice programmatica e pianificatoria nel quale si inserisce il sistema Metrobus oggetto del presente studio.

Lo scopo di questa breve rassegna è quello di offrire una visione complessiva e “verticale” dei documenti guida per la redazione del presente studio; la declinazione dell’insieme degli strumenti vigenti alle diverse scale di analisi permette infatti di inquadrare il Metrobus, non solo dal punto di vista progettuale e infrastrutturale ma soprattutto in funzione del ruolo affidatogli all’interno dell’impianto pianificatorio del sistema di mobilità metropolitana bolognese.

1.2.1 Connettere l’Italia

Il documento “Connettere l’Italia”, sviluppato dal Ministero dei Trasporti come “Allegato Infrastrutture” al DEF 2017, è stato redatto per promuovere un processo di riforma della pianificazione e della programmazione delle infrastrutture in Italia, partendo dalla definizione degli obiettivi, delle strategie e delle linee d’Azione e proseguendo nelle riforme strutturali del settore, attraverso la realizzazione delle politiche necessarie all’implementazione della Visione del Sistema dei Trasporti e delle Infrastrutture al 2030.

Obiettivi

Il nuovo approccio alla politica infrastrutturale del MIT, che promuove le infrastrutture come mezzo per connettere il Paese e per incentivare lo sviluppo economico, è espresso dai seguenti 4 obiettivi:

- **Accessibilità ai territori, all’Europa e al Mediterraneo**, per permettere la nascita di nuove opportunità economiche per il nostro Paese in termini di interscambio commerciale e che si traduce in un insieme di azioni

per il miglioramento dei collegamenti marittimi e aerei verso i paesi dell'area mediterranea e nella realizzazione di corridoi e reti europee, come il TEN-T.

- **Qualità della vita e competitività delle aree urbane**, ovvero potenziare ed integrare i sistemi di trasporto pubblico locale e nazionale, facendo perno su sistemi di trasporto rapido di massa (metropolitane e tram), mobilità ciclo-pedonale e i servizi di mobilità condivisa (es. car-sharing e bike-sharing) in quanto le città e le aree metropolitane sono il principale driver delle economie nazionali e rappresentano quindi i nodi della rete infrastrutturale che attraggono maggiore domanda.
- **Sostegno alle politiche industriali di filiera**, sia in termini di accessibilità dei poli manifatturieri e di turismo, sia come stimolo all'innovazione tecnologica e alla competitività interna delle filiere produttive connesse al settore dei trasporti.
- **Mobilità sostenibile e sicura**, in termini di sostenibilità economica (interventi utili e efficienti dal punto di vista del consumo di risorse economiche e ambientali), sostenibilità ambientale (interventi che permettano una riduzione dell'inquinamento, la tutela della biodiversità e del paesaggio e l'efficientamento energetico) e sostenibilità sociale (infrastrutture per riconnettere le periferie delle città e le aree marginali del Paese).

Strategie principali

L'impianto disegnato dal MIT per il raggiungimento degli obiettivi e dei target individuati si fonda su 4 strategie recanti ciascuna azioni concrete, che si caratterizzano per essere trasversali rispetto agli obiettivi ed alle modalità di trasporto:

- **Infrastrutture utili, snelle e condivise**, tramite la definizione di un migliore processo di pianificazione, programmazione, valutazione, progettazione e revisione delle nuove opere infrastrutturali.
- **Integrazione modale e intermodalità**, mediante l'incentivazione di misure ad hoc mirate all'incremento dell'offerta e della qualità dei servizi, sia per la modalità ferroviaria che marittima e aerea.
- **Valorizzazione del patrimonio infrastrutturale esistente**, che si traduce nelle priorità accordata agli obiettivi di sicurezza, qualità ed efficientamento delle infrastrutture, assicurando continuità ai programmi manutentivi del patrimonio infrastrutturale esistente.
- **Sviluppo urbano sostenibile**, con progetti che rilanciano la centralità delle Città metropolitane, in cui si prevedono interventi in continuità con i grandi investimenti avviati negli ultimi anni su infrastrutture e sistemi di trasporto rapido di massa. Con i Piani Urbani di Mobilità Sostenibile si promuove l'intermodalità, lo sviluppo di sistemi di controllo e informazione, la mobilità ciclo-pedonale e la sharing mobility, tramite azioni indirizzate ad uno sviluppo equilibrato e sostenibile e ad una coesione sociale quali:
 - Cura del ferro nelle aree urbane e metropolitane;
 - Accessibilità alle aree urbane e metropolitane;
 - Qualità ed efficienza del Trasporto Pubblico Locale;
 - Sostenibilità del trasporto urbano;
 - Tecnologie per città intelligenti;
 - Politiche abitative nazionali.

Il Piano Metro per le aree metropolitane

Il Piano Metro per le aree metropolitane fa parte delle riforme, riguardanti la mobilità, avvenute negli ultimi anni; nel Piano sono stati individuati numerosi interventi prioritari necessari al completamento di alcune infrastrutture di trasporto ferroviario urbano, sia metropolitano che tramviario. I progetti, in uno stato di realizzazione avanzato e coerenti con le strategie definite in modo unitario su scala nazionale, si pongono l'obiettivo di ridurre il gap infrastrutturale rispetto alla media europea e di creare nuovi collegamenti d'interscambio per favorire la sinergia tra le diverse componenti del sistema metropolitano.

A tal proposito è stato avviato un programma volto ad integrare le reti esistenti su ferro con le modalità su gomma in un'ottica di creare un sistema di trasporto collettivo nelle città metropolitane. L'obiettivo del progetto è di coordinare le fasi di programmazione e progettazione delle reti su ferro nelle Aree vaste metropolitane per garantire la migliore integrazione tra reti ferroviarie di competenza RFI e di competenza regionale e reti metropolitane e tramviarie, nonché tra reti su ferro e sistemi di trasporto su gomma suburbani e interurbani.

Il progetto richiede lo stanziamento di ingenti risorse per completare gli interventi in corso, avviare la progettazione di fattibilità di interventi di completamento delle reti metropolitane, da finanziare successivamente, sulla base dei criteri di priorità stabiliti durante la redazione dei PUMS.

Sistemi di trasporto rapido di massa per le aree metropolitane

All'interno delle varie linee di azione individuate per il perseguimento degli obiettivi e per l'attuazione della Visione al 2030, il documento individua lo sviluppo dei sistemi integrati su ferro (Sistemi Ferroviari Metropolitani, metropolitane, tram e altri sistemi in sede propria) da definire nell'ambito della redazione dei PUMS; in particolare, i focus riguardano quattro tematiche specifiche:

- **Rinnovo e miglioramento del parco veicolare;**
- **Potenziamento e valorizzazione delle linee ferroviarie, metropolitane e tramviarie esistenti;**
- **Completamento delle linee ferroviarie, metropolitane e tramviarie;**
- **Estensione della rete di trasporto rapido di massa.**

Come accennato in precedenza, in materia di Pianificazione territoriale, il documento persegue la sostenibilità economica, sociale e ambientale nella definizione delle trasformazioni urbanistiche, prevedendo che la città esistente e futura sia organizzata in prossimità dei principali sistemi di trasporto pubblico contrastando la dispersione insediativa. È quindi necessario che le città si sviluppino secondo il concetto di città compatta, garantendo efficienza, velocità e comodità del trasporto pubblico, soprattutto nelle aree più densamente abitate.

A tale scopo, le Città metropolitane e i Comuni possono accedere ai finanziamenti per la realizzazione di nuovi interventi per il trasporto rapido di massa (SFM, Metro e Tram), presentando tre strumenti amministrativi, sulla base dei quali sono oggetto di valutazione da parte del MIT:

- Piani Urbani della Mobilità Sostenibile (PUMS), contenenti sia i progetti invariati (opere già finanziate dal ministero) sia i nuovi progetti ancora da finanziare;
- Progetti di fattibilità, elaborati valutando e confrontando diverse alternative progettuali attraverso indicatori sintetici;
- Rapporto di Coerenza dei progetti presentati con i 4 obiettivi di Connettere l'Italia.

1.2.2 Il Piano Regionale Integrato Trasporti – PRIT 2025

Il Piano Regionale Integrato dei Trasporti (PRIT 2025) è il *principale strumento di pianificazione in materia di trasporti alla scala regionale dell'Emilia-Romagna*; è stato adottato con Delibera n. 214 del 10/07/2019 e successivamente approvato, a valle della fase di pubblicazione, osservazione e conseguente controdeduzione, con DGR n. 1696 del 14/10/2019.

Il PRIT 2025 offre un nuovo approccio per "il governo della domanda di mobilità", coerentemente accolto dal PUMS di Bologna Metropolitana, che non si limita a fornire risposte infrastrutturali alla crescita della domanda e dei flussi di trasporto ma piuttosto punta a garantire i massimi livelli di accessibilità alle merci e alle persone.

Tra gli obiettivi generali del piano si possono citare:

- assicurare elevata affidabilità e sicurezza al sistema di mobilità;
- incrementare la vivibilità dei territori e delle città, decongestionando gli spazi dal traffico privato e recuperando aree per il verde e la mobilità non motorizzata;
- assicurare lo sviluppo sostenibile del trasporto riducendo il consumo energetico, le emissioni inquinanti, gli impatti sul territorio;
- assicurare i diritti di mobilità delle fasce più deboli;
- contribuire a governare e ordinare le trasformazioni territoriali in funzione del livello di accessibilità che deve essere garantito alle stesse.

Il PRIT 2025 assegna, inoltre, un peso specifico alle politiche per la mobilità sostenibile, fissando l'obiettivo di raggiungere il 20% di ripartizione modale su bicicletta all'orizzonte 2025; il conseguimento di tale sfidante target è previsto attraverso l'attuazione di strategie mirate a perseguire l'intermodalità e concentrando le priorità di investimento sulla mobilità sostenibile per massimizzare l'efficacia dell'azione regionale e assicurare la sicurezza degli spostamenti in modalità ciclo-pedonale per cittadini, City Users e turisti.

Obiettivi per la mobilità urbana e il trasporto locale

Gli obiettivi che il PRIT 2025 assume nell'ambito della pianificazione e programmazione del trasporto pubblico locale delineano politiche di riferimento per le azioni da svolgersi nei prossimi anni, fra cui emergono soprattutto:

- la conferma del ruolo del trasporto pubblico e la sua promozione, anche a fronte delle tematiche della qualità dell'aria, della congestione e della sicurezza nella mobilità locale e regionale;
- la promozione di strategie di riequilibrio modale che affrontino i temi dell'intermodalità, della mobilità ciclo-pedonale, e in generale dei rapporti con la mobilità urbana;

- l'adozione di una "carta unica della mobilità - Mi Muovo" che faciliti l'accessibilità al TPL, ai servizi ferroviari, al bike sharing e al car sharing, alla sosta, etc. e che consenta l'accesso del cittadino ai servizi anche attraverso l'utilizzo di piattaforme multicanale (telefonia mobile, web, circuito bancario, grande distribuzione, ecc.);
- lo sviluppo dell'implementazione di servizi per l'infomobilità regionale attraverso l'integrazione pubblico-privato e il potenziamento della tariffazione integrata e dei servizi connessi.

Le azioni descritte si pongono l'obiettivo principale di ottenere una crescita dei passeggeri TPL (gomma e ferro), passando a livello regionale dall'8% al 12-13% nel 2025. **Nello specifico il PRIT assume l'obiettivo di un aumento del 10% dei passeggeri trasportati dal TPL su gomma, legandolo al potenziamento e alla riqualificazione dei servizi, anche nella prospettiva di un incremento dei servizi minimi al 2025 del 10%.**

L'integrazione modale ferro-gomma

Nell'ambito della promozione dell'intermodalità ferro-gomma, il PRIT 2025 attribuisce alla **rete ferroviaria regionale** il ruolo di **rete portante** in ambito extraurbano, e, ove possibile urbano, e al **trasporto pubblico su gomma** il ruolo di **adduttore al sistema ferroviario**, in particolare fuori dai centri urbani e dalle grandi direttrici.

Come approccio generale, il PRIT 2025 stabilisce che il servizio integrato del trasporto pubblico regionale e locale non debba presentare **servizi sovrapposti o paralleli**, salvo i casi in cui è necessario un supporto specifico al servizio ferroviario tramite servizi su gomma; infatti questi ultimi, composti da autobus e filobus, in linea generale, devono **attestarsi presso le principali stazioni regionali** affiancando, integrando e completando l'offerta ferroviaria regionale, al fine di soddisfare la domanda di mobilità pubblica della regione.

La realizzazione di nuove infrastrutture pesanti, quali metro o tranvie, deve essere valutata in base alle necessità dell'area interessata. Attualmente sono già in fase avanzata di progettazione o di completamento dei lavori il People Mover di Bologna, il Progetto Integrato Mobilità Bolognese-PIMBO e il Trasporto Rapido Costiero TRC della costa romagnola.

Le azioni previste dal Piano riguardo ai servizi intermodali hanno l'obiettivo di creare una **maggiore regolarità e affidabilità del sistema**, nonché una **razionalizzazione dell'esistente**, tenendo conto dell'offerta complessiva dei servizi, sia interbacinio che interregionali.

Per una maggiore appetibilità del trasporto pubblico, il PRIT 2025 ritiene necessario anche **potenziare i sistemi di comunicazione e informazione** all'utenza, su treni e autobus e nelle stazioni e, per una migliore valorizzazione dell'intermodalità, considera necessaria una **riprogrammazione del TPL su gomma** tramite la tariffazione integrata e l'azione di razionalizzazione, riorganizzazione e flessibilizzazione dell'offerta di servizio; inoltre, affinché possano assumere un ruolo più centrale all'interno della rete, anche le stazioni dovranno essere oggetto di modifiche, con la **realizzazione di parcheggi scambiatori** per auto, auto elettriche, bici private o servizi di bike e car sharing.

1.2.3 Patto per il trasporto pubblico regionale e locale per il triennio 2018-2020

Nell'ottica di incentivare la diffusione della cultura della mobilità sostenibile la Regione Emilia-Romagna ha sottoscritto, con Enti Locali, Città metropolitana di Bologna, le Agenzie locali per la mobilità, le Società di gestione pubbliche e private dei servizi di TPL e le parti sociali direttamente interessate, il **"Patto per il Trasporto pubblico regionale e locale 2018-2020"**.

Tale documento mira "a raggiungere e garantire l'equilibrio economico del sistema e ad ottenere una più adeguata risposta alle esigenze di mobilità dei cittadini, così come previsto anche dall'Atto di Indirizzo triennale 2016-2018". Di seguito è riportata una sintesi degli **obiettivi** che il Patto persegue nel prossimo triennio:

- miglioramento della qualità dell'aria;
- riorganizzazione dei servizi autofiloviari e ferroviari;
- rinnovo del materiale rotabile;
- bigliettazione elettronica, integrazione tariffaria e infomobilità;
- trasferimento titolarità della rete ferroviaria regionale a RFI.

In particolare, le **strategie** fondamentali che il patto stabilisce per il conseguimento di detti obiettivi sono:

- la modalità ferroviaria è la rete portante e quindi va incentivata l'intermodalità e la gerarchizzazione della rete in un'ottica di efficientamento;
- i servizi ferroviari vanno modulati in base alla domanda (attuale e potenziale);
- i servizi su gomma vanno efficientati prevedendo forme di preferenziazione;
- l'accordo commerciale finanziato dalla regione che prevede la possibilità di utilizzare il servizio urbano senza aggravii di costo con l'abbonamento ferroviario.

1.2.4 Il Piano di Bacino – Direttrice San Donato

Il Piano di Bacino, strumento settoriale di programmazione provinciale, è un documento del 2009 assunto dal Piano della Mobilità Provinciale (PMP) come strumento operativo per l'attuazione degli interventi sulla rete del trasporto collettivo.

In particolare, *il Piano di Bacino relativo alla qualificazione dei servizi TPL della direttrice SP 5 San Donato* coinvolgeva la Regione Emilia Romagna, la Provincia di Bologna, i Comuni di Baricella, Bologna e Granarolo dell'Emilia e le società SRM e ATC; questi, durante la Conferenza dei Servizi, sottoscrissero l'Accordo di Programma in cui venivano stabilite le condizioni e gli impegni di ognuna delle parti coinvolte.

Tale strumento urbanistico definì pertanto gli obiettivi per migliorare la qualità complessiva del servizio pubblico in un arco temporale di breve periodo (validità triennale), prevedendo interventi progettuali/puntuali coerenti con i tempi e le risorse disponibili.

Gli obiettivi del Piano di Bacino della direttrice SP 5 San Donato erano:

- miglioramento dei servizi compatibilmente con le risorse disponibili e nel rispetto degli strumenti vigenti a livello metropolitano all'epoca dell'Accordo;
- aumento della velocità commerciale e miglioramento della regolarità di marcia dei servizi TPL, miglioramento di accessibilità e sicurezza delle fermate, miglioramento del comfort e dell'informazione sul TPL;
- conferimento al corridoio della SP 5 San Donato di una maggiore riconoscibilità di direttrice ed omogeneità di gestione del patrimonio delle pensiline per il TPL.

Per il raggiungimento di tali obiettivi vennero individuati alcuni interventi infrastrutturali e tecnologici, che richiedevano tempi di realizzazione e costi contenuti, ma che, realizzati nel loro complesso, furono pensati per dare benefici rilevanti:

- l'istituzione della **preferenziazione semaforica** negli incroci con i maggiori rallentamenti, soprattutto in direzione Bologna (Via Roma, Via Risorgimento, Via Quarto di Sopra, Via Salgari e Via Pirandello); questa soluzione fu pensata allo scopo di velocizzare il servizio TPL su gomma, creando un effetto "onda verde", senza penalizzare eccessivamente il traffico veicolare delle direzioni perpendicolari;
- il miglioramento dell'**accessibilità delle aree di attesa** nelle 25 coppie di fermata presenti lungo la direttrice San Donato, tramite la realizzazione di una piazzola extra-carreggiata per l'attesa o di un percorso pedonale di accesso dalle aree circostanti; fu inoltre prevista l'installazione di nuove pensiline in diverse fasi. Su richiesta delle Amministrazioni comunali di Granarolo dell'Emilia e Baricella, furono pensate 3 nuove coppie di fermate;
- il miglioramento dell'**informazione all'utente**, tramite l'installazione di 7 paline intelligenti nelle fermate principali della direttrice San Donato, per fornire i tempi di attesa delle linee urbane, eventuale modifiche al servizio dovute a lavori stradali o scioperi;
- il rinnovo del **parco mezzi**, che prevedeva la scelta di mezzi di lunghezza e quindi capacità superiore (14/15 o 18 m) e di mezzi con maggiori comfort, quali aria condizionata, allestimenti interni migliori etc.;
- la realizzazione dell'**area di trasbordo di Granarolo dell'Emilia**, come punto di interscambio auto+bus e trasbordo bus-bus; tale area, prevista nel Piano Particolareggiato approvato dal Comune di Granarolo, prevedeva la realizzazione di un nuovo comparto residenziale e commerciale, oltre ad un ampio spazio di parcheggio auto e pubblici esercizi (bar, ristorante, banca) al fine di aumentare il comfort di attesa dell'utente.

In aggiunta alle azioni volte al miglioramento infrastrutturale e all'avanzamento tecnologico, fu previsto dall'Accordo la revisione dell'assetto della rete di trasporto pubblico del bacino San Donato, con le seguenti finalità principali:

- garantire una maggiore regolarità alla linea 93 lato San Donato;
- collegare Mondonovo e San Gabriele direttamente a Bologna con un livello di servizio pressoché pari a quello garantito a Baricella;
- separare i collegamenti locali e velocizzare le linee di direttrice;
- potenziare i collegamenti locali.

Furono inoltre previste revisioni dei percorsi e dei servizi delle linee 93, 355, 357, 358, 431, 88.

I comuni interessati da questa riorganizzazione erano Baricella, Minerbio e Granarolo dell'Emilia. Per gli utenti di questi comuni, il maggiore vantaggio della revisione dell'assetto del TPL nell'area era previsto dalla maggiore regolarità di cui avrebbero beneficiato le linee oggetto del progetto, con un conseguente rispetto dei tempi di percorrenza e degli orari di passaggio alle fermate.

1.2.5 Il PUMS di Bologna Metropolitana

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.

Il documento, approvato nel novembre 2019, è stato elaborato tenendo conto degli obiettivi di riduzione delle emissioni inquinanti fissati dalla comunità internazionale (a livello globale e a livello comunitario) e recepiti dalla Regione Emilia-Romagna (Piano dell'Aria Integrato Regionale PAIR 2020 RER, Accordo di Parigi COP 2015, Impegno UE su riduzione Incidentalità).

Obiettivi del PUMS

Gli obiettivi generali del PUMS ai fini della tutela della qualità dell'aria così come indicato nel PAIR 2020 prevedono nel lungo periodo (2030) la **riduzione delle emissioni da traffico del 40%**, di cui il 12% dal rinnovo del parco veicolare (da benzina/diesel a elettrico) e il restante 28% (440.000 spostamenti) dalla riduzione del traffico privato.

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

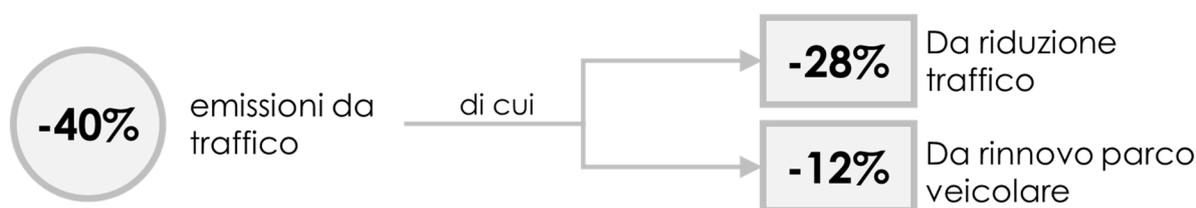


Figura 1-3: Target "ambientali" definiti dal PUMS (Fonte: PUMS Città metropolitana di Bologna)

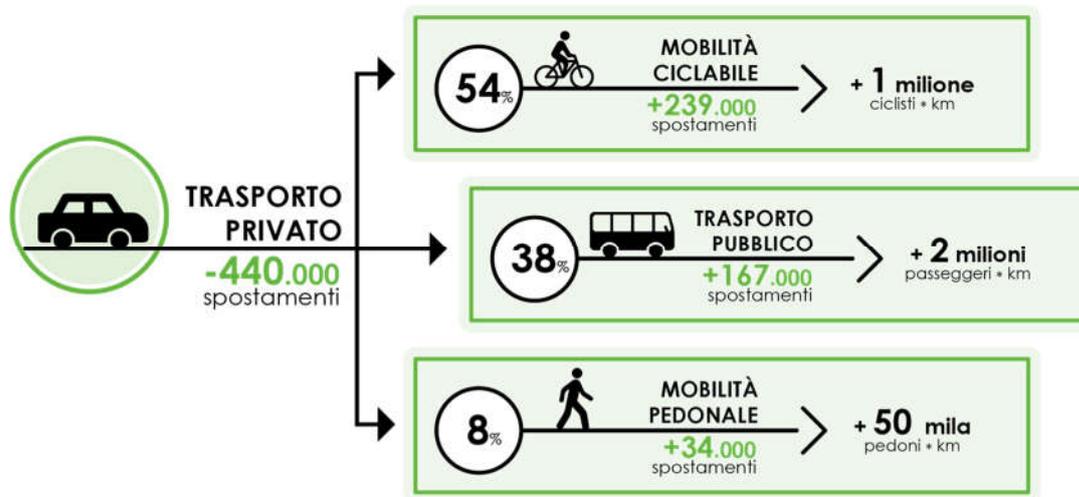


Figura 1-4: Target di riequilibrio modale della mobilità definiti dal PUMS (Fonte: PUMS Città metropolitana di Bologna)

Strategie e azioni per il trasporto privato

L'obiettivo di redistribuzione modale del PUMS necessita di una politica coerente sulla rete stradale metropolitana, tale da favorire in primo luogo la "riqualificazione" delle strade esistenti in un'ottica di sicurezza, qualità dello spazio e inserimento paesaggistico.

Nel caso di nuove opere stradali, il PUMS raccomanda che queste siano coerenti con il PUMS e con gli obiettivi attesi in termini di diversione modale e miglioramento della sicurezza degli spostamenti; successivamente, devono essere definite le priorità realizzative **privilegiando la riqualificazione e l'ampliamento in sede di strade esistenti ed escludendo in ogni caso la creazione di nuove strade metropolitane**, se non già inserite negli strumenti di pianificazione vigenti.

I progetti di nuove strade, e le riqualificazioni o ampliamenti in sede di strade esistenti, devono riguardare in maniera unitaria e solidale tutte le diverse componenti di mobilità che interessano l'infrastruttura in un'ottica di **pianificazione integrata**: sede stradale destinata alla circolazione delle autovetture e del trasporto pubblico, spazi destinati alla circolazione pedonale e ciclistica e fasce di ambientazione/inserimento paesaggistico.

Per quanto concerne gli interventi relativi alla realizzazione di varianti locali ai centri abitati, compresi i relativi svincoli e raccordi, il PUMS raccomanda che vengano valutati con attenzione e rispondano esclusivamente a necessità legate all'allontanamento del traffico pesante e al miglioramento della sicurezza, della salute, della qualità dello spazio urbano e della sua permeabilità, ponendo una particolare attenzione alla progettazione stradale di dettaglio per favorire i pedoni e ai ciclisti.

Strategie e azioni per il trasporto pubblico

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

- **Portante** – costituita dal Servizio Ferroviario Metropolitano SFM, dalla nuova rete tramviaria 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)

Le **strategie** previste dal PUMS 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 tramviaria;
- **Potenziamento della capacità di trasporto e innalzamento della velocità commerciale e della regolarità di marcia** delle autolinee extraurbane e suburbane portanti ("Metrobus");
- 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.

Rete SFM

Posto che circa il **65% della domanda extraurbana che il PUMS si propone di trasferire su trasporto pubblico, si sviluppa tra comuni direttamente serviti dal SFM** e che la sola **componente di scambio con Bologna ne copre il 67%**, è del tutto evidente che il primario obiettivo del PUMS è quello di portare a compimento, il disegno originario del Servizio Ferroviario Metropolitano bolognese, introducendo alcuni opportuni correttivi

L'obiettivo comune a tutte le linee passanti per Bologna è quello di **garantire, se necessario, servizi cadenzati ai 15' nelle fermate dove sono previsti i maggiori livelli di traffico nelle ore di punta** o comunque servizi cadenzati con frequenza mai inferiore a 2 treni/ora in tutte le località servite dal SFM. Questa politica permetterebbe di rendere appetibili le soluzioni di viaggio che includono il SFM.

Il modello d'esercizio previsto per il SFM punta a rafforzare il ruolo del servizio ferroviario quale struttura portante del Trasporto Pubblico Metropolitano ("TPM"), sfruttandone le caratteristiche di rapidità e di indifferenza alla congestione stradale e portando a sistema l'incremento di accessibilità/distribuzione garantito al sistema ferroviario dalle importanti realizzazioni in termini di nuove fermate dell'ultimo decennio. Tutte le linee sono incardinate tra loro nel cosiddetto **"Passante"**, cadenzato con frequenza ai 15' per l'intera giornata e in tutte le fermate metropolitane tra Casalecchio e Pianoro. Il risultato è una **rete SFM nel complesso più frequentata e più efficiente**.

Autolinee extraurbane

In linea generale la rete portante delle autolinee extraurbane punta a creare **"l'effetto rete"** dei servizi, sia tra autolinee extraurbane che con SFM e rete tramviaria di Bologna, attraverso un'offerta che copra tutto il territorio, con interscambi ben organizzati in termini di esercizio (orari), di infrastrutture (percorsi), di informazione e servizi ai passeggeri, evitando sovrapposizioni funzionali e differenze di fruibilità per gli utenti nelle diverse aree della città metropolitana.

Coerentemente con gli obiettivi del PRIT2025 di una crescita dei passeggeri TPL **di un aumento del 10% dei passeggeri trasportati dal TPL su gomma, legandolo al potenziamento e alla riqualificazione dei servizi, anche nella prospettiva di un incremento dei servizi minimi al 2025 del 10%**, la rete TPM di progetto in ambito metropolitano si pone i seguenti obiettivi:

- completare la rete portante del trasporto pubblico metropolitano;
- eliminare il parallelismo dei servizi su gomma e su ferro,
- ottimizzare il rendez-vous sistematico bus - treno nei Centri di Mobilità presenti sulla rete SFM;
- sviluppare l'integrazione tra autolinee portanti e complementari;

- realizzare un modello di esercizio cadenzato;
- ridurre le percorrenze delle linee extraurbane all'interno del territorio comunale di Bologna.

Il programma di esercizio base è pensato su 16 ore, dalle ore 6:00 alle 21:00, con frequenza variabile in base alla classificazione assegnata dal PUMS:

- **Rete I Livello** (Metrobus), comprende i collegamenti intercomunali ad elevata domanda di mobilità (frequenza tra 15' e 30');
- **Rete II Livello**, include i collegamenti di adduzione dai centri principali alla rete portante (frequenza tra 30' e 60');
- **Rete III Livello**, comprende i collegamenti intercomunali e di adduzione per i comuni non serviti dalle reti di I e II livello e i nuovi collegamenti "trasversali" (frequenza tra 60' e 120');
- **Rete integrativa (IV Livello)**, comprende i servizi scolastici, i potenziamenti delle ore di punta, i servizi flessibili, ma anche tutti i collegamenti di carattere strettamente locale, turistico e stagionale (frequenza definita dalle amministrazioni locali e dal gestore del servizio).

La riorganizzazione delle reti e dei servizi delle autolinee extraurbane è necessaria per migliorare e garantire l'accessibilità anche alle aree industriali ed ai poli produttivi di rilievo sovracomunale, con particolare attenzione a quelli suscettibili di sviluppo.

In questa maniera la nuova riorganizzazione del TPM farà in modo che il territorio venga servito in maniera più capillare, efficace ed efficiente con un servizio potenziato, regolarizzato nell'arco dell'intero orario di servizio e integrato con le altre modalità di trasporto, andando a connettere tra loro i comuni e questi con le frazioni principali, le aree produttive di rilevanza metropolitana e le principali polarità del territorio ed i nodi di interscambio della mobilità, realizzando una rete totalmente connessa sull'intero territorio metropolitano.

Con la riorganizzazione e l'incremento del servizio delle autolinee extraurbane del TPM rispetto alla rete attuale si prevede di coprire il 21% dei target degli obiettivi PUMS per il trasporto pubblico. Ciò significa che il restante 79% dei target andrà soddisfatto sostanzialmente con il potenziamento della rete SFM e dei servizi Metrobus.

Bus Rapid Transit (Metrobus)

Lungo gli assi principali della rete del trasporto pubblico, il Piano propone il ricorso a sistemi di trasporto su gomma ad infrastrutturazione leggera comunemente definiti **BRT (Bus Rapid Transit)**. Per questa tipologia di mezzi, il PUMS prevede la preferenziazione della sede, l'allestimento delle fermate e un servizio efficiente, veloce, competitivo e confortevole.

Com'è noto, in generale un sistema BRT è caratterizzato dalla realizzazione di una serie di interventi sulla sede stradale per proteggere, rendere prioritaria o agevolare la marcia dei mezzi (su via dedicata, riservata o in promiscuo) e la contestuale adozione di soluzioni particolari per agevolare/velocizzare l'incarozzamento alle fermate e garantire così una riduzione dei tempi di percorrenza per raggiungere il centro città ma favorendo al contempo l'interscambio e l'intermodalità tra tutte le modalità di trasporto possibili.

Per l'ambito metropolitano il PUMS propone l'inserimento dei Metrobus promuovendo una riorganizzazione complessiva delle sedi stradali tali da ridurre al minimo le interferenze dei mezzi con le altre componenti di traffico.

Per le tutte direttrici interessate dalle linee Metrobus, che nel progetto di rete del TPM extraurbano interscambiano o si attestano in corrispondenza delle linee del tram, è prevista una riorganizzazione del servizio del TPL su gomma ed una attuazione delle linee Metrobus svincolate dalle tempistiche di entrata in esercizio del tram, facendo attenzione agli interventi che verranno proposti lungo gli itinerari in entrata a Bologna, interessati dal futuro transito delle linee tramviarie.

Nel dettaglio, le direttrici lungo le quali è proposto l'inserimento del Metrobus sono:

- Castel San Pietro Terme – San Lazzaro (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS - 2030);
- Calderara di Reno – Via Emilia;
- Medicina – Bologna;
- Monte San Giovanni – Casalecchio (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS – 2030);
- Ponte Samoggia – Terminal Emilio Lepido;
- Baricella – Bologna (oggetto del presente studio);
- Bazzano – Casalecchio (prolungata a Bologna nello Scenario PUMS – 2030)
- Pieve di Cento– Corticella.

La rete tramviaria di Bologna

L'assetto a regime della rete portante urbana tramviaria proposta nel PUMS prevede **4 linee** (la Linea Blu in realtà è prevista per un orizzonte temporale superiore a quello del PUMS, oltre il 2030), 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 tramviaria è integrata con le 8 direttrici SFM non solo alla Stazione Centrale ma anche presso una serie di stazioni urbane, e con tutte le linee Metrobus, consentendo un collegamento ottimale verso i principali attrattori urbani dall'intero bacino metropolitano bolognese. Le 4 linee della rete tramviaria 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.

Strategie e azioni per la mobilità ciclo-pedonale

Per la mobilità ciclistica il PUMS punta sulla definizione di una **rete ciclabile di progetto integrata ed estesa a tutto il territorio metropolitano** così come prefigurata nel **Biciplan metropolitano**, classificando la rete per la mobilità quotidiana in **strategica e integrativa** e dedicando, inoltre, attenzione allo sviluppo della rete cicloturistica. Per quanto riguarda Bologna, il documento che il PUMS si propone di prendere come riferimento è il **Biciplan di Bologna**, sia come schema per la rete dell'ambito comunale, sia per la pianificazione delle connessioni ciclistiche proposte dal Biciplan metropolitano tra l'ambito urbano del capoluogo ed i comuni di prima cintura.

Nel dettaglio, il PUMS persegue i seguenti obiettivi e target specifici al fine di promuovere la diffusione della mobilità ciclabile in tutto il territorio della Città metropolitana e di garantire la sicurezza reale e percepita degli utenti, in linea con quanto disposto dal PNSS:

- incremento di circa **240.000 spostamenti** nell'Ambito metropolitano in bici al 2030 come contributo per il raggiungimento dell'obiettivo PAIR di riduzione del 20% del traffico motorizzato nei centri abitati;
- **14% di quota modale su mobilità ciclabile** nell'Ambito metropolitano e 18% nell'Ambito di Bologna entro il 2030;
- **azzeramento del numero di morti** tra i ciclisti entro il 2030.

Il PUMS, ai fini della definizione dello scenario di Piano e delle relative proposte progettuali, declina alcuni contenuti del **Biciplan Metropolitano**:

- una rete portante metropolitana multilivello strutturata con una rete ciclabile per la Mobilità Quotidiana e una rete cicloturistica;
- criteri uniformi di pianificazione a livello metropolitano;
- "revisione" dei percorsi esistenti e la diffusione delle Linee guida per il sistema regionale della ciclabilità, al fine di aumentare la sicurezza dei ciclisti.

A livello di pianificazione, il PUMS riprende anche diversi aspetti del **Biciplan di Bologna**, come:

- l'individuazione di una **Rete Ciclabile Strategica**, della quale definisce gli standard tecnici e prestazionali, definita tramite una valutazione economica e di priorità di programmazione;
- **Servizi di supporto** alla mobilità ciclistica e al suo consolidamento nel tempo: bike sharing, sosta e ricovero, enforcement, e-bike, logistica urbana, la bici per la mobilità sociale, servizi per il cicloturismo, app e comunicazione.

Centri di Mobilità

Il PUMS individua **30 Centri di Mobilità** (luoghi in cui si massimizzano le possibilità di interscambio tra sistemi di trasporto collettivo e privato) su tutto il territorio della Città metropolitana e li classifica in base alla funzione e collocazione geografica: **urbani, non urbani e terminal** (dove sono previsti i transiti dei servizi commerciali su gomma, nazionali e internazionali).

I Centri di Mobilità sono prevalentemente collocati in corrispondenza di:

- stazioni SFM che presentano una frequenza di servizio a 15';
- fermate dove convergono più servizi extraurbani di trasporto pubblico su gomma (con priorità alla rete di I° e II° livello);
- fermate dove è previsto interscambio con le linee tramviarie di Bologna e con il mezzo privato;
- attestamenti della linea tramviaria Rossa e a Medicina.

1.3 Inquadramento socio-economico

In questo paragrafo si descrive l'area di studio sotto il profilo delle caratteristiche demografiche socio-economiche di principale interesse ai fini di un inquadramento generale propedeutico alle successive attività che concorreranno allo studio di fattibilità del sistema Metrobus.

Il sistema territoriale di riferimento per tali analisi è quello dell'area di studio descritta al Paragrafo 1.1. Le informazioni di seguito riportate si riferiscono agli ultimi censimenti della popolazione e dell'industria di ISTAT; nello specifico l'anno di riferimento per il censimento dell'Industria e dunque per le informazioni su unità locali, addetti e attività per settore economico è il 2011; per quanto ai dati demografici sono disponibili dati più recenti fino al 2019.

1.3.1 Popolazione e struttura demografica

La densità media abitativa, considerando la media su tutte le sezioni di censimento dell'area, è di 1,451 abitanti/km². Escludendo dal calcolo il Comune di Bologna e quello di Ferrara, il resto dell'area presenta una densità media inferiore e pari a 573 abitanti/km². La distribuzione dei residenti nel territorio è disomogenea (sempre non considerando Bologna e Ferrara); si concentra infatti quasi del tutto in pochi centri abitati sparsi mentre **il resto del territorio ha densità molto bassa** ed inferiore ai 200 abitanti per chilometro quadro (il 91% di estensione dell'area presenta densità inferiore di 200 ab/km²).

Al 1 gennaio 2020, secondo i dati ISTAT, nel complesso l'area ospita 735.700 abitanti, rappresentando dunque come peso demografico circa il 16% della popolazione residente in tutta la Regione Emilia Romagna. Escludendo i Comuni di Bologna e Ferrara, la popolazione dell'area di studio ammonta a 212.900 abitanti. Il dettaglio dei singoli comuni è modulato secondo i dati riportati in Tabella 1-2.

Comune	Popolazione 2012	Popolazione 2020
Argelato	9.645	9.769
Baricella	6.760	7.254
Bentivoglio	5.346	5.715
Bologna	371.151	390.625
Budrio	18.023	18.545
Castel Maggiore	17.499	18.622
Castenaso	14.357	15.686
Galliera	5.451	5.532
Granarolo dell'Emilia	10.776	12.369
Malalbergo	8.750	9.107
Minerbio	8.653	8.897
Molinella	15.611	15.677
San Giorgio di Piano	8.213	9.035
San Lazzaro di Savena	31.093	32.792
San Pietro in Casale	11.774	12.664
Argenta	22.100	21.365
Ferrara	132.295	132.195
Poggio Renatico	9.665	9.884
Totale	707.162	735.733

Tabella 1-2: Popolazione residente al 2012 ed al 2020 nell'area di studio. (Fonte: Banca dati Istat)

L'andamento demografico relativamente al periodo compreso tra il 2012 ed il 2020 (illustrato nel grafico in Figura 1-5) è caratterizzato da un incremento di residenti nell'ordine del 4,5%, che sale al 8% se si considera l'intero decennio intercensuario (dal 2011 al 2020).

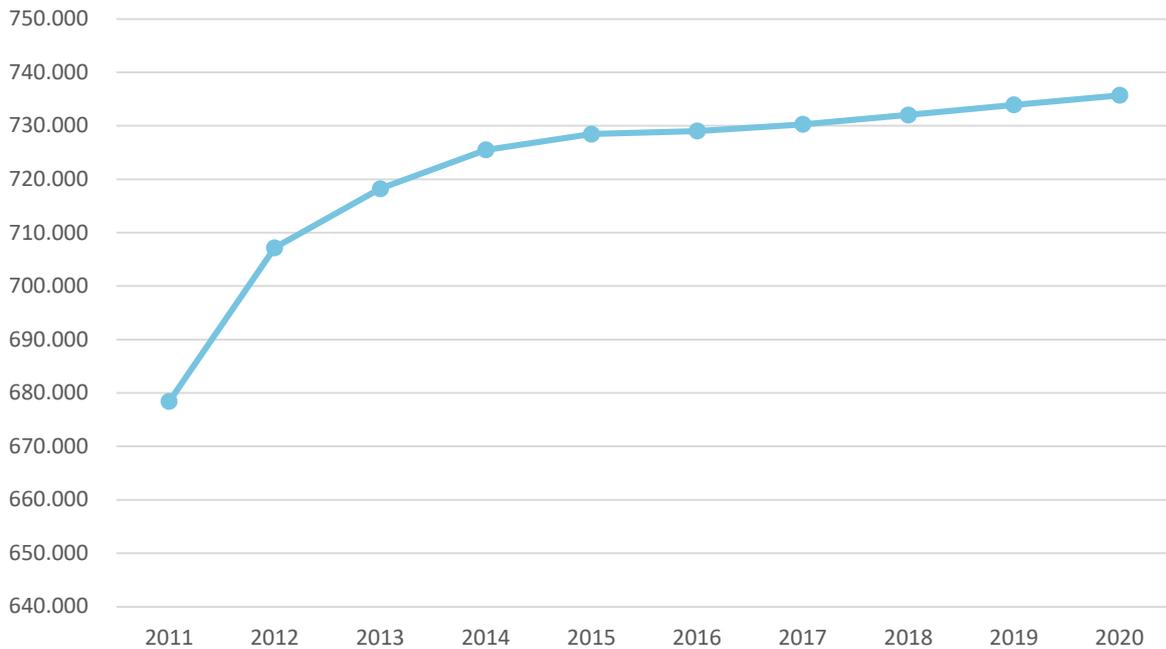


Figura 1-5: Andamento demografico nei comuni dell'ara di studio nel periodo compreso tra il 2011 e il 2020. (Fonte Banca dati Istat)

Scendendo nel dettaglio (cfr. Figura 1-6) dei comportamenti demografici osservati per singolo comune, emerge chiaramente che:

- nell'intervallo tra il 2012 e il 2020 alcuni comuni dell'area di studio sono stati soggetti ad un particolare incremento della popolazione, superiore rispetto alla media dell'area (pari al 5%): Granarolo dell'Emilia (+14,8%), San Giorgio di Piano (+10%), Castenaso (+9,3%), San Pietro in Casale (+7,6%), Baricella (+7,3%), Bentivoglio (+6,9%).
- nello stesso periodo, l'unico comune dell'area a registrare una flessione nel numero di residenti (-3,3%) è Argenta, in Provincia di Ferrara.

In Tabella 1-3 si riportano i principali indicatori di struttura demografica¹ dell'area di studio per gli anni 2011 e 2019. I valori riportati rappresentano le medie aritmetiche dei valori relativi ai singoli comuni dell'area.

Anno	Indice di vecchiaia	Indice di dipendenza strutturale
2011	165	56
2019	181	59

Tabella 1-3: Indicatori di struttura demografica area di studio

Ciò che si evince in merito alle dinamiche di struttura è che:

- i comuni dell'area di studio seguono lo stesso trend demografico generale della regione e nazionale, caratterizzato da un **progressivo invecchiamento della popolazione**. Infatti, l'indice di vecchiaia al 2019 è superiore a quello del 2011 del 9,7%, mentre l'indice di dipendenza strutturale cresce nello stesso periodo del 4%.
- al 2019, l'indice di vecchiaia è dell'1% inferiore rispetto a quello dell'intera regione Emilia Romagna pari a 182,6. L'indice di dipendenza strutturale risulta invece pressoché identico a quello regionale.

Scendendo nel dettaglio della struttura demografica dei singoli comuni si evince chiaramente che:

- alcuni comuni presentano un indice di vecchiaia nettamente superiore alla media di area e questi sono: Ferrara (+48%), Argenta (+38%), San Lazzaro di Savena (+20%), Bologna (+17%).

¹ Fonte: Atlante statistico metropolitano e Istat (per i comuni in Provincia di Ferrara). Dati aggiornati al 2019

- d'altro canto alcuni comuni sono caratterizzati da una struttura più giovane rispetto alla media di area per cui presentano indici di vecchiaia inferiori rispetto alla media: Granarolo dell'Emilia (-18%), San Pietro in Casale (-17%), San Giorgio di Piano (-16%), Bentivoglio (-15%), Baricella (-10%).

Sotto il punto di vista della struttura demografica, quindi, l'area di studio è caratterizzata da una situazione di disomogeneità; alcuni comuni sono stati soggetti a notevole incremento della popolazione nell'ultimo decennio, ed in parte coincidono con quelli aventi indice di vecchiaia inferiore alla media; altri, invece, sono caratterizzati da una crescita ridotta con notevole incremento degli indicatori di vecchiaia.

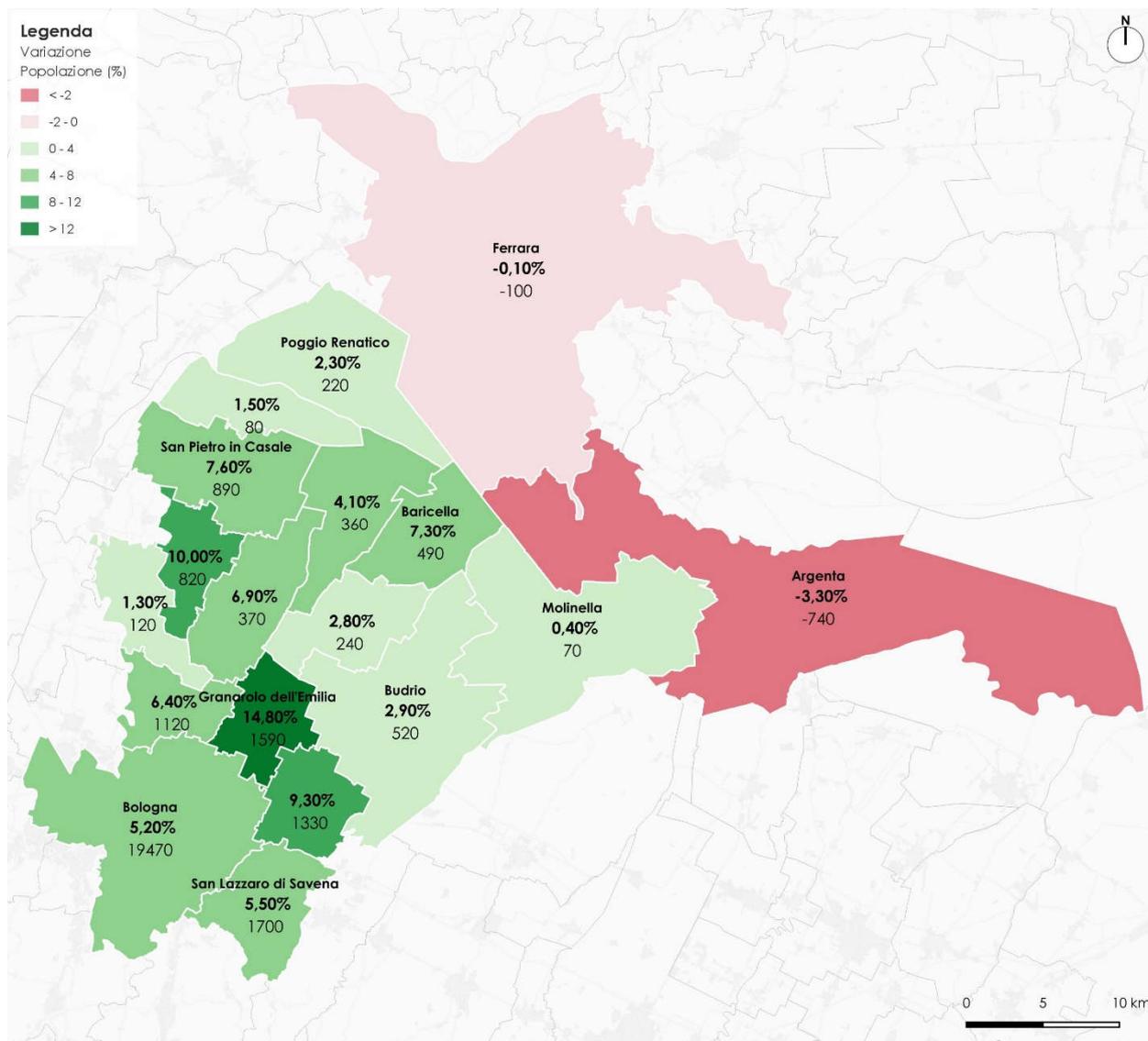


Figura 1-6: Variazione popolazione per Comune tra il 2012 e il 2020. (Fonte Banca dati Istat)

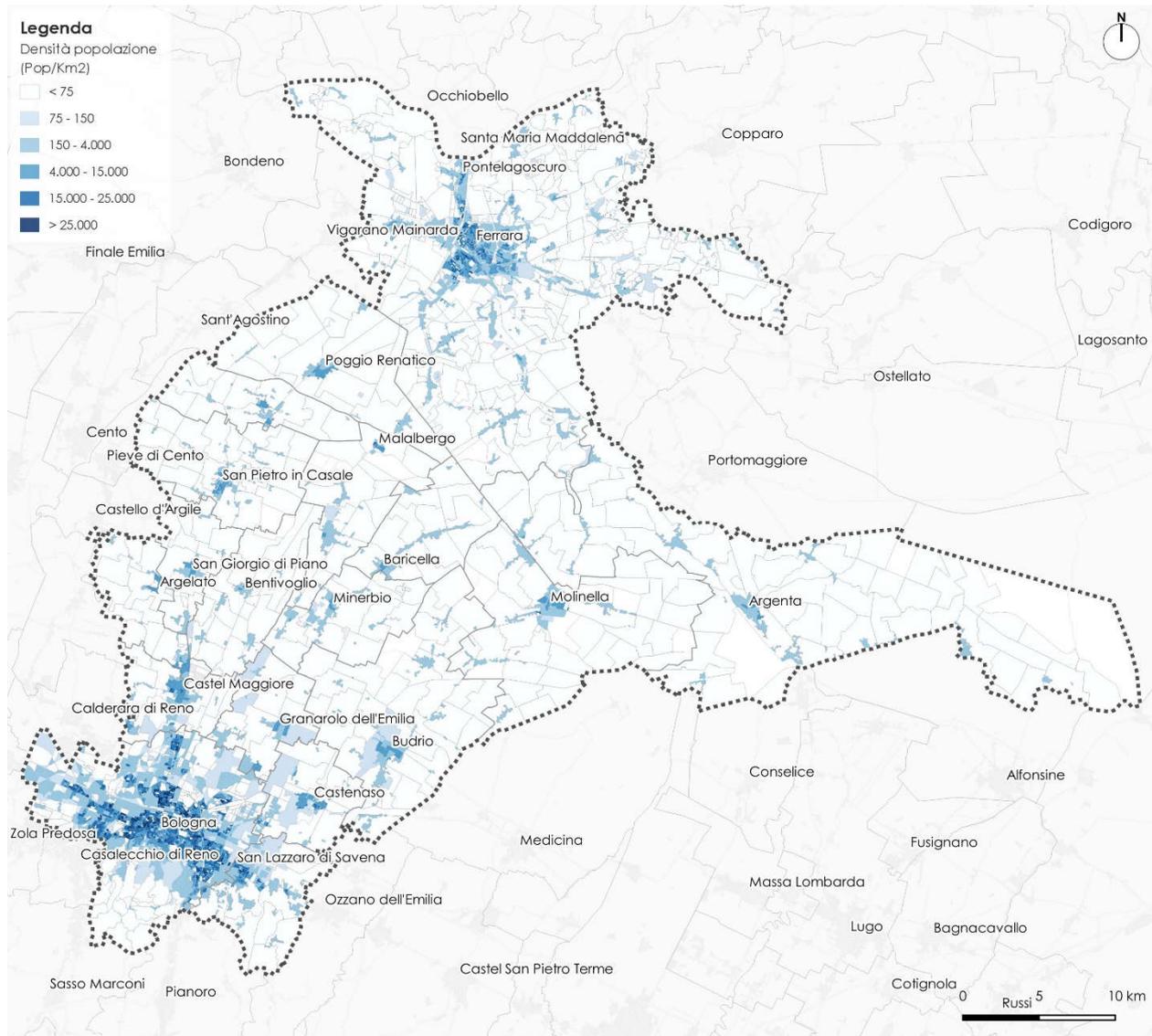


Figura 1-7: Densità popolazione (Fonte Banca dati Istat – Dati al 1 gennaio 2020)

1.3.2 Addetti e struttura economica

Nell'area di studio all'ultimo censimento dell'industria e dei servizi del 2011 si contavano complessivamente 78.027 unità locali e 326.731 addetti, secondo la distribuzione per settore e per comune riportata in Tabella 1-4.

Comune	Addetti			Unità locali			Addetti Totale	Unità locali Totale
	Altri servizi	Commercio	Industria	Altri servizi	Commercio	Industria		
Argelato	789	3.030	2.012	291	648	343	5.831	1.282
Argenta	1.698	2.199	1.717	513	724	397	5.614	1.634
Baricella	279	474	373	119	192	141	1.126	452
Bentivoglio	942	2.559	2.729	127	320	141	6.230	588
Bologna	90.333	80.950	23.016	22.405	19.288	4.892	194.299	46.585
Budrio	1.862	1.812	2.115	471	647	391	5.789	1.509
Castel Maggiore	1.563	4.048	3.344	533	820	384	8.955	1.737
Castenaso	1.203	4.098	2.325	460	726	357	7.626	1.543
Ferrara	20.699	21.254	9.365	5.663	5.490	1.922	51.318	13.075
Galliera	191	383	364	76	146	88	938	310
Granarolo dell'Emilia	973	4.691	3.541	322	595	355	9.205	1.272
Malalbergo	407	1.106	815	178	326	187	2.328	691

Comune	Addetti			Unità locali			Addetti	Unità locali
	Altri servizi	Commercio	Industria	Altri servizi	Commercio	Industria	Totale	Totale
Minerbio	504	1.135	2.281	189	327	220	3.920	736
Molinella	969	1.630	1.646	358	545	369	4.245	1.272
Poggio Renatico	341	711	872	159	249	167	1.924	575
San Giorgio di Piano	717	1.279	1.370	227	338	229	3.366	794
San Lazzaro di Savena	3.492	4.922	3.155	1.189	1.444	549	11.569	3.182
San Pietro in Casale	729	902	817	247	347	196	2.448	790
Totale	127.691	137.183	61.857	33.527	33.172	11.328	326.731	78.027

Tabella 1-4: Addetti e unità locali per settore e comune. (Fonte: censimento dell'industria e dei servizi ISTAT - 2011)

Nel complesso, il peso dei diversi macro settori è pressoché equilibrato, con una lieve superiorità quantitativa del settore del commercio, secondo la distribuzione percentuale illustrata in Figura 1-8. Il comparto della produzione industriale rappresenta nell'ambito dell'area di studio il 15% di tutte le unità locali, assorbendo il 19% degli addetti.

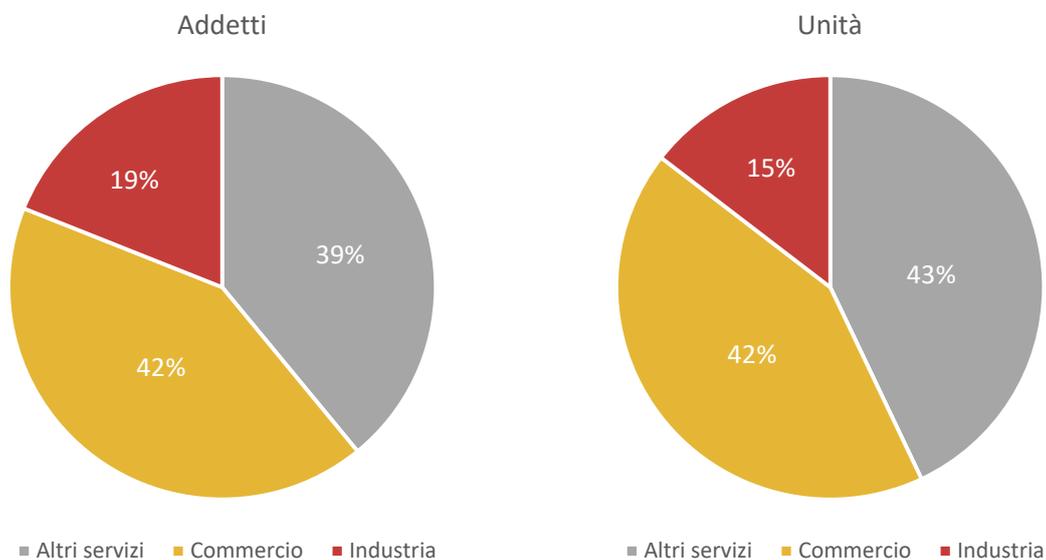


Figura 1-8: Distribuzione delle attività e degli addetti per macro settore economico. (Fonte: Censimento industria e servizi 2011)

Escludendo dall'analisi i Comuni di Bologna e Ferrara, che per vocazione tipica dei Capoluoghi di Provincia vedono una preponderanza di attività legate ai servizi, nel resto dell'area di studio le distribuzioni percentuali subiscono una netta variazione in favore del settore di produzione industriale, che passa così a ricoprire il 25% di tutte le unità locali con assorbimento del 36% degli addetti totali, a conferma della forte vocazione industriale del territorio oggetto di analisi.

A scala comunale la situazione per macrosettori, escludendo come già detto Bologna e Ferrara, risulta abbastanza omogenea. Di fatto in tutti i comuni il peso dell'industria si attesta al di sopra del valore medio (31% Baricella e Minerbio e 29% altri comuni), fatta eccezione per San Lazzaro di Savena, Castel Maggiore e Castenaso che hanno percentuali più basse, compensate da una maggiore prevalenza di attività nel settore del commercio.

Scendendo nel dettaglio dei gruppi di attività economica, si evince che nei Comuni di Baricella, Galliera, Poggio Renatico e Malalbergo si rilevano percentuali elevate di unità locali operanti nel settore delle costruzioni; nel manifatturiero invece spiccano maggiormente Granarolo dell'Emilia e San Giorgio di Piano. Come anticipato, a Bologna e Ferrara sono maggiormente diffuse le attività legate ai servizi (Istruzione, sanità, attività professionali, amministrazione pubblica e altro). Le percentuali di unità locali ripartite per comune e gruppo di attività economica sono riportate in Figura 1-9.

	Argelato	Argenta	Baricella	Bentivoglio	Bologna	Budrio	Castel Maggiore	Castenaso	Ferrara	Galliera	Granarolo dell'Emilia	Malalbergo	Minerbio	Molinella	Poggio Renatico	San Giorgio di Piano	San Lazzaro di Savena	San Pietro in Casale
Servizi	19,3%	25,8%	20,6%	18,2%	43,3%	26,4%	27,3%	25,1%	38,1%	19,4%	21,9%	22,1%	22,1%	22,6%	22,6%	25,2%	33,1%	24,7%
Commercio	33,5%	30,1%	23,5%	24,0%	29,3%	28,8%	31,8%	32,9%	29,9%	25,2%	31,4%	30,8%	25,4%	27,0%	28,5%	27,0%	33,4%	28,5%
Alberghi, ristoranti	12,6%	13,0%	11,7%	12,8%	13,8%	13,3%	12,0%	13,2%	14,1%	14,5%	10,8%	11,4%	12,8%	13,1%	12,9%	10,3%	12,3%	14,9%
Costruzioni	11,3%	14,4%	21,9%	9,9%	6,3%	13,5%	9,6%	8,2%	8,9%	19,0%	10,1%	17,8%	14,5%	16,7%	19,7%	11,8%	8,5%	14,4%
Manifatturiero	15,4%	9,9%	9,3%	14,1%	4,2%	12,4%	12,3%	15,0%	5,8%	9,4%	17,8%	9,3%	15,4%	12,3%	9,4%	17,0%	8,7%	10,4%
Trasporti	6,9%	5,1%	11,7%	20,4%	2,8%	4,6%	6,5%	5,0%	2,6%	10,3%	6,9%	8,1%	8,8%	7,0%	5,0%	7,6%	3,7%	6,3%
Energia, acqua, rifiuti	0,4%	0,6%	0,2%	0,5%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	1,3%	0,5%		0,5%	0,2%	1,0%	0,4%	0,2%	0,5%
Agricoltura, silvicoltura e pesca	0,5%	1,1%	1,1%	0,2%	0,0%	0,7%	0,2%	0,3%	0,2%	1,0%	0,6%	0,4%	0,4%	1,2%	0,9%	0,8%	0,1%	0,3%

Figura 1-9: Distribuzione delle unità locali per comune e gruppo di attività economica. (Fonte: Censimento industria e servizi 2011)

Il territorio dell'area di studio ospita numerose zone industriali ed artigianali. Sull'asse stradale San Donato sono presenti diversi poli artigianali ed industriali; due di questi si trovano internamente al Comune di Granarolo dell'Emilia, in località Frullo e in località Cadriano. All'interno del comune di Minerbio, invece, si trovano la zona industriale tra Via San Donato e località Cà de Fabbri, l'area produttiva Prato Grande, localizzata a pochi chilometri ad ovest del centro abitato di Baricella e l'impianto di compressione e stoccaggio di Gas in località Cà Nova (in prossimità di via Savena superiore incrocio Via Zena).

Altre zone industriali ed artigianali si trovano nei Comuni di Castel Maggiore, Argelato e San Giorgio di Piano (Località Stiatico), queste ultime due in posizione prospiciente rispetto all'Interporto di Bologna, lungo la SP4 Galliera Sud. Sempre all'interno dell'area di studio ma non in posizione limitrofa all'asse del BRT sulla San Donato si trovano altre zone industriali a Molinella e Malalbergo ed una importante zona commerciale a San Lazzaro di Savena in località San Lazzaro lungo la Via Emilia.

Oltre ai centri abitati attraversati (Granarolo dell'Emilia, Minerbio e Baricella), altri principali poli attrattori di mobilità sono presenti nell'area direttamente attraversata dal corridoio del BRT, come la zona residenziale ed industriale di Quarto Inferiore, in prossimità dell'intersezione con la A14, dove è presente un grande polo commerciale che include FICO Eataly World. Sul lato opposto della direttrice San Donato, alla stessa altezza, ha sede l'impianto produttivo Breda Menarini Bus.

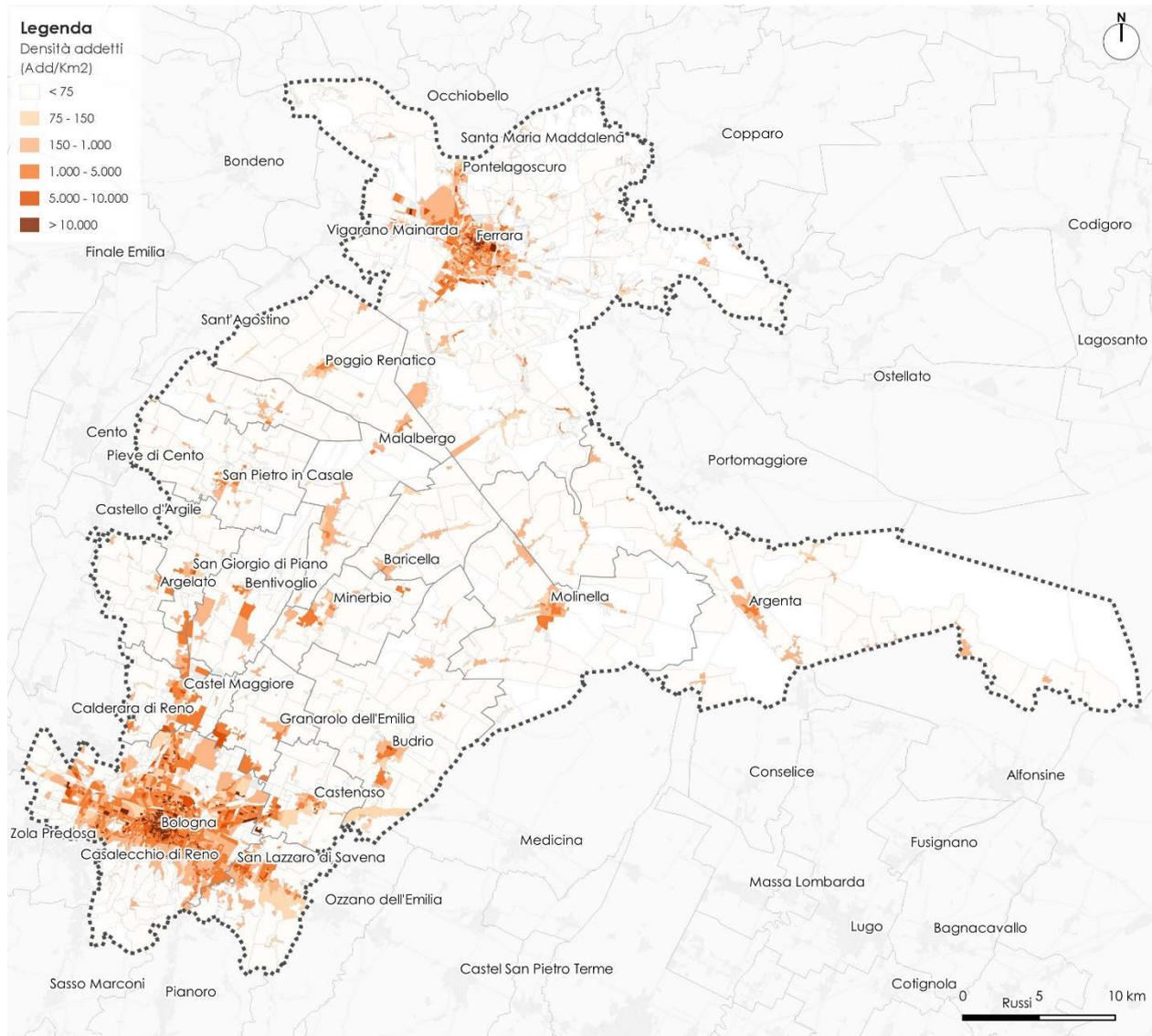


Figura 1-10: Densità addetti (Fonte: Censimento industria e servizi 2011)

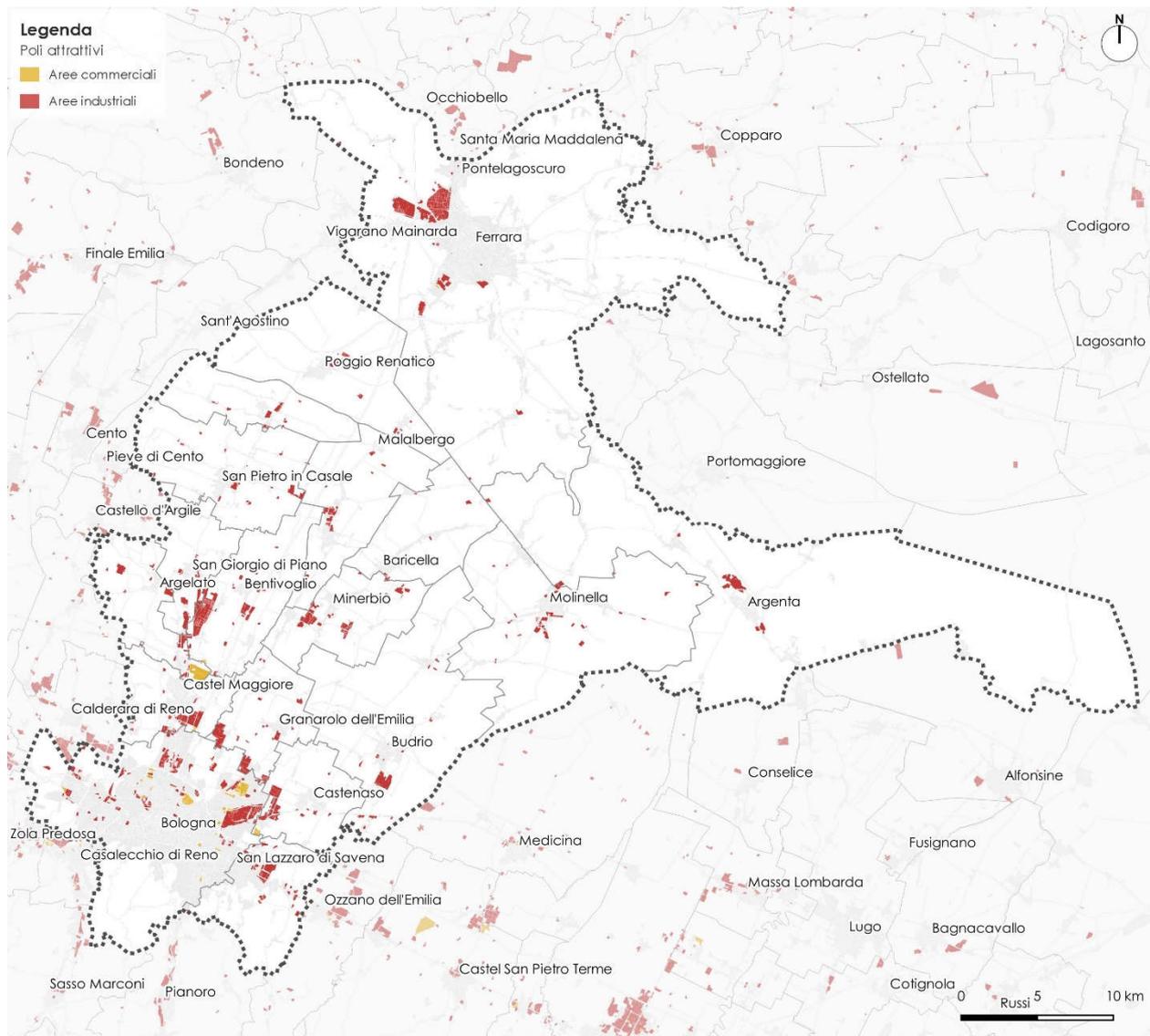


Figura 1-11: Principali insediamenti industriali e commerciali

1.4 Il sistema di offerta

In questo paragrafo vengono descritte le caratteristiche delle diverse componenti di offerta di trasporto presenti nell'area di studio. Trattandosi di un progetto di ambito extra-urbano sono tenute in considerazione le infrastrutture stradali ed i servizi di trasporto pubblico afferenti alla mobilità di medio e lungo raggio, senza scendere nel dettaglio delle singole peculiarità di ogni comune dell'area, a meno di realtà che possano risultare di particolare interesse in quanto direttamente di interesse per il corridoio Metrobus oggetto di studio.

1.4.1 Trasporto privato

L'area di studio è servita da una rete stradale composta da infrastrutture di diverso livello gerarchico. Lo spicchio di territorio considerato è attraversato da due tratte autostradali:

- la *A13 Bologna-Padova*, nella tratta tra Bologna e Ferrara, alla quale si accede tramite i caselli di Bologna-Arcoveggio, Castel Maggiore-Bologna Interporto, Altedo e Ferrara Sud.
- la *A14 Bologna-Taranto* nella tratta tra Bologna e San Lazzaro di Savena, contenente numerosi svincoli che consentono il raggiungimento delle località interne al bolognese e dei comuni lungo la San Donato e la San Vitale.

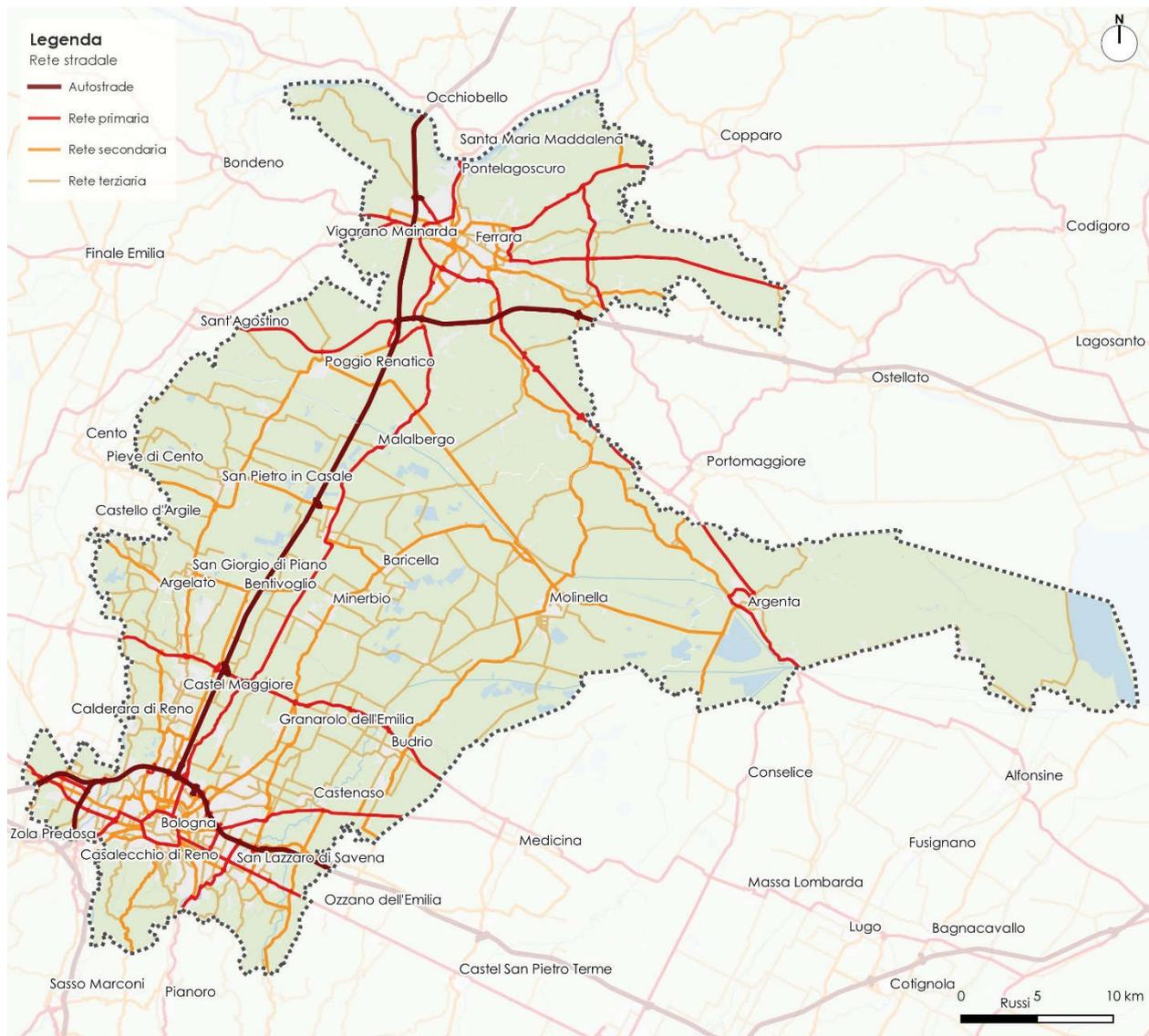


Figura 1-12: Rete stradale attualmente a servizio dell'area di studio

Il secondo livello gerarchico è rappresentato dalla SS64 - Via Ferrarese, di collegamento interregionale, che collega l'alta Toscana (da Pistoia) con l'Emilia Romagna terminando a Ferrara con il nome di Via Bologna. Nel tratto percorso all'interno dell'area di studio questa strada corre di fianco alla A13 e attraversa come principali località quelle di Lovoletto, Ca' de' Fabbri, Altedo, Malalbergo e Montalbano più altre minori.

Le altre strade sono di tipo provinciale, a servizio degli spostamenti inter-comunali, oppure di tipo locale, utilizzate per gli spostamenti di distribuzione interna. Tra le provinciali di maggiore interesse si annoverano:

- la strada provinciale SP5 Via San Donato, sede del corridoio Metrobus oggetto di studio, che ha origine nell'abitato di Bologna da Viale Quirico Filopanti (nei pressi di Porta San Donato e la stazioni di Bologna Zanolini) e termina ad Argenta in prossimità del confine provinciale Bologna-Ferrara dove cambia nome in SP47. Il percorso della San Donato attraversa molte località di interesse industriale e commerciale quali Quarto Inferiore e Superiore, Granarolo dell'Emilia. Subito dopo Granarolo la SP5 interseca la SP3, asse provinciale Est-Ovest di riallaccio alla SS64 Via Ferrarese. In seguito a questa intersezione la San Donato si dirama, proseguendo verso Est come strada locale Via San Donato e a Nord verso le località di Minerbio e Baricella (sempre come SP5) e successivamente verso i comuni di Molinella e Argenta. La piattaforma della SP5 alterna, nella tratta iniziale fino a Quarto Inferiore, tratte a carreggiate separate con due corsie per senso di marcia a tratte a singola carreggiata sempre con due corsie per senso di marcia. Da Quarto in poi la piattaforma subisce un restringimento passando ad una unica carreggiata con una corsia per senso di marcia e così procede invariata fino alla fine.

- la SP86 - *Lungo Savena*, di recentissima realizzazione nasce come Variante alla San Donato “per il decongestionamento del centro abitato del comune di Granarolo nonché per la prevista espansione della sede di Hera S.p.A. posta sulla strada comunale Frullo nelle immediate adiacenze della S. P. n° 5”².
- La SP3 - *Trasversale di Pianura* da Medicina a San Giovanni in Persiceto, cosiddetta nel tratto di nuova realizzazione tra Budrio e Ramello, è un’altra strada principale di collegamento inter-comunale tra i comuni del quadrante Est della Città metropolitana di Bologna e quelli del quadrante Nord Ovest. Questa strada interseca sia la statale Via Ferrarese che l’autostrada A13, consentendo l’accesso alla rete stradale primaria.

1.4.2 Trasporto pubblico

L’area dove è prevista la realizzazione del servizio BRT oggetto dello studio è racchiusa in uno spicchio di territorio compreso tra due **linee ferroviarie** interregionali, la Portomaggiore-Bologna (linea S2B del Servizio Ferroviario Metropolitano) e la Ferrara-Bologna, utilizzata dai servizi di rango nazionale, regionale e metropolitano (linea S4A).

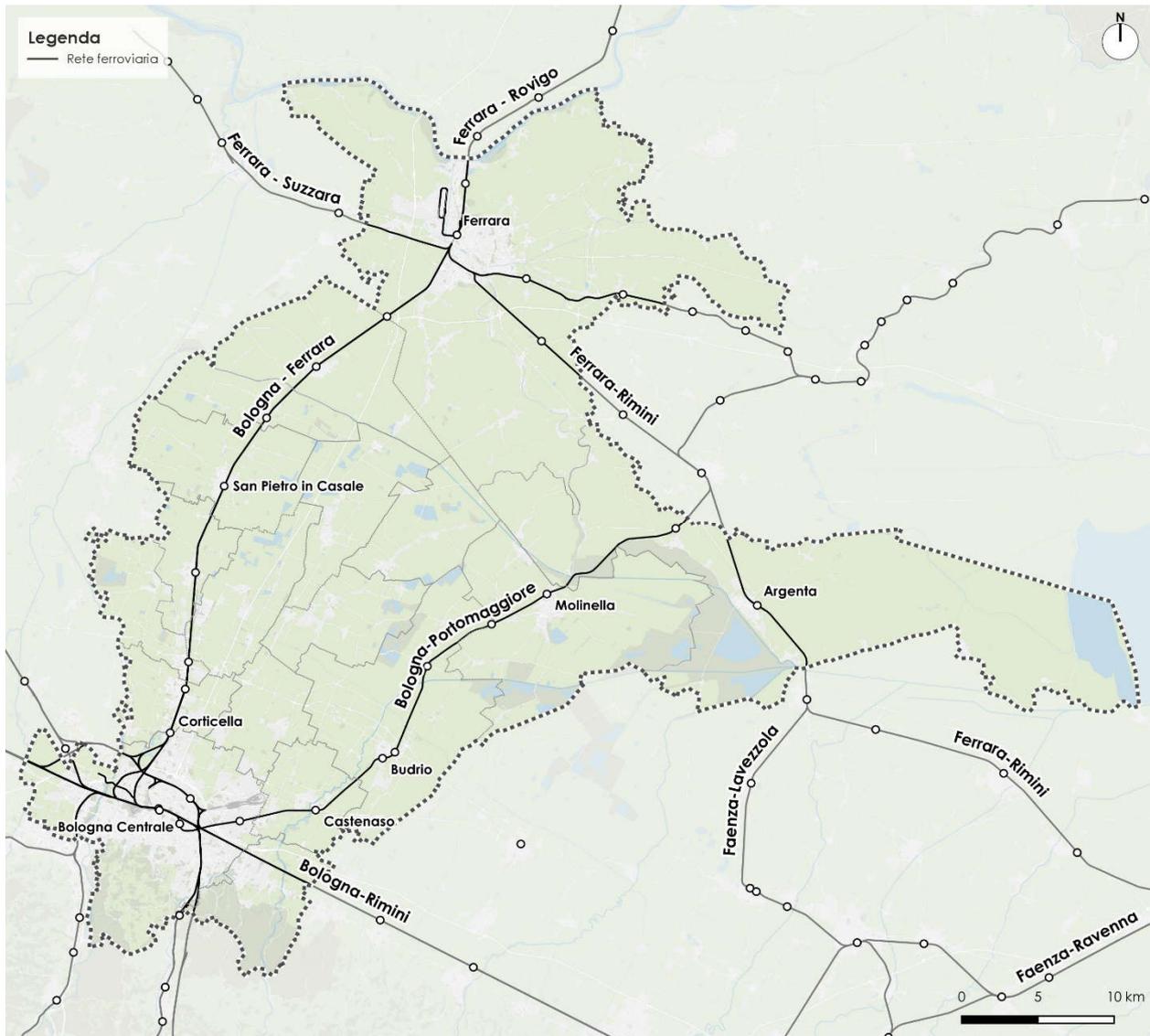


Figura 1-13: Diretrici ferroviarie attualmente a servizio dell’area di studio

Il servizio ferroviario non copre l’intero territorio, rendendo possibile la distinzione dell’area di studio in diversi settori:

- il *settore interno* che comprende i comuni più interni di Granarolo dell’Emilia, Minerbio, Baricella, Malalbergo e Bentivoglio, che non sono direttamente serviti da trasporto ferroviario;
- il *settore Nord-Ovest* che comprende i comuni serviti dalla linea ferroviaria S4A Ferrara-Bologna quindi Castel Maggiore, Argelato (Funò), San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, Galliera e Poggio Renatico;

² Fonte: “Città Metropolitana di Bologna”, descrizione del progetto di realizzazione.

- il settore Nord-Est che comprende i comuni serviti dalla linea ferroviaria S2B Portomaggiore-Bologna quindi Castenaso, Budrio, Molinella e Argenta.

Il Comune di San Lazzaro di Savena è l'unico dell'area di studio a trovarsi sull'asse ferroviario della direttrice Imola-Bologna (linea S4B).

L'area è servita da **autolinee su gomma** che espletano collegamenti extra-comunali, il cui gestore è TPer. Per questo studio è stato isolato dall'insieme dei servizi su gomma della Città metropolitana di Bologna un insieme di **15 autolinee**, di cui 13 linee extraurbane e 2 sub-urbane. La selezione è stata condotta considerando come criterio necessario l'intersezione con il corridoio del Metrobus, individuando quindi quelle in arrivo a Baricella o passanti lungo la SP5 nel tratto di interesse. Sono state incluse anche quelle linee che, pur non transitando attualmente per la SP5 potrebbero essere prolungate, in fase di riorganizzazione della rete, in modo da fare servizio di adduzione al Metrobus. L'insieme selezionato dunque potrà subire variazioni in termini di passeggeri o essere soggetto a riorganizzazione dovuta all'inserimento di un corridoio ad alta frequenza. È opportuno precisare che, sebbene si tratti di linee che possono interagire perché insistono sul corridoio o come adduzione o in sovrapposizione, non è detto che tutte saranno necessariamente soggette a modifiche.

Tipologia	Linea	Nome
Extra-urbane	431	Ospedale Bentivoglio - Minerbio - Baricella - Boschi
	437	Granarolo dell'Emilia - Ospedale di Bentivoglio
	432	Malalbergo - Altedo - Ospedale Bentivoglio
	355	Altedo - Boschi
	357	Bologna - Altedo - Passosegni
	237	Bologna - Alberino
	434	Malalbergo - Altedo - San Pietro in Casale
	444	Castel Maggiore - Granarolo dell'Emilia
	231	Mondonuovo - Granarolo dell'Emilia - Budrio
	353	Menarini - Ferrara Corso Isonzo
	358	Altedo - Molinella
	443	Funo - Z.I. Cà de Fabbri
	300	DIRETTA Mondonuovo - Bologna
Sub-urbane	93	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
	88	Bologna - Cadriano - Viadagola - Granarolo dell'Emilia

Tabella 1-5: Elenco delle linee selezionate per lo studio

Gruppo frequenza	Linea	N. corse/giorno
Alta	Linea 88	41
	Linea 93	78
Media	Linea 432	15
	Linea 437	18
	Linea 431	29
Bassa	Linea 434	9
	Linea 237	9
	Linea 357	10
	Linea 355	14
Molto bassa	Linea 444	5
	Linea 353	3
	Linea 231	3
	Linea 443	2
	Linea 358	2
	Linea 300	1

Tabella 1-6: Classificazione delle autolinee in funzione della frequenza giornaliera di un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020)

Secondo la programmazione del giorno feriale medio nel periodo scolastico³, l'insieme di queste linee è articolato in un totale di 239 corse giornaliere e sviluppa quotidianamente un monte chilometri di 5.000 bus*km circa. Il sabato il numero di corse scende a 156 con circa 3.300 bus*km di produzione, mentre domenica e festivi sono attive solo la linea 88 e la linea 93 con 18 corse in totale e 500 bus*km prodotti. Durante il periodo non scolastico, invece, la produzione del giorno feriale medio si riduce di circa il 10%, attestando il numero delle corse complessive a 211 per un totale di circa 4.400 bus*km. Le linee 300, 358, 444 e 231 sono attive solo nel periodo scolastico, mentre le altre sono attive sia nel periodo scolastico che in quello estivo.

Da segnalare, inoltre, che le linee 431, 432, 434 e 437 sono effettuate con servizio Prontobus e rappresentano quindi una quota di produzione variabile in funzione della richiesta di attivazione giornaliera.

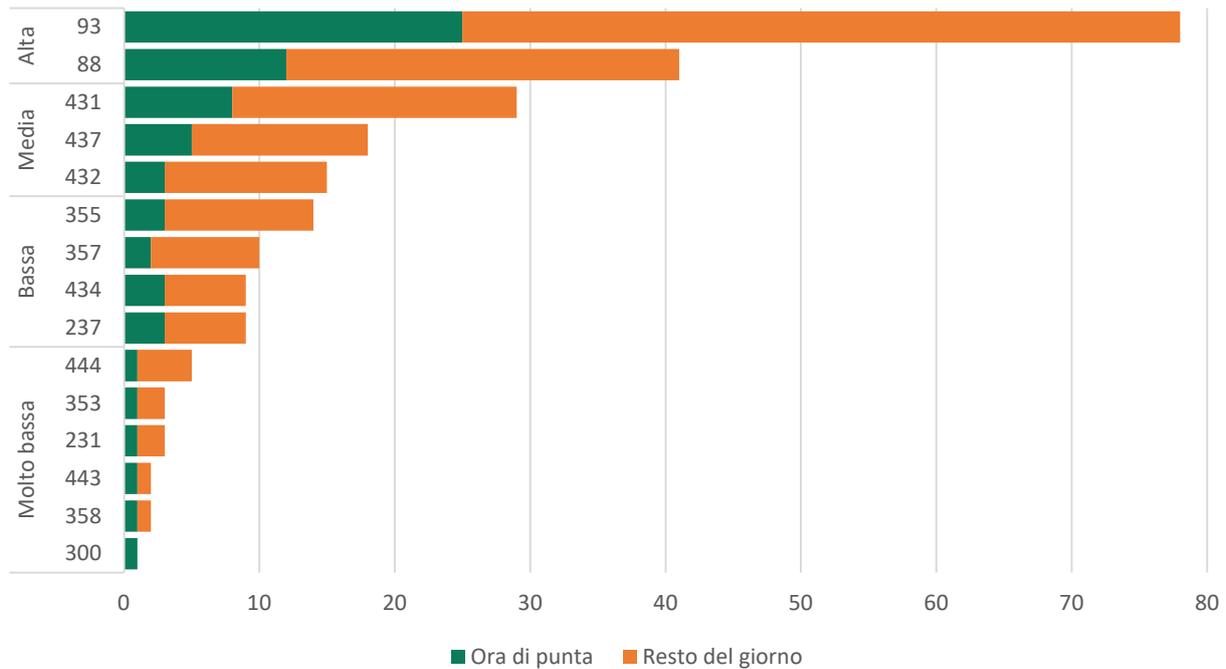


Figura 1-14: Corse giornaliere e in fascia di punta mattutina (06:00-08:00) in un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020)

Al fine di individuare eventuali corridoi forti ed una gerarchizzazione dei servizi, è stato eseguito un raggruppamento delle linee a seconda del numero di corse giornaliere programmate, suddividendo in quattro gruppi differenti, da quello contenente le linee a più alta frequenza a quello con linee che prevedono meno di 5 partenze giornaliere, quindi con frequenza molto bassa (Tabella 1-6).

Le linee a frequenza più elevata, considerando la somma su entrambe le direzioni di andata e ritorno, sono le due sub-urbane: la linea 93 che prevede 78 partenze giornaliere e la linea 88 con 41 partenze giornaliere.

³ Fonte: GTFS TPer Luglio-Dicembre 2020

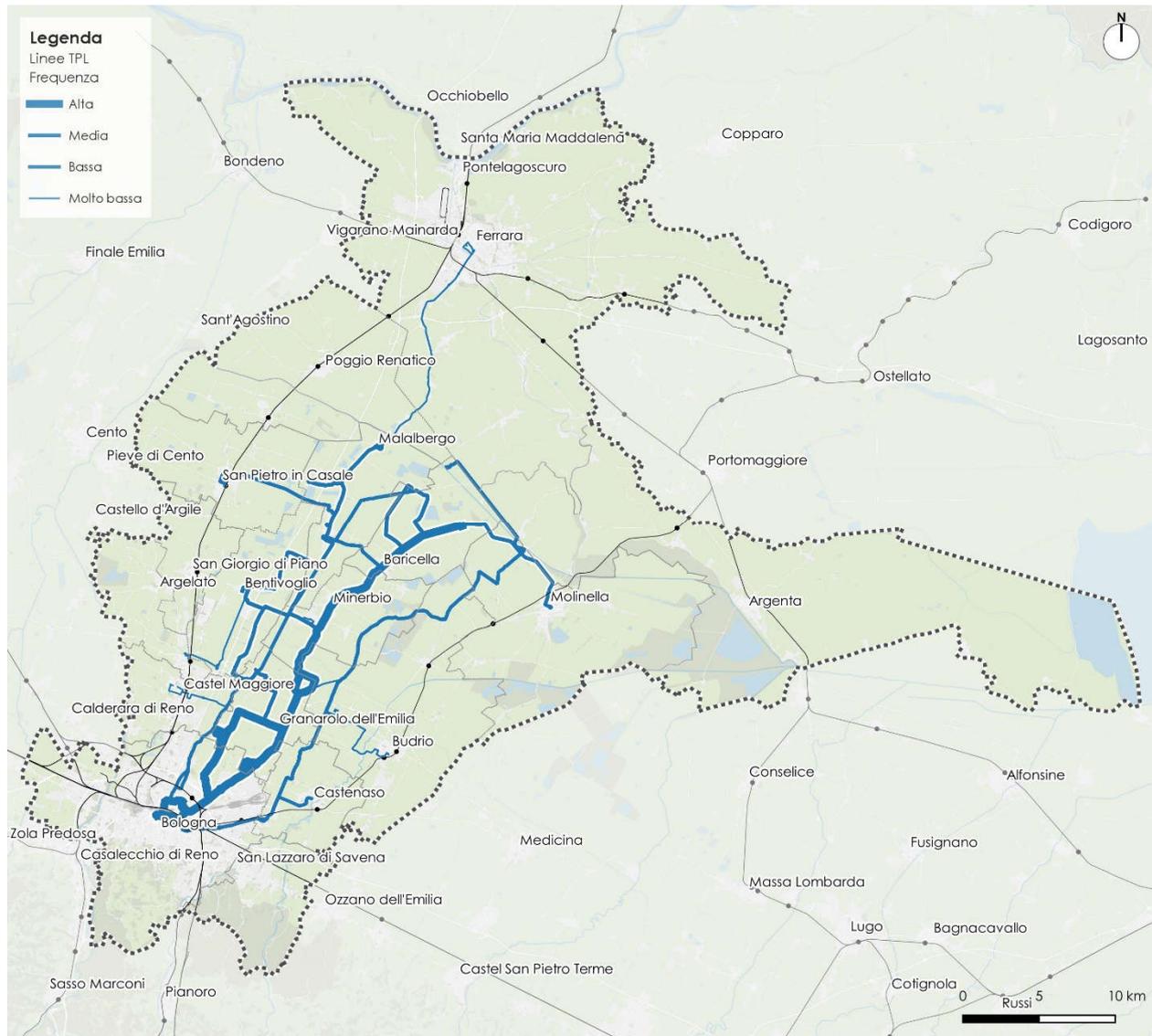


Figura 1-15: Classificazione delle autolinee in funzione della frequenza giornaliera di un giorno feriale medio invernale (Fonte: GTFS Tper Luglio-Dicembre 2020)

Dalla rappresentazione dei servizi su mappa (Figura 1-16) si evince che allo stato attuale non è presente gerarchizzazione funzionale rispetto ad un corridoio, la rete è infatti organizzata con due tipologie di linee:

- 6 linee che adducono a Bologna, transitando sulla SS64 Via Ferrarese (collegamento Bologna-Ferrara) e sulla Via San Donato ad essa parallela. Di queste solo la linea 93 ha frequenza elevata;
- 9 linee che eseguono il collegamento tra i comuni interni all'area di studio.

Si riportano in Tabella 1-7 le linee classificate sulla base della tipologia di collegamento svolto.

Tipologia adduzione	Linea	Descrizione
Collegamento con Bologna	88	Bologna - Cadriano - Viadagola - Granarolo dell'Emilia
	93	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
	237	Bologna - Alberino
	300	DIRETTA Mondonuovo - Bologna
	353	Menarini - Ferrara Corso Isonzo
	357	Bologna - Altedo - Passosegni
Collegamenti tra comuni dell'area di studio	231	Granarolo dell'Emilia – Budrio - Baricella
	355	Interna al Comune di Malalbergo: Altedo - Boschi
	358	Altedo - Molinella
	431	Ospedale Bentivoglio - Minerbio - Baricella - Molinella

Tipologia adduzione	Linea	Descrizione
	432	Malalbergo - Altedo - Ospedale Bentivoglio
	434	Malalbergo - Altedo - San Pietro in Casale
	437	Granarolo dell'Emilia - Loveleto - Ospedale di Bentivoglio
	443	Funò - Z.I. Cà de Fabbri (Termina poco prima di arrivare alla SP5)
	444	Castel Maggiore – Cadriano - Granarolo dell'Emilia

Tabella 1-7: Classificazione delle autolinee per tipologia di adduzione

Analizzando le caratteristiche del servizio durante un giorno feriale medio invernale, le linee di collegamento diretto con Bologna presentano un andamento piuttosto differente nelle due direzioni di marcia; infatti, in direzione del capoluogo si registra una netta prevalenza di corse durante le fasce di punta mattutine (oltre il 30% delle corse giornaliere) mentre in uscita la distribuzione è piuttosto equa durante tutto l'arco della giornata, fatta eccezione per i picchi in concomitanza con l'uscita dalle scuole e con la punta pomeridiana.

Per quanto riguarda, invece, i collegamenti tangenziali tra i comuni dell'area di studio, l'andamento del servizio è piuttosto costante durante tutta la durata e con valori piuttosto contenuti.

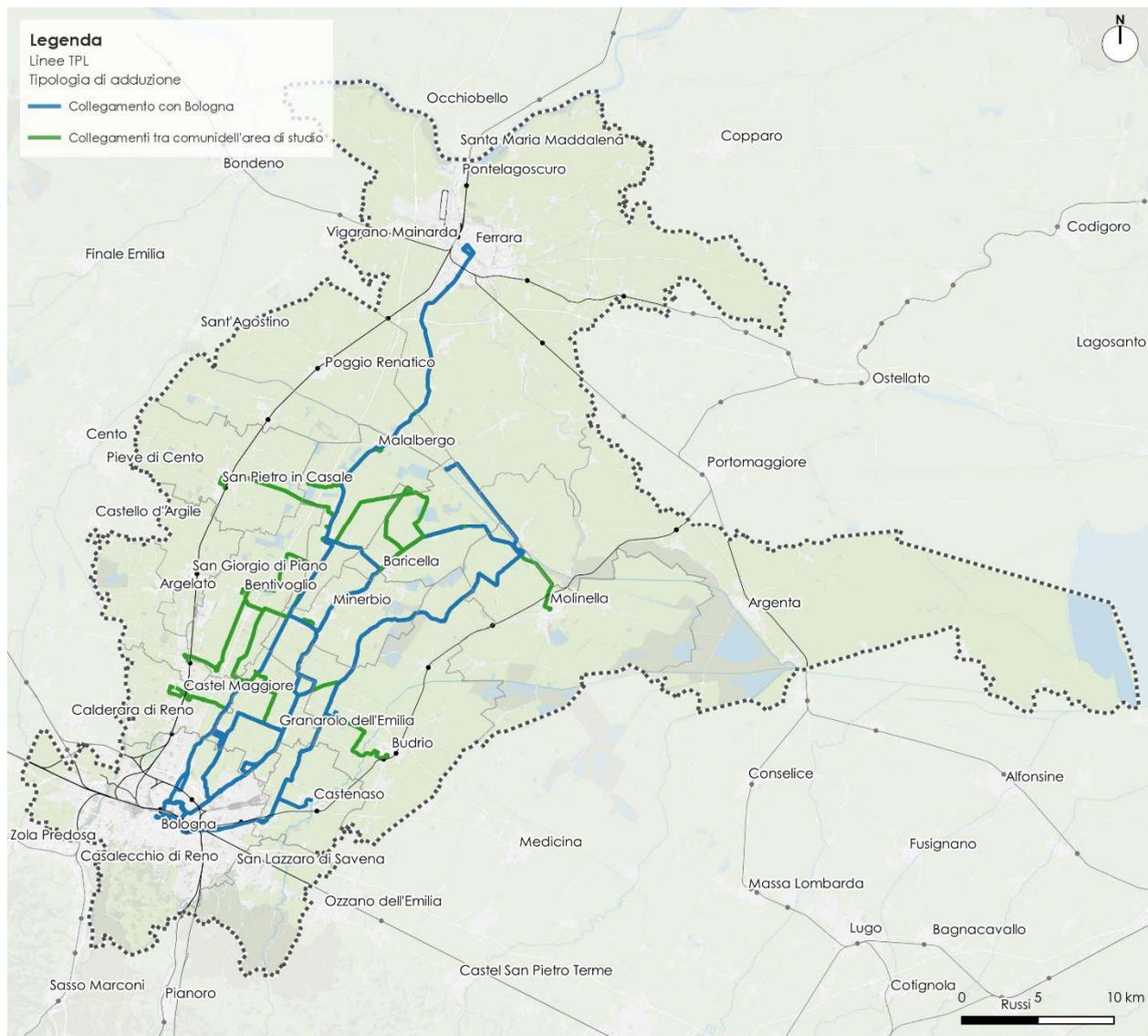


Figura 1-16: Classificazione delle autolinee per tipologia di adduzione

Va infine specificato che i percorsi delle linee che attualmente fanno adduzione a Bologna e che transitano per la SP5 sono sovrapposti, completamente o parzialmente, con il tracciato del Metrobus. In particolare, **la linea 300 e la linea 93 risultano in completa sovrapposizione: la prima ricalcando esattamente il percorso del Metrobus**, la seconda

effettuando due deviazioni dal corridoio (nei pressi delle località di Palazzo Bellone (Oratorio S. Filippo Neri) poco prima di Granarolo in direzione Nord-Sud e di Quarto inferiore, transitando all'interno della zona industriale).

1.4.3 Altre modalità

Nell'area di studio sono attualmente presenti diverse **piste ciclabili**, riportate di seguito in elenco:

- su Via San Donato SP5 con inizio nell'abitato di Bologna e fine in Località Pilastro, allo svincolo per l'ingresso al polo commerciale FICO Eataly World;
- su Via San Donato SP5 nella tratta tra Quarto Inferiore e Granarolo dell'Emilia;
- sulla SP4 da San Pietro in Casale a Bentivoglio a Bologna;
- sulla SS64 da Altedo a Pegola.

Per quanto alla mobilità ciclabile, il PUMS, attraverso il documento del Biciplan, punta alla definizione di una rete ciclabile sia in ambito comunale che per le connessioni tra l'ambito urbano del capoluogo ed i comuni di prima cintura. Nel Biciplan Metropolitano viene considerata sia la rete ciclabile per la mobilità quotidiana, distinta in "Rete strategica" e "rete integrativa", sia la rete cicloturistica. Nell'ambito dell'area di studio la rete strategica prevede diversi itinerari:

- itinerario strategico San Donato tra Bologna e Baricella, lungo la SP5 (Percorso N.8)
- itinerario strategico Galliera tra Bologna e Galliera, lungo la SP4 (Percorso N.6)
- quattro itinerari trasversali che connettono la SP4 con SP5, quindi i due itinerari sopra citati:
 - Itinerario trasversale A Calderara di Reno - Castenaso
 - Itinerario trasversale B Castel Maggiore - Medicina
 - Itinerario trasversale E San Giorgio di Piano - Minerbio
 - Itinerario trasversale F San Pietro in Casale – Baricella.

Per quanto alla rete cicloturistica, si cita la ciclovie di mezzo (itinerario n.7).

1.5 Il sistema di domanda

1.5.1 Le fonti dati

Le stime inerenti alla domanda di mobilità sono state eseguite utilizzando diverse tipologie di dati. Ciascuna fonte è stata selezionata per estrarre le informazioni che meglio essa riesce a riprodurre, per le sue caratteristiche in termini di ambito di analisi e struttura.

In Figura 1-17 è riportata in modo sintetico l'analisi benchmark delle diverse possibili fonti di dati sulla domanda di mobilità. Le caratteristiche di ogni fonte sono descritte assegnando un punteggio variabile tra un minimo di uno ad un massimo di cinque pallini. Così, ad esempio, è evidente che, sebbene la matrice del pendolarismo ISTAT sia esaustiva per numerosità del campione (perché dedotta dal censimento sull'intera popolazione), la stessa fonte pecca per completezza di informazioni, in quanto considera i soli spostamenti sistematici per studio o lavoro, per aggiornamento (ogni 10 anni) e così via.

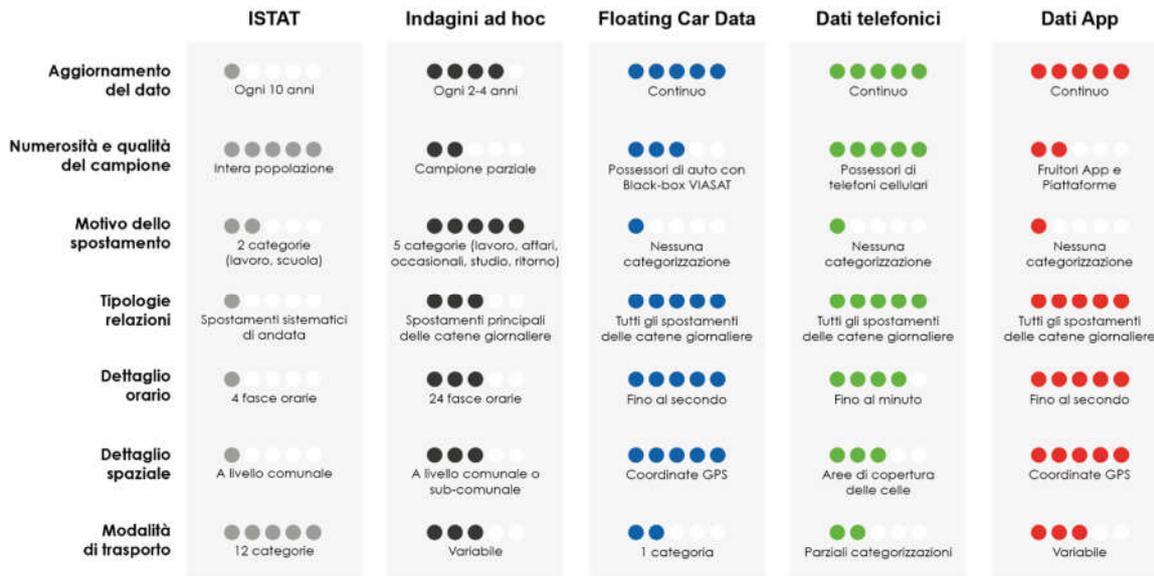


Figura 1-17: Analisi benchmark delle diverse possibili fonti di dati sulla domanda di mobilità

Le fonti dati che saranno utilizzate per l’analisi della domanda di mobilità nel presente studio sono:

- “L’Indagine sulle abitudini di mobilità presso la popolazione della provincia di Bologna” eseguita nel 2016 ed utilizzata anche per la redazione del PUMS della Città Metropolitana di Bologna (categoria Indagini ad hoc nell’analisi Benchmark);
- i Floating Car Data estratti nell’ambito dell’area di studio.

Prima di illustrare i risultati estratti dall’analisi di queste fonti (paragrafi 1.5.2 e 1.5.3), si ritiene necessario riportare per ciascuna una breve descrizione, seguendo lo schema del benchmark in Figura 1-17.

Indagine PUMS

L’Indagine sulle abitudini di mobilità presso la popolazione della provincia di Bologna” (in seguito anche “Indagine PUMS”) si basa su una rilevazione avvenuta nel periodo compreso tra il 26 gennaio e il 26 febbraio 2016. 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.

L’area di studio analizzata è l’intera Città metropolitana di Bologna (835.955 residenti), all’interno della quale sono stati rilevati 2.401.195 spostamenti (valore espanso) nel giorno medio feriale. Il numero complessivo di interviste effettuate è di 5.500 con circa 15.800 spostamenti rilevati in fase di intervista. Il tasso di campionamento medio rispetto alla popolazione residente è dello 0,66%. All’interno dell’area di studio, considerando gli spostamenti che vi hanno almeno origine o destinazione, si hanno 2.190 interviste (compresa Bologna) su una popolazione residente di 729.000 abitanti, con un campionamento medio pari allo 0,3%.

L’indagine esamina tutti gli spostamenti effettuati durante la giornata per ogni intervistato, consentendo quindi di ricostruire le catene di spostamenti. Per ogni spostamento restituisce le informazioni sul modo e sul motivo, distinguendo 11 diversi mezzi e tra 11 diversi motivi.

Gli spostamenti sono raggruppati per Comune di origine e Comune di destinazione, anche se per quelli nel Comune di Bologna si effettua una sub-zonizzazione in fuori i viali e dentro i viali.

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 +/-2,2 con un livello di confidenza del 95%.

Universo		Campione teorico		
Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Totale

	Universo				Campione teorico		
	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

Tabella 1-8: Piano di campionamento rispetto a sesso e classe d'età

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.

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.	%					
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				216
NordEst Interno	12.294	1,5	81	Cintura	1.098	1.500	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

Figura 1-18: Piano di campionamento rispetto alla distribuzione territoriale

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.

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 conseguito un diploma/licenza di scuola superiore di II grado.

Per quanto riguarda la condizione professionale, 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.

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 famiglia.

La mobilità

L'indagine relativa agli spostamenti del giorno ferialo 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 quanto al 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.

Prendendo in considerazione i soli spostamenti che interessano il comune capoluogo (spostamenti interni a Bologna e di scambio con Bologna) si ottiene un lieve incremento sia degli spostamenti sistematici sia di quelli per altri motivi di lavoro.

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.

Anche per il modo di trasporto è utile analizzare come si distribuisce la ripartizione modale per gli spostamenti che interessano direttamente il comune capoluogo; 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).

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.

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:

- spostamenti di scambio con l'esterno (desunti dalle matrici regionali);
- 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 dalle 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.

Floating Car Data (FCD)

Per effettuare un'analisi più di dettaglio sulla domanda di mobilità stradale si è proceduto alla valutazione degli spostamenti auto che sono autocontenuti nell'area di studio, che scambiano con essa in ingresso o egresso o che la attraversano. Tale analisi è stata possibile grazie all'utilizzo dei Floating Car Data (FCD). Gli FCD sono generati da un'apparecchiatura detta "scatola nera" ("black box" nel suo equivalente inglese) che può essere installata sui veicoli per scopi assicurativi. Le scatole nere sono dispositivi dotati di GPS in grado di registrare la posizione del veicolo ed altri dati utili alla ricostruzione dei sinistri (data e ora, stato del motore, velocità istantanea, etc.). La tecnologia permette inoltre di ricostruire la domanda di mobilità con il mezzo privato, in una determinata porzione di territorio, tramite l'analisi delle informazioni che caratterizzano gli spostamenti intesi come sequenze di punti.

Il passaggio dal campione statistico (sequenze FCD) all'universo (flussi veicolari) avviene tramite un coefficiente di espansione legato ai livelli di motorizzazione del luogo in cui il veicolo sosta di notte usualmente. *Il coefficiente di penetrazione dell'apparecchiatura nell'area emiliano-romagnola è compreso tra intorno all'1%*; i dati FCD utilizzati per le analisi sono relativi al mese di ottobre 2019.

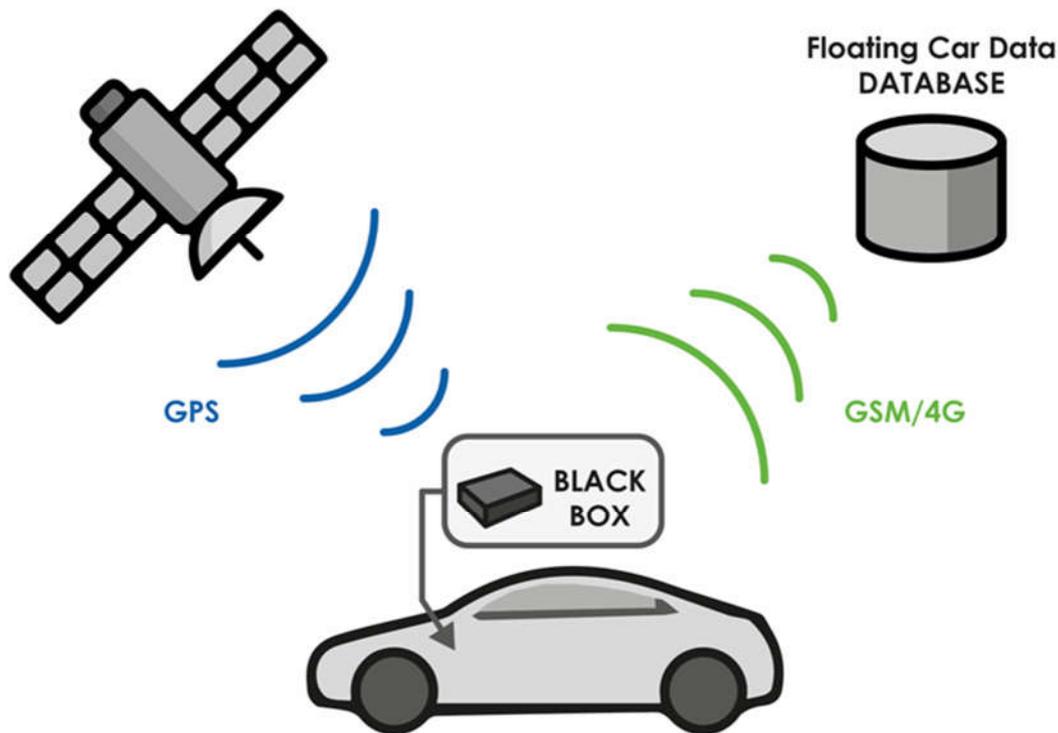


Figura 1-19 Schema funzionale del sistema di rilevamento dei Floating Car Data

L'utilizzo di questi dati rappresenta una grande opportunità, considerato il mutamento in corso delle abitudini della mobilità delle persone che sta vedendo una trasformazione accentuata dei "diari di spostamento" delle persone verso una caratterizzazione **sempre meno sistematica** e sempre più erratica e concatenata degli spostamenti.

Come si evince dalla Figura 1-17, sebbene gli FCD presentino dei vantaggi sotto molti punti di vista, quali la frequenza di aggiornamento, la rappresentatività del campione e la possibilità di analizzare le catene di spostamento, oltre ad una granularità spaziale e temporale molto elevata, questi sono dati relativi ai soli spostamenti in modalità auto e non restituiscono informazioni sul motivo dello spostamento.

1.5.2 Indagine PUMS

Come anticipato al precedente paragrafo §1.5.1, il campione di interviste relativo agli spostamenti che hanno origine o destinazione all'interno dell'area di studio è di 2.190, con un tasso di rappresentatività dello 0,3% sulla popolazione residente. La zonizzazione è di tipo comunale, per cui gli spostamenti autocontenuti sono quelli che hanno inizio e fine all'interno dello stesso comune mentre quelli di scambio hanno inizio e fine in comuni diversi.

Secondo l'indagine di mobilità, nel giorno feriale medio nell'area di studio vengono generati circa 1.290.000 spostamenti, pari a oltre il 60% di tutti gli spostamenti generati nella Città metropolitana di Bologna. Escludendo il Comune di Bologna e di Ferrara dall'analisi, restano circa 310.000 spostamenti giornalieri generati, di cui 145.000 autocontenuti all'interno dei singoli comuni. Per agevolare la lettura si riportano di seguito alcune analisi specifiche sugli spostamenti complessivi che interessano l'intera area di studio, sugli scambi tra i comuni dell'area di studio (escludendo Bologna e Ferrara) e sugli scambi tra l'area di studio e il capoluogo.

Spostamenti nell'area di studio

A livello complessivo, nell'area di studio il 66% degli spostamenti è autocontenuto nel comune di origine mentre il 33% è di scambio con gli altri comuni dell'area.

Il 55% degli spostamenti viene effettuato con mezzo privato mentre il 30% su mobilità dolce (bici e piedi); il TPL si attesta al 14%, prettamente in ambito urbano (10%).

Per gli spostamenti autocontenuti, la modalità auto resta comunque quella prevalente, ma si riduce al 45%, mentre il 40% degli spostamenti avviene con modalità bici o a piedi e il 15% con il TPL.

Spostamenti di scambio tra comuni dell'area di studio (escluse Bologna e Ferrara)

Escludendo dalle analisi i due capoluoghi di provincia, nell'area di studio il 53% degli spostamenti è autocontenuto nel comune di origine mentre il 47% è di scambio con gli altri comuni dell'area.

Il 72% degli spostamenti viene effettuato con mezzo privato mentre il 25% su mobilità dolce (bici e piedi); il TPL, invece, si attesta appena al 2%

Per gli spostamenti autocontenuti, la modalità auto resta comunque quella prevalente, ma si riduce al 62%, mentre il 36% degli spostamenti avviene con modalità bici o a piedi ed appena l'1% con il TPL.

Spostamenti di scambio tra comuni dell'area di studio e Bologna

Per quanto riguarda, infine, lo scambio in ingresso a Bologna dall'intera area di studio si registrano circa 70.000 spostamenti.

I comuni che hanno una relazione più consistente col capoluogo risultano essere San Lazzaro di Savena, Castel Maggiore, Castenaso e Granarolo dell'Emilia.

L'80% degli spostamenti in ingresso al capoluogo avviene tramite mezzo privato mentre il trasporto pubblico viene usato nella misura del 17%, di cui 9% in autobus e 8% in treno.

1.5.3 Floating Car Data

La stessa tipologia di analisi condotta attraverso i dati dell'indagine PUMS è stata eseguita sfruttando le informazioni ottenute a partire dai Floating Car Data. Come accennato in precedenza, in questo caso i risultati, dettagliati di seguito, fanno riferimento ai soli spostamenti effettuati in auto e non si hanno informazioni sul motivo dello spostamento.

Nel quadro conoscitivo si riportano esclusivamente i dati aggregati a livello di area di studio; altri approfondimenti (con maggiore disaggregazione spaziale) saranno trattati al paragrafo specifico per l'analisi della domanda di mobilità.

L'espansione all'universo degli FCD restituisce per il giorno feriale medio un totale di 1.200.600 spostamenti (generati e attratti dai comuni dell'area di studio o in attraversamento cioè con origine e destinazione fuori dall'area) compreso il capoluogo Bologna; di questi, 653.500 sono autocontenuti nell'area di studio.

La matrice degli spostamenti di auto aggregata a livello di area è riportata in Tabella 1-9.

Origine	Destinazione		Totale generato
	Area di studio	Altri comuni	
Area di studio	653.489 54%	144.502 12%	797.991 66%
Altri comuni	144.110 12%	258.484 22%	402.594 34%
Totale attratto	797.599 66%	402.986 34%	1.200.585

Tabella 1-9: Matrice degli spostamenti auto aggregata. (Fonte FCD – ottobre 2019, giorno medio feriale)

Due considerazioni sono necessarie a tal proposito:

- la componente auto di mobilità interna all'area di studio pesa il 54% del totale, il che coincide esattamente con quanto rilevato dall'elaborazione dei dati dell'Indagine PUMS;
- la componente di attraversamento è particolarmente elevata (22%), a causa della presenza di ben due tratte autostradali all'interno dell'area che, per vocazione funzionale, servono appunto gli spostamenti di attraversamento di lunga percorrenza.

La distribuzione oraria degli spostamenti del giorno medio feriale, colorati per componenti di domanda (autocontenuta, scambio o attraversamento), segue l'andamento illustrato nel grafico in Figura 1-20. Si evince facilmente la presenza di due fasce di punta, una mattutina dalle 07:00 alle 09:00 nella quale si concentra il 13% degli spostamenti totali e una pomeridiana dalle 17:00 alle 19:00 in cui avviene il 17% degli spostamenti totali.

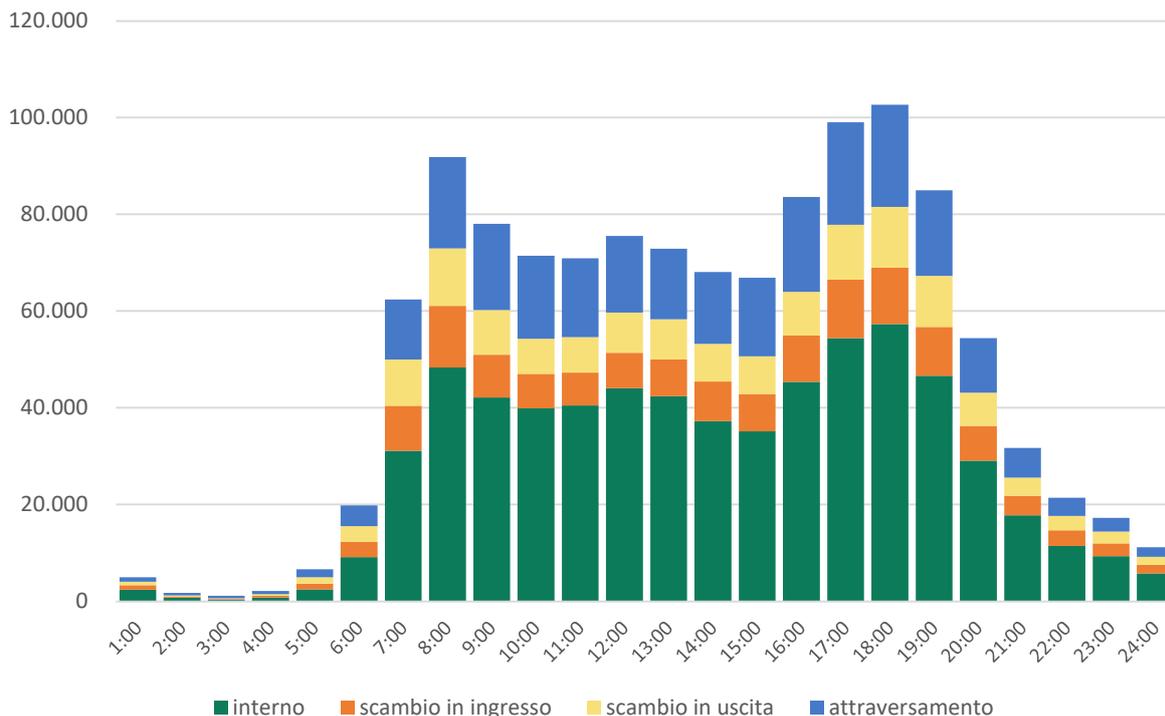


Figura 1-20: Andamento orario degli spostamenti totali effettuati in auto, per le diverse componenti di domanda autocontenuta, di scambio o di attraversamento dell'area. (Fonte: FCD - ottobre 2019, giorno feriale medio)

Gli FCD consentono di approfondire l'analisi sulle distanze percorse per componente di mobilità e sulle velocità di percorrenza. Si riportano di seguito i risultati di queste analisi, relativamente alla fascia di punta mattutina (07:00-09:00):

- la componente autocontenuta in modalità auto pesa il 52% sul totale, i viaggi di questo tipo percorrono distanze medie di 8 km a velocità media di circa 38 km/h;
- gli spostamenti di scambio (interno-esterno ed esterno-interno), pari al 28% del totale, effettuano in media distanze di 31 km e viaggiano a una velocità media di 62 km/h;
- la componente di attraversamento pesa oltre il 20% sul totale, gli spostamenti di questo tipo hanno lunghezza in media di 65 km e velocità media di 81 km/h.

Simili caratteristiche si notano per le fasce orarie di punta pomeridiana (17:00-19:00), con eccezione di un lieve incremento nel peso della componente autocontenuta, che passa a ricoprire il 55% degli spostamenti totali.

1.6 Principali criticità del sistema di mobilità

1.6.1 Trasporto privato

In questo paragrafo si riportano le criticità riscontrate sul sistema di offerta stradale, limitatamente al corridoio sul quale sarà instradato il Metrobus, considerando quindi la SP5 San Donato e le strade principali ad essa afferenti.

La SP5 - San Donato è caratterizzata da dimensioni ed organizzazione della carreggiata variabili: nella tratta da Bologna fino alla rotonda di intersezione con Viale Europa (quartiere Pilastro) si ha carreggiata separata con due corsie per senso di marcia con larghezza complessiva pari a circa 18 metri; successivamente la piattaforma passa a una carreggiata unica con una corsia per senso di marcia con larghezza complessiva di 9 metri (4,5 metri per corsia). Nella prima tratta, in direzione Sud-Nord, è presente una corsia per la circolazione pedonale (lato esterno) e la pista ciclabile (lato interno al confine con la corsia per gli autoveicoli), nella direzione opposta non sono presenti spazi di banchina né per la circolazione dei velocipedi né per quella pedonale.

In questo caso una criticità potrebbe presentarsi in corrispondenza delle fermate del Metrobus, in un senso perché, con l'attuale conformazione, queste interromperebbero la pista ciclabile, dall'altro lato potrebbe non esserci spazio sufficiente per l'installazione delle pensiline. Nella seconda tratta (da Quarto Inferiore in poi) le dimensioni della carreggiata sono ristrette e non è presente spazio per la circolazione pedonale. Questo potrebbe comportare la necessità di intervenire a livello infrastrutturale con allargamento di carreggiata.

Lungo l'asse del Metrobus sono presenti intersezioni a raso con altre infrastrutture stradali, di uguale livello gerarchico o inferiore (strade locali), anche questo tema potrebbe rappresentare una criticità nell'inserimento di un servizio ad alta velocità commerciale.

Le criticità legate al traffico sono comunque approfondite nei paragrafi successivi del documento, in particolare al paragrafo dedicato all'offerta di trasporto privato (paragrafo §3.2.1) dove vengono affrontate nel dettaglio le condizioni di circolazione a partire dall'analisi delle prestazioni di rete eseguita con FCD.

Incidentalità⁴

La SP5 San Donato è stata sede, nel 2019, di 26 incidenti stradali con un tasso di incidentalità al km (calcolato sull'intera tratta di 35 km) pari a 0,76. Se si considera il tasso di incidentalità al km questo la fa posizionare in diciannovesima posizione rispetto alle altre strade della Città metropolitana per cui sono disponibili rilievi, mentre è tredicesima per numero di incidenti. Non essendo disponibili dati di traffico sulla medesima infrastruttura, quanto riportato sull'incidentalità ha una valenza generica e non fornisce un'indicazione del tutto esaustiva sulla pericolosità della strada.

1.6.2 Trasporto pubblico

La rete di TPL di studio *non presenta una gerarchizzazione funzionale né in termini di percorsi né di frequenze.*

Nell'ottica dell'inserimento di un servizio come il Metrobus, rispetto alla situazione attuale è dunque necessaria una rimodulazione dei servizi sulla base di una nuova gerarchizzazione di rete; di conseguenza per raggiungere le migliori prestazioni di servizio, dovrà essere ripensato anche il sistema di linee di adduzione, così da renderle ben organizzate e abbastanza frequenti per portare gli utenti ad utilizzare il Metrobus. Dovrà essere superato quindi l'assetto organizzativo attuale, che vede molte linee in collegamento diretto con Bologna, in favore di una maglia integrata e opportunamente gerarchizzata.

Attualmente non si evince una particolare criticità legata a sovrapposizioni di percorso dal momento che sulla SP5 transitano le linee 93 e 300 (quest'ultima con una sola corsa giornaliera) e la linea 353 che si sovrappone alla linea 93 nella tratta che va dall'intersezione con la strada diretta in località Cà de Fabbri e Granarolo dell'Emilia.

Una criticità è legata alla distribuzione delle risorse dal momento che di fatto, alcune linee a servizio degli spostamenti inter-comunali hanno frequenza molto bassa e non rappresentano probabilmente un'alternativa modale valida per gli utenti. Per tale ragione, tra i criteri di definizione delle nuove linee e dei nuovi servizi, ridistribuendo le percorrenze in modo da creare dei servizi di adduzione al corridoio di forza con funzione anche di distribuzione nei centri abitati.

⁴ Fonte: Incidenti stradali, morti e feriti sulle strade provinciali e statali - Città metropolitana di Bologna -Anno 2019

2 Il progetto del Metrobus

In coerenza con quanto disposto dal PUMS della Città metropolitana di Bologna, in linea con la pianificazione strategica sovraordinata e al fine di conseguire gli sfidanti target sanciti dal Piano, il presente studio propone una riorganizzazione globale del servizio di trasporto pubblico extraurbano su gomma nel territorio del bacino San Donato.

La proposta nasce con lo scopo offrire all'utenza un servizio più strutturato che possa contribuire ad un rilancio complessivo del ruolo del trasporto pubblico della Città metropolitana, in grado di concorrere in maniera tangibile alla funzione territoriale e all'attrattività del territorio.

In tale ottica, la rete TPM prevista dal PUMS in ambito metropolitano si pone, tra gli altri, i seguenti obiettivi:

- eliminare il parallelismo dei servizi su gomma e su ferro, prevedendo potenziamenti nelle aree non servite da collegamenti su ferro al fine di assicurare l'efficienza del TPM in modo omogeneo su tutto il territorio metropolitano;
- sviluppare l'integrazione tra autolinee portanti e complementari su direttrici non servite da SFM;
- valorizzare i Centri di Mobilità;
- realizzare un modello di esercizio cadenzato.

In linea generale la rete portante delle autolinee extraurbane punta a creare "l'effetto rete" dei servizi, attraverso **caratteristiche funzionali e prestazionali ben precise**, che vengono a loro volta, declinate e recepite dall'intero sistema Metrobus metropolitano e, nello specifico, da quello oggetto del presente studio a servizio della direttrice San Donato.

Nello specifico, infatti, i sistemi Metrobus vanno a costituire un elemento focale della nuova rete di Trasporto Pubblico Metropolitano dal momento sono pensati come assi caratterizzati da un alto livello di servizio su percorsi che garantiscano regolarità ed elevata qualità delle dotazioni delle fermate e nodi di interscambio.

Lungo tali direttrici il PUMS propone il ricorso a servizi di trasporto su gomma ad infrastrutturazione leggera con sistema BRT (Bus Rapid Transit); come noto, queste linee di autobus offrono una combinazione tra impiego di mezzi particolarmente curati, preferenziazione della sede e allestimento delle fermate progettato ad arte che rende il servizio non solo efficiente, veloce, estremamente competitivo e confortevole, ma anche capace di essere percepito come gradevole, con un conseguente incremento notevole sulla propensione all'uso del mezzo pubblico da parte degli utenti rispetto ad un autobus tradizionale.

Per quanto detto finora, le analisi del presente studio non hanno riguardato solo questioni meramente infrastrutturali e trasportistiche ma hanno interessato anche aspetti di solito non direttamente connessi alla pianificazione dei servizi TPL; pertanto, l'implementazione del nuovo sistema Metrobus dovrà adeguatamente considerare una serie di caratteristiche fondamentali per quel miglioramento della percezione per gli utenti, cui si è fatto accenno in precedenza:

- **Fermate**
 - alto livello di comfort;
 - riconoscibilità;
 - dotazione di servizi;
- **Servizio**
 - elevata velocità commerciale;
 - alta frequenza;
 - alta capacità;
- **Biglietto**
 - acquisto e validazione del titolo di viaggio senza incidenza sul tempo di viaggio
- **Accessibilità**
 - assenza di barriere architettoniche alle fermate;
 - incarrozzamento a raso;
- **Via di marcia**
 - sede o corsie dedicate;
 - gestione delle intersezioni;
- **Veicoli**
 - alti livelli di comfort;
 - riconoscibilità.

Nello specifico, quindi, il sistema Metrobus a servizio del bacino San Donato prevede la realizzazione di una serie di interventi sulla sede stradale per proteggere, rendere prioritaria o agevolare la marcia dei mezzi e la contestuale adozione di soluzioni particolari per velocizzare l'incarozzamento alle fermate. In tal modo si garantisce una riduzione complessiva dei tempi di percorrenza impiegati attualmente dai servizi su gomma per raggiungere il capoluogo.

È opportuno ricordare, infine, che il PUMS propone l'inserimento dei Metrobus promuovendo una riorganizzazione complessiva delle sedi stradali lungo le direttrici individuate da rendere compatibile tanto a livello realizzativo quanto a livello funzionale con gli altri progetti e servizi, con particolare riferimento all'evoluzione prevista per la rete tramviaria ai vari scenari temporali. Per tale ragione è stata pensata una riorganizzazione del servizio del TPL ed una attuazione del sistema Metrobus Baricella-Bologna svincolata dalle tempistiche di entrata in esercizio dell'intera rete tramviaria prestando, al contempo, particolare attenzione agli interventi proposti lungo l'itinerario in ingresso a Bologna (lungo via San Donato), interessato dal futuro transito della linea tramviaria rossa.

2.1 Il tracciato

Il tracciato, lungo circa 25 km, inizia a Baricella, all'altezza della fermata omonima posto lungo via Roma in posizione baricentrica rispetto al centro abitato; per le corse previste verso Mondonuovo, il percorso prevede la partenza dall'esistente capolinea posto nella frazione e il transito lungo la SP5 attraverso gli abitati di San Gabriele e Cittadella.

Uscendo dal centro abitato di Baricella, percorre la SP5 sviluppandosi quindi lungo un tracciato sostanzialmente rettilineo superando la frazione di Tintoria per raggiungere l'abitato di Minerbio.

Qui il Metrobus attraversa la parte urbanizzata transitando lungo via Roma per raggiungere poi le frazioni di Cantelleria, Armarolo (nel comune di Budrio) e Ramello.

All'ingresso di Granarolo il tracciato impegna via San Donato e attraversa tutto il centro abitato, costeggiando in seguito la Zona Industriale posta a sud del centro storico, superando la frazione di Quarto Inferiore e raggiungendo la periferia nord-orientale del comune di Bologna.

L'ingresso nel capoluogo avviene impegnando viale Europa all'altezza della Rotonda Luchino Visconti, superando lo svincolo della Tangenziale per raggiungere il Terminal Fiera-Michelino, futuro capolinea della Linea Rossa del tram di Bologna.

Da qui si propongono due opzioni di tracciato che interessano l'ingresso nel centro storico di Bologna:

- **Alternativa 1:** attestamento al Terminal Fiera-Michelino, nell'ottica di un futuro interscambio modale con la linea tramviaria e le linee extraurbane;
- **Alternativa 2:** superamento del sedime ferroviario e percorrenza di viale della Fiera fino alla Rotonda Leone Pancaldi, svolta a destra in affiancamento al sedime tramviario e prosecuzione lungo viale Aldo Moro, svolta a sinistra su via Stalingrado fino ai viali per poi terminare il percorso all'attuale Autostazione.

2.2 Analisi delle fermate

Come accennato in precedenza, i sistemi Metrobus, che costituiscono uno degli elementi portanti della nuova rete di Trasporto Pubblico Metropolitano prevista dal PUMS, sono pensati come servizi di trasporto pubblico su gomma ad infrastrutturazione leggera con sistema BRT (Bus Rapid Transit).

Le caratteristiche di questa tecnologia hanno, quindi, comportato la necessità di concentrare le valutazioni anche su tematiche quali la localizzazione, la dotazione infrastrutturale garantita e le caratteristiche in termini di accessibilità delle fermate della futura linea Metrobus.

Le fermate, infatti, rivestono un ruolo fondamentale nei sistemi BRT soprattutto per il contributo fornito a rendere tali servizi efficienti, veloci, estremamente competitivi e confortevoli, ma anche capaci di essere percepiti come più gradevoli e accessibili di una linea TPL tradizionale.

Per quanto detto finora, quindi, è stata condotta un'analisi dettagliata delle fermate attualmente presenti lungo la direttrice SP5 "San Donato", in termini di:

- localizzazione lungo il tracciato;
- posizione rispetto alla sezione stradale;
- dotazione infrastrutturale esistente;
- potenziali interventi per il miglioramento dell'accessibilità ciclo-pedonale;
- frequenzioni, utilizzando i dati ottenuti in un'indagine del novembre 2015 sulle O/D dei passeggeri movimentati alle fermate delle linee in transito sulla direttrice San Donato (93 e 300).

A seguito delle valutazioni appena citate, le fermate esistenti sono state *clusterizzate* in 21 differenti ambiti territoriali lungo la SP5 San Donato.

Ambito	Saliti/Discesi [pax/giorno]	Saliti/Discesi [%]	# fermate
01_BO-Centro	1.277	31,52%	4
02_BO-San Donato	623	15,38%	4
03_BO-San Donnino	91	2,25%	1
04_BO-Pilastro	63	1,55%	2
05_BO-San Sisto	105	2,59%	2
06_Quarto Inferiore	348	8,59%	9
07_Granarolo Sud	43	1,06%	2
08_Granarolo	493	12,17%	5
09_Santa Brigida	5	0,12%	3
10_Ramello	17	0,42%	1
11_Trapanino	4	0,10%	2
12_Armarolo	13	0,32%	1
13_Melo	7	0,17%	1
14_Minerbio Z.I.	52	1,28%	2
15_Minerbio	332	8,19%	4
16_Tintoria	42	1,04%	2
17_Baricella	347	8,56%	5
18_Borgo Sant Anna	17	0,42%	1
19_Cittadella	31	0,77%	2
20_San Gabriele	77	1,90%	3
21_Mondonuovo	65	1,60%	3
Totale complessivo	4.052	100,00%	59

Tabella 2-1: Riepilogo dati movimentazione alle fermate per ambito territoriale della direttrice San Donato (Fonte dati: Indagine novembre 2015 – Linee 93 e 300)

	01_BO-Centro	02_BO-San Donato	03_BO-San Donnino	04_BO-Pilastro	05_BO-San Sisto	06_Quarto Inferiore	07_Granarolo Sud	08_Granarolo	09_Santa Brigida	10_Ramello	11_Trapanino	12_Armarolo	13_Melo	14_Minerbio Z.I.	15_Minerbio	16_Tintoria	17_Baricella	18_Borgo Sant Anna	19_Cittadella	20_San Gabriele	21_Mondonuovo	Totale
01_BO-Centro	82	114	44	19	63	184	32	261	7	8	3	12	3	18	181	22	148	1	16	38	15	1271
02_BO-San Donato	142	83	37	25	14	92	4	98	3	1	1	5	1	4	58	5	32	2	4	9	1	621
03_BO-San Donnino	33	10		7	6	4	2	16						1	7	2	3					91
04_BO-Pilastro	22	16		1	1	9	1	6		1		1			1		3		1			63
05_BO-San Sisto	57	15	4		1	10		10			3				3		2					105
06_Quarto Inferiore	206	57	11	5	5	2	2	38						3	7	2	9		1			348
07_Granarolo Sud	26	8		1		1		1				1			4		1					43
08_Granarolo	250	90	10	9	11	46	1	2	3	1	1	2			18	5	26		4	6	8	493
09_Santa Brigida	4							1														5
10_Ramello	7	3				1		4							1		1					17
11_Trapanino	2	1																			1	4
12_Armarolo	6	1															3			1	2	13
13_Melo	2	3						1									1					7
14_Minerbio Z.I.	24	8	2	4	1			5						1	2		2			2	1	52
15_Minerbio	175	62	5	1	3	6		19			1	2		2	2	4	37	2	1	5	5	332
16_Tintoria	29	3				1	1	1					1		2		3				1	42
17_Baricella	197	46	4	2	3	4	1	19		3			1	3	23	2	4	2	5	18	10	347
18_Borgo Sant Anna	6	6						4									1					17
19_Cittadella	18	4		1				2									6					31
20_San Gabriele	34	6		3		1		2		1				1	4		22		2		1	77
21_Mondonuovo	25	7						5							7		14	2		4		64
Totale	1347	543	117	78	108	361	44	495	13	15	9	23	6	33	320	42	318	9	34	83	45	4043

Figura 2-1: Matrice O/D giornaliera per ambito sulle fermate della direttrice San Donato (Fonte dati: Indagine novembre 2015 – Linee 93 e 300)

In questo modo è stato possibile identificare gli ambiti territoriali da servire con il nuovo sistema Metrobus, *riducendo il numero di fermate effettuate ad una singola per ciascuno dei suddetti cluster*; questa scelta ha consentito di limitare i perditempo dovuti alla sosta, velocizzando quindi le percorrenze lungo il tracciato e assicurando le caratteristiche di competitività al servizio, tipiche dei sistemi BRT. Al contempo, il deficit scontato in termini di accessibilità è stato compensato con un miglioramento delle infrastrutture ciclo-pedonali di accesso/egresso alle aree di fermata, con un adeguamento dei servizi e comfort garantiti all'utenza.

3 Il modello di macro-simulazione

Al fine di stimare gli impatti che saranno generati dall’inserimento del Metrobus sul sistema di mobilità dell’area di studio, si è proceduto ad implementare un modello di simulazione del sistema di trasporto. Come base dati per ricostruire le caratteristiche del sistema di offerta e domanda (sia sulla rete del trasporto pubblico che su quella privata), sono stati utilizzati i dati raccolti ed elaborati per la redazione del PUMS della Città metropolitana di Bologna.

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.

3.1 Zonizzazione

Come solito nella pianificazione dei trasporti, l’area di studio è stata suddivisa in zone omogenee di generazione ed attrazione di traffico (zone di traffico).

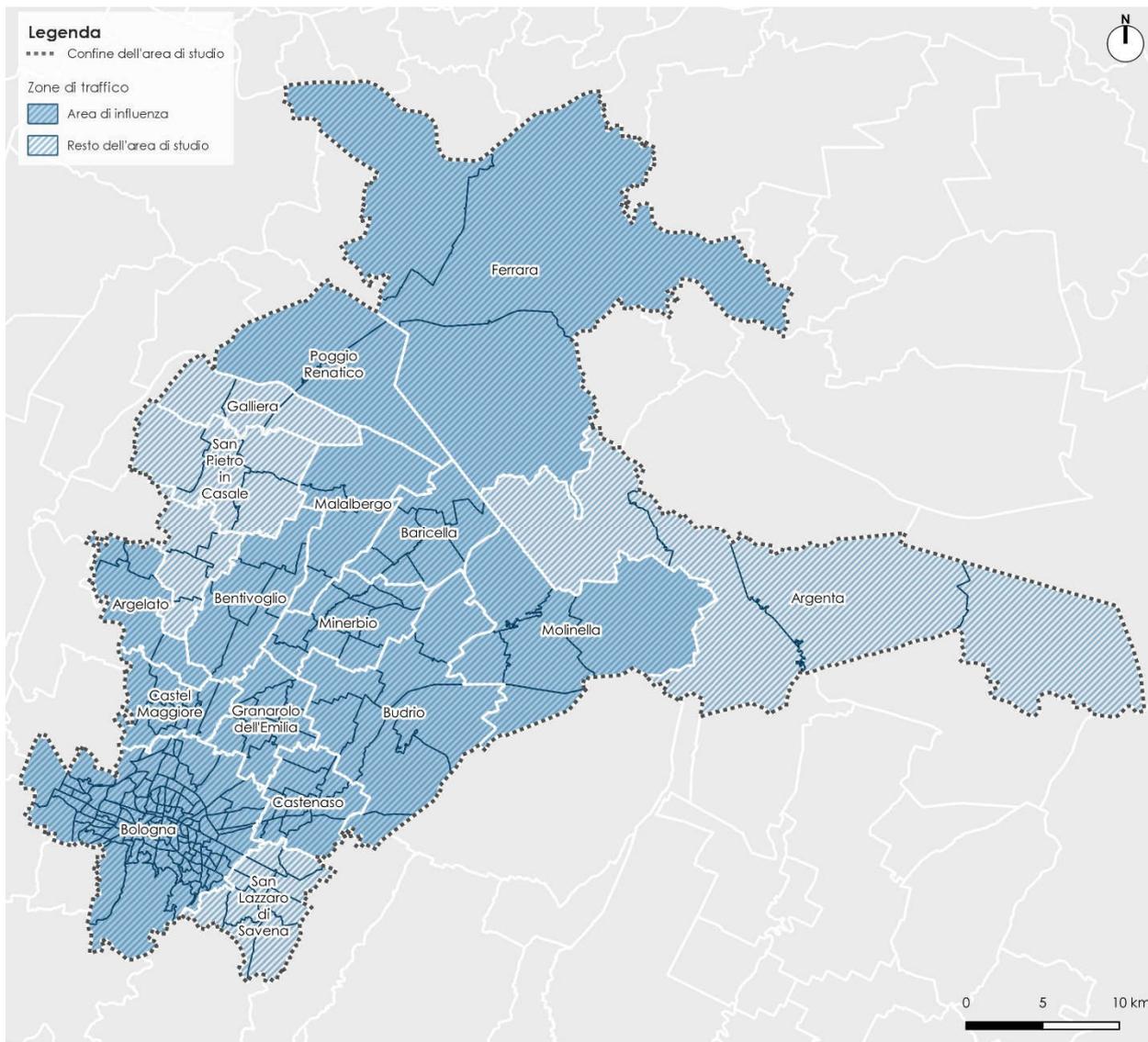


Figura 3-1: Zonizzazione del modello di simulazione

Come accennato nel paragrafo §1.1, l’area di studio considerata per lo svolgimento dell’analisi comprende 18 comuni, afferenti in parte alla Città metropolitana di Bologna e in parte alla provincia di Ferrara.

La zonizzazione del modello di simulazione utilizzato per la redazione del PUMS della Città metropolitana è stata adeguata in funzione dell’ampliamento dell’area di studio e opportunamente infittita in funzione del livello di dettaglio richiesto per lo studio in oggetto.

Ambito	Numero Zone	% Zone
Area di influenza	206	88%
Resto area di studio	12	5%
Esterne	17	7%
Totale	235	100%

Tabella 3-1: Riepilogo zonizzazione del modello di simulazione

In particolare, è opportuno precisare che la zonizzazione esterna è stata opportunamente dimensionata e ricostruita al fine di garantire la massima affidabilità ai risultati ottenuti nell'area di influenza (ossia quella direttamente interessata dall'intervento oggetto dello studio); è stata pertanto verificata la capacità del presente modello di simulazione di riprodurre in modo adeguato le principali caratteristiche del sistema di mobilità esistente e, al contempo, di assicurare coerenza con quanto ottenuto utilizzando il modello di simulazione implementato per la redazione del PUMS Metropolitano.

3.1.1 Area di studio

Per quanto ai comuni che appartengono all'area di studio ma non all'area di influenza, in particolare, sono state inserite le 12 zone di traffico relative ai comuni non appartenenti all'area di influenza secondo la metodologia elencata nel paragrafo §1.1.1 o esterni alla Città metropolitana di Bologna ottenendo la seguente zonizzazione:

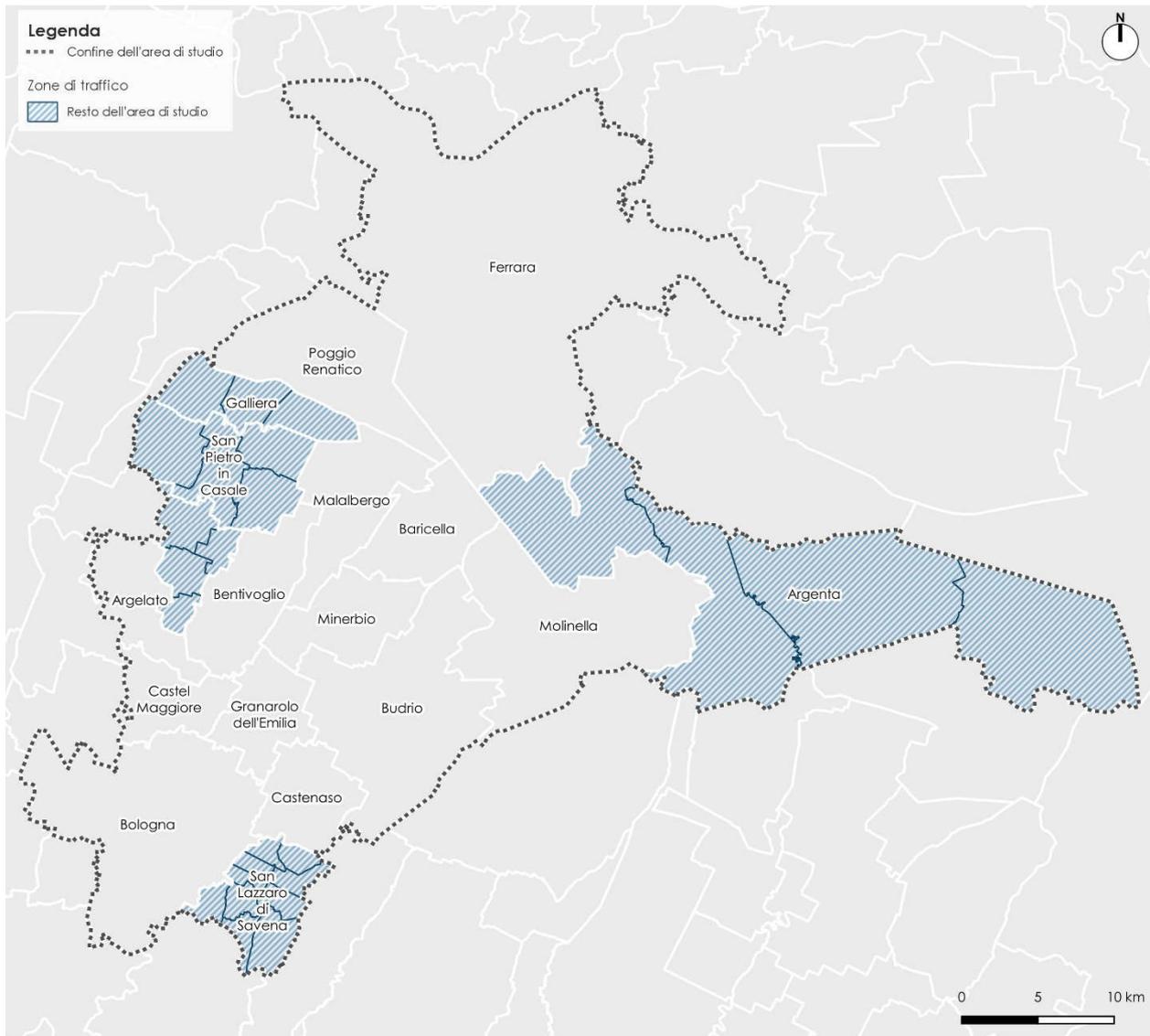


Figura 3-2: Zonizzazione del modello di simulazione nei Comuni del resto dell'area di studio

3.1.2 Area di influenza

Per quanto all'area di influenza, come detto nel paragrafo §1.1.1, costituisce il bacino dei comuni direttamente interessati dal transito delle linee TPL che insistono sul corridoio della SP5 San Donato; ne consegue che le analisi relative a questa porzione dell'area di studio richiedono un livello di dettaglio molto spinto per misurare adeguatamente gli effetti dell'inserimento del sistema Metrobus in oggetto.

Per tale ragione, si è proceduto a una sub-zonizzazione di questa porzione del territorio rispetto al modello utilizzato per la redazione del PUMS; tale operazione, nello specifico ha riguardato 206 zone di traffico distribuite tra i comuni direttamente interessati dal transito del Metrobus e, in minor parte, i comuni contermini.

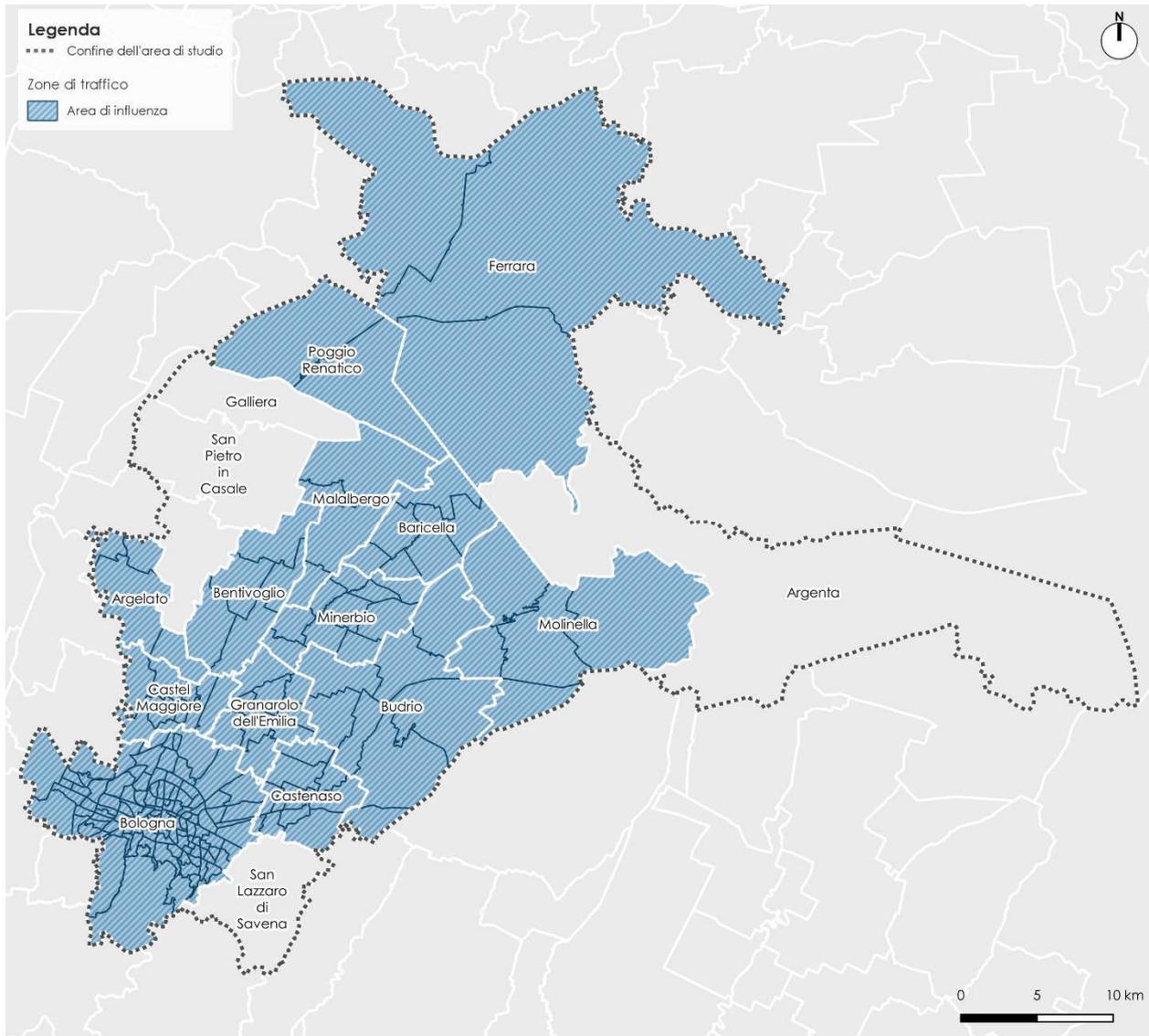


Figura 3-3: Zonizzazione del modello di simulazione nei Comuni dell'area di influenza

3.2 Il modello di offerta

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 un riepilogo sintetico relativo agli algoritmi di calcolo utilizzati.

3.2.1 Trasporto privato

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

Per i nodi stradali, che come noto 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 della 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 a U.

Oltre ai nodi rappresentativi delle intersezioni, un'importante classe di nodi è costituita dai nodi centroidi (235 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. È 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.

Ogni arco, invece, 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 elevato livello di dettaglio il sistema della viabilità esistente nell'area di studio ed in particolare lungo il corridoio stradale che ospiterà il nuovo sistema Metrobus.

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 capacità⁵ e velocità di percorrenza a flusso nullo.

Nel complesso, la rete stradale modellizzata è composta da 14.340 archi e copre oltre 4.600 km di strade⁶ all'interno dell'area di studio.

3.2.2 Trasporto pubblico

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

- rete urbana, suburbana ed extraurbana del trasporto su gomma;
- rete del Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM);
- rete del sistema ferroviario regionale, interregionale e nazionale.

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 (comprendenti 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.

Nel modello implementato sono rappresentate complessivamente il seguente numero di corse per le differenti tipologie di servizio pubblico; nello specifico, *le corse elencate sono quelle che fanno riferimento ad un giorno feriale medio invernale non scolastico e rispettano una delle seguenti condizioni:*

- partenza entro le 08:30;
- arrivo dopo le 07:30.

In questo modo, la rete TPL oggetto di simulazione è rappresentativa dell'offerta garantita nell'ora di punta (07:30-08:30), sia a livello urbano che extraurbano, e al contempo fornisce all'utenza la possibilità di esaurire il proprio spostamento anche a cavallo dell'intervallo orario di riferimento.

⁵ 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.

⁶ Si precisa che, essendo il grafo costituito da archi monodirezionali, per tutta la viabilità a doppio senso di marcia le estese sono raddoppiate

Tipologia di servizio	N° corse
Autobus	892
Filobus	158
Sistema ferroviario (SFM, interregionale, nazionale)	44
Totale	1.094

Tabella 3-2: Numero di corse modellizzate per i servizi di Trasporto Pubblico

3.3 Il modello di domanda

La domanda di trasporto è l'espressione delle esigenze di mobilità degli utenti e viene rappresentata attraverso il numero di spostamenti da ciascuna zona di origine ad ogni zona di destinazione in 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.

3.3.1 Analisi delle diverse fonti dati

In particolare, 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 (cfr. paragrafo §1.5.2).

Nei paragrafi che seguono si forniscono delle indicazioni sintetiche sulle metodologie applicate per adeguare il livello di dettaglio dell'indagine alle caratteristiche della nuova zonizzazione prevista nell'area di studio e, in seguito, sui livelli di domanda del trasporto privato e di quello pubblico.

Trasporto privato

Sulla base delle evidenze esposte nel precedente paragrafo §1.5, 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 la componente del traffico leggero, costituito dalle automobili, da quella del traffico pesante, costituito dai veicoli commerciali leggeri (furgoni) e dai veicoli pesanti per il trasporto delle merci.

Come illustrato nel dettaglio nel paragrafo §0, le matrici utilizzate nel modello del PUMS metropolitano sono state dapprima integrate considerando i comuni dell'area di studio esterni alla Città metropolitana di Bologna e ulteriormente suddivise in zone di traffico più fitte. Per completare questo procedimento si è ipotizzata la quota di spostamenti tra le sub-zone di traffico come percentuale del totale degli spostamenti tra le zone di traffico originarie da cui si è proceduto alla suddivisione. L'applicazione di questa metodologia ha fatto ricorso ai *Floating Car Data*, sfruttandone sia le potenzialità in termini di granularità e dettaglio spaziale sia di rappresentatività dei fenomeni di mobilità.

Successivamente, le matrici sono state *validate con particolare attenzione a tutto il corridoio di influenza del nuovo sistema Metrobus lungo la direttrice San Donato, tra Baricella e Bologna*.

Per far ciò si è fatto riferimento in primo luogo alle informazioni fornite dalla Regione Emilia-Romagna in merito ai dati rilevati dalle postazioni di conteggio MTS sulla rete extraurbana, secondo la metodologia descritta nel successivo paragrafo §0 relativo alla calibrazione del modello.

A valle del processo di calibrazione e validazione, risulta che nell'intervallo 07:30-08:30 del giorno medio feriale, la rete stradale dell'area di studio è interessata dai seguenti carichi veicolari:

- 107.400 autoveicoli;
- 6.300 veicoli commerciali leggeri;
- 4.800 mezzi pesanti

Trasporto pubblico

Anche per la domanda del trasporto pubblico, si è utilizzata la matrice O/D del PUMS, determinata sulla base delle risultanze ottenute dall'indagine di mobilità ("Indagine PUMS") e opportunamente integrata e adeguata alla nuova zonizzazione. Nello specifico, gli spostamenti su trasporto pubblico sono stati suddivisi in origine sulla base della percentuale di popolazione residente, mentre in destinazione sulla base della percentuale di addetti della singola sub-zona.

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 §0.

A valle del processo di calibrazione e validazione risulta che nell'intervallo 07:30-08:30 di un giorno medio feriale, la domanda che utilizza i servizi di TPL nell'area di studio è di 48.100 persone.

3.4 Il modello di ripartizione modale

Prima di passare ad esporre le caratteristiche del modello di assegnazione, è necessario descrivere la struttura del modello di ripartizione modale implementato, calibrato e validato al fine di stimare lo shift modale dal trasporto privato al trasporto pubblico a seguito dell'implementazione degli interventi previsti sia nello scenario di riferimento che in quello di progetto.

Tramite la definizione di una funzione di utilità legata ad alcuni parametri specifici delle alternative di spostamento, tale tipologia di modello fornisce come output le percentuali di ripartizione modale, 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:

$$U_{auto} = \beta T_{auto} \cdot T_{auto} + \beta C_{auto} \cdot C_{auto} + \beta ZTL_{destinazione} \cdot ZTL_{destinazione}$$

dove:

- T_{auto} = tempo di percorrenza in auto sulla relazione O/D (ore);
- $C_{auto} = 0,1 \cdot DIST_{auto} + \text{pedaggio} + \text{costo park destinazione (€)}$;
- $ZTL_{destinazione} = 1$ se la zona di destinazione è ZTL; 0 altrimenti (#).

I valori assunti dai coefficienti β risultano:

- $\beta T_{auto} = -1$;
- $\beta C_{auto} = -0,131$;
- $\beta ZTL_{destinazione} = -0,945$.

La funzione di utilità del trasporto pubblico assume la forma:

$$UTPL = \beta \text{frequenza OD} \cdot \text{FreqOD} + \beta \text{Costo biglietto} \cdot \text{Cbiglietto} + \\ + \beta \text{Tempo viaggio (Taccesso + Tbordo + Tgresso + Tpiedi + Tattesatrasbordo)} + \\ + \beta \text{Presenza ferro} \cdot \text{PRferro} + \text{ASCTPL}$$

dove:

- $T_{accesso/egresso}$ = tempi pedonali sui connettori in accesso/egresso dai centroidi (ore);
- FreqOD = numero di corse giorno che collegano la relazione OD sul percorso di impedenza minima (#);
- $C_{biglietto}$ = costo del biglietto (€);
- T_{piedi} = tempo pedonale su rete necessario a raggiungere la fermata (ore);
- T_{bordo} = tempo a bordo (ore);
- $T_{attesatrasbordo}$ = tempo di attesa per l'eventuale trasbordo (ore);
- PRferro = prodotto della percentuale di area coperta dai buffer delle fermate delle linee portanti per la zona di origine e quella di destinazione⁷ (#);
- ASCTPL = parametro specifico dell'alternativa modale pari a -1,7€ (determinato in fase di calibrazione)

Questi i valori assunti dai coefficienti β :

- $\beta \text{Tempo viaggio} = -1$;
- $\beta \text{Frequenza OD} = +0,0286$;
- $\beta \text{Costo biglietto} = -0,131$;
- $\beta \text{PRferro} = +0,525$.

I valori dei parametri sono stati calcolati dal modello di simulazione o, in alternativa, sono stati reperiti da fonte esterna (TPer per costo biglietto, siti comunali per tariffazione sosta, etc.).

⁷ 800 metri per le stazioni ferroviarie, 1.200 metri nei Centri di Mobilità, 200 metri per le fermate del tram, quelle del People Mover e 400 metri per le fermate previste sul Metrobus. In fase di calibrazione del modello, si è utilizzato soltanto il dato relativo alle stazioni ferroviarie, in quanto i restanti servizi non sono ancora in esercizio allo stato attuale.

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:

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

Pertanto, 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 di stocasticità del modello) e 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 zona di traffico (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 futuri, introducendo i nuovi valori dei parametri ricavati dal modello in funzione delle performance del sistema di offerta implementato, vengono quindi ottenute le stime delle relative quote di spostamenti su auto privata e trasporto pubblico.

È opportuno sottolineare che, in funzione della maggiore disponibilità dei dati e nell'ottica di massimizzare l'affidabilità dei risultati ottenuti, **la calibrazione del modello di ripartizione modale ha riguardato solo i dati relativi alle coppie O/D che interessano la cosiddetta "area di influenza" (sia internamente che come scambio).**

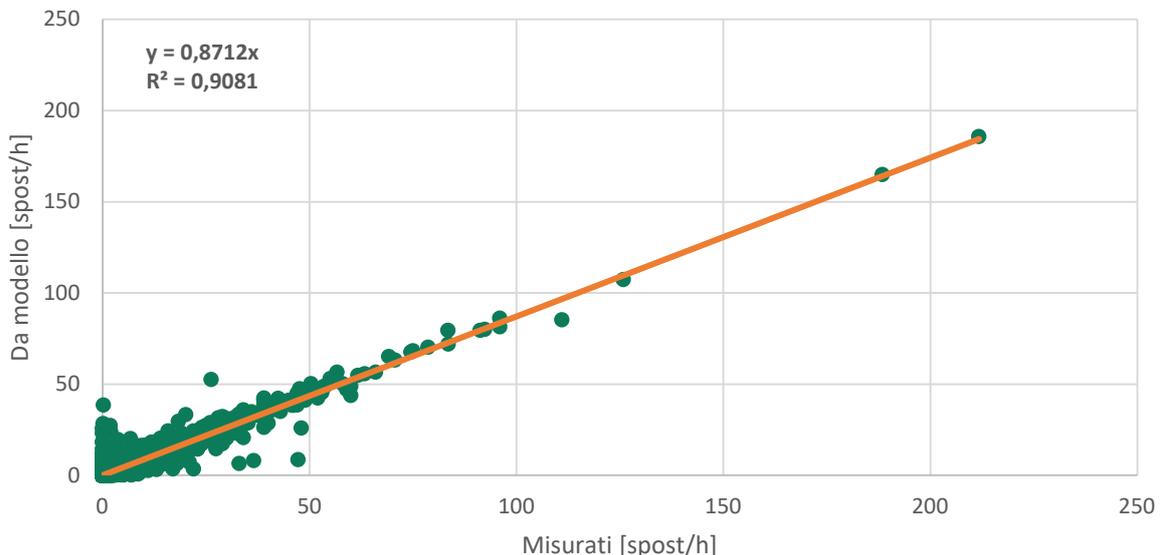


Figura 3-4: Scattergram modello di ripartizione modale

3.5 Il modello di assegnazione

I "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, è possibile ottenere delle stime dei flussi di traffico sugli archi della rete stradale e la stima degli utenti che utilizzano una data linea di trasporto pubblico.

3.5.1 Periodo di analisi e coefficienti di espansione

Come accennato in precedenza, nel modello implementato sono rappresentate *le corse che fanno riferimento ad un giorno ferial medio invernale non scolastico e rispettano una delle seguenti condizioni:*

- partenza entro le 08:30;
- arrivo dopo le 07:30.

In questo modo, la rete TPL oggetto di simulazione è rappresentativa dell'offerta garantita nell'ora di punta (07:30-08:30), sia a livello urbano che extraurbano, e al contempo fornisce all'utenza la possibilità di esaurire il proprio spostamento anche a cavallo dell'intervallo orario di riferimento.

I risultati e gli indicatori sintetici di rete forniti per ciascuno Scenario temporale di analisi (Attuale, Riferimento e Progetto) sono quindi relativi all'ora di punta mattutina di un giorno ferial medio invernale; di conseguenza sono

stati utilizzati coefficienti di espansione “ora-giorno” e “giorno-anno”, la cui metodologia di calcolo è illustrata nei paragrafi seguenti.

Coefficiente ora-giorno

Nel paragrafo §1.5.1 è illustrato in modo approfondito come le stime inerenti alla domanda di mobilità siano state eseguite utilizzando due diverse tipologie di dati, selezionando ciascuna fonte per estrarre le informazioni che meglio essa riesce a riprodurre, per le sue caratteristiche in termini di ambito di analisi e struttura:

- “L’Indagine sulle abitudini di mobilità presso la popolazione della provincia di Bologna” eseguita nel 2016 ed utilizzata anche per la redazione del PUMS della Città metropolitana di Bologna;
- i Floating Car Data estratti nell’ambito dell’area di studio.

Per le loro caratteristiche e grazie alle tipologie delle informazioni fornite, queste due differenti fonti dati sono state utilizzate rispettivamente per calcolare il:

- “Coefficiente di espansione ora-giorno” relativo alla rete del Trasporto pubblico;
- “Coefficiente di espansione ora-giorno”, relativo alla rete di Trasporto privato.

Trasporto pubblico

Per quanto riguarda il “coefficiente di espansione ora-giorno” relativo alla rete del Trasporto pubblico, si è fatto riferimento all’indagine PUMS del 2016, grazie alla quale è stato possibile desumere il dato degli spostamenti giornalieri che interessano complessivamente i comuni dell’area di studio con modalità:

- autobus urbano;
- autobus extraurbano;
- servizi ferroviari.

Da questo totale (pari a oltre 33.600 spostamenti/giorno) è stato desunto il valore relativo all’ora di punta mattutina (circa 4.500 spostamenti/h), pari a oltre il 13% del totale giornaliero (quindi circa 1/8 del totale giornaliero). È opportuno specificare che si è scelto di non fare riferimento all’indagine O/D alle fermate della direttrice San Donato, illustrata nel paragrafo 2.2, dal momento che il tracciato del sistema Metrobus è previsto lungo viale Europa-viale della Fiera a seguito dell’entrata in esercizio della Linea Rossa del tram di Bologna; per tale ragione, l’analisi lungo il corridoio non è stata ritenuta sufficientemente rappresentativa (13 fermate attuali della linea 93 sono lungo il tratto interdetto tra via San Donato e l’Autostazione) per effettuare l’espansione al giorno dei dati orari di domanda durante la punta mattutina.

Da tali considerazioni è stato quindi definito un coefficiente di espansione ora-giorno per il Trasporto pubblico pari a 7,4.

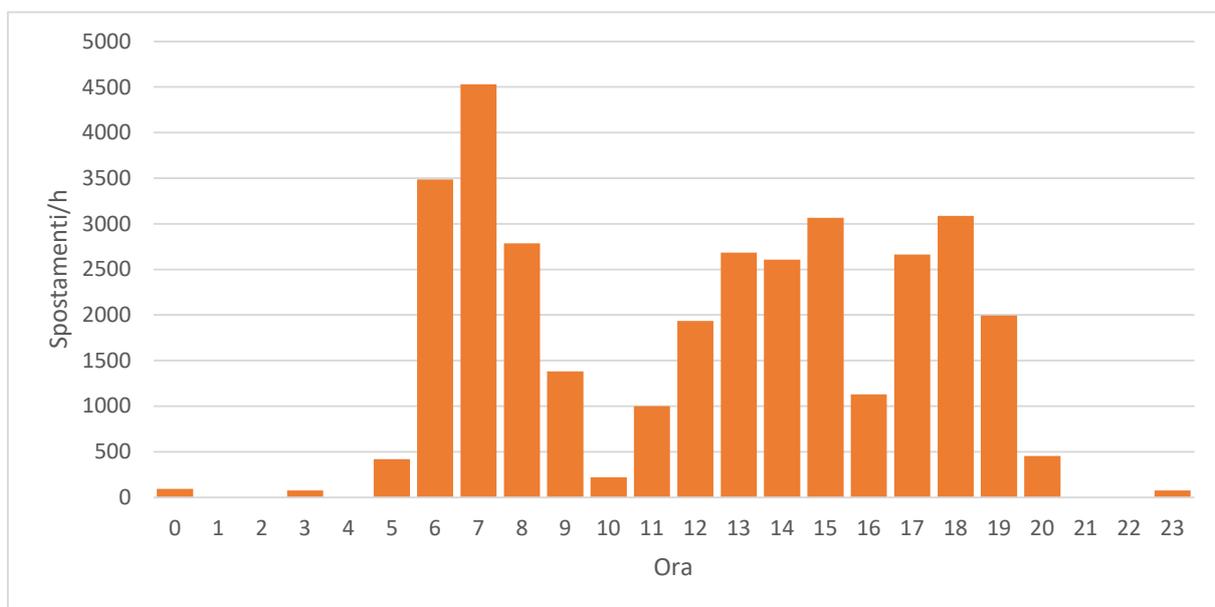


Figura 3-5 Andamento orario spostamenti sul Trasporto Pubblico nell’area di studio (Fonte: Indagine PUMS 2016)

Trasporto privato

Per quanto riguarda il “coefficiente di espansione ora-giorno” relativo alla rete del Trasporto pubblico, si è fatto riferimento invece ai dati forniti dai Floating Car Data misurati all’interno dell’area di studio (cfr. paragrafo §1.5.3).

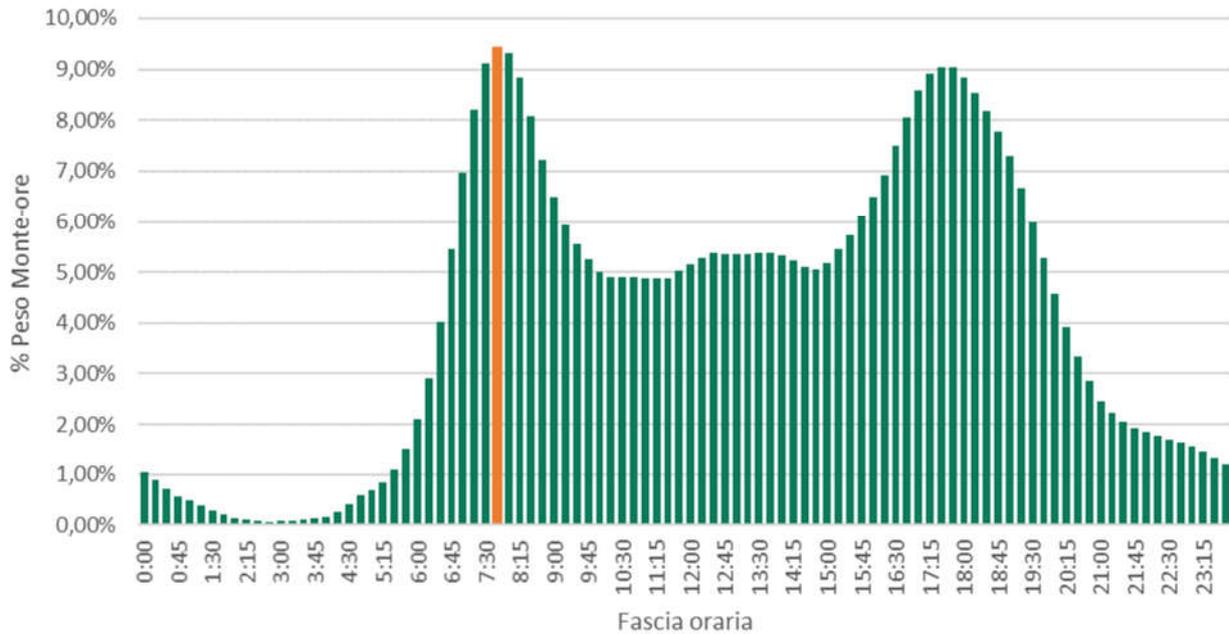


Figura 3-6 Andamento giornaliero del monte-h sviluppato dai veicoli FCD all'interno dell'area di studio

In questo caso si è calcolato il monte-ore complessivo sviluppato dai veicoli in un giorno feriale medio del mese di ottobre 2019 sulla rete stradale dell'area di studio e si è valutato il peso dell'ora di punta mattutina all'interno della singola giornata media feriale invernale. Si osserva come questo valore sia pari a oltre il 9% del totale giornaliero (circa 1/11). **Da tali considerazioni è stato quindi definito un coefficiente di espansione ora-giorno per il Trasporto privato pari a 10,6.**

Coefficiente giorno-anno

Infine, per effettuare l'espansione dal giorno medio feriale invernale all'intera annualità è stato utilizzato un coefficiente di espansione, calcolato servendosi dei dati forniti dal Sistema di monitoraggio MTS in merito ai flussi che insistono nel territorio oggetto di analisi.

Il sistema di rilevazione dei flussi di traffico (realizzato dalla Regione, dalle Province e dall'Anas) è composto dai dati rilevati da 285 postazioni installate in ambito extraurbano e periurbano, al margine della carreggiata stradale. La viabilità censita è la principale dei percorsi statali e provinciali. La densità e il numero delle postazioni per ambito provinciale varia in rapporto all'ampiezza e all'articolazione del reticolo stradale stesso.

Nell'area di studio i dati forniti dalle postazioni di interesse hanno mostrato un numero di transiti durante il mese di ottobre 2019 superiore ai 400.000 veicoli, che mediato sui giorni di misurazione per tutte le sezioni di conteggio ha restituito *un coefficiente di espansione pari a 325.*

Da tali considerazioni, e in assenza di ulteriori dati disponibili sul TPL, è stato quindi definito in via cautelativa un coefficiente di espansione giorno-anno per il Trasporto privato e per il Trasporto pubblico pari a 300.

3.5.2 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. Questo 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.

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

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

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 (in linea coi principali riferimenti bibliografici) 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 i possibili itinerari per ciascuna relazione O/D.

3.5.3 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) 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*km) ed i passeggeri ora (pax*h).

Il modello di trasporto pubblico è stato implementato utilizzando la procedura di calcolo basata sugli orari dei passaggi delle linee, che è indicata per aree extraurbane dove il servizio non è uniformemente distribuito durante l'intera giornata e dove 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, in termini di lunghezza dei collegamenti pedonali (il tempo massimo è stato individuato in 30 minuti) e definendo un numero massimo di trasbordi consentito per ogni percorso pari a 3. 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. Per ogni itinerario plausibile viene calcolata l'impedenza come funzione di diversi parametri quali:

- Tempo a bordo dei mezzi di trasporto pubblico;
- Tempi di accesso ed egreso (dai centroidi di zona alla rete di trasporto);

- Tempo a piedi (tra fermate del TPL);
- Tempo di attesa ai trasbordi;
- Numero di trasbordi.

Calcolato quindi il valore dell'impedenza dei collegamenti avviene un'ulteriore fase di selezione che permette di ridurre il set di assegnazione, scartando tutti i collegamenti che presentano un'impedenza superiore a 1,5 volte l'impedenza del percorso a costo minimo maggiorato di 10 minuti. 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, in cui l'utilità è definita secondo la legge $U = Impedenza^{-B}$, dove $B=4$.

3.6 Calibrazione e validazione

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.

3.6.1 Conteggi

Trasporto privato

I dati di rilievo utilizzati per la verifica della calibrazione del modello di trasporto privato sono stati:

- i flussi rilevati dalle postazioni del Sistema MTS, implementato dalla Regione Emilia-Romagna, che insistono nel territorio relativi all'ottobre 2019 (come in Figura 3-7);
- le distanze e i tempi di viaggio medi relativi all'ora di punta mattutina, dai Floating Car Data dell'ottobre 2019

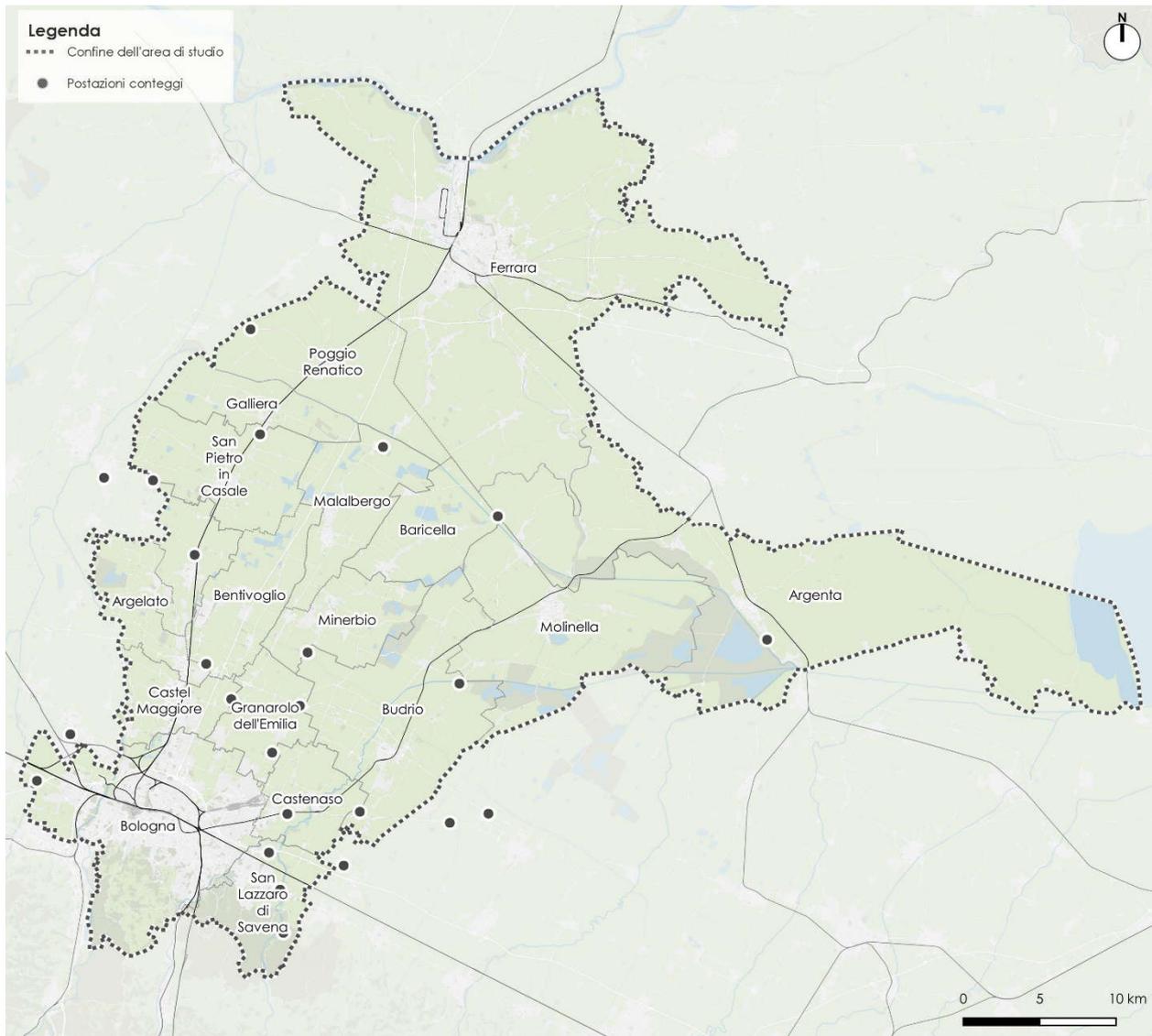


Figura 3-7: Sezioni di validazione per il trasporto privato

Trasporto pubblico

I dati utilizzati per la verifica della calibrazione del modello di trasporto pubblico sono stati quelli resi disponibili dagli operatori del trasporto ferroviario, che hanno fornito il rilievo dei saliti e discesi in corrispondenza delle stazioni del SFM relativi all'anno 2018.

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 sulle linee che servono il quadrante interessato dall'intervento.

3.6.2 Calibrazione e validazione del modello

Trasporto privato

Sinteticamente le principali operazioni effettuate hanno riguardato:

- 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 centroidi;
- correzione della domanda tramite procedure di matrix estimation sulla base dei flussi rilevati.

Ai fini del presente studio, pertanto, ci si è concentrati ad effettuare un'operazione di calibrazione validazione del modello lungo il corridoio che verrà interessato dalla realizzazione del nuovo sistema Metrobus. Inoltre, dal momento che le stime del modello di ripartizione modale risultano molto sensibili rispetto alle variazioni nei costi generalizzati del trasporto, è stata effettuata un'attenta e scrupolosa calibrazione e validazione rispetto alle distanze ed ai tempi di viaggio simulati sull'intera rete. 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 dalle postazioni MTS e le distanze ed i tempi di viaggio medi su ciascuna O/D dell'area di influenza.

La validazione sul corridoio è stata valutata in base ai seguenti parametri statistici:

- **confronto tra flussi stimati – flussi misurati:** si è controllato che i valori simulati, calcolati mediante il modello, fossero ben correlati ai valori 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). Nel caso in esame, si è ottenuto coefficiente pari a 1,0037 per quanto riguarda i flussi veicolari, pari a 1,0667 per quanto riguarda le distanze medie di viaggio tra O/D e pari a 1,0428 per quanto riguarda i tempi medi di viaggio tra O/D;
- **coefficiente di correlazione R^2 :** è anche detto indice di correlazione di Bravais-Pearson e dà una misura della dipendenza tra due variabili; anche per quanto riguarda questo coefficiente, in una buona calibrazione il valore deve essere prossimo a 1. Nel caso in esame, si è ottenuto un indice di correlazione pari a 0,9762 per quanto riguarda i flussi veicolari, pari a 0,9689 per quanto riguarda le distanze medie di viaggio tra O/D e pari a 0,9466 per quanto riguarda i tempi medi di viaggio tra O/D;
- **Indice GEH:** la letteratura di settore indica come soglia obiettivo un valore inferiore a 5 per l'85% dei dati analizzati. In questo caso, esattamente l'85% dei rilievi è risultato inferiore a 5.

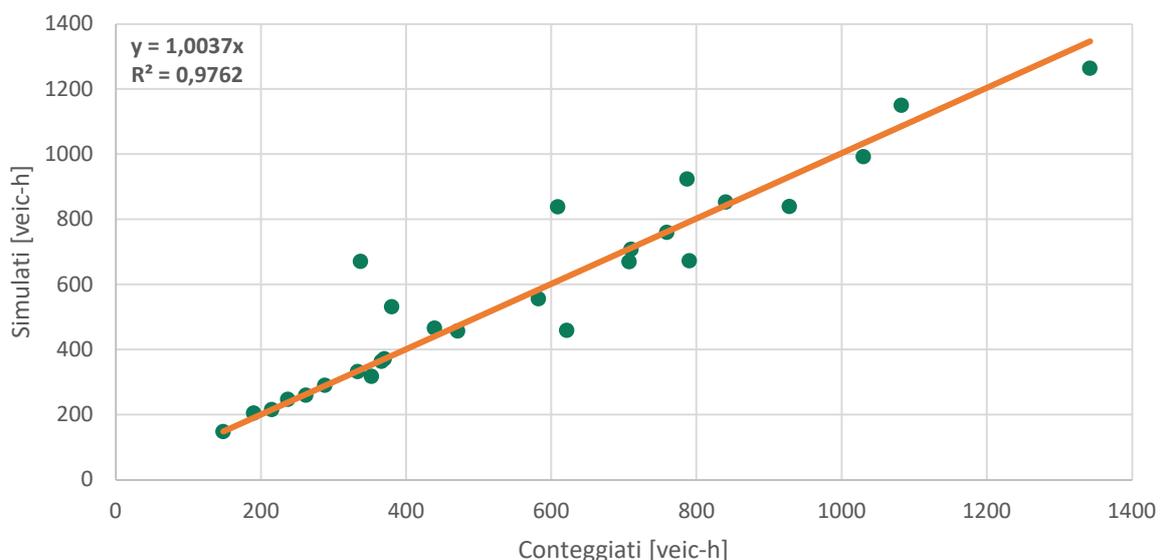


Figura 3-8: Calibrazione del trasporto privato – Flussi veicolari ora di punta mattutina

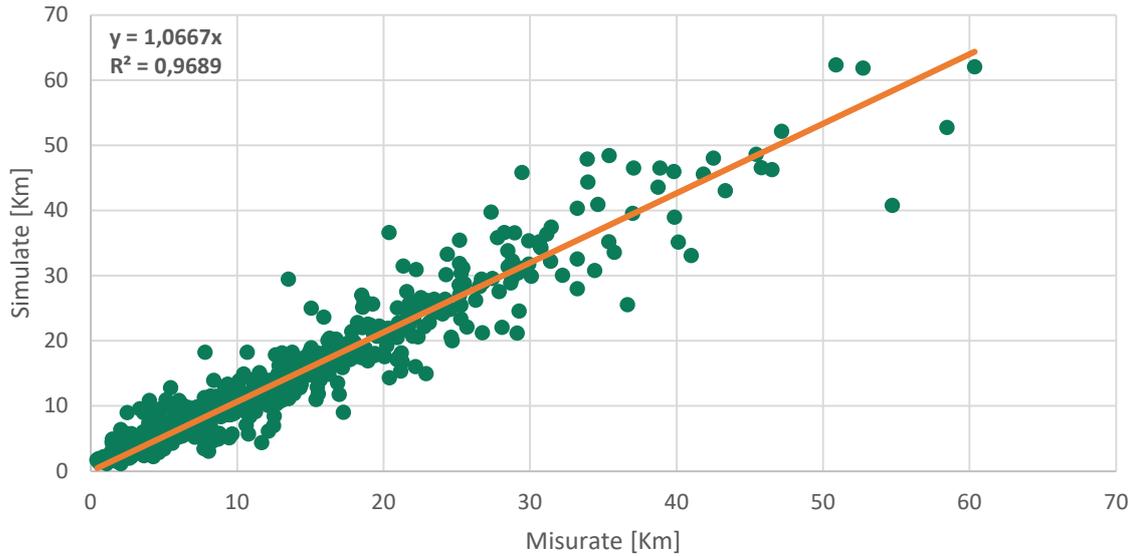


Figura 3-9: Calibrazione del trasporto privato – Distanze medie di viaggio tra O/D ora di punta mattutina

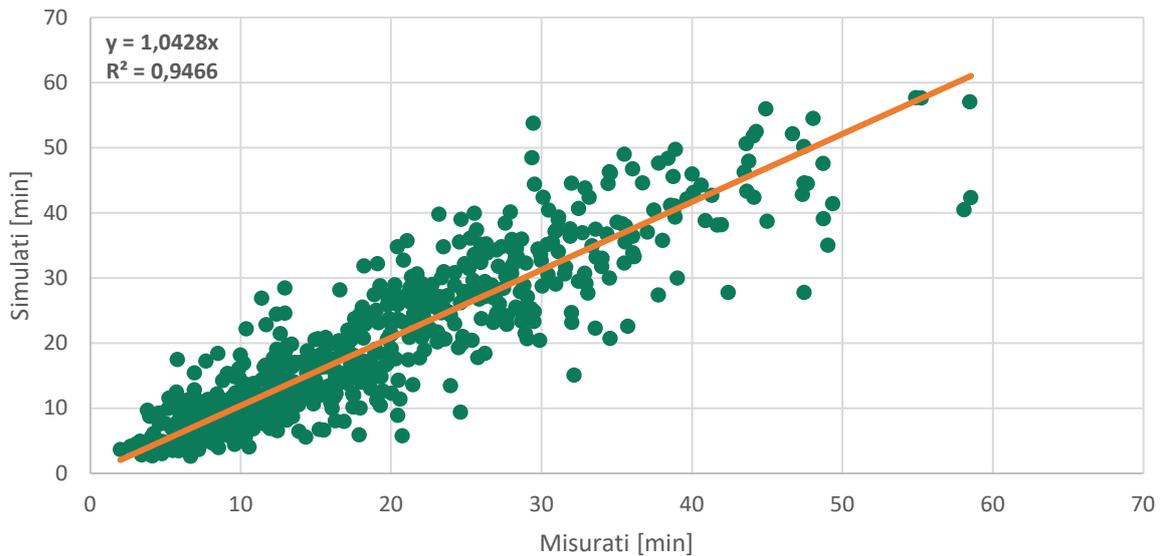


Figura 3-10: Calibrazione del trasporto privato – Tempi medi di viaggio tra O/D ora di punta mattutina

Trasporto pubblico

Anche nel caso del trasporto pubblico dunque si è proceduto ad una procedura di calibrazione e validazione lungo il corridoio interessato dalla realizzazione del nuovo sistema Metrobus.

Sulla base delle informazioni disponibili è stato possibile ricostruire, in termini di passeggeri saliti e discesi, i transiti alle Stazioni del SFM presenti nell'area di studio da utilizzare per la calibrazione del modello.

La precisione della simulazione è stata valutata in base ai seguenti parametri statistici, analizzando il risultato anche senza considerare Bologna Centrale (Figura 3-12) che, data l'entità dei flussi in transito, risulta totalmente fuori scala rispetto al resto delle stazioni SFM, rischiando quindi di condizionare le valutazioni:

- *confronto flussi stimati – flussi misurati*: nel caso in esame, la retta di regressione ha coefficiente pari a 1,1179, 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 0,8779.

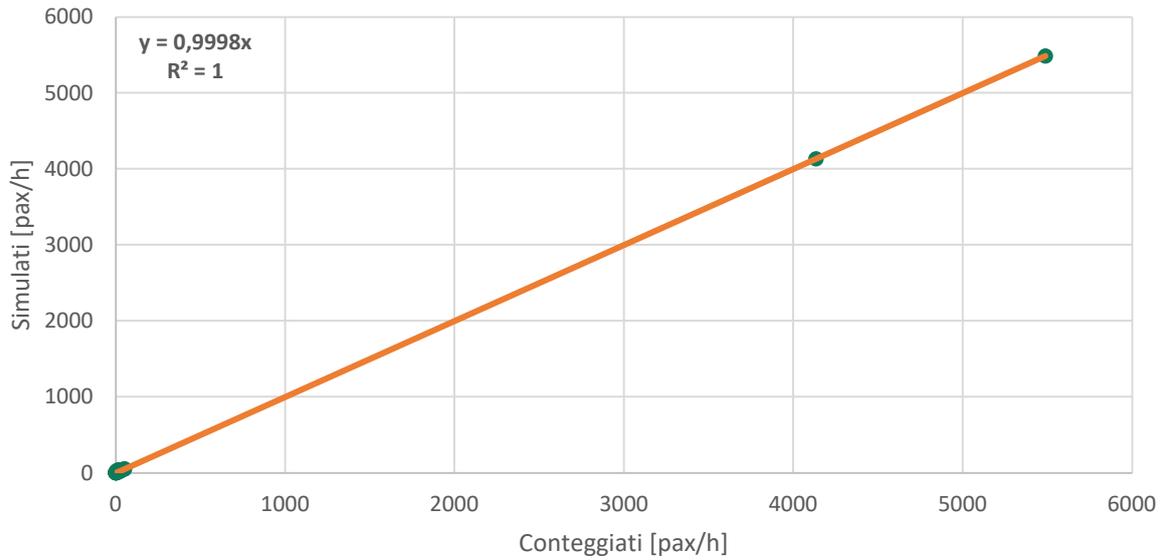


Figura 3-11: Calibrazione del trasporto pubblico – Saliti/Discesi alle Stazioni SFM

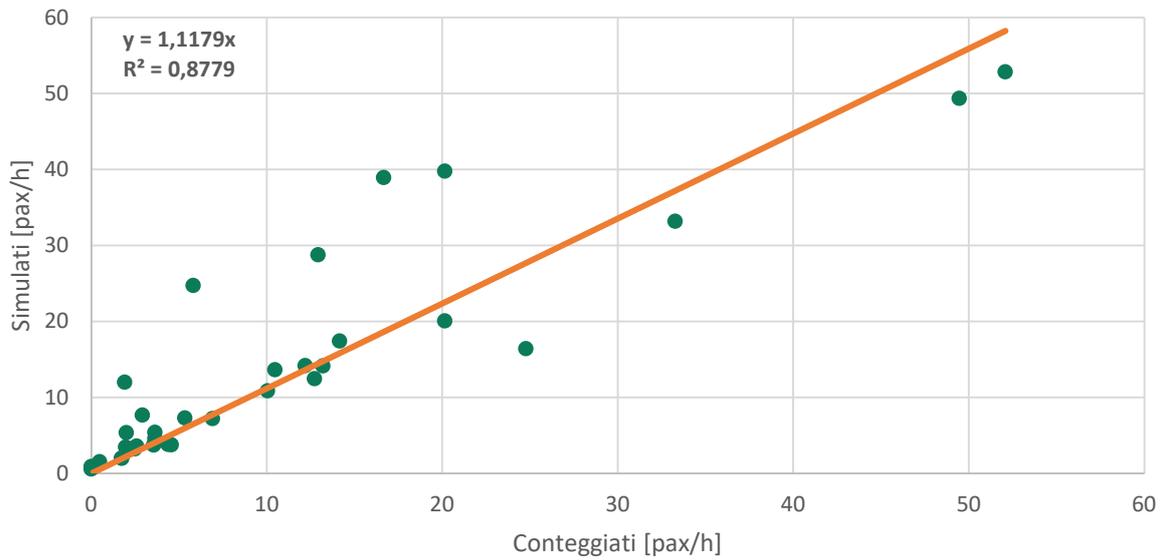


Figura 3-12: Calibrazione del trasporto pubblico – Saliti/Discesi alle Stazioni SFM (esclusa Bologna C.le)

4 Gli scenari futuri

Il modello descritto nei capitoli precedenti e calibrato sulla situazione attuale, rappresenta la base di partenza per la costruzione degli scenari futuri. L'operazione successiva è stata quindi l'individuazione dell'orizzonte temporale di riferimento più rappresentativo nel quale riprodurre la distribuzione dei flussi di traffico indispensabili per tutte le attività di progettazione e di valutazione degli impatti del nuovo sistema Metrobus.

L'orizzonte temporale individuato è il 2027, anno in cui s'ipotizza che il servizio Metrobus sia entrato pienamente a regime e rispetto al quale è possibile definire, con buona approssimazione sulla base degli strumenti di pianificazione di medio e lungo periodo, l'assetto territoriale ed infrastrutturale previsto.

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 introduce anche l'intervento di progetto e le eventuali modifiche alle reti infrastrutturali e dei servizi da questo indotte.

4.1 Il sistema di offerta

4.1.1 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 sei servizi all'anno di riferimento (2027) 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.

Interventi sulla rete di trasporto privato

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

- 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 reale⁸ 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 Bologna San 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 i nuovi svincoli e chiusura e/o modifica di altri.
- realizzazione *III corsia sulla A13* da Bologna Arcoveggio a Ferrara Sud, per un'estesa complessiva di circa 33 km;
- realizzazione della *IV corsia sulla A14* tra ponte Rizzoli e la diramazione per Ravenna per complessivi 27 km;
- realizzazione della *Complanare Nord all'A14* nel tratto da Bologna-San Lazzaro a Ponte Rizzoli e relativi svincoli;
- 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;
- realizzazione di un *collegamento tra via Porrettana (altezza uscita Cantagallo) e il Raccordo Autostrada-Tangenziale* in corrispondenza della stazione ferroviaria Casalecchio Garibaldi;
- completamento dell'*asse Osteria Nuova - Trebbo di Reno*;
- *collegamento tra le aree posizionate ad Est e ad Ovest del fascio ferroviario* tra le stazioni di Rastignano e Bologna San Ruffillo;
- 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;

⁸ Attualmente 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

- 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*;
- realizzazione di alcuni *rami infrastrutturali tangenziali all'abitato di Imola* allo scopo di garantire il bypass da parte dei flussi di attraversamento;
- 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, sono state applicate anche tutte quelle modifiche indotte dagli interventi previsti a seguito dell'entrata in esercizio della Linea Rossa della tramvia. In particolare, sono stati introdotti:

- nuova viabilità e nuovo svincolo per consentire il collegamento tra via San Donato e Tangenziale di Bologna;
- modifiche agli schemi di circolazione (modifica ai sensi di marcia, svolte vietate, etc.);
- riduzione di capacità lungo le carreggiate stradali.

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.

La linea 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. Giunta a Piazza dell'Unità si dirige verso est su via della Liberazione e Viale Aldo Moro, dove la linea si separa dirigendosi:

- verso il "Fiera District" per andarsi ad attestare al Terminal Fiera Michelino;
- lungo 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.

Questo importante intervento comporta necessariamente un ampio riassetto delle linee su gomma urbane/suburbane/extrurbane. 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.

Per quanto riguarda, nello specifico, le linee suburbane ed extrurbane, i percorsi in ambito urbano sono pensati per evitare la sovrapposizione col tracciato della tramvia:

- le linee 81, 91 e 86 scambiano con la linea tramviaria in corrispondenza della fermata Cinta Daziaria;
- le linee 87, 651, 576 (e altre linee minori sulle stesse direttrici) si attestano al nodo di interscambio Terminal Emilio Lepido;
- le linee provenienti dai comuni Nord/Nord-Est della Città metropolitana (93, 88, 300 e 301) si attestano al Terminal Fiera-Michelino.

Di seguito si riporta l'elenco delle linee interessate dalla riorganizzazione dei percorsi.

Linea	Tipologia	Descrizione
11	Urbana	Istituto R. Luxemburg/Bertalia/Arcoveggio - rot. Corelli/Ponticella
13	Urbana	Borgo Panigale - S. Ruffillo – Rastignano
14	Urbana	Barca - Ospedale S. Orsola - Due Madonne/Pilastro
19	Urbana	Casteldebole - San Lazzaro di Savena
20	Urbana	San Biagio - Casalecchio di Reno - Pilastro
21	Urbana	Filanda - Stazione Centrale - San Donato
27	Urbana	Corticella - Mazzini

Linea	Tipologia	Descrizione
28	Urbana	Via Indipendenza S. Pietro / Via dei Mille - Fiera
38	Urbana	Circolare periferica destra
39	Urbana	Circolare periferica sinistra
41	Urbana	Navetta A: Istituto Fioravanti Piazza Liber Paradisus - Poliambulatorio Rizzoli
50	Urbana	Navetta C: Cestello - Piazza Minghetti - Stazione Centrale - Parcheggio Tanari
55	Urbana	Facoltà di Agraria - San Ruffillo
81	Suburbana	Stazione Centrale - Longara - Padulle - Bagno di Piano
86	Suburbana	P.za Roosevelt / P.za San Francesco - Casalecchio di Reno
87	Suburbana	Bologna - Stazione Centrale - Ospedale Maggiore - Anzola - Castelfranco
88	Suburbana	Bologna - Cadriano - Viadagola - Granarolo dell'Emilia
91	Suburbana	Stazione Centrale - Calderara di Reno - Padulle - Bagno di Piano
93	Suburbana	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
213	Extraurbana	Bologna - Budrio - Medicina
300	Extraurbana	Bologna - Granarolo dell'Emilia - Baricella - Mondonuovo
556	Extraurbana	Cento - San Giovanni in Persiceto - Bologna
576	Extraurbana	Bologna - San Giovanni in Persiceto - Crevalcore
646	Extraurbana	Bologna - Anzola dell'Emilia - Spilamberto - Bazzano Stazione F.B.V.
651	Extraurbana	Bologna autostazione - Bazzano stazione
673	Extraurbana	Zola Predosa - Rigosa

Tabella 4-1: Linee TPL su gomma modificate a seguito dell'inserimento 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 SFM Bologna-Portomaggiore;
- il completamento della rete filoviariera urbana bolognese, con la realizzazione delle opere stradali e di alimentazione elettrica, comprese le sottostazioni, e la fornitura di materiale rotabile filoviariero.

Nello specifico, il progetto di filoviarizzazione riguarda le linee:

- 12: Genova/Atleti Azzurri – Stazione Centrale – Corticella SFM (attuale Linea 27);
- 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)⁹
- 32: Circolare esterna destra;
- 33: Circolare esterna sinistra.

⁹ Linea attivata il 30 giugno 2020

Come illustrato in precedenza, alcune di queste (linee 13 e 14) subiscono delle modifiche anche ai tracciati a seguito dell'attivazione della Linea Rossa del tram.

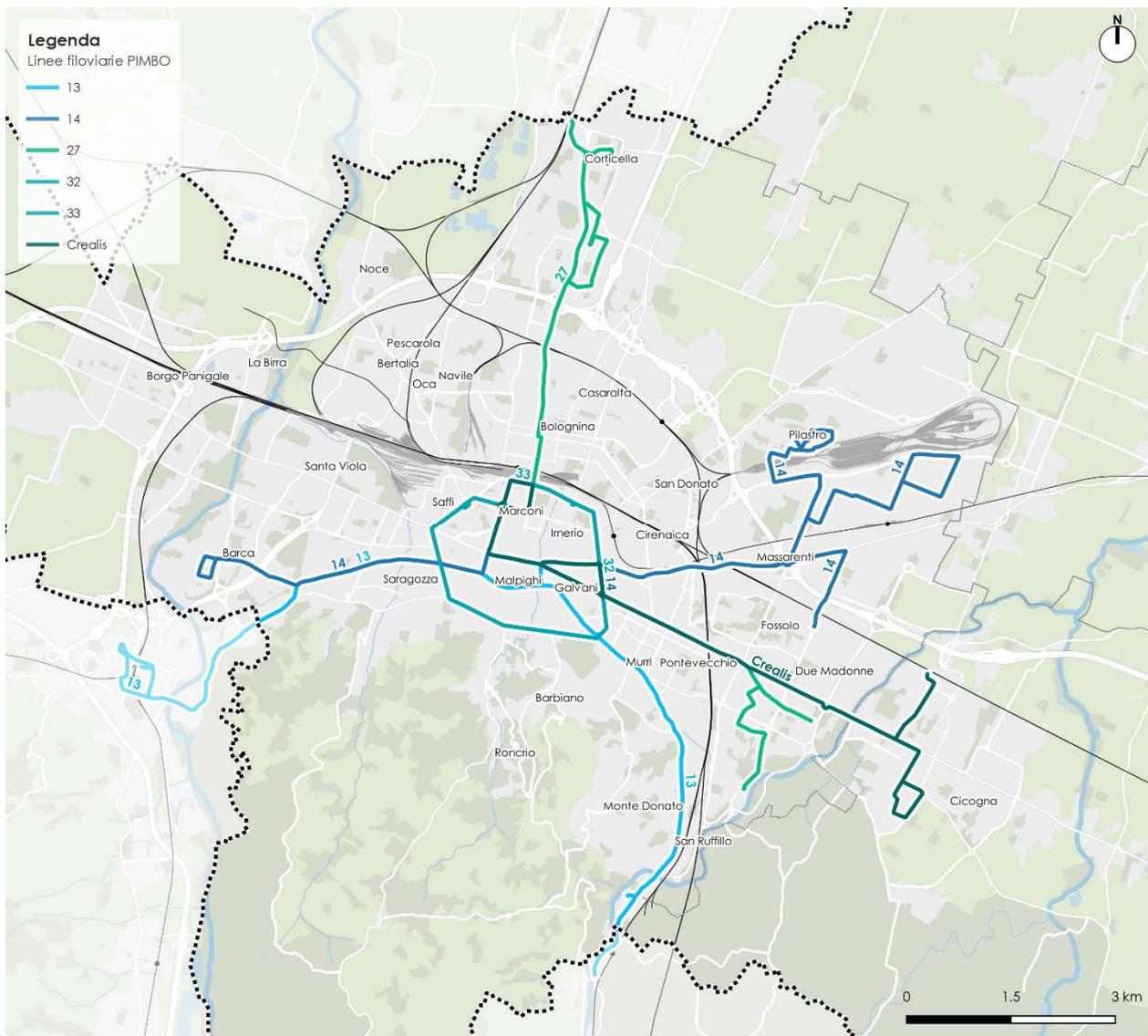


Figura 4-1: Il tracciato delle linee filoviarie nello Scenario di Riferimento

4.1.2 Valutazione delle alternative di progetto

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 alternative descritte nel precedente paragrafo §2.1, sono state implementate a partire dallo Scenario di Riferimento senza apportare nessun'altra modifica prevista dallo 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 due alternative di attrarre domanda sul sistema di Trasporto Pubblico e, in modo particolare, sul sistema Metrobus.

In Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4 e Figura 4-5 sono rappresentate le due alternative, con focus particolare sulla differenziazione dei tracciati all'interno dell'abitato di Bologna; nello specifico, l'Alternativa di tracciato "1" collega Baricella e Bologna attestandosi al terminal Fiera Michelino (futuro capolinea della Linea Rossa del tram) mentre l'Alternativa di tracciato "2" si differenzia poiché raggiunge l'Autostazione di Bologna proseguendo oltre il Terminal e transitando lungo via della Fiera, viale Aldo Moro e via Stalingrado.

Nella Tabella 4-2 sono riportati, in forma aggregata, i principali indicatori trasportistici ottenuti a seguito della simulazione modellistica delle alternative. I dati esposti sono riferiti all'ora di punta, al sistema Metrobus nella sua interezza (8 corse/h equamente divise tra il servizio "Alta Velocità" che di quello "Alta Capacità") e devono essere interpretati come segue:

- *Shift modale sul Trasporto Pubblico*: misura lo shift modale dovuto al trasferimento d'utenza dall'auto al trasporto pubblico;
- *Saliti Metrobus*: fornisce il valore dei passeggeri saliti sul sistema Metrobus;
- *Pax*km Metrobus*: fornisce la percorrenza complessiva sviluppata a bordo del sistema Metrobus da parte dei "saliti Metrobus";
- *Percorrenza media a bordo*: ottenuta dal rapporto tra "pax*km Metrobus" e "saliti Metrobus";
- *Produzione Metrobus*: fornisce la percorrenza complessiva giornaliera sviluppata dalle corse del sistema Metrobus.

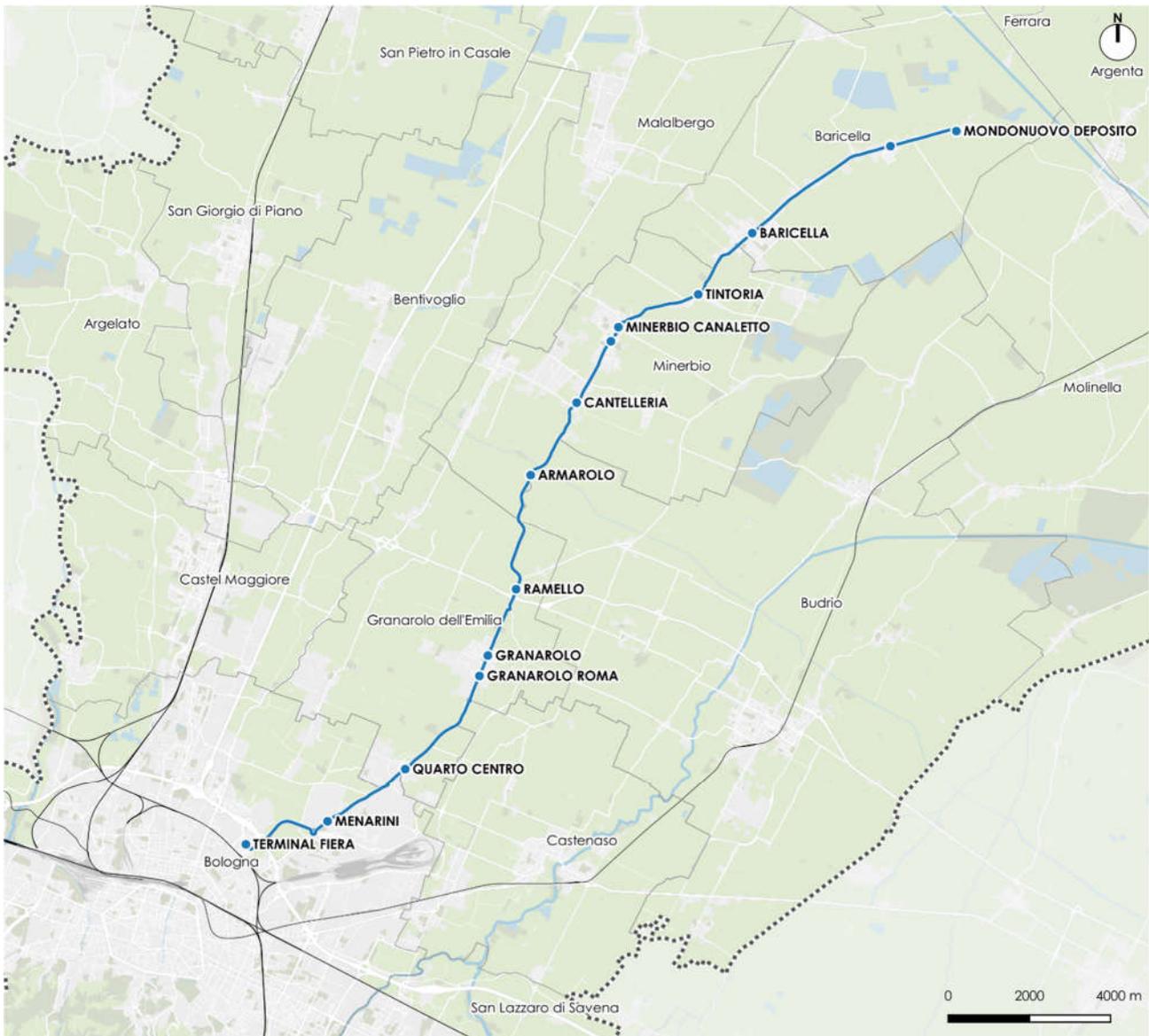


Figura 4-2: Alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità

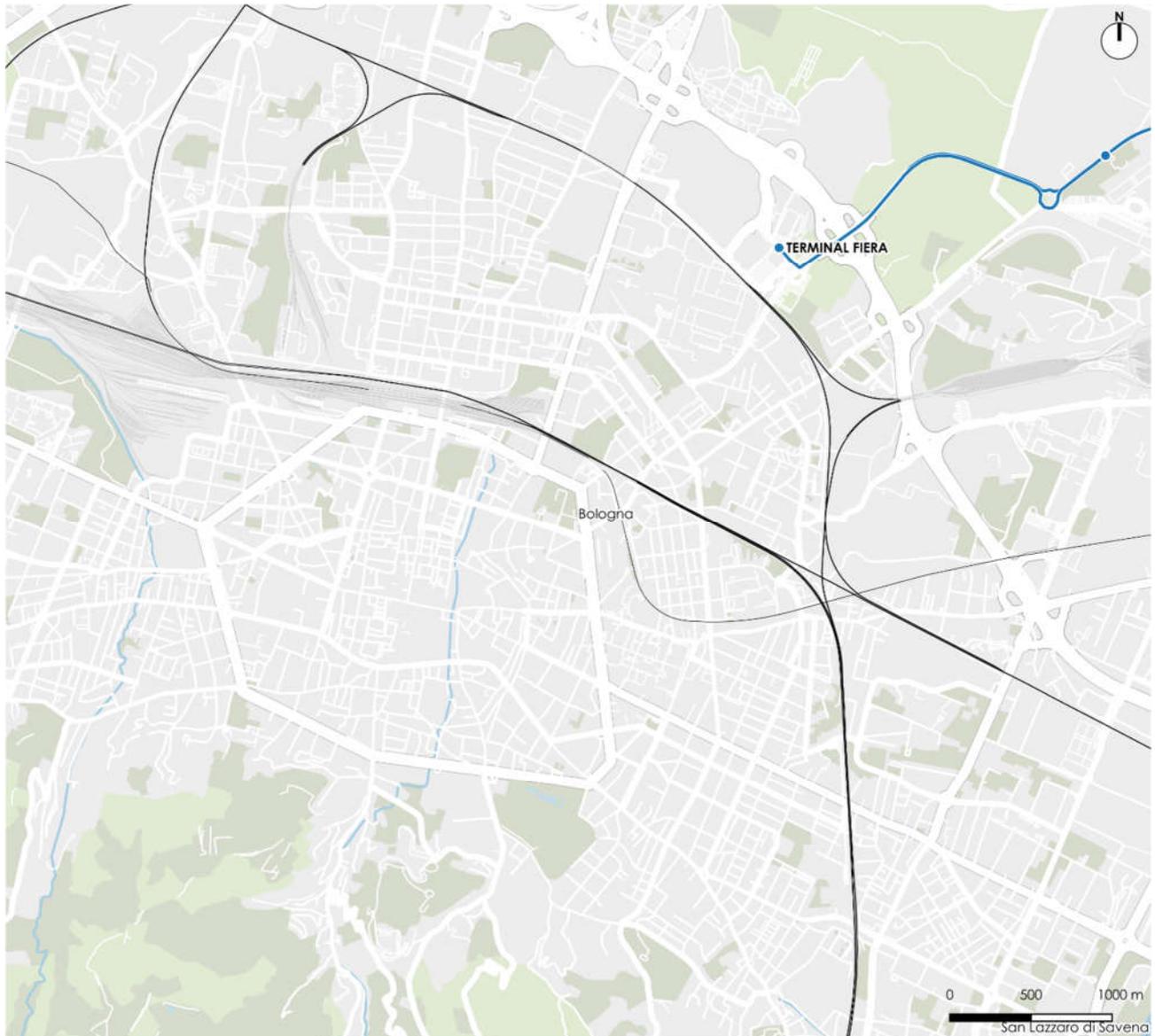


Figura 4-3: Alternativa di tracciato 1 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)

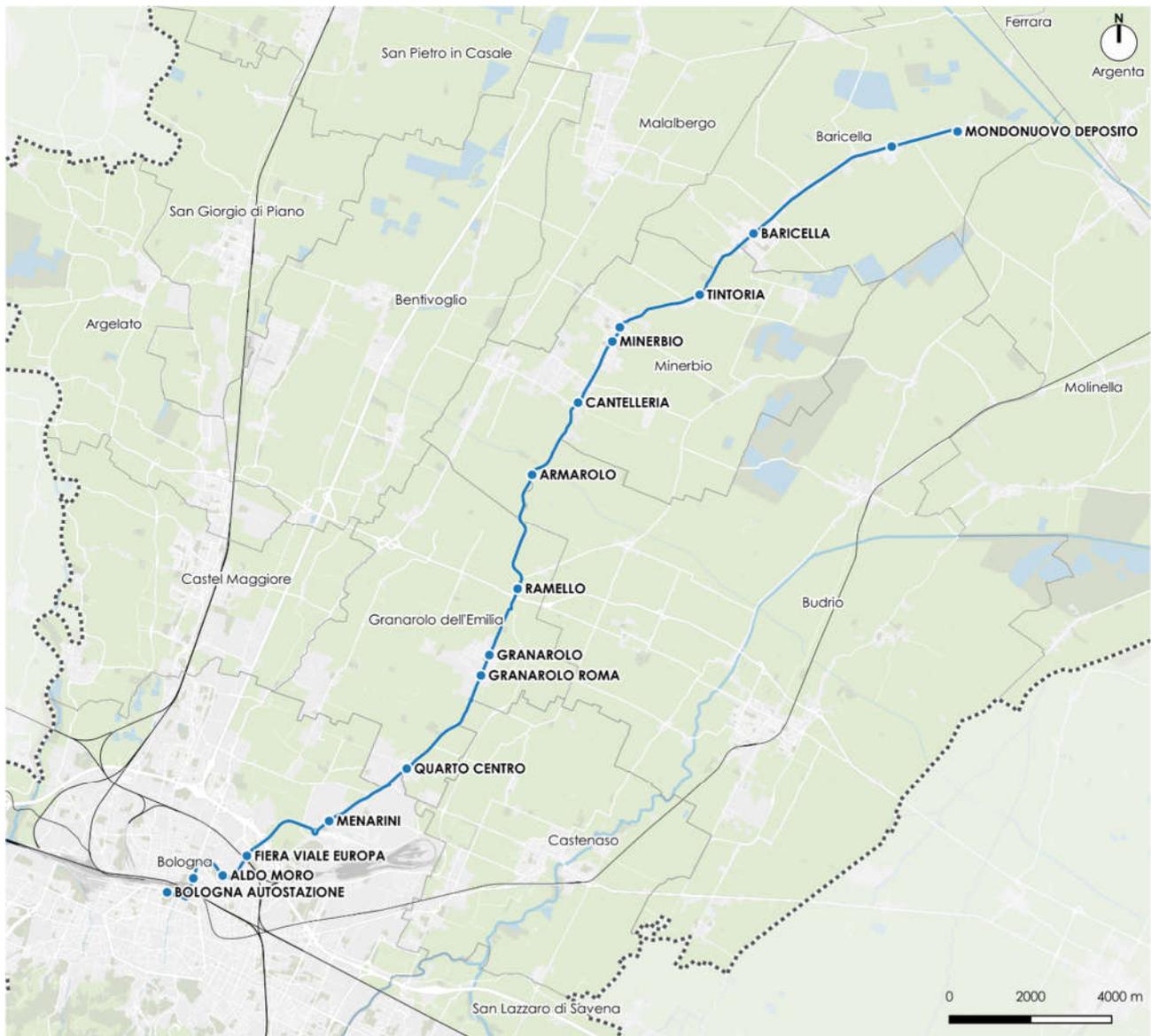


Figura 4-4: Alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità



Figura 4-5: Alternativa di tracciato 2 – Metrobus Alta Velocità (focus su ingresso a Bologna)

Indicatore	Soluzione "1"	Soluzione "2"
Shift modale sul Trasporto Pubblico (pax/h)	70	110
Saliti Metrobus (pax/h)	620	815
Pax*km Metrobus (pax*km)	7.500	10.600
Percorrenza media a bordo (km)	12,0	13
Produzione Metrobus (bus*km/gg)	3.050	3.500

Tabella 4-2: Principali indicatori di valutazione delle Alternative di tracciato

Sulla base di queste risultanze fornite dalle alternative ipotizzate si evince come **la soluzione "2" sia la soluzione che fornisce le migliori prestazioni a livello trasportistico**, sia in termini di maggior shift modale sia in termini di carico sulla linea perché il suo itinerario diretto consente di servire in modo più efficace la popolazione residente nell'area di studio

e soprattutto di garantire un ingresso al centro storico di Bologna senza ulteriori trasbordi (come nel caso dell'attestamento a Michelin).

4.1.3 Lo Scenario di Progetto

Come noto, la configurazione dello Scenario di Progetto differisce da quello di riferimento esclusivamente per la presenza del progetto che deve essere oggetto di valutazione e che, inevitabilmente, genera delle modifiche sia al funzionamento della rete di trasporto privato che a quello della rete del trasporto pubblico.

Delle caratteristiche infrastrutturali e di tracciato della linea Metrobus si è già parlato nel precedente capitolo §2, mentre nel paragrafo §4.1.2 si è individuata nella Soluzione "2" l'alternativa che viene sottoposta a valutazione e per la quale viene definita anche la riorganizzazione della rete di trasporto su gomma del bacino San Donato.

Di seguito sono riportati tutti gli ulteriori elementi progettuali che discendono direttamente dalla realizzazione del sistema Metrobus.

Interventi sulla rete di trasporto privato

Per quanto alla rete del trasporto privato, il nuovo sistema Metrobus prevede una serie di interventi infrastrutturali mirati a conferire al servizio le caratteristiche prestazionali tipiche di un sistema BRT:

- sede o corsie dedicate;
- gestione delle intersezioni;
- assenza di barriere architettoniche alle fermate.

Nello specifico, oltre ad una configurazione ed una localizzazione delle fermate in grado di conferire maggiore riconoscibilità, accessibilità e comfort all'utenza, tra le principali modifiche previste relativamente alla rete stradale recepite nel modello di simulazione a scala macroscopica si segnalano:

- nel tratto di attraversamento del centro abitato di Minerbio, la realizzazione su via Roma (tra l'intersezione con vicolo Stradone e quella con via Borgo) di un *tratto di corsia preferenziale in direzione Bologna*;
- nel tratto di attraversamento del centro abitato di Granarolo:
 - *interdizione al transito dei mezzi privati su via San Donato in direzione Bologna* tra l'intersezione con Via Tartarini e quella con Via Matteucci;
 - *realizzazione di un tratto di corsia preferenziale su via San Donato in direzione Bologna* tra l'intersezione con Via Tartarini e via Matteucci;
- la realizzazione di *una rotonda allo svincolo tra via San Donato e via Quarto di sopra* nella frazione di Quarto Inferiore per fluidificare il transito all'intersezione e mettere in sicurezza le manovre di svolta a sinistra;
- la realizzazione di *una corsia preferenziale sulla SP5 San Donato in approccio alla Rotatoria Luchino Visconti*, in direzione Bologna, all'ingresso del centro abitato del capoluogo.

Si rimanda comunque agli specifici elaborati del PFTper i dettagli progettuali dei singoli interventi.

Interventi sulla rete di trasporto pubblico

Oltre all'implementazione del nuovo sistema Metrobus per collegare Baricella a Bologna, che nel precedente capitolo §2 è stato esposto nelle differenti alternative di tracciato e che costituisce l'intervento di progetto da sottoporre a valutazione, sono stati previsti altri interventi che interesseranno la rete del trasporto pubblico, illustrati di seguito in quanto strettamente correlati alla realizzazione del Metrobus.

La riorganizzazione delle linee di TPL

Coerentemente con quanto previsto dal PUMS Metropolitano, contestualmente all'implementazione del nuovo sistema Metrobus, è stata prevista la ristrutturazione delle linee TPL del bacino San Donato nell'ottica di perseguire tre principali obiettivi:

- il **miglioramento dell'accessibilità al territorio**, tramite l'utilizzo dei servizi di trasporto pubblico;
- il **riequilibrio modale a favore del TPL**, attraendo la quota di domanda potenziale che attualmente utilizza il mezzo privato;
- l'**incremento dell'inclusione sociale**, assicurando a tutti i cittadini pari opportunità fisiche ed economiche di accesso ai luoghi ed ai servizi di interesse.

Il presente studio è stato pertanto condotto attraverso strategie di pianificazione in grado di centrare tali sfidanti obiettivi; la riorganizzazione delle linee TPL è stata di conseguenza pensata declinando alla scala locale del bacino San Donato le strategie e le azioni previste dal PUMS in merito alla rete del Trasporto Pubblico Metropolitano:

- **Rete gerarchizzata**, pianificando le linee secondo una gerarchia funzionale, in linee di forza e adduzione, considerando il Metrobus come linea portante tra Baricella e Bologna;

- **Rete capillare**, Assicurando una buona copertura del territorio e pensando percorsi di linea che servano, oltre che da adduzione, da raccolta e distribuzione nei centri abitati e nei poli attrattivi;
- **Attrattività del TPL**, pianificando servizi che siano efficienti ed attrattivi per frequenza, velocità, comfort a bordo ed in fermata e assicurando adeguata informazione all'utenza.

Come accennato nel capitolo §2, nell'ottica di assicurare elevata velocità e capacità al trasporto pubblico tra Baricella e Bologna per compensare la mancanza del servizio ferroviario, la definizione del nuovo sistema Metrobus ha interessato diversi ambiti di analisi:

- fermate;
- servizio;
- bigliettazione;
- accessibilità;
- via di marcia;
- parco veicolare.

Sono stati pertanto implementati due differenti servizi, in grado di garantire all'utenza al contempo velocità e capacità di trasporto lungo la direttrice San Donato:

- Metrobus – **Alta Velocità: Baricella – Bologna Autostazione**, che prevede 6 corse/h/direzione nell'ora di punta mattutina per un totale di 86 coppie di corse ogni giorno, effettuato con due differenti tracciati:
 - *Mondonuovo – Bologna Autostazione*, per un totale di 8 corse/giorno (4 durante la punta mattutina);
 - *Baricella – Bologna Autostazione*, per le rimanenti 78 corse/giorno;
- Metrobus – **Alta Capacità: Granarolo – Bologna Autostazione**, che prevede 4 corse/h/direzione nell'ora di punta mattutina per un totale di 68 coppie di corse ogni giorno.

Per quanto riguarda, invece, la riorganizzazione delle linee di adduzione, è stato necessario prevedere un significativo riassetto dei servizi di TPL su gomma che attualmente servono il quadrante est della Città metropolitana. A tale scopo, quindi, sono stati individuati una serie di criteri di pianificazione in grado di risolvere le principali criticità dell'attuale rete TPL (evidenziate nel paragrafo §1.6.2), facilitando il conseguimento degli obiettivi e l'attuazione delle strategie sanciti dal vigente PUMS:

- **Gerarchizzazione della rete:**
 - Metrobus e SFM come sistema portante;
 - Rete di adduzione a Metrobus e SFM;
- **Riconoscibilità:**
 - Struttura e caratteristiche dei percorsi semplificati rispetto all'attuale;
- **Funzionalità:**
 - Percorsi e frequenze stabilite in base alle caratteristiche della domanda di mobilità ed alla localizzazione dei poli attrattivi (zone industriali e poli produttivi);
- **Connessione:**
 - Attestamenti che favoriscano l'interscambio modale nei futuri Centri di Mobilità;
 - Ottimizzazione dell'uso delle risorse.

È opportuno specificare che 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. Pertanto, *i servizi scolastici sono stati considerati solo in termini di contributo al monte km complessivo della rete pianificata ma non sono stati oggetto di questa pianificazione*. Nelle successive figure sono illustrate le modifiche introdotte alle linee extraurbane; è opportuno precisare che, per quanto appena detto, alcune linee che ad oggi effettuano esclusivamente servizio scolastico, sebbene esistenti, non sono state considerate nella modellizzazione dello Scenario Attuale e di quello di Riferimento.

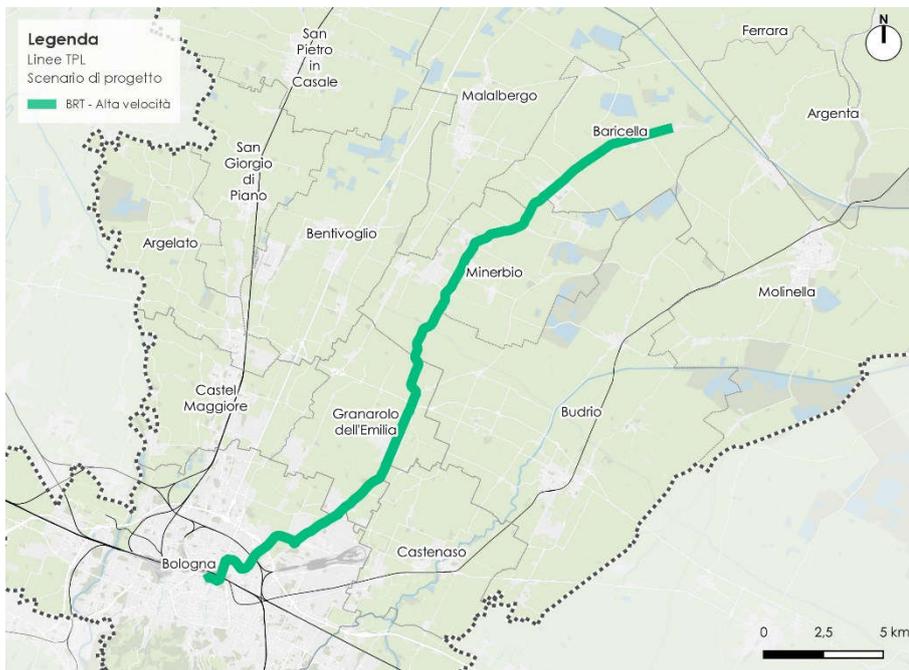
Tali linee risultano implementate, pertanto, solo nello Scenario di Progetto, dal momento che è l'unico nel quale assumono validità anche "non scolastica". Di conseguenza, solo nello Scenario di Progetto vengono considerate per il computo delle produzioni chilometriche annuali, utili a loro volta a verificare l'equilibrio economico-finanziario del progetto in questione. Il dato delle corse/giorno si riferisce pertanto a quelle con validità "non scolastica".

**Metrobus –
Alta Velocità**

Scenario Progetto

Percorso
Baricella/Mondonuovo –
Bologna Autostazione

Corse/giorno
86
(di cui 8 da/verso
Mondonuovo)

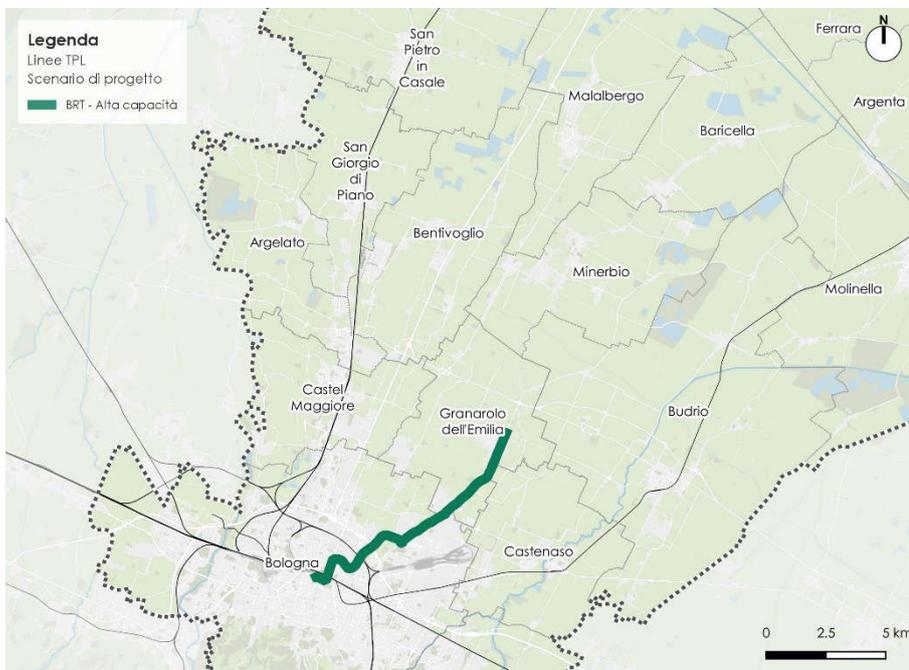


**Metrobus –
Alta Capacità**

Scenario Progetto

Percorso
Granarolo –
Bologna Autostazione

Corse/giorno
68



Linea 88

Scenario Riferimento

Percorso
Bologna - Cadriano - Viadagola -
Granarolo dell'Emilia

Corse/giorno
41

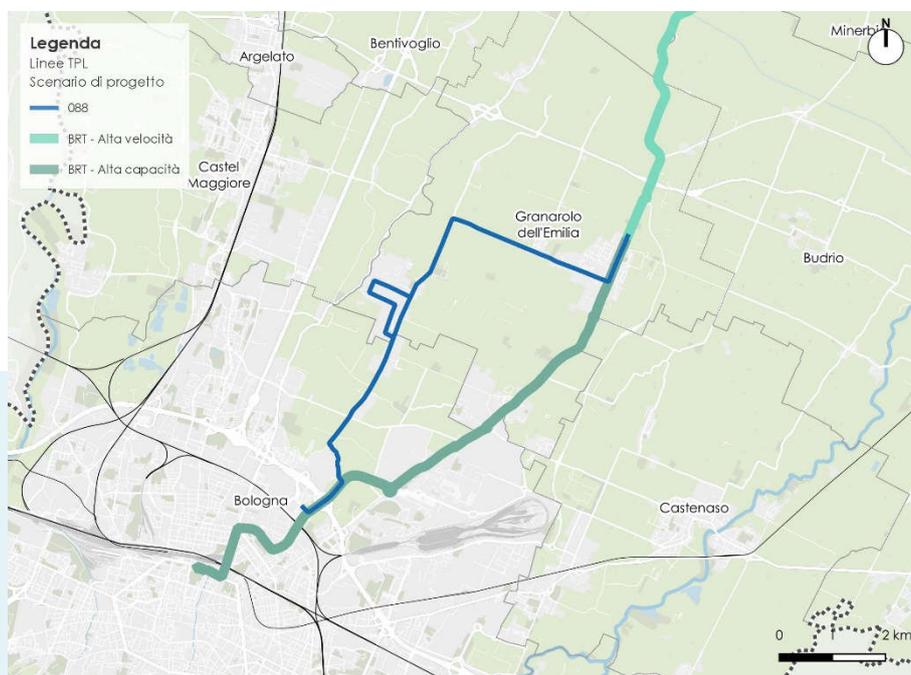


Linea 88

Scenario Progetto

Percorso
Bologna - Cadriano - Viadagola -
Granarolo dell'Emilia

Corse/giorno
41

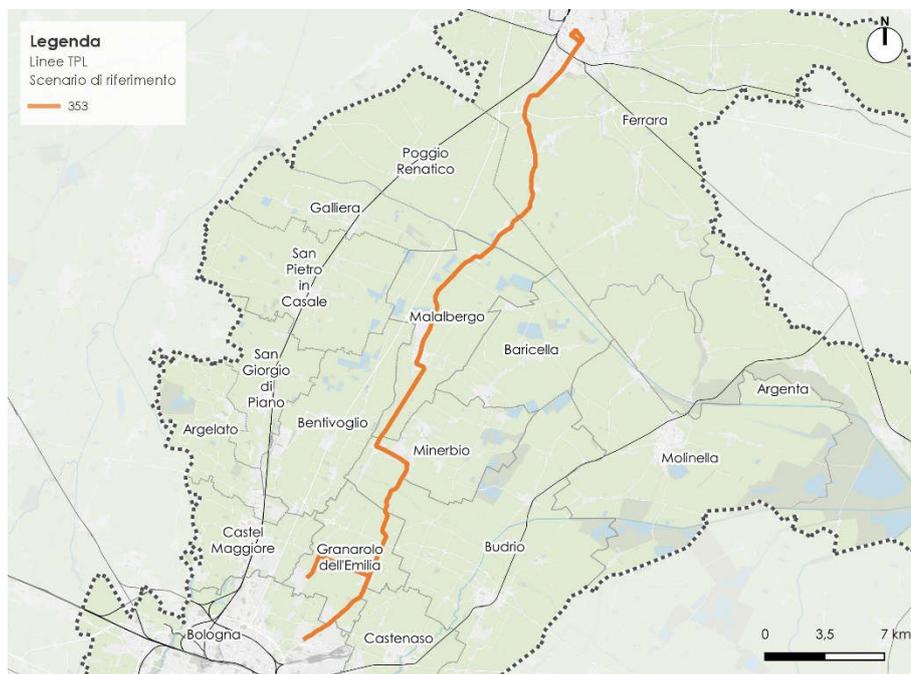


Linea 353

Scenario Riferimento

Percorso
Menarini - Ferrara Corso Isonzo

Corse/giorno
3

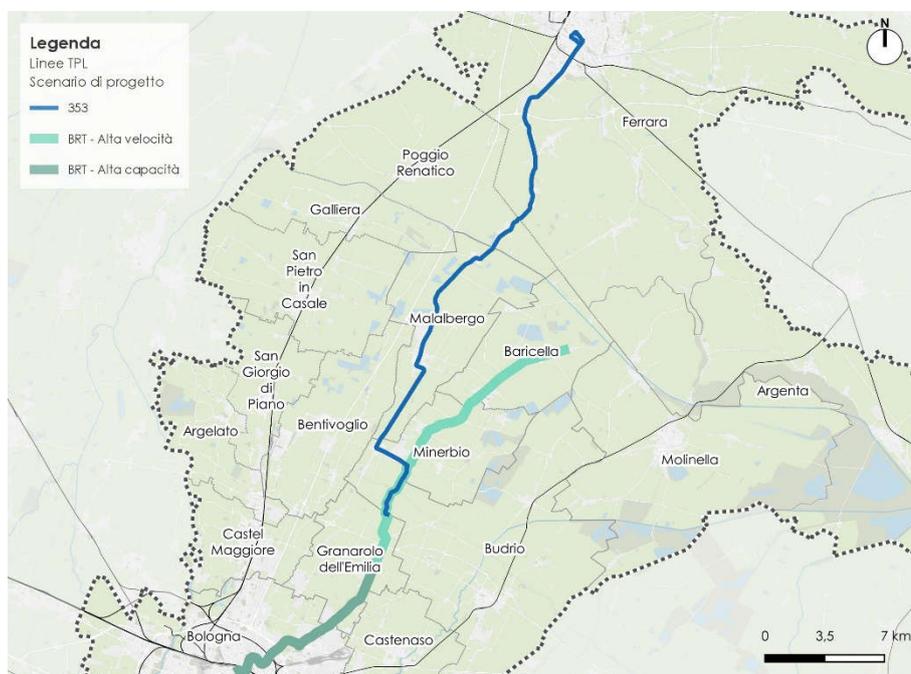


Linea 353

Scenario Progetto

Percorso
Trapanino – Ferrara Corso Isonzo

Corse/giorno
8

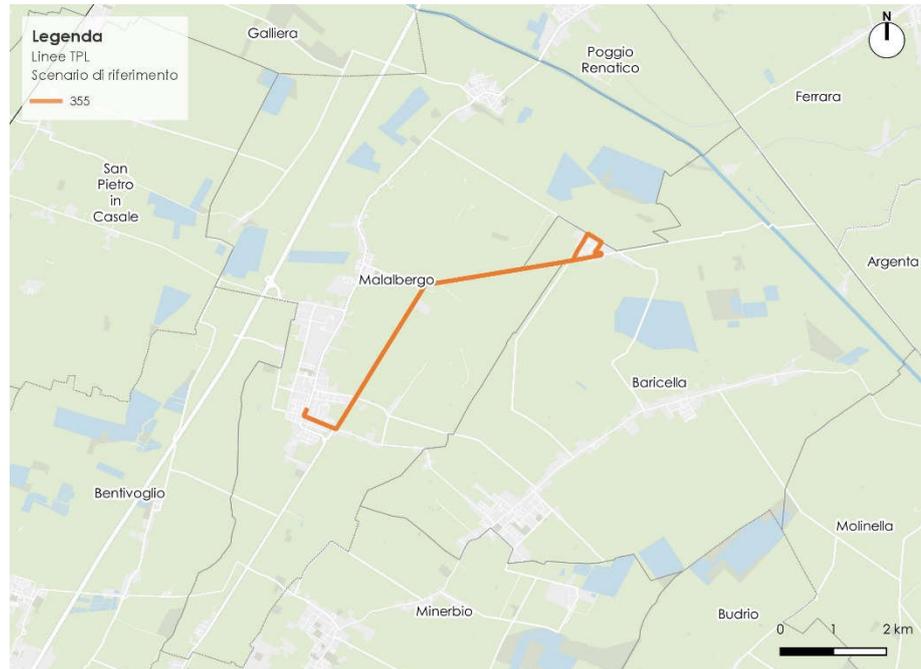


Linea 355

Scenario Riferimento

Percorso
Altedo - Boschi

Corse/giorno
14

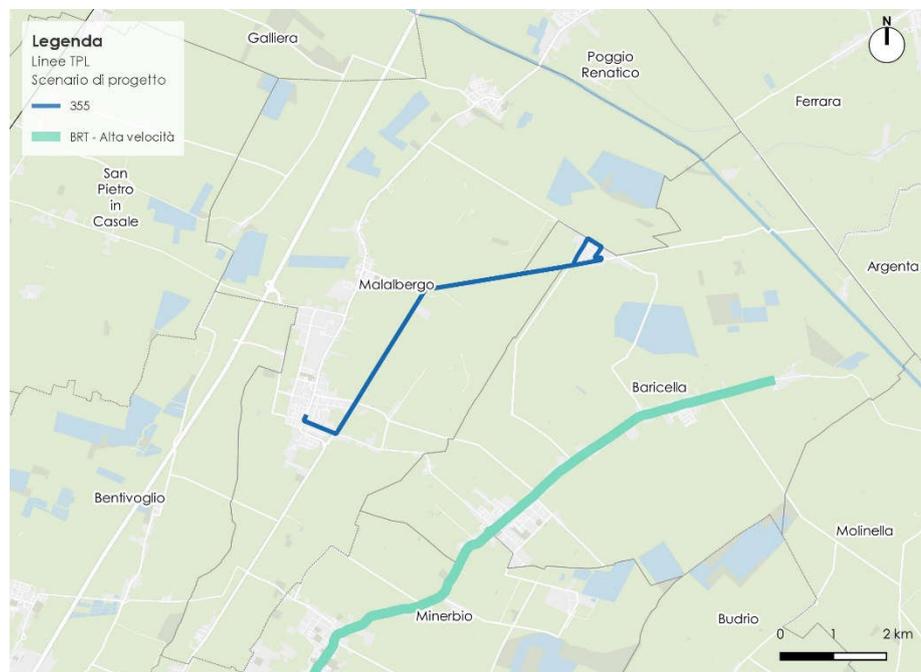


Linea 355

Scenario Progetto

Percorso
Altedo - Boschi

Corse/giorno
4

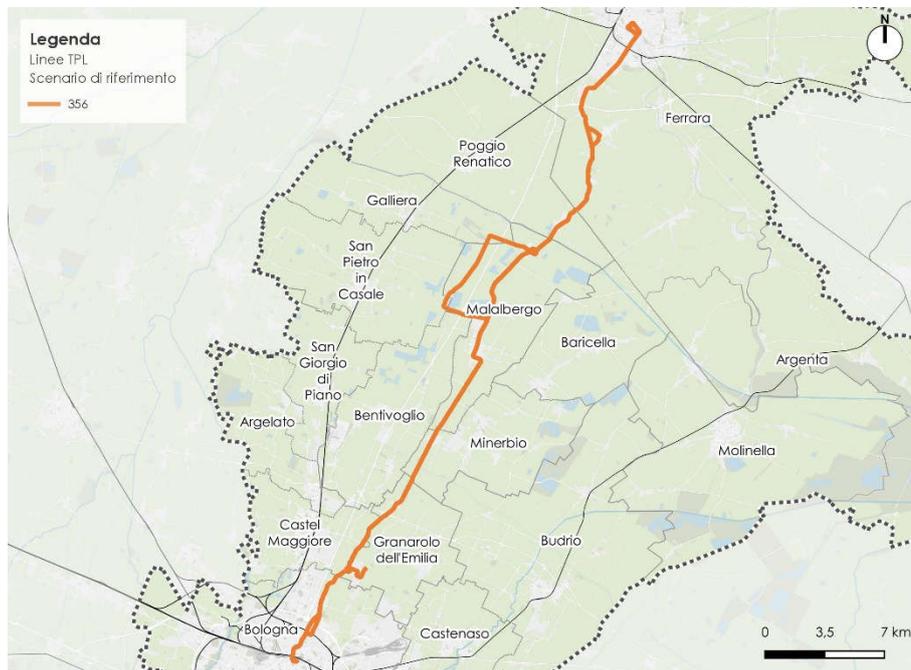


Linea 356

Scenario Riferimento

Percorso
Bologna - Altedo - Malalbergo - Ferrara

Corse/giorno
50

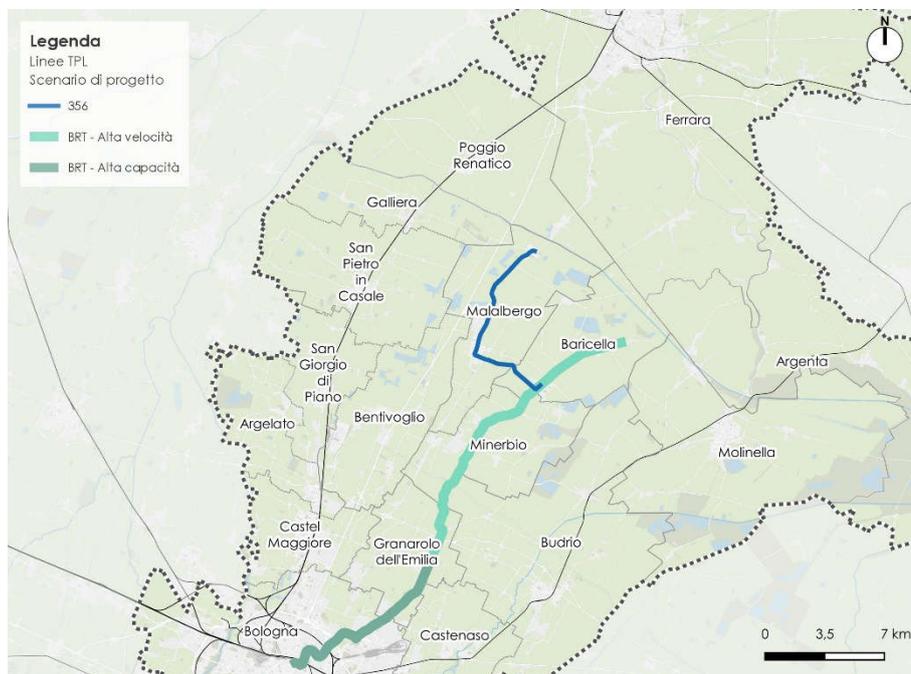


Linea 356

Scenario Progetto

Percorso
Alteto - Malalbergo - Baricella

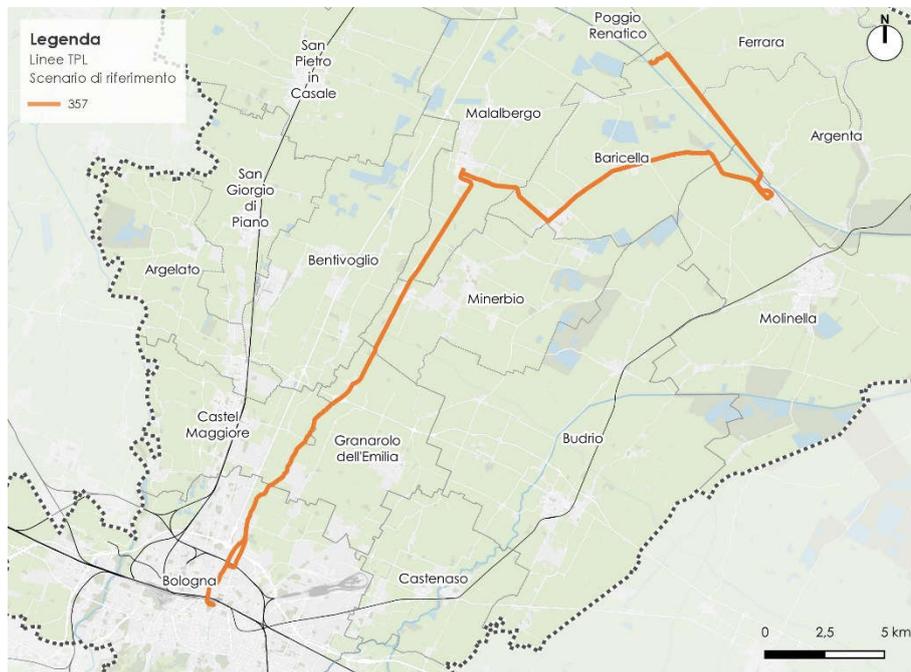
Corse/giorno
52



Linea 357 **Scenario Riferimento**

Percorso
Bologna - Altedo - Passosegni

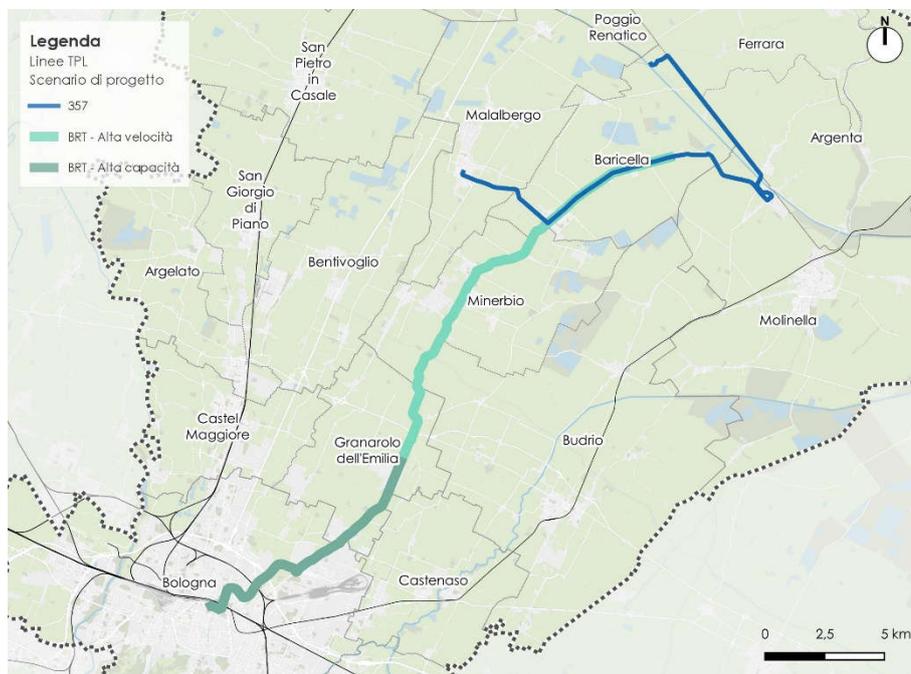
Corse/giorno
10



Linea 357 **Scenario Progetto**

Percorso
Alteto – Baricella - Passosegni

Corse/giorno
24



Linea 358

Scenario Riferimento

Percorso

ATTUALMENTE SOLO SCOLASTICA

Corse/giorno

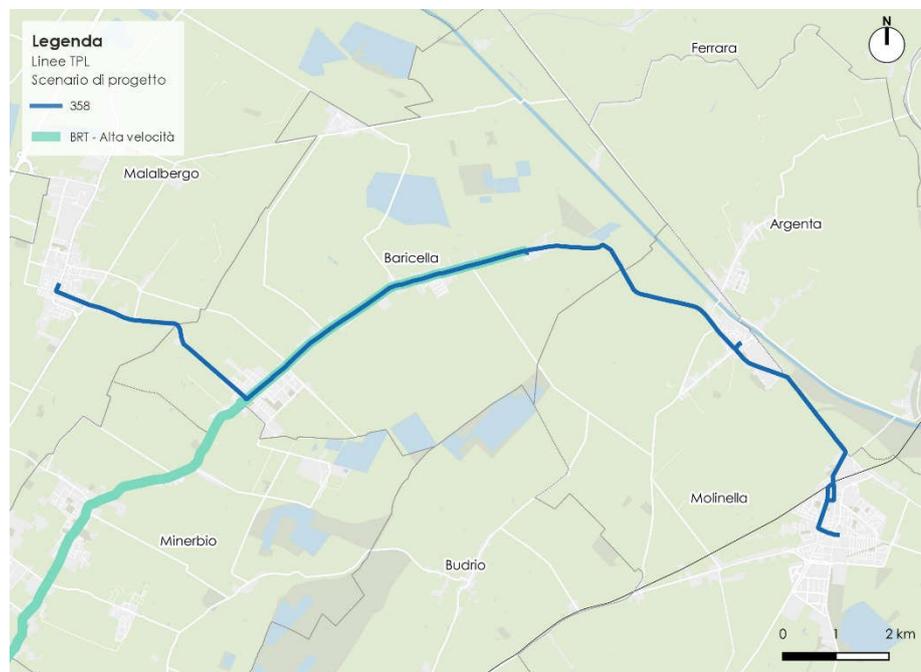
Linea 358

Scenario Progetto

Percorso
Altedo – Baricella - Molinella

Corse/giorno

24



Linea 359

Scenario Riferimento

Percorso

ATTUALMENTE NON PREVISTA

Corse/giorno

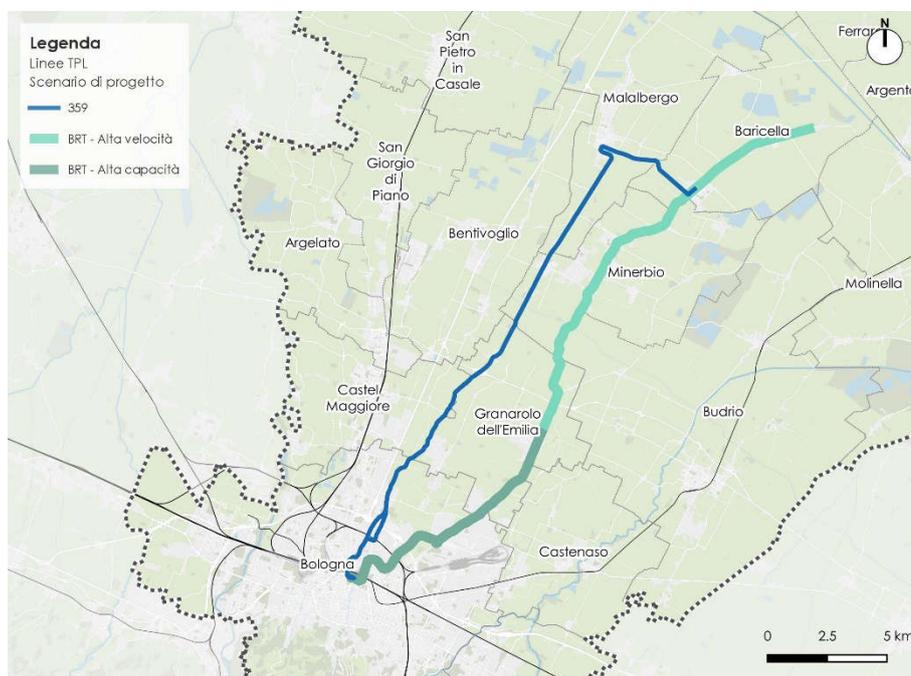
Linea 359

Scenario Progetto

Percorso
Bologna – Altedo - Baricella

Corse/giorno

8



Linea 430

Scenario Riferimento

Percorso

ATTUALMENTE NON PREVISTA

Corse/giorno

Linea 430

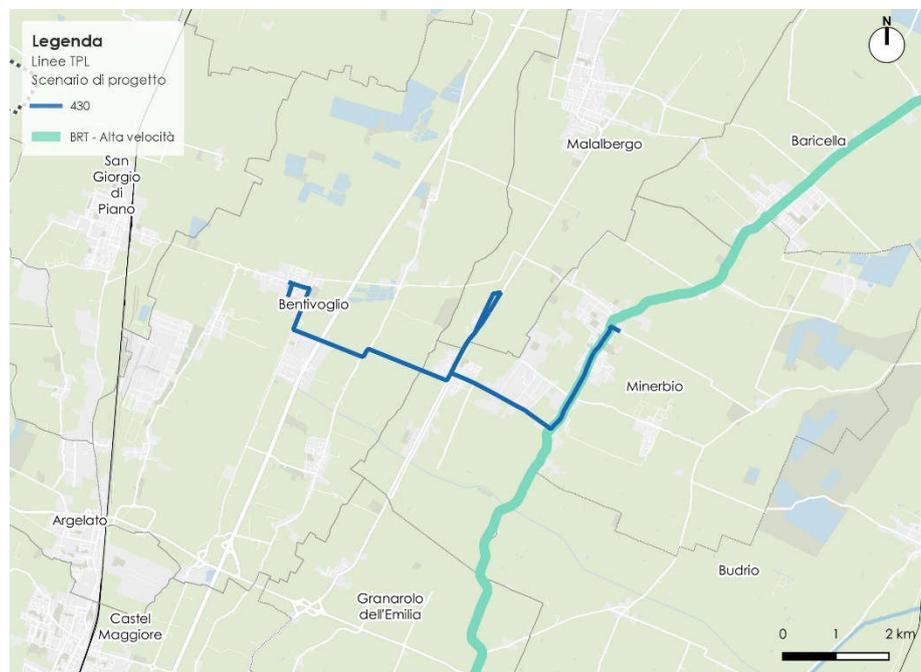
Scenario Progetto

Percorso

Bentivoglio Ospedale –
Cà de Fabbri Z.I. –
Minerbio Cimitero

Corse/giorno

8



Linea 438

Scenario Riferimento

Percorso

ATTUALMENTE NON PREVISTA

Corse/giorno

Linea 438

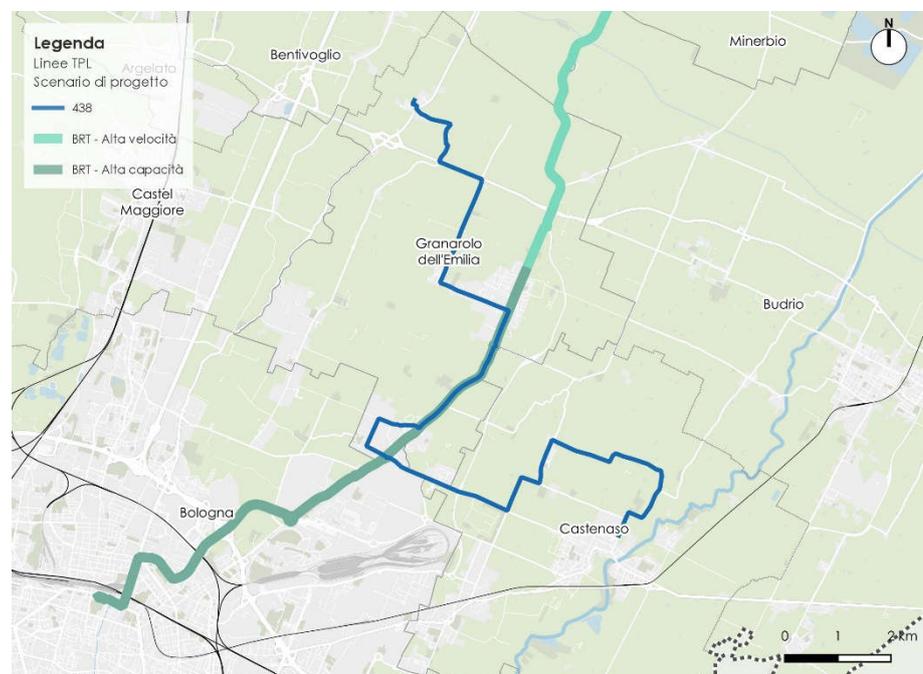
Scenario Progetto

Percorso

Lovoletto – Granarolo –
Quarto Inferiore – Marano -
Castenaso

Corse/giorno

16



Linea 439

Scenario Riferimento

Percorso

ATTUALMENTE NON PREVISTA

Corse/giorno

Linea 439

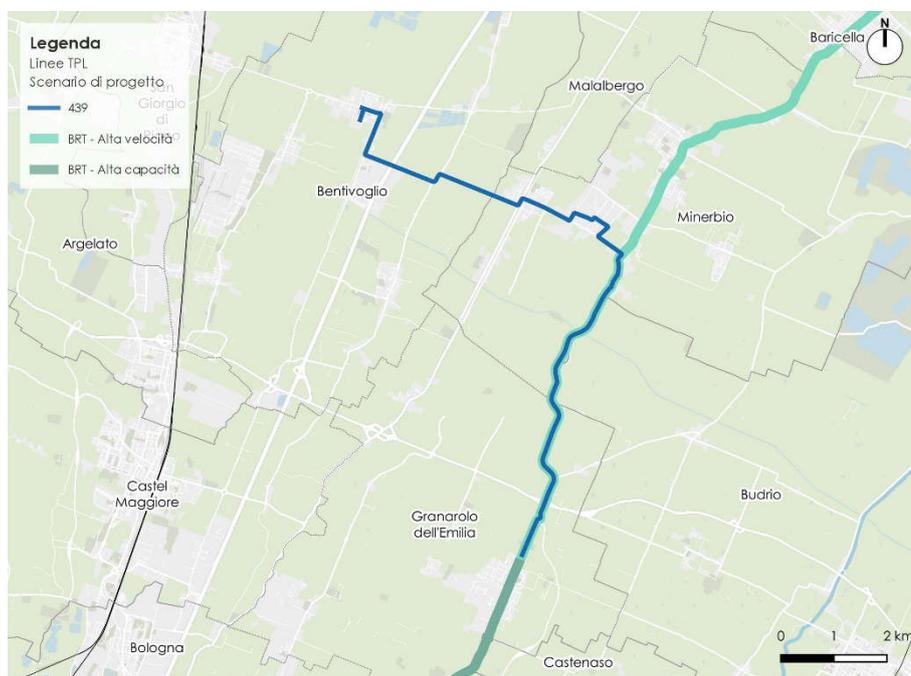
Scenario Progetto

Percorso

Bentivoglio Ospedale –
Cà de Fabbri - Granarolo

Corse/giorno

8

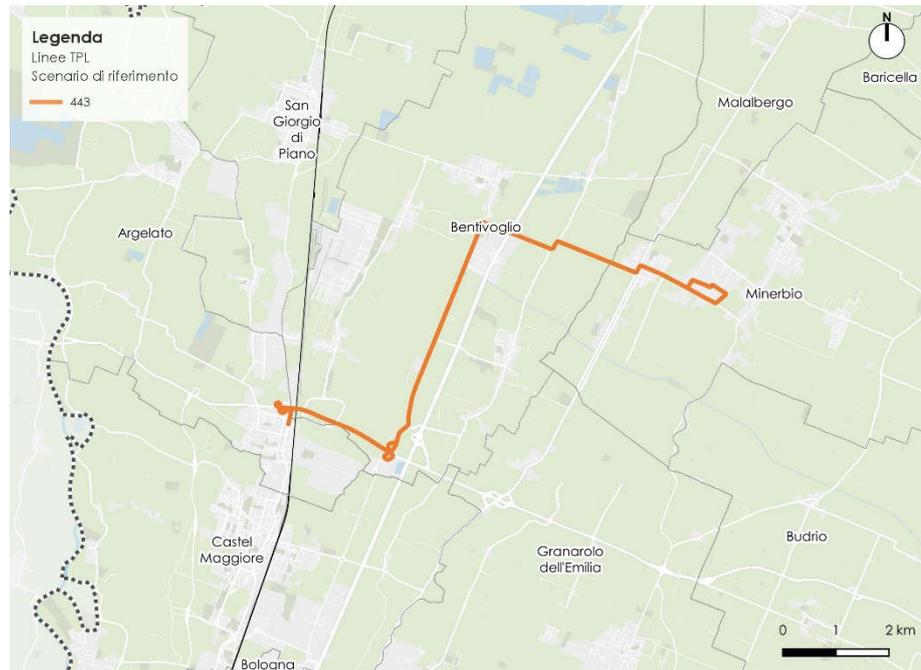


Linea 443

Scenario Riferimento

Percorso
Funò - Z.I. Cà dé Fabbri

Corse/giorno
2

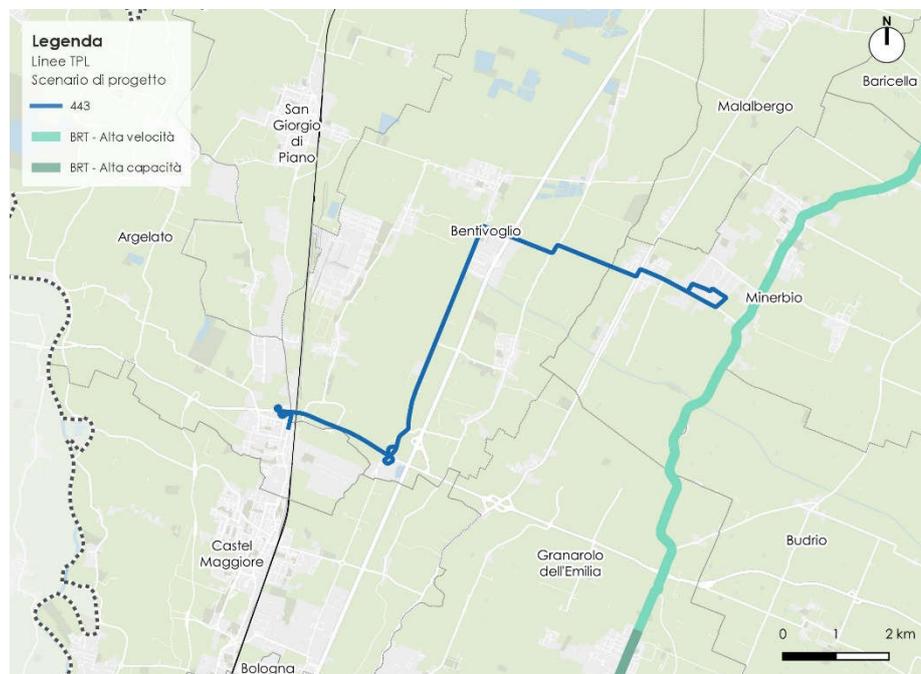


Linea 443

Scenario Progetto

Percorso
Funò - Z.I. Cà dé Fabbri

Corse/giorno
2

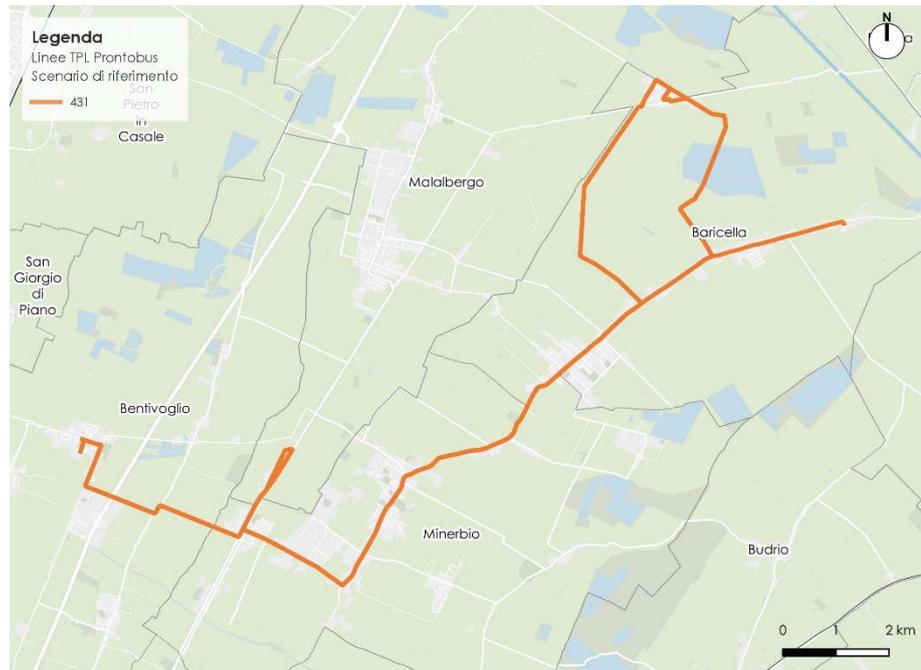


Linea 431 - Prontobus

Scenario Riferimento

Percorso
Boschi - Baricella - Minerbio -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
28

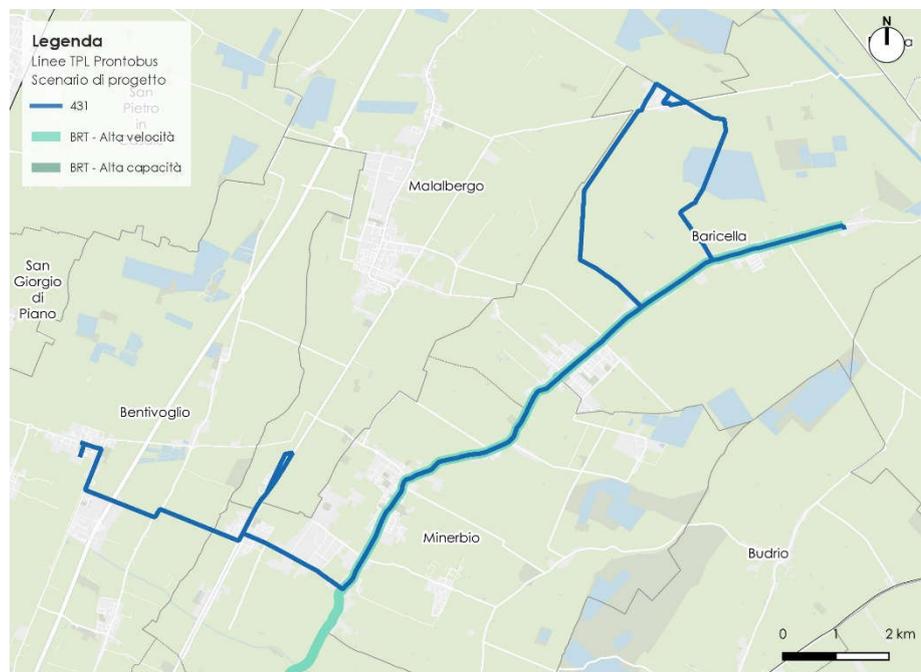


Linea 431 - Prontobus

Scenario Progetto

Percorso
Boschi - Baricella - Minerbio -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
28

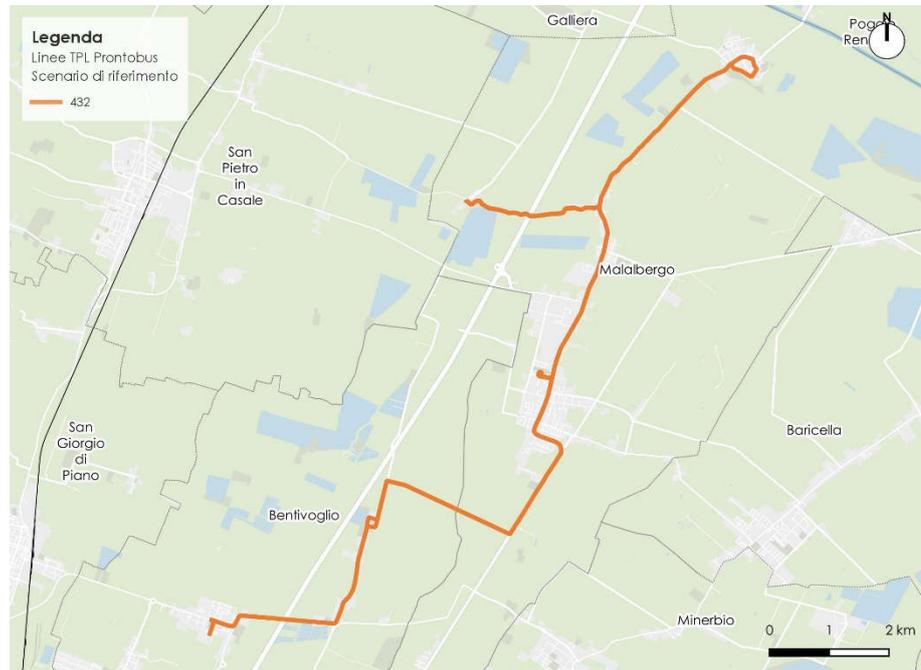


Linea 432 – Prontobus

Scenario Riferimento

Percorso
Malalbergo - Altedo - Saletto -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
15

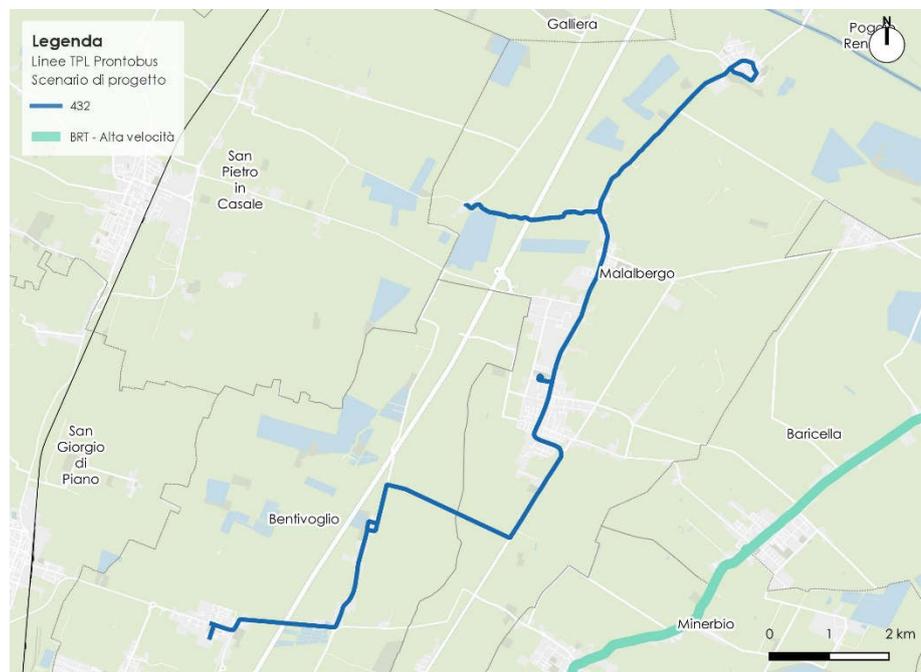


Linea 432 – Prontobus

Scenario Progetto

Percorso
Malalbergo - Altedo - Saletto -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
15

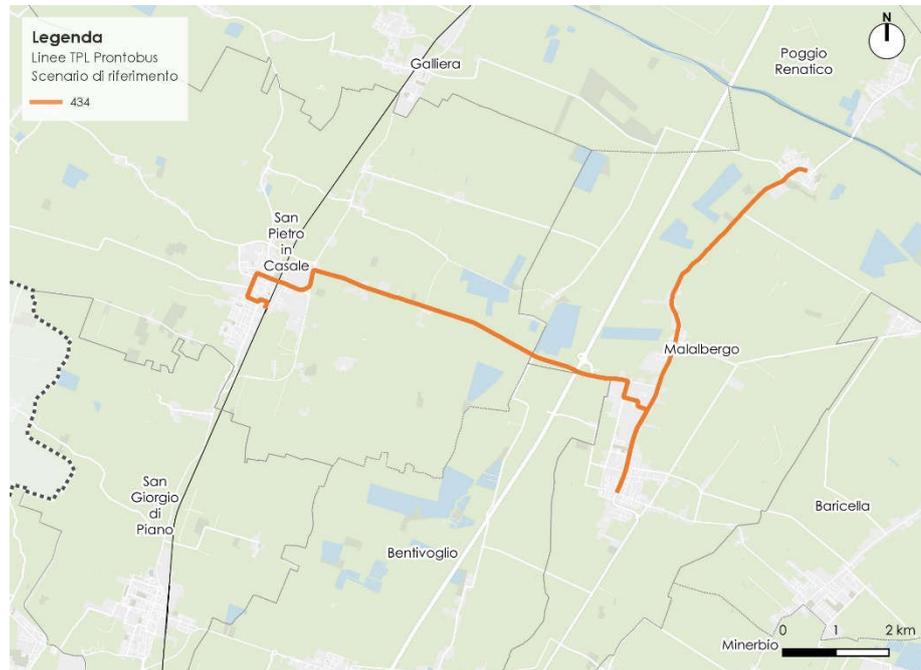


Linea 434 - Prontobus

Scenario Riferimento

Percorso
Malalbergo - Altedo -
San Pietro in Casale

Corse/giorno
9

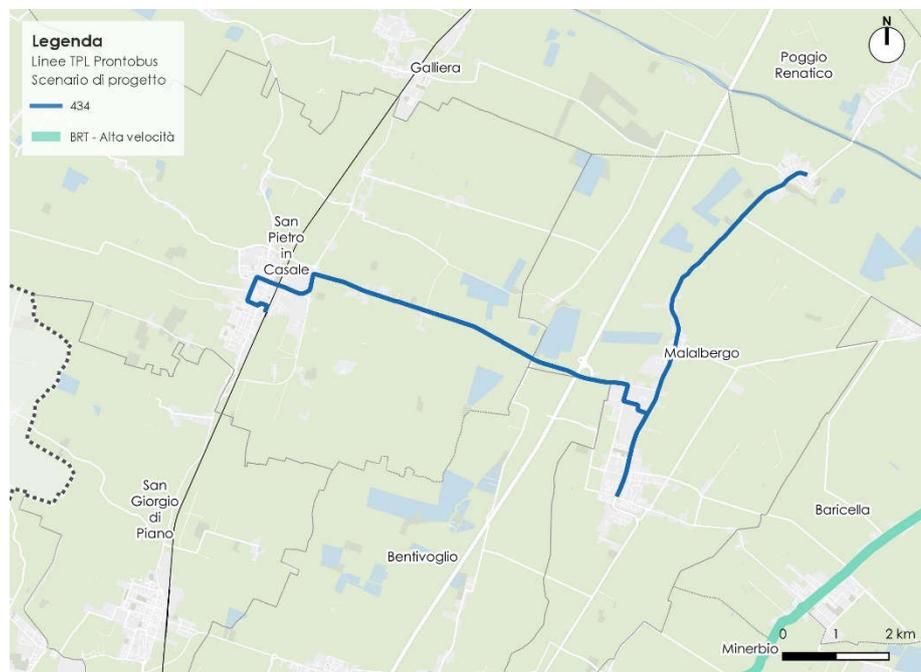


Linea 434 - Prontobus

Scenario Progetto

Percorso
Malalbergo - Altedo -
San Pietro in Casale

Corse/giorno
9

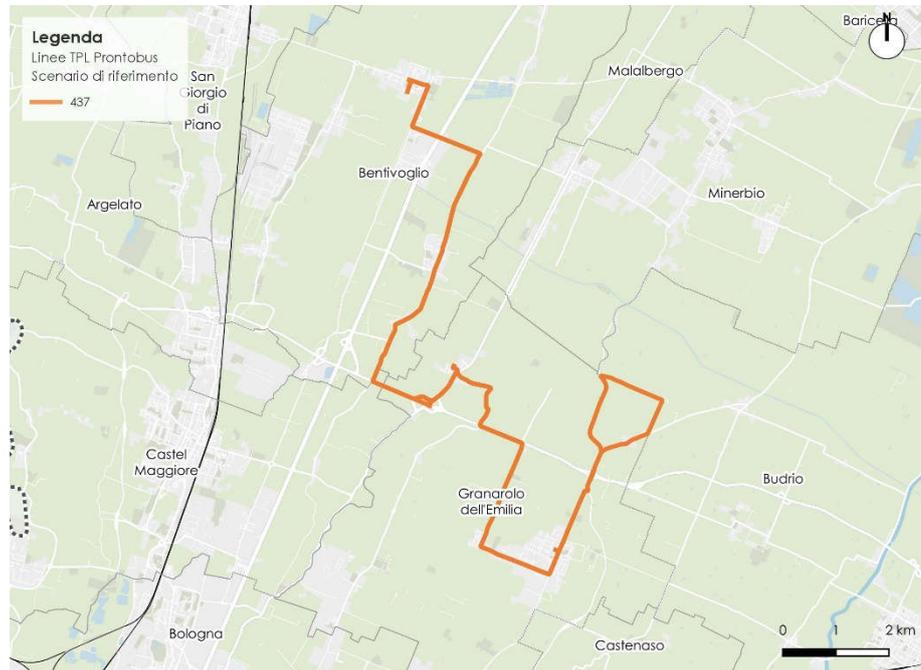


Linea 437 - Prontobus

Scenario Riferimento

Percorso
Pontica - Granarolo dell'Emilia -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
10

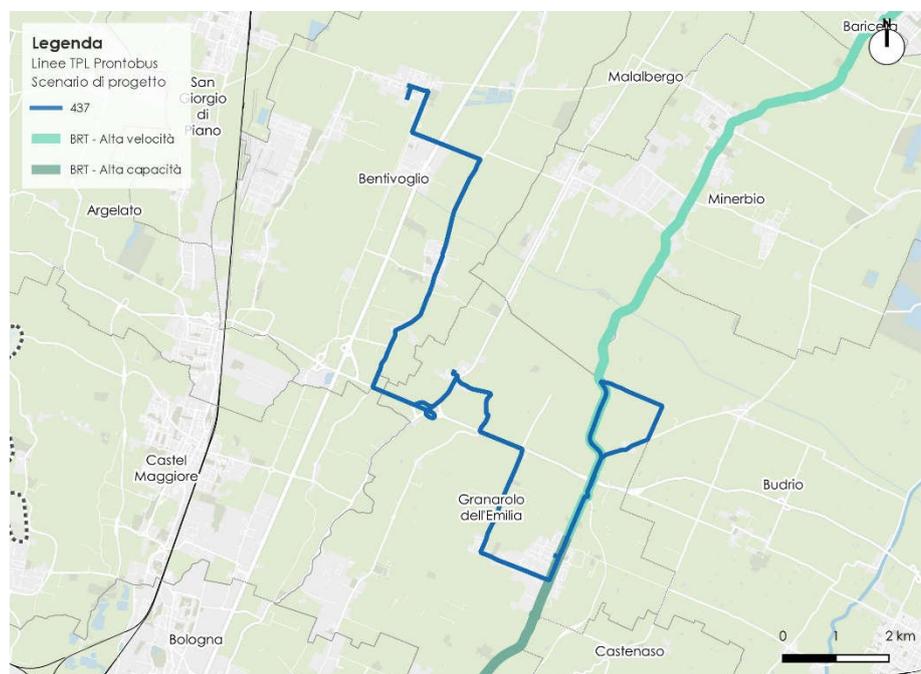


Linea 437 - Prontobus

Scenario Progetto

Percorso
Pontica - Granarolo dell'Emilia -
Ospedale di Bentivoglio

Corse/giorno
10



È necessario precisare che le linee 431, 432, 434 e 437 non sono state interessate dalla riorganizzazione dal momento che, allo stato attuale, vengono svolte con servizio Prontobus e che, quindi, rappresentano una tipologia di servizi variabile in funzione della domanda di mobilità da pianificare a parte.

Tali linee, inoltre, garantiranno la continuità del servizio di trasporto pubblico sulle fermate attualmente utilizzate dalla linea 93 e in futuro bypassate dal nuovo sistema Metrobus. Allo stesso modo le linee 88, 237 (in quanto solo scolastica) e 443 non hanno subito alcuna modifica né ai tracciati né alle corse previste durante il giorno feriale medio invernale non scolastico.

Le linee 93 e 300 vengono invece sostituite dal sistema Metrobus.

4.2 Il sistema di domanda

4.2.1 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 a 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, con un incremento atteso del 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 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%).

Da un'analisi dei dati ISTAT relativi all'intervallo intercensuario 2012-2020, illustrato in Figura 1-6 si osserva come nell'area di studio il quadro socio-demografico abbia mostrato un incremento pari al 4% complessivo, concentrato principalmente nel capoluogo e nei comuni di Granarolo, Castenaso, San Giorgio di Piano e Baricella. Per quanto detto finora, sulla base del trend registrato nell'ultimo decennio, si è stimato che all'anno di riferimento (quindi esattamente tra 7 anni, nel 2027) la popolazione dell'area di studio si incrementi del 4% rispetto al 2020.

Nella seguente Tabella 4-3, è illustrato, nel dettaglio per singolo Comune, l'incremento percentuale di popolazione considerato all'orizzonte temporale 2027; ipotizzando una crescita della domanda di mobilità strettamente correlata a quella socio-demografica, tale coefficiente è stato applicato come moltiplicatore degli spostamenti generati da ciascun comune dal momento che le simulazioni modellistiche fanno riferimento alla fascia oraria di punta mattutina.

Comune	Incremento domanda
Argelato	1,3%
Argenta	-3,3%
Baricella	7,3%
Bentivoglio	6,9%
Bologna	5,2%
Budrio	2,9%
Castel Maggiore	6,4%
Castenaso	9,3%
Ferrara	-0,1%
Galliera	1,5%
Granarolo dell'Emilia	14,8%
Malalbergo	4,1%
Minerbio	2,8%
Molinella	0,4%
Poggio Renatico	2,3%

Comune	Incremento domanda
San Giorgio di Piano	10,0%
San Lazzaro di Savena	5,5%
San Pietro in Casale	7,6%

Tabella 4-3: Incremento percentuale della popolazione e della domanda generata per ciascun Comune dell'area di studio (Fonte: Banca dati Istat)

4.2.2 Nuove centralità urbanistiche

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 2027.

Utilizzando i dati progettuali forniti dal *Dipartimento Urbanistica, Casa e Ambiente, Settore Piani e Progetti Urbanistici del Comune di Bologna* e dall'*Area Pianificazione Territoriale della Città metropolitana 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 e addetti che graviteranno su ciascun nuovo intervento. È stata inoltre ipotizzata una quota percentuale per ciascun intervento previsto che sarà realizzata al 2027.

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:

- **residenziale:** 0,028 spostamenti/giorno/mq;
- **pubblici esercizi:** 0,098 spostamenti/giorno/mq;
- **direzionale:** 0,041 spostamenti/giorno/mq;
- **commerciale:** 0,171 spostamenti/giorno/mq;
- **produttivo:** 0,004 spostamenti/giorno/mq.

Infine è stato applicato un coefficiente per riportare il dato giornaliero alla fascia oraria di punta che, in linea con i principali riferimenti presenti in letteratura, è stato stimato pari a 0,11. L'incremento complessivo di domanda dovuto agli sviluppi urbanistici è risultato quindi pari a circa **2.900 spostamenti/h** (di cui 1.750 generati e 1.150 attratti):

- circa 1.600 spostamenti/h per quanto riguarda Bologna (di cui 700 generati e 870 attratti);
- circa 1.300 spostamenti/h nel resto della Città metropolitana (di cui 1.050 generati e 280 attratti).

Nelle seguenti Tabella 4-4, Tabella 4-5, Tabella 4-6 e Tabella 4-7 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, con il dettaglio sul capoluogo e sul resto della Città metropolitana. Nelle successive Figura 4-6 e Figura 4-7 sono riportate le localizzazioni delle aree che saranno oggetto di trasformazioni territoriali, anche in questo caso con la specifica relativa a Bologna ed al resto dell'area di studio.

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 avranno sullo shift modale sia nello Scenario di Riferimento che in quello di Progetto.

Intervento	Superficie Utile (m ²)	Destinazione d'uso	% completamento al 2027
R5.3	79.488	Residenziale	50%
R5.3	79.488	Residenziale	50%
exP8	2.327	Produttivo	100%
CAABsud	28.792	Resid + Comm	100%
129	9.660	Commerciale	100%
Prati di Caprara Est	43.634	Residenziale	30%
Prati di Caprara Ovest	43.635	Residenziale	30%

Intervento	Superficie Utile (m ²)	Destinazione d'uso	% completamento al 2027
Prati di Caprara Sud	9.900	Pubblici Esercizi	30%
Ravone	59.400	Residenziale	30%
Ex Oma	6.800	Pubblici Esercizi	100%
Ex Sintexcal	4.464	Residenziale	100%
ex Officine SABIEM	7.600	Residenziale	100%
Navile - ex mercato ortofrutticolo	92.503	Residenziale	50%
Tecnopolo di Bologna - ex Manifattura Tabacchi	72.390	Direzionale	100%
Area via Scandellara	12.362	Residenziale	50%
Via del Pontelungo, 7/C	1.860	Residenziale	100%
Via Zanardi, 106	1.824	Residenziale	100%
Via Zanardi, 106	2.016	Direzionale	100%
Via Zanardi, 106	480	Commerciale	100%
Via Zanardi, 106	480	Pubblici Esercizi	100%
Via Bigari, 1	6.000	Pubblici Esercizi	100%
Via Creti, 22-24/Via della Liberazione, 8-10	6.705	Residenziale	100%
Via Creti, 22-24/Via della Liberazione, 8-10	216	Commerciale	100%
Via Stalingrado, 31-33/Via Gnudi, 2	3.300	Direzionale	100%
Via Libia, 69-71	2.920	Commerciale	100%
Via Bovi Campeggi, 2	4.000	Commerciale	100%
Via Marzabotto, 4	1.758	Residenziale	100%
Via Marzabotto, 5	419	Direzionale	100%
Via Marzabotto, 6	502	Commerciale	100%
TOTALE	584.923	---	---

Tabella 4-4: Sviluppi urbanistici previsti nel Comune di Bologna al 2027

Intervento	Stima spostamenti emessi/gg	Stima spostamenti emessi/hdp	Stima spostamenti attratti/hdp
R5.3	1.119	123	0
R5.3	1.119	123	0
exP8	11	0	1
CAABsud	811	89	0
129	1.654	0	182
Prati di Caprara Est	369	41	0
Prati di Caprara Ovest	369	41	0
Prati di Caprara Sud	291	0	32
Ravone	502	55	0
Ex Oma	666	0	73
Ex Sintexcal	126	14	0
ex Officine SABIEM	214	24	0

Intervento	Stima spostamenti emessi/gg	Stima spostamenti emessi/hdp	Stima spostamenti attratti/hdp
Navile - ex mercato ortofrutticolo	1.303	143	0
Tecnopolo di Bologna - ex Manifattura Tabacchi	3.000	0	330
Area via Scandellara	174	19	0
Via del Pontelungo, 7/C	52	6	0
Via Zanardi, 106	51	6	0
Via Zanardi, 106	84	0	9
Via Zanardi, 106	82	0	9
Via Zanardi, 106	47	0	5
Via Bigari, 1	588	0	65
Via Creti, 22-24/Via della Liberazione, 8-10	189	21	0
Via Creti, 22-24/Via della Liberazione, 8-10	37	0	4
Via Stalingrado, 31-33/Via Gnudi, 2	137	0	15
Via Libia, 69-71	500	0	55
Via Bovi Campeggi, 2	685	0	75
Via Marzabotto, 4	50	6	0
Via Marzabotto, 5	17	0	2
Via Marzabotto, 6	86	0	9
TOTALE	14.332	709	867

Tabella 4-5; Incrementi di domanda generata e attratta a seguito degli sviluppi urbanistici previsti nel Comune di Bologna al 2027

Comune	Intervento	Sup. Utile (m ²)	Destinazione d'uso	% compl. al 2027
BARICELLA	BARICELLA_C1.2sub1	1.547	Residenziale	100%
BENTIVOGLIO	S.MARIA IN DUNO_C25B	1.248	Residenziale	100%
BENTIVOGLIO	BENTIVOGLIO_1	7.980	Residenziale	100%
BENTIVOGLIO	SANTA MARIA IN DUNO_C	826	Residenziale	100%
BENTIVOGLIO	CASTAGNOLO MINORE_8	3.444	Residenziale	100%
BUDRIO	BUDRIO_C2.11	12.390	Residenziale	100%
BUDRIO	BUDRIO_C2.2-2.4	54.451	Direzionale	100%
CASTEL MAGGIORE	CASTEL MAGGIORE_6	50.766	Residenziale	100%
CASTENASO	CASTENASO_ANSC2.2	7.128	Residenziale	100%
CASTENASO	CAPOLUOGO_ANSC2.1N	8.623	Residenziale	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	LOVOLETO_Exc.2.8	12.165	Residenziale	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	ZONA IND CADRIANO_ASPB.3.2	5.412	Produttivo	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_8.1	5.408	Residenziale	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	4.1	20.056	Residenziale	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_2.1	3.324	Residenziale	100%
GRANAROLO DELL'EMILIA	QUARTO INFERIORE_2.6	19.187	Residenziale	100%
MALALBERGO	_C1.1bis	11.227	Residenziale	100%

Comune	Intervento	Sup. Utile (m ²)	Destinazione d'uso	% compl. al 2027
MALALBERGO	MALALBERGO_PPB_D2	4.416	Produttivo	100%
MALALBERGO	ALTEDO_ASP-B	3.818	Produttivo	100%
MALALBERGO	ALTEDO_C1.14	6.626	Residenziale	100%
MEDICINA	capoluogo_C2.16	8.400	Residenziale	100%
MEDICINA	VILLA FONTANA_ANSC1.2	14.500	Residenziale	100%
MINERBIO	2A2B	2.688	Residenziale	100%
MINERBIO	D2*	21.806	Produttivo	100%
MINERBIO	COMP 1	1.080	Residenziale	100%
MINERBIO	CA DE FABBRI_COMP 6	1.034	Residenziale	100%
MINERBIO	CA DE FABBRI_C2.8	1.350	Residenziale	100%
MINERBIO	Z.I. Ca' De Fabbri_10	21.806	Produttivo	100%
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-1	48.649	Residenziale	100%
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-2	14.351	Residenziale	100%
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-3	12.686	Residenziale	100%
MOLINELLA	SAN MARTINO IN A_C3-3	6.957	Residenziale	100%
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-1	5.336	Residenziale	100%
MOLINELLA	MARMORTA_C3-6	3.132	Residenziale	100%
OZZANO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_AUC6	8.510	Residenziale	100%
SAN LAZZARO DI SAVENA	CASELLE_ANSC8911	4.000	Residenziale	100%
SAN LAZZARO DI SAVENA	IDICE_ANSC3a	2.874	Residenziale	100%
SAN LAZZARO DI SAVENA	17o	29.935	Residenziale	100%
SAN PIETRO IN CASALE	1.1	2.135	Residenziale	100%
TOTALE		451.271	---	---

Tabella 4-6: Sviluppi urbanistici nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna previsti al 2027

Comune	Intervento	Stima spost. emessi/gg	Stima spost. emessi/hdp	Stima spost. attratti/hdp
BARICELLA	BARICELLA_C1.2sub1	44	5	0
BENTIVOGLIO	S.MARIA IN DUNO_C25B	35	4	0
BENTIVOGLIO	BENTIVOGLIO_1	225	25	0
BENTIVOGLIO	SANTA MARIA IN DUNO_C	23	3	0
BENTIVOGLIO	CASTAGNOLO MINORE_8	97	11	0
BUDRIO	BUDRIO_C2.11	349	38	0
BUDRIO	BUDRIO_C2.2-2.4	2.257	0	248
CASTEL MAGGIORE	CASTEL MAGGIORE_6	1.430	157	0
CASTENASO	CASTENASO_ANSC2.2	201	22	0
CASTENASO	CAPOLUOGO_ANSC2.1N	243	27	0
GRANAROLO DELL'EMILIA	LOVOLETO_Exc.2.8	343	38	0
GRANAROLO DELL'EMILIA	ZONA IND CADRIANO_ASPB.3.2	26	0	3
GRANAROLO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_8.1	152	17	0

Comune	Intervento	Stima spost. emessi/gg	Stima spost. emessi/hdp	Stima spost. attratti/hdp
GRANAROLO DELL'EMILIA	4.1	565	62	0
GRANAROLO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_2.1	94	10	0
GRANAROLO DELL'EMILIA	QUARTO INFERIORE_2.6	540	59	0
MALALBERGO	_C1.1bis	316	35	0
MALALBERGO	MALALBERGO_PPB_D2	22	0	2
MALALBERGO	ALTEDO_ASP-B	19	0	2
MALALBERGO	ALTEDO_C1.14	187	21	0
MEDICINA	capoluogo_C2.16	237	26	0
MEDICINA	VILLA FONTANA_ANSC1.2	408	45	0
MINERBIO	2A2B	76	8	0
MINERBIO	D2*	106	0	12
MINERBIO	COMP 1	30	3	0
MINERBIO	CA DE FABBRI_COMP 6	29	3	0
MINERBIO	CA DE FABBRI_C2.8	38	4	0
MINERBIO	Z.I. Ca' De Fabbri_10	106	0	12
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-1	1.370	151	0
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-2	404	44	0
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-2-3	357	39	0
MOLINELLA	SAN MARTINO IN A._C3-3	196	22	0
MOLINELLA	MOLINELLA_C3-1	150	17	0
MOLINELLA	MARMORTA_C3-6	88	10	0
OZZANO DELL'EMILIA	CAPOLUOGO_AUC6	240	26	0
SAN LAZZARO DI SAVENA	CASELLE_ANSC8911	113	12	0
SAN LAZZARO DI SAVENA	IDICE_ANSC3a	81	9	0
SAN LAZZARO DI SAVENA	17o	843	93	0
SAN PIETRO IN CASALE	1.1	60	7	0
TOTALE		12.100	1.052	279

Tabella 4-7: Incrementi di domanda generata e attratta a seguito degli sviluppi urbanistici previsti nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna al 2027

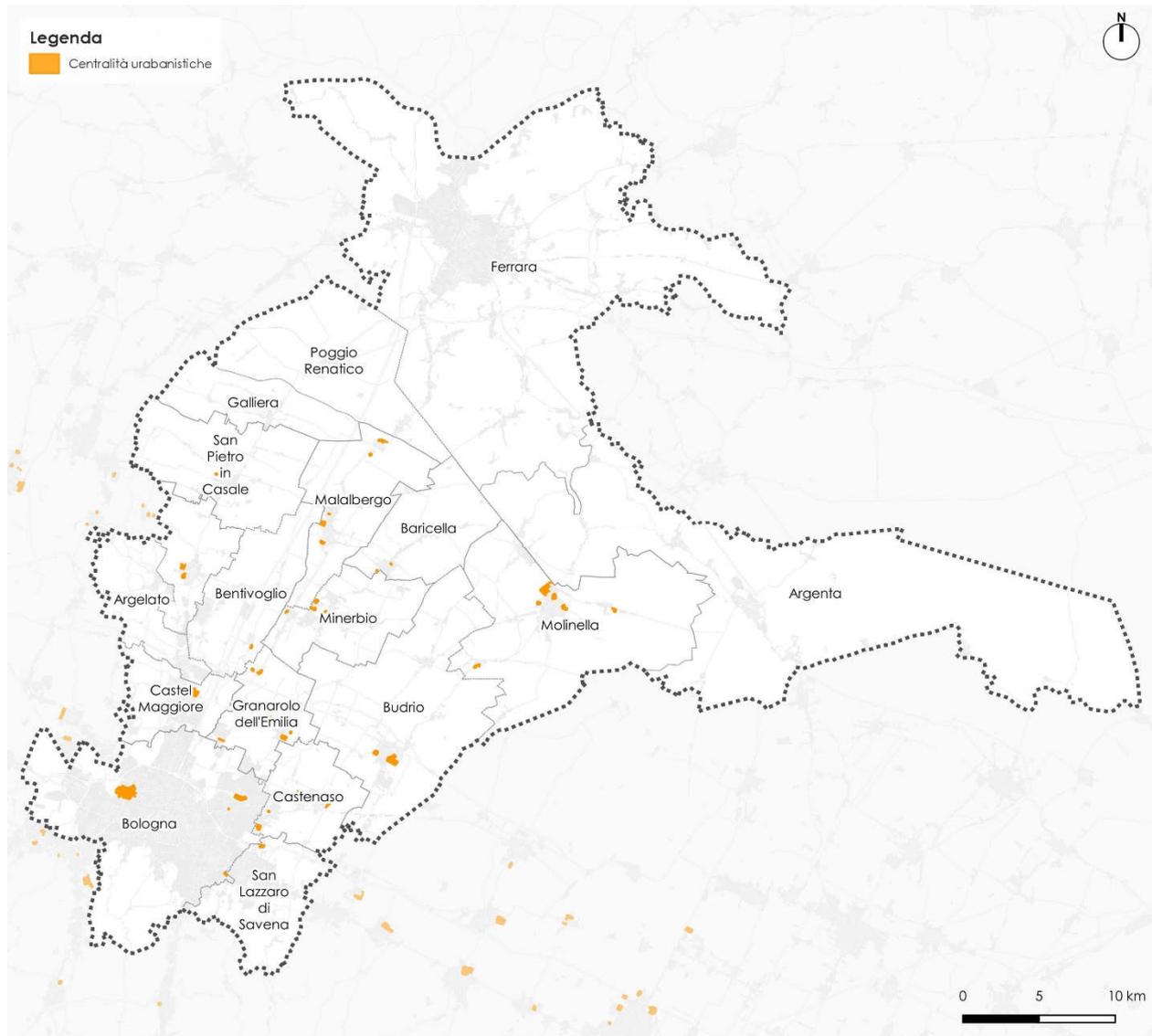


Figura 4-7: Sviluppi urbanistici previsti nel resto dei Comuni dell'area di studio appartenenti alla Città metropolitana di Bologna al 2027 (Fonte: Area Pianificazione Territoriale della Città metropolitana di Bologna)

5 I risultati

5.1 Principali risultati

Nel presente capitolo vengono riportati i principali risultati ottenuti dall'analisi trasportistica allo scopo di valutare gli impatti sulla mobilità generati dall'inserimento del nuovo sistema Metrobus lungo la direttrice San Donato.

Come specificato nel paragrafo §3.5, il modello sviluppato per le necessità del progetto in oggetto, ottenuto dettagliando quello utilizzato in fase di redazione PUMS di Bologna Metropolitana, simula la domanda relativa alla fascia oraria di punta mattutina 07:30-08:30; i dati sono determinati dall'indagine O/D condotta nel 2016 sui residenti della Città metropolitana ed ampiamente illustrata nel paragrafo §1.5.2.

Nell'analisi viene individuata:

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

Per ciò che concerne la *domanda indotta*, si è scelto di 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 di Trasporto Pubblico.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i principali indicatori trasportistici, riferiti all'intera area di studio, per gli scenari simulati:

- Scenario Attuale (2018);
- Scenario di Riferimento (2027);
- Scenario di Progetto (2027).

Modalità	Indicatore	Scenario Attuale (2018)	Scenario di Riferimento (2027)	Scenario Progetto (2027)
Trasporto privato	Spostamenti/ora	128.839	135.285	135.007
Trasporto pubblico	Spostamenti/ora	48.134	51.183	51.461
Domanda totale	Spostamenti/ora	176.973	186.468	186.468

Tabella 5-1: Shift modale negli scenari simulati

Come si evince da Tabella 5-1, la realizzazione della nuovo sistema Metrobus comporta un incremento di utenza di 278 spostamenti/h rispetto alla domanda che utilizza il Trasporto Pubblico nello Scenario di Riferimento.

E' opportuno ricordare che, dal momento che il coefficiente di riempimento delle autovetture è stato stimato pari a 1,2, gli spostamenti illustrati nella Tabella 5-1 tengono conto di questa necessaria equivalenza.

5.1.1 Orario grafico del servizio Metrobus

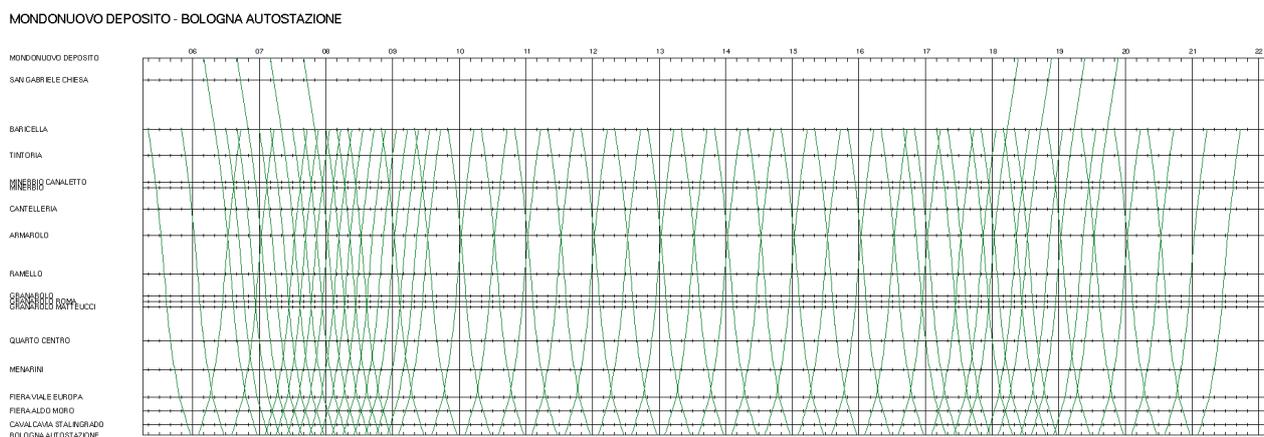


Figura 5-1: Orario grafico del servizio Metrobus Alta Velocità per entrambe le direzioni

GRANAROLO DE ROSSI - BOLOGNA AUTOSTAZIONE

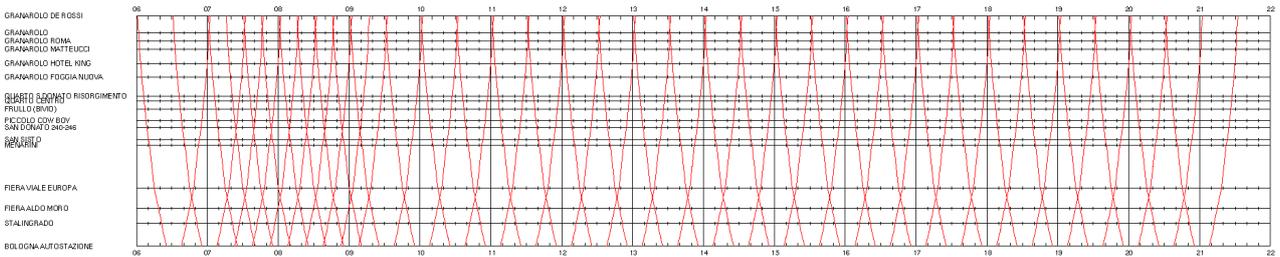


Figura 5-2: Orario grafico del servizio Metrobus Alta Capacità per entrambe le direzioni

Da questo orario grafico ne consegue una velocità commerciale sul servizio pari a oltre 39 km/h sul Metrobus Alta Velocità e oltre 29 km/h sul Metrobus Alta Capacità mentre il fabbisogno di materiale rotabile necessario ad esercire il servizio è pari a 15 veicoli, a cui aggiungere un 10% di scorta.

5.1.2 La stima della domanda giornaliera sul Metrobus

Nella tabella successiva, si riportano le stime degli utenti che utilizzeranno il nuovo sistema Metrobus nello Scenario di Progetto:

Indicatore	Intervallo temporale	Scenario Progetto (2027)
Saliti	ora di punta	1.292
	giorno	9.568
	anno	2.870.460
Pax*km	ora di punta	16.020
	giorno	118.548
	anno	35.564.400
Pax*h	ora di punta	425
	giorno	3.145
	anno	943.500
Percorrenza media (km)		12,4
Tempo medio a bordo (min)		19,7

Tabella 5-2: Stima della domanda sul sistema Metrobus e degli indicatori sintetici

Come illustrato si stima che, su base annua, i passeggeri del sistema Metrobus composto tanto dal servizio “Alta Velocità” (Bologna-Baricella/Mondonuovo) quanto da quello “Alta Capacità” (Bologna-Granarolo) siano pari a 2,8 milioni, corrispondenti a circa 9.600 passeggeri nel giorno medio feriale.

Dal punto di vista della percorrenza media, i passeggeri del futuro sistema Metrobus si stima percorrano oltre 12 km a bordo dei mezzi, con un tempo di viaggio medio pari a circa 20 minuti.

Come illustrato nei flussogrammi seguenti, il sistema Metrobus è interessato da un carico prevalente in direzione Bologna prettamente centripeto in direzione del capoluogo (come consuetudine nelle dinamiche di mobilità che interessano i capoluoghi durante l’ora di punta mattutina).

Ciò è testimoniato da un rapporto tra passeggeri saliti e sezione di massimo carico pari a circa 1,4, a dimostrazione del fatto che il diagramma di carico sul sistema Metrobus risulta pressoché telescopico e monodirezionale verso il capoluogo.

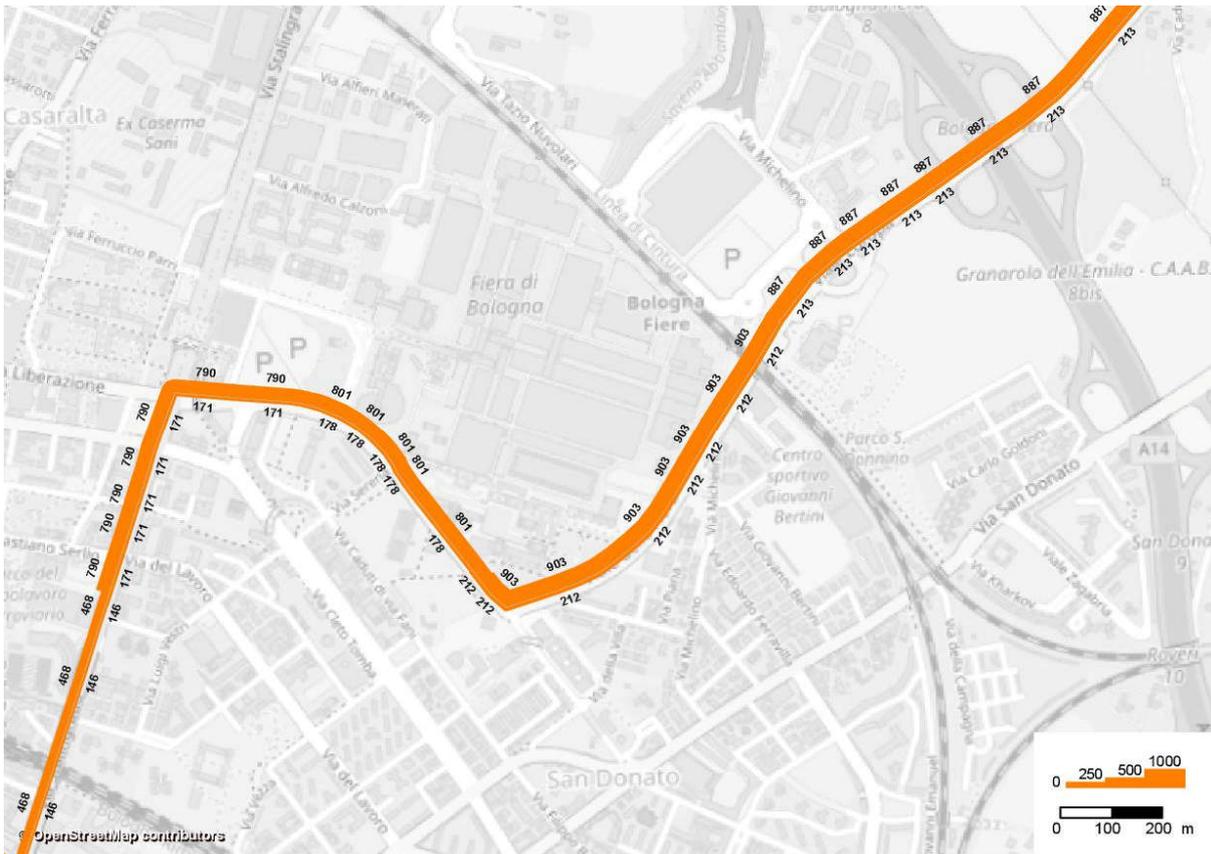


Figura 5-3 Sezione massimo carico del sistema Metrobus – dato in passeggeri/ora (zona viale della Fiera - Bologna)

La sezione di massimo carico si verifica nell’abitato di Bologna lungo viale della Fiera, in prossimità del Terminal Fiera-Michelino, dove si raggiungono i **903 pax/h/dir**, in ottemperanza ai vincoli imposti dall’Addendum “AVVISO n.2 per la presentazione di istanze per accesso alle risorse destinate al Trasporto Rapido di Massa ad Impianti Fissi” per l’ammissibilità dell’istanza di finanziamento.

In generale, l’impatto sulla rete del Trasporto Pubblico dell’intervento oggetto dello studio comporta un generale incremento di domanda, del numero di trasbordi, della velocità media di viaggio rispetto allo Scenario di Riferimento, del tempo medio di viaggio e della distanza media.

Per maggiore dettaglio, si rimanda ai flussogrammi in formato A3 allegati alla presente documentazione.

Indicatore	Scenario Attuale (2018)	Scenario di Riferimento (2027)	Scenario Progetto (2027)	Δ Prog – Rif (#)
Domanda (pax/h)	48.134	51.183	51.461	278
Domanda (pax/gg)	356.192	378.754	380.811	2.057
Domanda (pax/anno)	106.857.480	113.626.260	114.243.420	617.160
Numero trasbordi	1,51	1,58	1,59	0,01
V media (km/h)	24,9	29,5	30,3	0,8
T medio (min)	13,9	11,1	11,2	0,1
D media (km)	5,8	5,5	5,7	0,2

Tabella 5-3 Indicatori sintetici di rete del Trasporto Pubblico

È comunque opportuno precisare che, tenuto conto del livello di analisi richiesto nello studio (Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica), orientato prettamente alla verifica della sostenibilità economico-finanziaria del sistema oggetto dell'istanza, *si ritengono accettabili le distorsioni modellistiche e le conseguenti approssimazioni puntuali in termini di "saturazione dei mezzi", che saranno oggetto di approfondimenti (sia infrastrutturali che di esercizio) nelle eventuali successive fasi di progettazione.*

5.1.3 Impatto sulla mobilità privata

Per completezza di analisi, in aggiunta alle analisi sul sistema di Trasporto pubblico e in particolare sul sistema Metrobus, illustrate al paragrafo precedente, sono state confrontate le prestazioni della rete stradale negli scenari simulati, con l'ausilio di alcuni indicatori trasportistici.

Nello specifico, per la valutazione degli effetti apportati dall'intervento oggetto dello studio sul sistema di Trasporto privato sono state utilizzate le seguenti grandezze:

- Domanda totale (spostamenti), espressa in passeggeri attraverso l'applicazione del coefficiente di riempimento (stimato pari a 1,2 e applicato solo alle auto) e considerando auto, furgoni e mezzi pesanti;
- Percorrenze totali sulla rete (Veic*km), ossia distanza complessiva percorsa dall'utenza;
- Monte ore (Veic*ora), ossia tempo totale speso sulla rete;
- Velocità media (Km/h), ottenuta dal rapporto tra i due indicatori precedenti;
- Lunghezza media (Km), ottenuta dal rapporto tra le percorrenze complessive e la domanda veicolare assegnata;
- Tempo medio (min), ottenuta dal rapporto tra il monte ore speso sulla rete stradale e la domanda veicolare assegnata.

Indicatore	Intervallo temporale	Scenario Attuale (2018)	Scenario di Riferimento (2027)	Scenario Progetto (2027)	Δ Prog – Rif (#)
Domanda (spostamenti)	ora di punta	139.876	146.322	146.044	-278
	giorno	1.443.295	1.515.113	1.512.191	-2.922
Percorrenze (veic*km)	giorno	15.298.926	16.060.201	16.029.225	-30.976
	anno	4.589.677.762	4.818.060.204	4.808.767.380	-9.292.824
Monte ore (veic*h)	ora di punta	43.304	44.429	44.314	-115
	giorno	459.022	470.951	469.728	-1.223
	anno	137.706.592	141.285.299	140.918.520	-366.779
V media (km/h)		33,3	34,1	34,1	0,00
D media (km)		12,2	12,2	12,2	0,00
T medio (min)		21,9	21,5	21,5	0,00
Km rete in congestione (V/C > 0,9)		68,9	68,6	67,7	-0,9

Tabella 5-4 Indicatori sintetici di rete del Trasporto Privato

Come si evince dalla Tabella 5-4, lo Scenario di Progetto garantisce una leggera riduzione delle percorrenze complessive sul trasporto privato rispetto allo Scenario di Riferimento, mostrando al tempo stesso un'invarianza in termini di velocità media, tempo medio e distanza media di viaggio. La lettura degli indicatori sintetici di rete relativi al trasporto privato mostra come la configurazione del sistema di mobilità prevista nello Scenario di Progetto consegua l'obiettivo di riduzione del traffico veicolare rispetto allo Scenario di Riferimento, assicurando una riduzione delle percorrenze sviluppate sulla rete (circa 9.300.000 veic*km/anno in meno).

5.1.4 Coerenza con gli obiettivi del PUMS

Come accennato in precedenza, il progetto del sistema Metrobus oggetto del presente studio declina alla scala locale gli sfidanti obiettivi di **riduzione delle emissioni da traffico del 40%**, di cui il 12% dal rinnovo del parco veicolare (da benzina/diesel a elettrico) e il restante 28% (440.000 spostamenti) dalla riduzione del traffico privato.

In coerenza con quanto disposto dal PUMS e al fine di conseguire gli sfidanti target sanciti dal Piano, il presente studio propone pertanto una riorganizzazione globale del servizio di trasporto pubblico extraurbano su gomma nel territorio del bacino San Donato.

Come detto, la proposta nasce con lo scopo di offrire all'utenza un servizio più strutturato che possa contribuire ad un rilancio complessivo del ruolo del trasporto pubblico nell'area metropolitana, in grado di concorrere in maniera tangibile alla funzione territoriale e all'attrattività del territorio.

In tale ottica, la rete TPM prevista dal PUMS in ambito metropolitano si pone, tra gli altri, i seguenti obiettivi:

- *eliminare il parallelismo dei servizi su gomma e su ferro*, prevedendo potenziamenti nelle aree non servite da collegamenti su ferro al fine di assicurare l'efficienza del TPM in modo omogeneo su tutto il territorio metropolitano;
- *sviluppare l'integrazione tra autolinee portanti e complementari* su direttrici non servite da SFM;
- *valorizzare i Centri di Mobilità*;
- *realizzare un modello di esercizio cadenzato*.

Per quanto detto finora, sono stati valutati gli effetti in termini di shift modale in relazione a quanto previsto nel PUMS della Città metropolitana per alcuni sottoinsiemi di relazioni O/D, ritenute di particolare interesse all'interno del contesto territoriale esaminato. Isolati gli spostamenti appartenenti a ciascun sottoinsieme sono state valutate le variazioni degli indicatori di rete per il trasporto pubblico rispetto allo stato attuale.

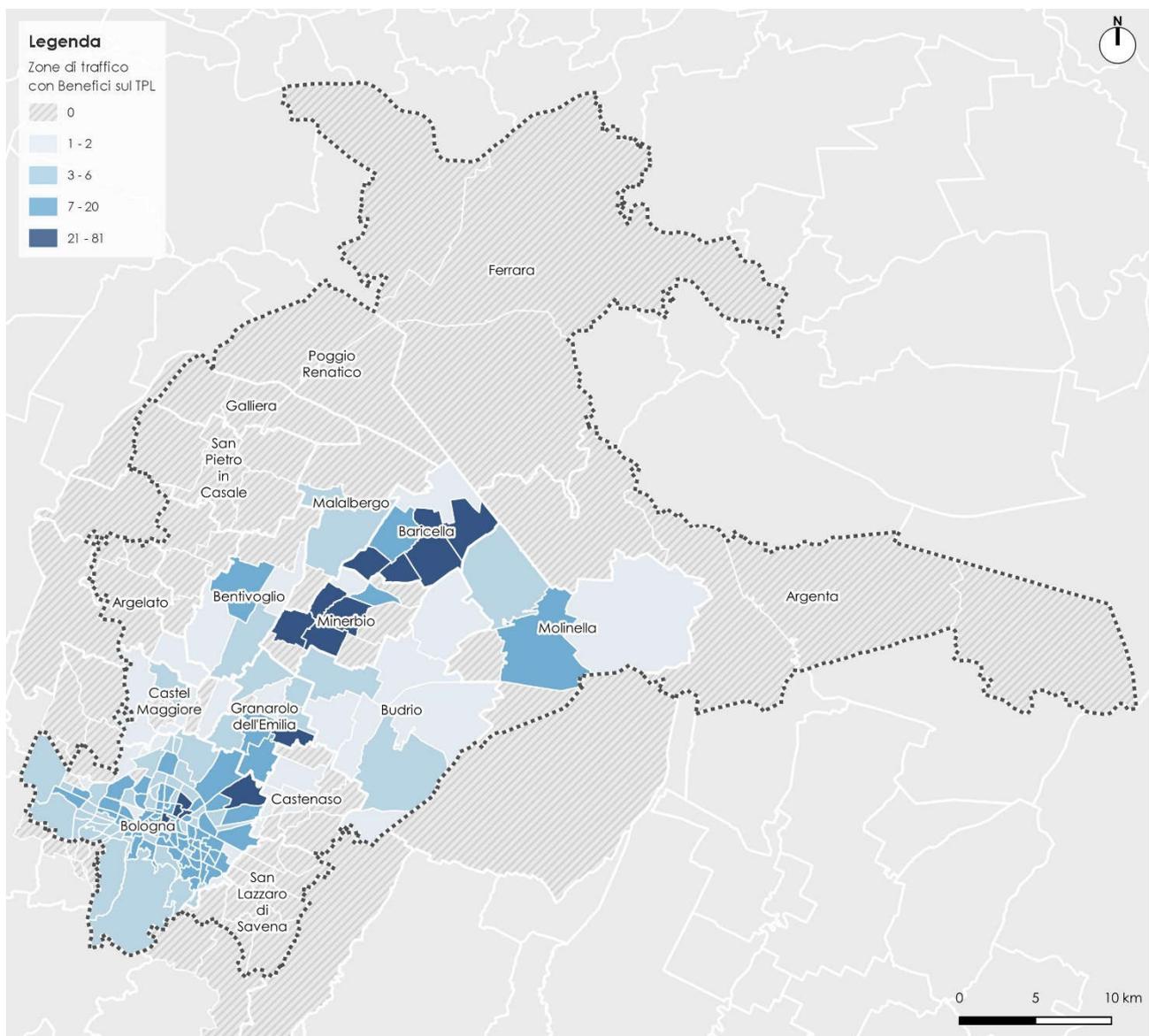


Figura 5-4 Benefici ottenuti sulle zone di traffico in termini di shift modale

Nello specifico i set di relazioni analizzate sono i seguenti:

- relazioni O/D dove si è verificato un beneficio in termini di riduzione del costo generalizzato sul Trasporto Pubblico (e quindi di shift modale da privato a pubblico) grazie all'implementazione degli interventi di Progetto;
- relazioni O/D dove si è verificato un beneficio in termini di riduzione del costo generalizzato sul Trasporto Pubblico (e quindi di shift modale da privato a pubblico) grazie all'implementazione degli interventi di Progetto ma soltanto relative ai comuni di Baricella, Minerbio e Granarolo.

Per entrambe le tipologie di relazioni è stato quindi condotto un confronto con quanto ottenuto durante la redazione del PUMS, al fine di valutare il grado di raggiungimento dei target di shift modale rispetto a quelli previsti dal vigente Piano.

Per quanto riguarda le relazioni di interesse sull'intera area di studio (ossia quelle dove si è verificato un beneficio in termini di diversione da auto a TPL), il confronto con il PUMS indica un *buon grado di raggiungimento degli obiettivi di "shift modale" dal momento che questo indicatore si attesta al 45%*.

Il dato è ottenuto effettuando il rapporto tra il numero di spostamenti "in diversione modale" a seguito dell'implementazione degli interventi di progetto, pari a circa 320 spostamenti/h (ossia circa 2.370 spostamenti/giorno applicando un coefficiente di espansione "ora-giorno" pari a 7,4) e lo shift modale ottenuto con lo Scenario PUMS 2030 (espresso in numero di spostamenti/giorno che si trasferiscono da mezzo privato a TPL), pari a circa 5.800 spostamenti/giorno sulle medesime relazioni O/D. Pertanto, tali risultanze attestano *lo shift modale complessivo da privato a pubblico su tali relazioni ad un valore pari al 5%*.

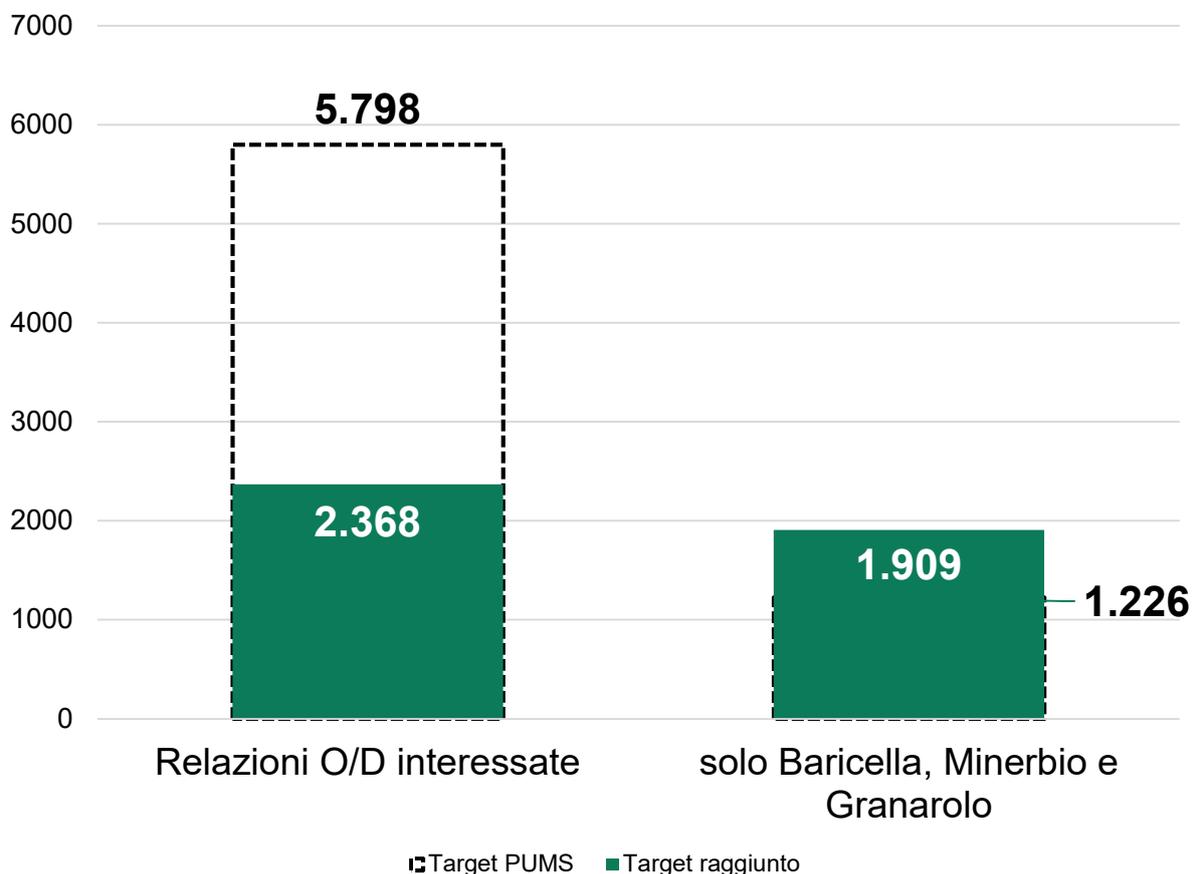


Figura 5-5 Grado di raggiungimento dei target di shift modale da PUMS

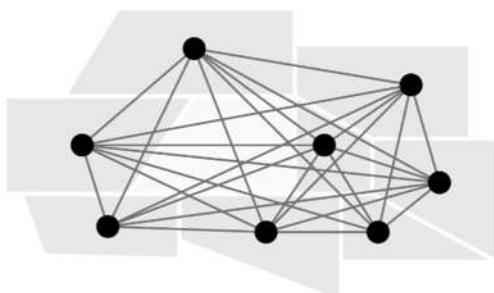
Nella seguente Figura 5-4 è illustrato il dato ottenuto per singola zona di traffico in termini di benefici sul TPL (numero di relazioni O/D con "shift" positivo da privato a TPL); come si evince dall'illustrazione, l'implementazione del nuovo sistema Metrobus e la conseguente riorganizzazione delle linee TPL di adduzione massimizza gli effetti sulla diversione modale per quanto riguarda le zone di Baricella, comprese le frazioni di San Gabriele e Mondonuovo, Minerbio e Granarolo, compresa la frazione di Quarto Inferiore.

Per quanto riguarda i singoli comuni di Baricella, Minerbio e Granarolo, il grado di raggiungimento degli obiettivi di "shift modale" da PUMS supera i target previsti dal momento che questo indicatore si attesta al 156%.

Lo shift modale ottenuto nello Scenario di Progetto si avvicina, infatti, a circa 260 spostamenti/h (pari a circa 1.910 spostamenti/giorno applicando un coefficiente di espansione “ora-giorno” pari a 7,4) mentre il totale previsto in diversione modale dallo Scenario PUMS 2030 è pari a oltre 1.230 spostamenti/giorno.

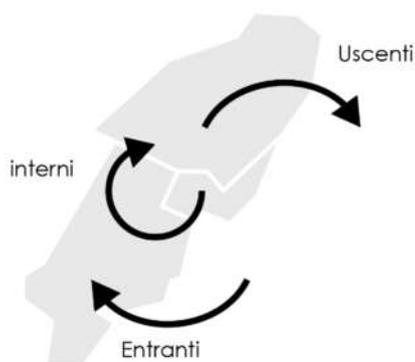
In questo caso, tali risultanze attestano *lo shift modale complessivo da privato a pubblico (sulle relazioni O/D dei soli 3 comuni citati) ad un valore pari allo 2%*.

A tal proposito è opportuno rimarcare che, indubbiamente, il forte impatto del sistema Metrobus nel territorio comporta quale conseguenza immediata che il progetto e la conseguente di riorganizzazione della rete TPL sono sufficienti a raggiungere (e superare) gli obiettivi di shift modale nei singoli comuni di Baricella, Minerbio e Granarolo. Questo è principalmente dettato dal fatto che gli interventi di riorganizzazione della rete SFM (servizio 15'-15'), previsti dal vigente PUMS non impattano direttamente sul territorio dei 3 comuni dal momento che nessuno dei tre è direttamente servito da una direttrice ferroviaria.



RELAZIONI O/D INTERESSATE

+2.610 +5%



SOLO BARICELLA, MINERBIO E GRANAROLO

+1.909 +2%

Figura 5-6 Shift modale ottenuto con il nuovo sistema Metrobus

5.1.5 Proposte per migliorare l'accessibilità alle fermate del Metrobus

Come più volte accennato, il sistema Metrobus lungo la direttrice San Donato è stato pensato in funzione delle caratteristiche tipiche dei Bus Rapid Transit, combinando il ricorso a mezzi particolarmente curati con la preferenziazione della sede ed un allestimento delle fermate progettato affinché il servizio non sia solo efficiente, veloce, estremamente competitivo e confortevole, ma anche gradevole e attrattivo per l'utenza.

Per quanto detto finora, le analisi del presente studio non hanno riguardato solo questioni meramente infrastrutturali e trasportistiche ma hanno interessato anche aspetti di solito non direttamente connessi alla pianificazione dei servizi TPL quali l'allestimento delle fermate e il miglioramento dell'accessibilità ciclo-pedonale a queste ultime.

Anche in questo caso, la scelta ha contribuito a conferire robustezza al progetto in un'ottica di coerenza con le strategie previste dal PUMS di Bologna Metropolitana per il conseguimento degli sfidanti target di riduzione del traffico veicolare privato e riduzione degli inquinanti.

Le 17 fermate individuate lungo il servizio Alta Velocità tra Baricella/Mondonuovo e Bologna Autostazione sono state a tal proposito strutturate secondo differenti tipologie caratterizzate da modularità crescente in funzione dei servizi che si riterranno utili per incrementare accessibilità e "user experience" (opportunità), tenendo conto della disponibilità degli spazi (vincoli). Le diverse tipologie presentano caratteristiche stilistico-architettoniche comuni (materiali, organizzazione delle funzioni, brand, etc.) secondo l'approccio dell'"immagine coordinata" del servizio.

Sulla base del contesto insediativo da servire (residenziale/produttivo, compatto/disperso), delle modalità di accesso e della domanda attesa sono state ipotizzate le funzioni tipo da prevedere in ciascuna fermata all'interno di un set di dotazioni standard:

- Spazio di attesa coperto;
- Interscambio (con servizio TPL urbano);
- Interscambio (con servizio TPL d'adduzione);
- Sosta auto;
- Bike sharing a stazione fissa;
- Punto manutenzione biciclette;
- Sosta biciclette;
- Sosta e-bike;
- Servizi aggiuntivi.

Dal punto di vista strettamente modellistico, sono state recepite in particolare la sosta delle biciclette e la realizzazione di nuovi percorsi ciclabili che, in entrambi i casi, hanno visto la loro implementazione attraverso una riduzione dei tempi di accesso/egresso alle fermate dalle zone di traffico limitrofe.

Nello specifico la realizzazione di nuovi percorsi ciclo-pedonali è stata prevista per migliorare i collegamenti con le fermate di:

- Minerbio e Minerbio Canaletto (bike lane);
- Granarolo e Granarolo via Roma;
- Quarto Inferiore.

5.2 Flussogrammi di rete

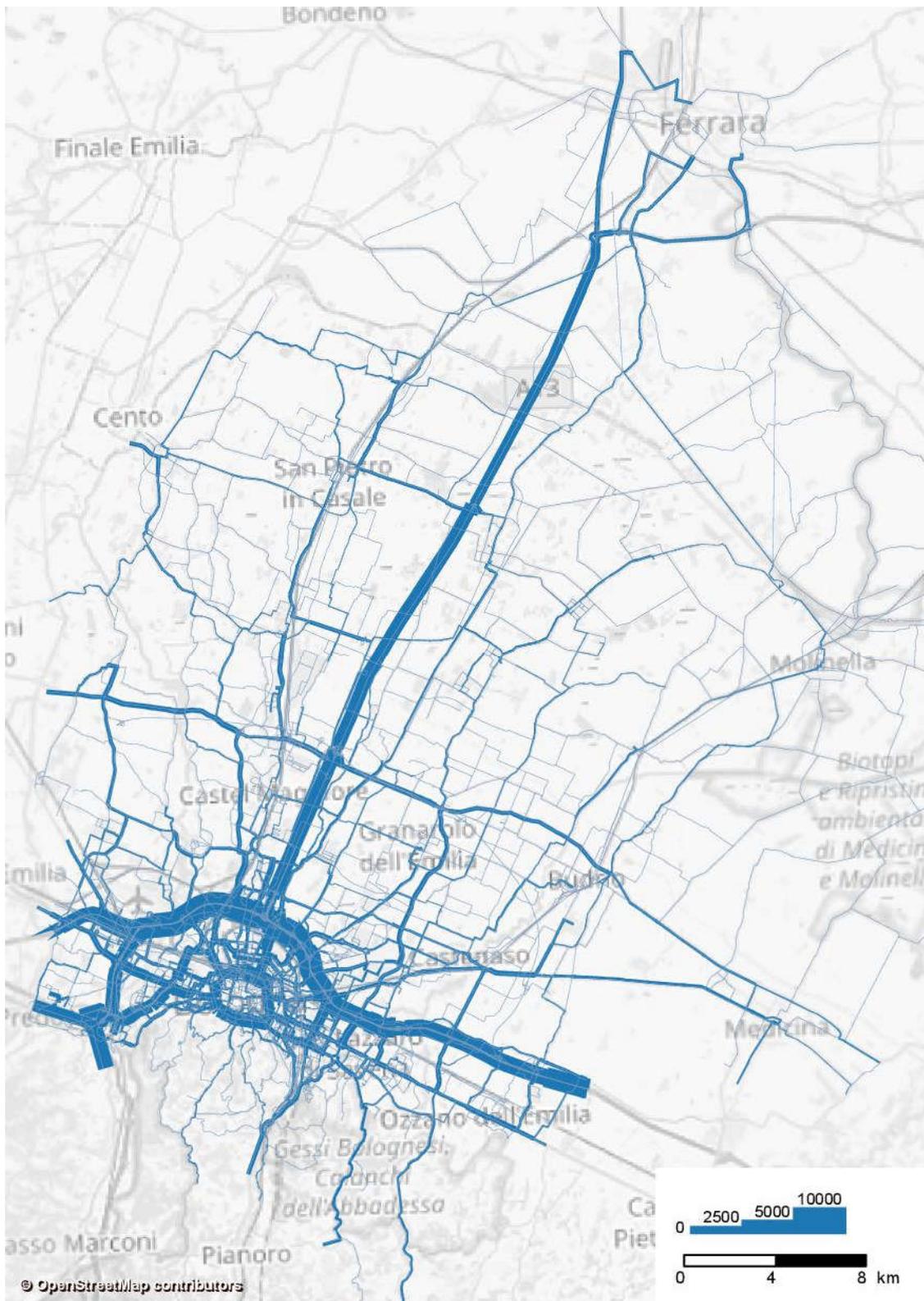


Figura 5-7 Flussogramma trasporto privato nello Scenario di Progetto – veicoli/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)

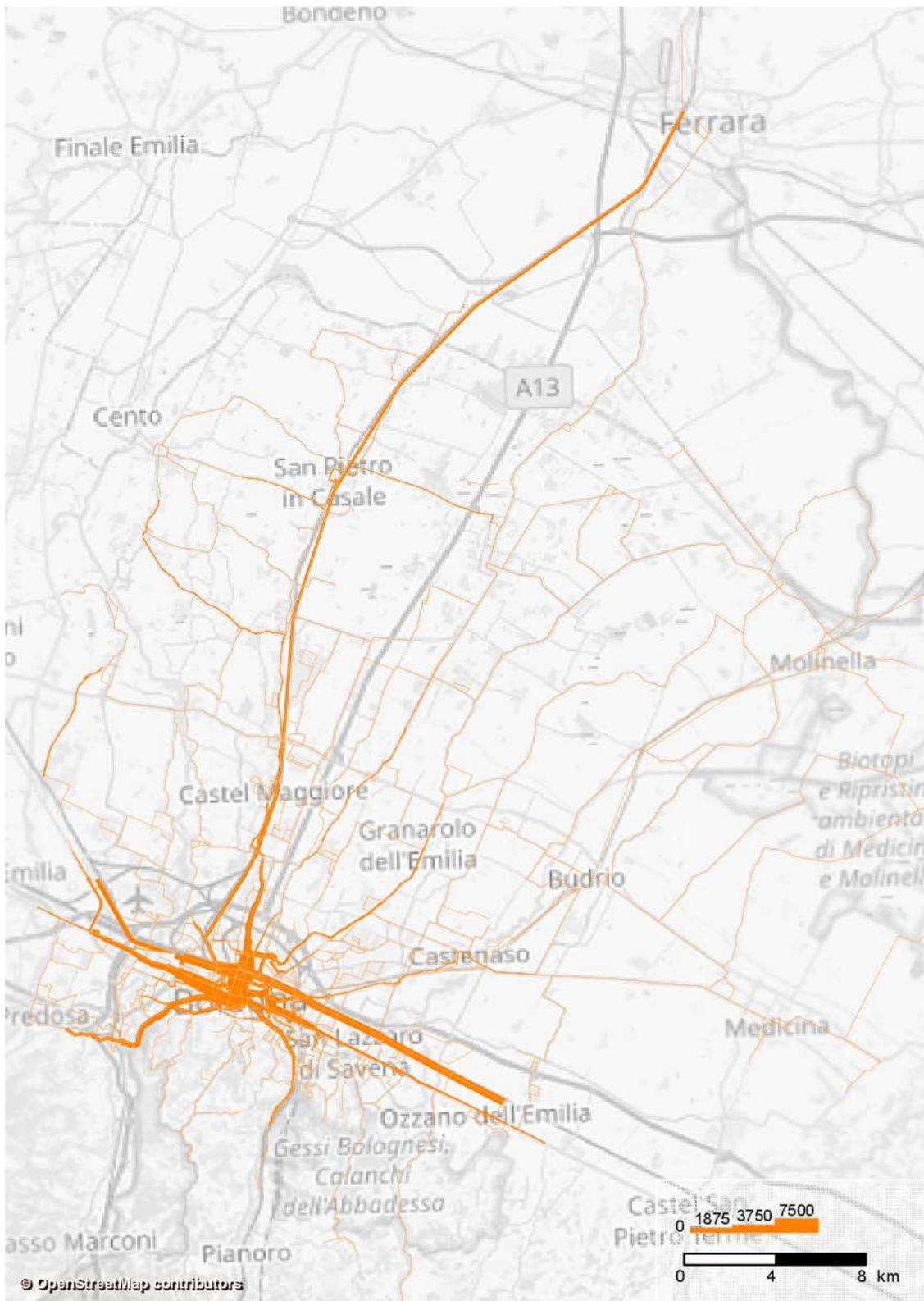


Figura 5-8 Flussogramma trasporto pubblico nello Scenario di Progetto – passeggeri/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)

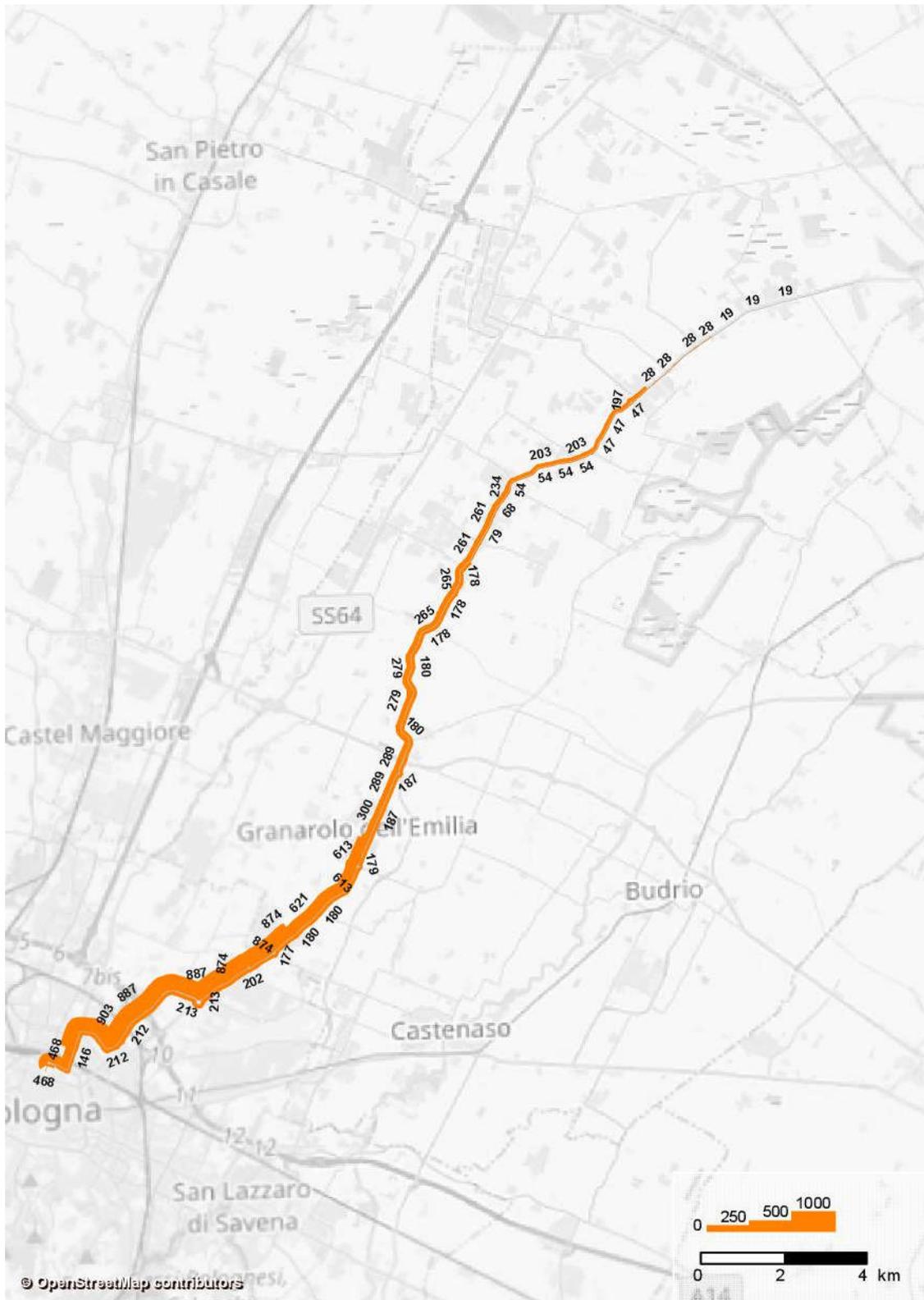


Figura 5-9 Flussogramma sul nuovo sistema Metrobus – passeggeri/ora (ora di punta mattutina 07:30-08:30)

5.2.1 Saliti e discesi alle fermate del servizio BRT

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
BARICELLA	141	0	-
TINTORIA	6	2	141
MINERBIO CANALETTO	24	1	145
MINERBIO	20	0	169
CANTELLERIA	10	10	188
ARMAROLO	14	0	188
RAMELLO	7	0	202
GRANAROLO	5	2	209
GRANAROLO ROMA	100	2	211
QUARTO CENTRO	44	3	310
MENARINI	2	2	351
FIERA VIALE EUROPA	16	3	351
ALDO MORO	13	50	364
CAVALCAVIA MASCARELLA	7	162	327
BOLOGNA AUTOSTAZIONE	0	172	172

Tabella 5-5: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Baricella - Bologna

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
MONDONUOVO DEPOSITO	5	0	-
MONDONUOVO MARSIGLIA	0	0	5
SAN GABRIELE CHIESA	14	0	5
SAN GABRIELE BORGO	0	0	19
PODERE FRANCAVILLA	9	0	19
CITTADELLA	0	0	28
BORGO SANT'ANNA	0	0	28
BARICELLA	28	0	28
TINTORIA	2	0	56
MINERBIO CANALETTO	8	1	58
MINERBIO	7	0	66
CANTELLERIA	4	0	73
ARMAROLO	0	0	77
RAMELLO	4	0	77
GRANAROLO	7	0	81
GRANAROLO ROMA	68	4	87
QUARTO CENTRO	46	2	151
MENARINI	4	2	195
FIERA VIALE EUROPA	2	1	197
ALDO MORO	8	71	199
CAVALCAVIA MASCARELLA	8	45	135
BOLOGNA AUTOSTAZIONE	0	98	98

Tabella 5-6: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Mondonuovo – Bologna

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
BOLOGNA AUTOSTAZIONE	118	0	-
CAVALCAVIA MASCARELLA	35	16	118
ALDO MORO	50	17	138
FIERA VIALE EUROPA	3	2	170
MENARINI	5	4	172
QUARTO CENTRO	11	6	173
GRANAROLO ROMA	10	1	178
GRANAROLO	0	0	187
RAMELLO	1	9	187
ARMAROLO	2	4	180
CANTELLERIA	0	99	178
MINERBIO	1	11	79
MINERBIO CANALETTO	3	17	68
TINTORIA	0	7	54
BARICELLA	0	47	47

Tabella 5-7: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità – percorso Bologna – Baricella

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
GRANAROLO SCUOLE	10	0	-
GRANAROLO	11	0	10
GRANAROLO ROMA	131	0	21
GRANAROLO MATTEUCCI	0	0	152
GRANAROLO HOTEL KING	0	0	152
GRANAROLO FOGGIA NUOVA	8	0	152
QUARTO S.DONATO RISORGIMENTO	0	0	160
QUARTO CENTRO	167	0	161
FRULLO (BIVIO)	0	0	328
PICCOLO COW BOY	0	0	328
SAN DONATO 240-246	10	4	328
SAN SISTO	7	1	334
MENARINI	0	0	339
FIERA VIALE EUROPA	2	0	339
ALDO MORO	4	6	341
PARCHEGGIO COSTITUZIONE	1	12	338
CAVALCAVIA MASCARELLA	7	138	328
BOLOGNA AUTOSTAZIONE	0	198	198

Tabella 5-8: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità – percorso Granarolo – Bologna

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
BOLOGNA AUTOSTAZIONE	28	0	-
CAVALCAVIA MASCARELLA	11	6	28
PARCHEGGIO COSTITUZIONE	19	11	33
ALDO MORO	4	3	41
FIERA VIALE EUROPA	0	1	42
MENARINI	0	0	41

Fermata	Saliti	Discesi	Bordo
SAN SISTO	0	12	41
SAN DONATO 240-246	0	0	29
PICCOLO COW BOY	1	26	29
FRULLO (BIVIO)	0	1	4
QUARTO CENTRO	0	1	3
QUARTO S.DONATO RISORGIMENTO	0	0	2
GRANAROLO FOGGIA NUOVA	0	0	2
GRANAROLO HOTEL KING	0	1	2
GRANAROLO MATTEUCCI	0	0	1
GRANAROLO ROMA	0	0	1
GRANAROLO	0	0	1
GRANAROLO SCUOLE	0	1	1

Tabella 5-9: Saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità – percorso Bologna – Granarolo

METROBUS AV (Baricella - Bologna)

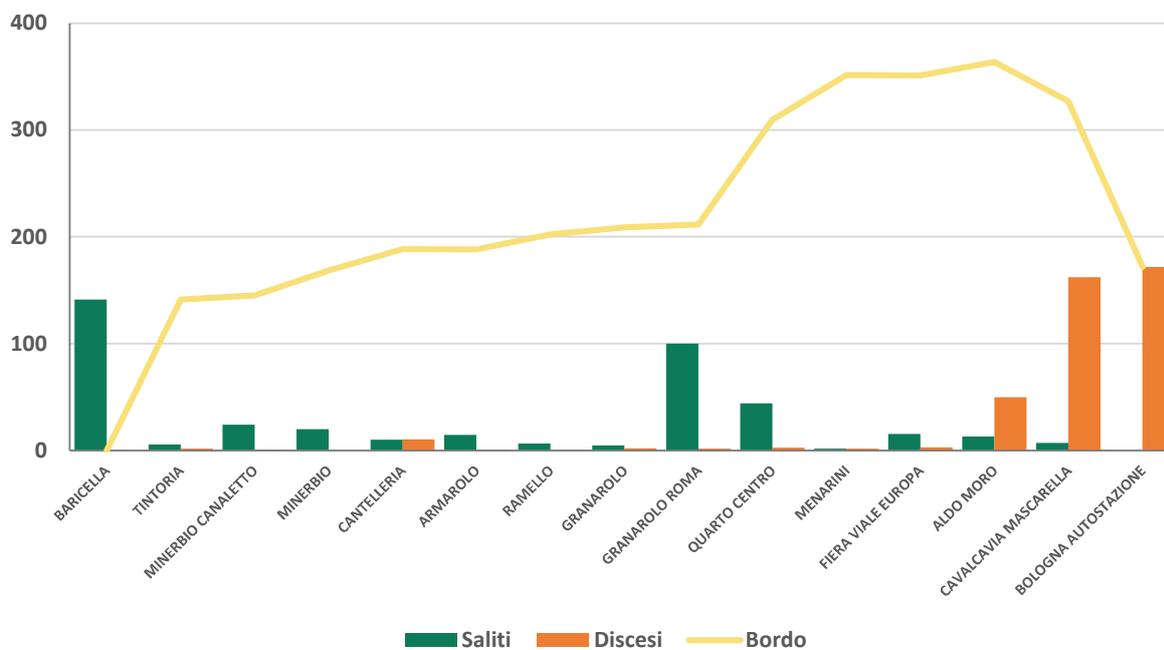


Figura 5-10: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Baricella – Bologna)

METROBUS AV (Bologna - Baricella)

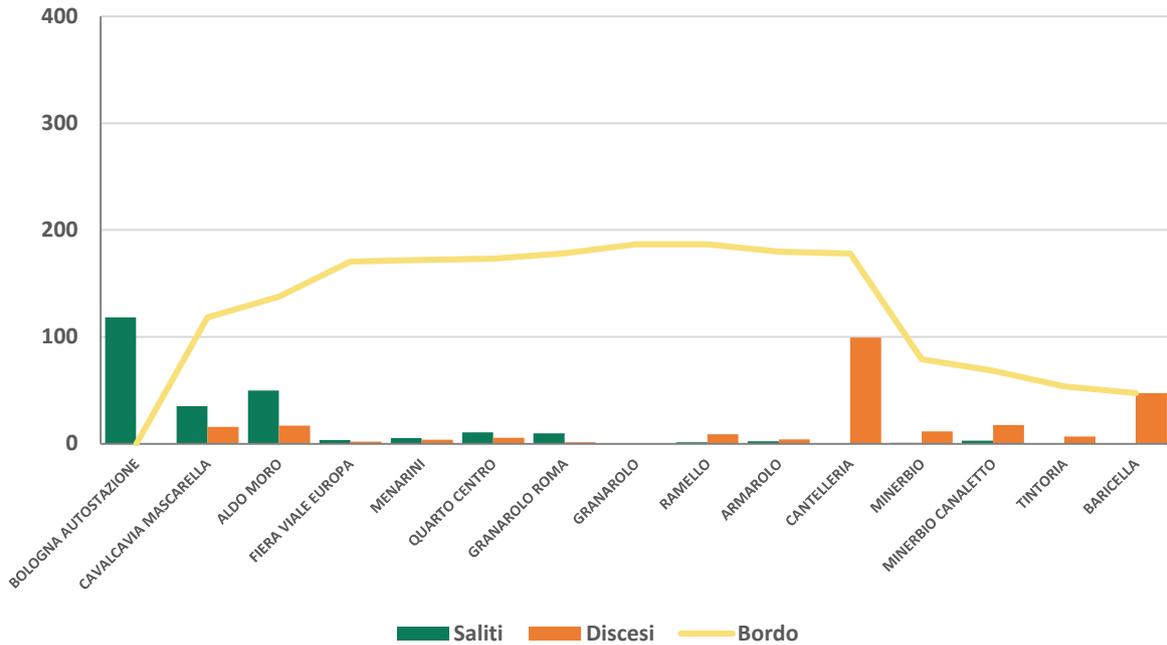


Figura 5-11: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Bologna – Baricella)

Metrobus AV (Mondonuovo - Bologna)

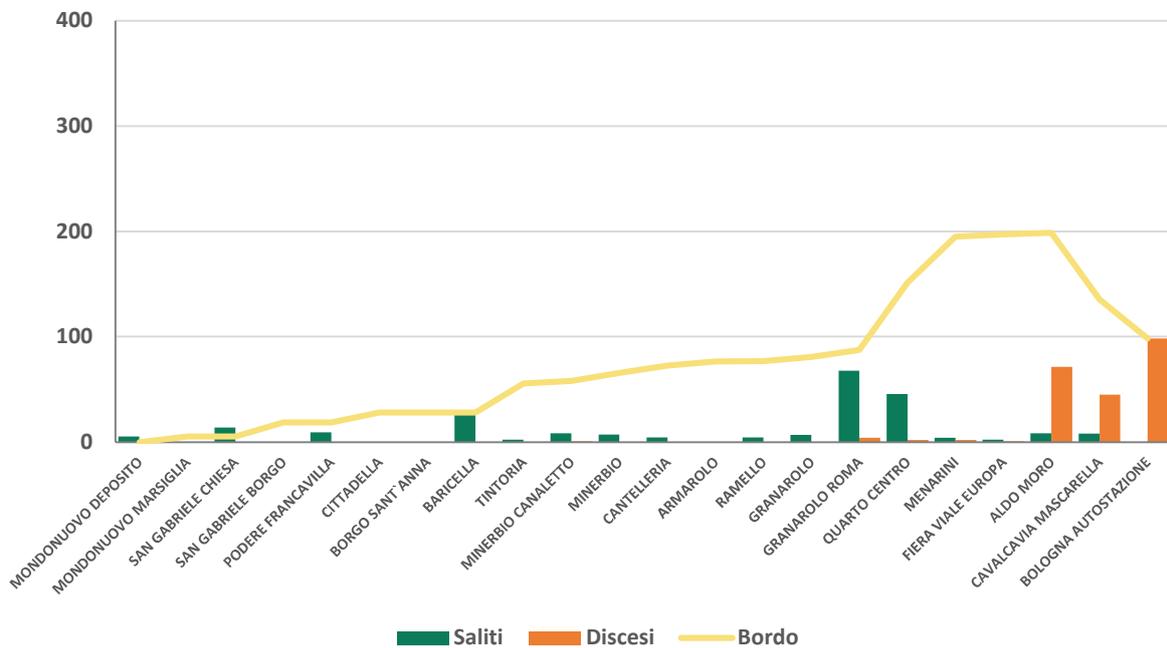


Figura 5-12: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Velocità (Mondonuovo – Bologna)

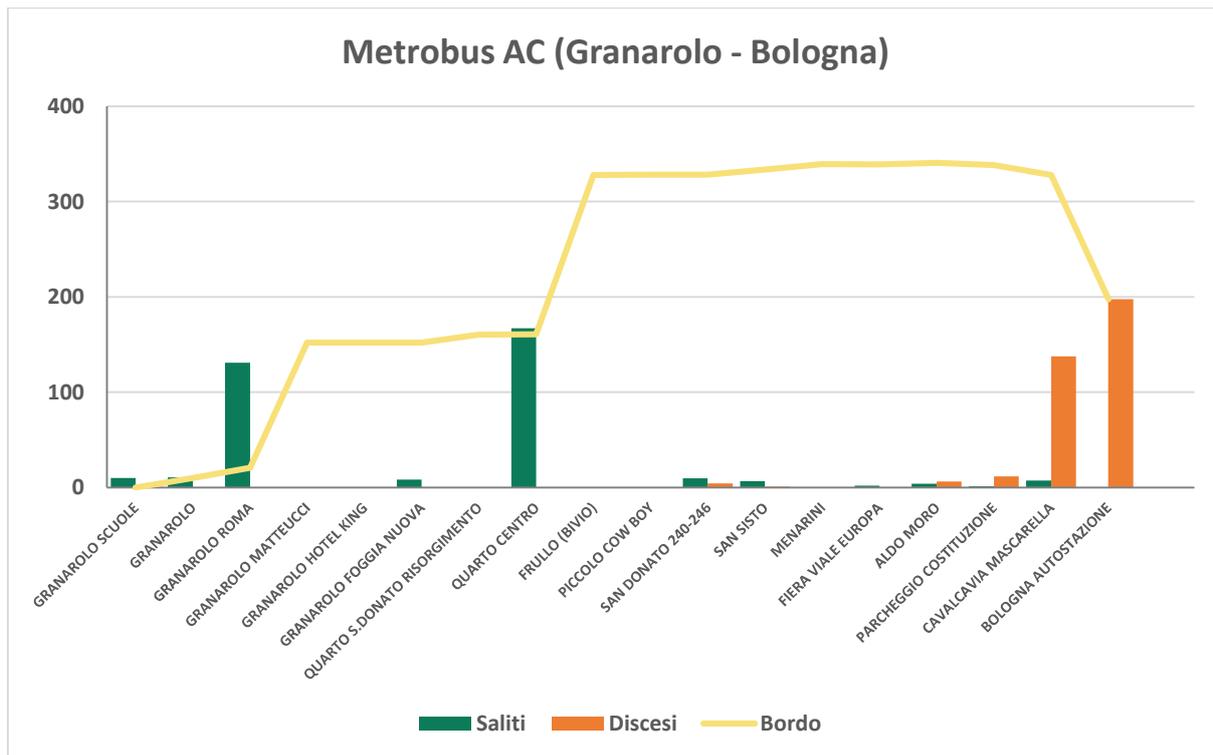


Figura 5-13: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità (Granarolo – Bologna)

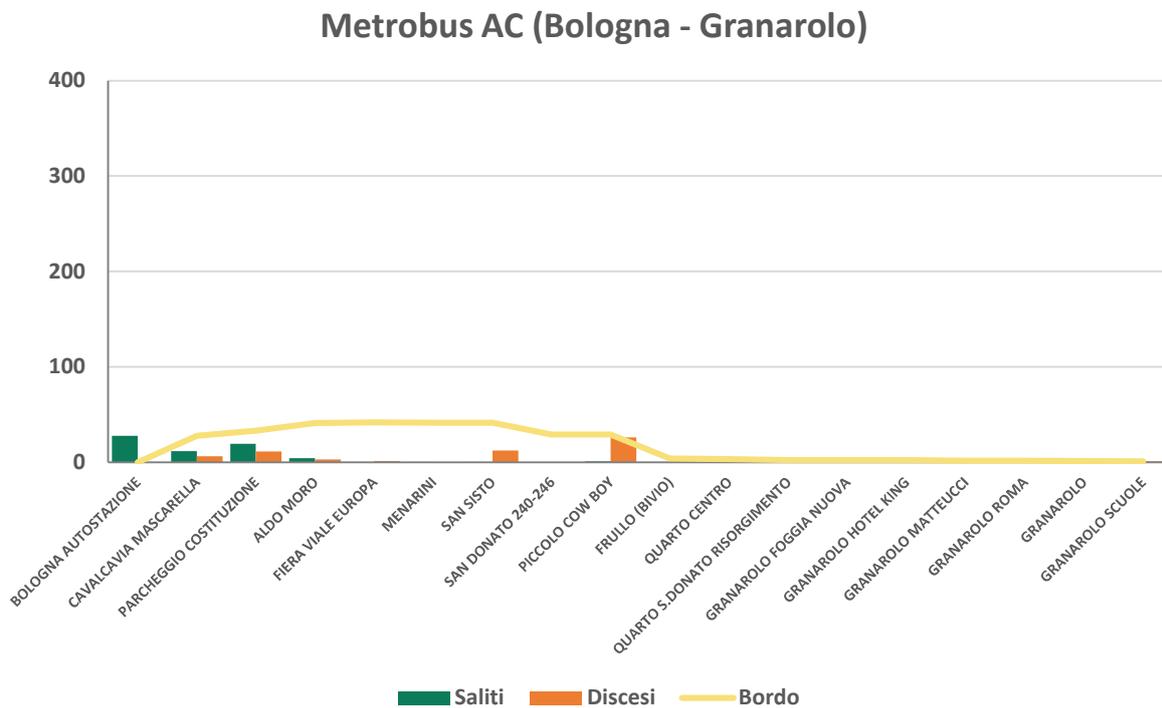


Figura 5-14: Diagramma saliti/discesi nell'ora di punta mattutina sul Metrobus Alta Capacità (Bologna – Granarolo)

6 Il modello di micro-simulazione

6.1 Metodologia per l'individuazione degli ambiti critici

Come specificato nell'Addendum "AVVISO n.2 per la presentazione di istanze per accesso alle risorse destinate al Trasporto Rapido di Massa ad Impianti Fissi", "i sistemi filoviari (e assimilabili) di nuova realizzazione per cui è possibile presentare istanza devono riguardare linee caratterizzate nell'ora di punta da "carico massimo" di almeno 900 pass/h/direzione e velocità commerciali non inferiori ai 13 km/h in caso di servizio in ambito urbano".

In particolare, quest'ultimo requisito prestazionale è stato garantito implementando specifici accorgimenti progettuali e pianificatori suggeriti nell'Addendum, quali:

- sede dedicata per almeno il 70% della lunghezza totale o inferiore nel caso in cui si dimostri che le aree attraversate garantiscano comunque, per condizioni o limitazioni di traffico, velocità commerciale significativamente superiori al valore minimo di 13 km/h;
- inter-distanza tra le fermate almeno di 350 metri;
- impianti quali sistemi di localizzazione, di segnalamento, di regolazione, di informazione e asservimento semaforico.

Dal momento che il corridoio su cui è previsto l'instradamento del sistema Metrobus si sviluppa prettamente in ambito extraurbano, risulta difficile ipotizzare una preferenziazione della sede stradale per una lunghezza pari al 70% del totale; ne consegue facilmente che il vincolo prestazionale acquisisce una valenza ancora maggiore e una necessità inderogabile nell'ottica dell'ammissibilità stessa dell'istanza.

Per quanto detto, al fine di garantire velocità commerciali significativamente superiori ai 13 Km/h su tutto il tracciato del sistema Metrobus, in fase di studio trasportistico-infrastrutturale sono state studiate e valutate:

- l'implementazione di sistemi ITS di preferenziazione semaforica;
- le opportune riorganizzazioni geometrico-funzionali alle intersezioni critiche.

Conseguentemente, gli approfondimenti e le necessarie verifiche sull'efficacia di tali misure sono stati condotti mediante simulazione dinamica a scala micro solo sugli ambiti identificati dal processo metodologico dettagliato in seguito. I micro-modelli sono stati realizzati sempre con la suite dei software PTV, mediante VISSIM, e sono stati implementati e opportunamente calibrati proprio nell'ottica di:

- verificare il risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus, previsto in funzione delle soluzioni tecnico-funzionali ipotizzate;
- verificare il rispetto del vincolo prestazionale previsto dall'Addendum ministeriale, garantendo velocità commerciali superiori ai 13 km/h.

Per tali ragioni, l'inserimento del sistema Metrobus sulla viabilità nell'area di studio, e delle conseguenti soluzioni tecnico-funzionali identificate, è stato verificato misurando l'impatto generale sulla fluidità del traffico veicolare, senza però dettagliare tali analisi nell'ottica di minimizzare i ritardi accumulati dalle componenti di traffico privato.

Metodologicamente si è proceduto seguendo questi passaggi:

- Individuazione potenziali criticità – ora di punta mattutina:
 - Analisi puntuali delle differenze tra velocità in congestione e velocità a flusso nullo [da FCD];
 - Analisi dei dati AVM e confronto con dati GTFS;
- Quadro sinottico dell'infrastruttura;
- Linearizzazione del tracciato;
- Informazioni sul nodo:
 - Geometrica;
 - Funzionale (LoS);
- Dettaglio delle criticità potenziali;
- Analisi possibili soluzioni tecnico-funzionali:
 - Individuazione delle possibili soluzioni tecniche e/o funzionali
 - Verifica della fattibilità degli interventi
 - Stima del risparmio di tempo ottenibile
- Analisi a scala microscopica:
 - Individuazione degli ambiti di simulazione

- Accorpamento funzionale di tratte in ambito urbano per verifica prescrizioni Addendum MIT (compresi centri urbani attraversati) [$V_{comm} > 13$ km/h];
- Analisi puntuale almeno sulle intersezioni/tratte delimitate dalle risultanze delle analisi dei dati FCD per verifica delle stime sui risparmi di tempo dove è verificata la condizione:

$$\frac{(V_0 - V_{hdp})}{V_0} \geq 40\%$$

dove:

- V_0 = velocità nelle ore di morbida;
- V_{hdp} = velocità nell'ora di punta mattutina.

6.2 Metodologia per l'analisi di micro-simulazione

La micro-simulazione è uno strumento che permette di riprodurre gli spostamenti dei singoli veicoli in modo dinamico.

Il modello stocastico di micro-simulazione sviluppato nel software VISSIM cerca di replicare la variabilità delle condizioni di traffico dovute a comportamenti casuali dei guidatori che determinano, per esempio, la scelta della velocità, il cambio della corsia, etc. A tal fine esso associa le decisioni dei singoli conducenti basandosi su numeri casuali, generati da un seme ("seed") iniziale definito dal modellista tra i parametri di simulazione.

6.2.1 Modello di rete

Il modello di rete dello stato di fatto viene dettagliato con la rappresentazione esatta della geometria della sede stradale (numero e larghezza delle corsie, raggi di curvatura, etc.), delle discipline di circolazione, delle caratteristiche degli impianti semaforici, ecc.

Riguardo agli impianti semaforici, alcuni di questi sono attuati localmente o centralizzati nello stato attuale. In particolare, quelli interessati dall'intervento all'interno della città di Bologna sono telecontrollati dal Centro di Controllo e Regolazione del Traffico, tramite il sistema denominato UTOPIA (Urban Traffic Optimisation by Integrated Automation).

Questi impianti semaforici "intelligenti" sono caratterizzati dal fatto che la durata delle fasi dei cicli semaforici, cioè la durata dei tempi di verde e di rosso, varia in tempo reale in funzione dell'intensità del traffico rilevata da appositi sensori posizionati sotto la pavimentazione stradale (spire induttive). La regolazione degli impianti semaforizzati è detta di tipo "adattativo a generazione dinamica di piano" in grado cioè di determinare ed attuare le più efficaci strategie di regolazione semaforica del traffico urbano, rispondendo velocemente alle criticità Locali e di Area.

L'aggiornamento continuo dei tempi dei piani semaforici avviene anche tramite il collegamento con la Centrale di Telecontrollo Bus dell'Azienda di Trasporto Pubblico (TPER) la quale, attraverso un sistema di localizzazione GPS, monitora la posizione della flotta dei bus sul territorio ed invia le relative coordinate ai controllori locali i quali predispongono le fasi semaforiche in modo da favorire il preferenziamento del mezzo nell'attraversamento degli incroci telecontrollati. Tale preferenziamento non è mai assoluto ma sempre bilanciato con le altre direzioni controllate ed è configurabile con appositi parametri.

Per ogni impianto, nel pianificato è indicata una durata minima e massima delle fasi variabili in base ai dati di traffico. Tuttavia, nella pianificazione viene anche indicata la presenza di uno o più piani a tempi fissi programmati per il funzionamento "locale" che saranno eseguiti qualora non sia possibile il funzionamento "Centralizzato".

Nel modello di micro-simulazione, non essendo possibile riprodurre un sistema di regolazione così complesso, è stato implementato il piano relativo al ciclo medio o se disponibile al piano locale attivo nell'intervallo di punta. Tale scelta, inoltre, risulta essere maggiormente cautelativa.

Per quanto riguarda gli impianti pedonali a chiamata è stata ipotizzata la frequenza delle chiamate in funzione del contesto in cui è localizzato l'impianto. I valori utilizzati nel modello sono dichiarati negli allegati specifici.

In via cautelativa, in generale, negli scenari di progetto non è stato simulato un sistema di preferenziazione per il Metrobus ad eccezione di alcuni punti singolari come la re-immissione in corsia dopo aver effettuato una fermata in baia, in presenza di un impianto per l'attraversamento pedonale situato a monte della fermata o sulla rotatoria di Ca' dell'Orbo.

6.2.2 Domanda

I flussi di traffico privato entranti nelle porzioni di rete oggetto di verifica e i percorsi effettuati sono stati importati direttamente dal modello di macro-simulazione, salvo alcune modifiche locali visto il differente grado di dettaglio della rete stradale tra i due modelli.

La domanda del trasporto privato è caratterizzata da tre classi veicolari: auto, veicoli commerciali leggeri e mezzi pesanti.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico sono state rappresentate tutte le corse delle linee che attraversano gli ambiti oggetto di studio nell'intervallo di punta.

Nello scenario di progetto in via cautelativa non sono state considerate variazioni sulla domanda di trasporto privato (dovute alla diversione modale indotta dall’inserimento del servizio Metrobus). È stato riprodotto, invece, lo scenario di progetto del trasporto pubblico, considerando la presenza delle corse del Metrobus e la soppressione o la deviazione di alcune corse o linee.

6.2.3 Parametri di simulazione

Per ogni scenario sono state effettuate 5 simulazioni. La verifica è stata effettuata per l’ora di punta della mattina, che, sulla base dei rilievi di traffico si colloca tra le 08:00 e le 09:00.

L’intervallo di simulazione è di 5.400 s. Per ottenere una corretta valorizzazione degli indicatori trasportistici, è necessario che all’inizio del periodo di simulazione vera e propria, la rete risulti già attraversata da un congruo numero di veicoli. Per questa ragione si introduce un intervallo temporale di “precarico”, la cui durata dipende dall’estensione della rete oggetto di simulazione. Per le caratteristiche dei nodi trattati in questa analisi, si è ritenuto adeguato utilizzare un tempo di precarico della rete di 15 min, mentre il flusso in ingresso nella rete nell’intervallo di precarico è stato stimato pari all’75% del flusso dell’ora di punta. Dopo l’intervallo dell’ora di punta nel quale sono raccolti i dati per il calcolo degli indicatori è presente un intervallo di “scarico”.

Sono, inoltre, state definite le caratteristiche di comportamento dei conducenti (ad esempio; il distanziamento medio longitudinale e trasversale tra i veicoli in moto e da fermi, il comportamento al semaforo, le velocità desiderate, etc.), così da riprodurre in modo realistico le condizioni di circolazione sulla rete.

6.2.4 Calibrazione del modello

I modelli microscopici relativi agli ambiti oggetto di verifica sono stati calibrati attraverso un processo iterativo, modificando caratteristiche della rete e comportamento dei conducenti al fine di riprodurre non solo i flussi di traffico rilevati sul campo tramite le spire magnetiche, ma anche le condizioni di deflusso (valutate da dati storici Google Maps).

La bontà della calibrazione di un modello è solitamente valutata sulla base dei seguenti parametri:

- corrispondenza dei flussi di traffico simulati con i flussi rilevati;
- corrispondenza dei tempi di percorrenza sui principali itinerari con quelli “tipici”, forniti ad es. da Google Maps;
- corrispondenza della lunghezza delle code simulate con quelle osservate durante il rilievo e/o dall’informazione storica fornita da Google Maps sulle condizioni di traffico.

Purtroppo, l’emergenza Covid19 non ha permesso di effettuare rilievi sul campo per misurare tempi di percorrenza e lunghezza delle code e anche i dati di Google Maps risultano poco attendibili.

La buona corrispondenza di flussi simulati a quelli osservati sul campo è stata valutata sulla base dei due metodi più diffusi in letteratura: lo scattergram e l’analisi GEH.

Lo scattergram mette a confronto in modo diretto i valori conteggiati e quelli simulati. Si tratta di una rappresentazione grafica dei punti determinati dall’accoppiamento delle due variabili. La misura della bontà del modello è data da valori del coefficiente angolare della retta di regressione prossimi all’unità (la pendenza della retta deve avere una giacitura vicina ai 45 gradi) ed un coefficiente di determinazione R^2 superiore a 0,85.

La formula del GEH, utilizzata nel campo dell’ingegneria dei trasporti per confrontare i volumi di traffico rilevati con quelli simulati, ha la forma la seguente:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{(M + C)}}$$

Nella formula del GEH sopra riportata con M si indicano i flussi simulati e con C i flussi rilevati di una specifica corrente/manovra. L’indicatore permette di definire il modello come ben calibrato allorquando assume un valore inferiore 5 ed inferiore a 3 per gli archi *critici* (ad esempio quelli di ingresso/uscita dalla rete o che presentano flussi elevati).

Si osserva che per alcuni ambiti non sono disponibili dei rilievi di traffico, tuttavia il relativo modello è stato considerato calibrato in quanto erano riprodotti i flussi osservati nel modello macroscopico che è calibrato su un’area più ampia.

6.2.5 Risultati

I risultati che verranno presentati sono ottenuti come valori medi di cinque simulazioni per ogni scenario, con deviazioni standard non significative così come raccomandato dalle principali linee guida del settore.

Gli indicatori considerati sono la velocità media commerciale e i tempi di percorrenza del trasporto pubblico. In particolare, saranno confrontati i valori relativi alla linea 93 per lo scenario attuale e alla linea Metrobus per gli scenari progettuali nel tratto di percorso comune.

Per ogni ambito sarà, inoltre, fornito un flussogramma relativo al trasporto privato e una rappresentazione delle velocità per segmento d’arco della linea Metrobus.

6.3 Gli ambiti critici

Sulla base della metodologia citata, sono stati individuati 4 ambiti di analisi che sono stati sottoposti alla modellizzazione a scala microscopica e in merito ai quali saranno effettuate le opportune verifiche:

- ambito Baricella;
- ambito Minerbio;
- ambito Granarolo dell'Emilia;
- ambito Quarto Inferiore.

Nei paragrafi seguenti si riporta una sintesi delle caratteristiche degli ambiti, degli interventi previsti nello scenario di progetto e gli indicatori relativi al TPL. Nell'allegato "Quaderno delle Micro-simulazioni" si riportano le rappresentazioni grafiche dei risultati.

6.3.1 Ambito Baricella

L'ambito Baricella interessa il centro abitato di Baricella dall'intersezione tra la SP5 - Via Savena Vecchia e Via Altedo all'intersezione tra la SP5 - Via Savena Inferiore e Via Mazzola.

Non sono disponibili né è stato possibile realizzare rilievi di traffico sul campo a causa dell'emergenza Covid19, tuttavia il modello è considerato calibrato in quanto riproduce i flussi risultanti dal modello macroscopico che è calibrato su un'area maggiore.

La domanda veicolare che interessa l'ambito è pari a circa 1.280 veicoli/ora nell'intervallo di punta della mattina 08:00-09:00.

Nello scenario di progetto cautelativamente non sono state considerate variazioni dei flussi di traffico privato rispetto allo stato attuale.

Nello scenario di progetto vengono riposizionate ed attrezzate le fermate TPL Baricella e l'attraversamento pedonale su Via Roma in prossimità delle fermate TPL Baricella è stato semaforizzato. Alcuni attraversamenti pedonali su Via Savena Vecchia e su Via Roma sono stati eliminati; altri sono stati semaforizzati. È stata ipotizzata una chiamata pedonale ogni 6 minuti. La fase pedonale ha una durata di 20 s.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico nello scenario di progetto sono state introdotte le linee 356, 357, 358 e 359 e viene soppressa la linea 93. Il numero di corse si incrementa di 15 unità passando da 5 a 30 corse nell'intervallo 08:00-09:00 (di cui 6 Metrobus AV in direzione Baricella, 2 Metrobus AV in direzione Bologna con partenza dalla fermata Baricella, 1 Metrobus AV in direzione Bologna con partenza dalla fermata Mondonuovo, 2 della linea 431, 10 della linea 356, 4 della linea 357, 4 della linea 358 e 1 della linea 359).

Gli indicatori di rete valutati mettono a confronto la linea TPL 93 con la linea Metrobus. Non si evidenziano differenze significative degli indicatori tra le due direzioni.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Bologna allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 20,7 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus è pari a 26,5 km/h garantendo un incremento percentuale del +28%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 292 s; mentre, nello scenario di progetto con 227 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus del -22%.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Baricella allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 21,0 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus è pari a 27,9 km/h garantendo un incremento percentuale del +33%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 289 s; mentre, nello scenario di progetto con 218 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus del -25%.

Il miglioramento delle prestazioni è dovuto al fatto che le fermate Baricella Fondo Alto, Baruzza, Baricella Scuole e Baricella Stazione non vengono effettuate dal sistema Metrobus.

6.3.2 Ambito Minerbio

L'ambito Minerbio interessa il centro abitato di Minerbio dall'intersezione tra la SP5 - Via Savena Inferiore, Via Montadella e Via Sagradino alla rotatoria tra la SP5 - Via Savena Superiore e Via Ronchi Inferiore.

L'intersezione tra Via Savena Inferiore, Via Giuseppe Garibaldi e Via Canaletto è regolata da un impianto semaforico per il quale è stato simulato il piano 1 attivo tra le 08:00 e le 09:00. Il piano ha tempi di verde variabili in funzione del traffico e la fase pedonale è a chiamata. In via cautelativa è stata ipotizzata la durata massima delle fasi per un ciclo totale pari a 103 s.

Non sono disponibili né è stato possibile realizzare rilievi di traffico sul campo a causa dell'emergenza Covid19, tuttavia il modello è considerato calibrato in quanto riproduce i flussi risultanti dal modello macroscopico che è calibrato su un'area maggiore.

La domanda veicolare che interessa l'ambito è pari a circa 2.300 veicoli/ora nell'intervallo di punta della mattina 08:00-09:00.

Nello scenario di progetto cautelativamente non sono state considerate variazioni dei flussi di traffico privato rispetto allo stato attuale.

Nell'ambito sono previsti i seguenti interventi infrastrutturali:

- vengono riposizionate ed attrezzate le fermate TPL Minerbio Canaletto;
- l'attraversamento pedonale su Via Giuseppe Garibaldi in prossimità delle fermate TPL Minerbio Canaletto è stato riposizionato e semaforizzato;
- vengono riposizionate ed attrezzate le fermate TPL Minerbio;
- l'attraversamento pedonale su Via Giuseppe Garibaldi in prossimità delle fermate TPL Minerbio è stato semaforizzato;
- vengono semaforizzati altri attraversamenti pedonali su Via Giuseppe Garibaldi e su Via Roma;
- è prevista la realizzazione su Via Giuseppe Garibaldi di un tratto di corsia preferenziale in direzione Bologna;
- vengono attrezzate le fermate TPL Cantelleria;
- l'attraversamento pedonale su SP5 – Via Savena Superiore in prossimità delle fermate TPL Cantelleria viene eliminato e vengono introdotti due nuovi attraversamenti pedonali semaforizzati.

Per gli impianti semaforici è stata ipotizzata una chiamata pedonale ogni 4 minuti. La fase pedonale ha una durata di 15 s.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico nello scenario di progetto sono state introdotte le linee 353, 430 e 439 e viene soppressa la linea 93. Il numero di corse si incrementa di 16 unità passando da 5 a 21 corse nell'intervallo 08:00-09:00 (di cui 6 Metrobus AV in direzione Baricella, 4 Metrobus AV in direzione Bologna, 2 della linea 431, 3 della linea 353, 3 della linea 430 e 3 della linea 439).

Gli indicatori di rete valutati mettono a confronto la linea TPL 93 con la linea Metrobus. Non si evidenziano differenze significative degli indicatori tra le due direzioni.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Bologna allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 23,6 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus è pari a 26,3 km/h garantendo un incremento percentuale del +12%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 562 s; mentre, nello scenario di progetto con 503 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus del -11%.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Baricella allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 23,5 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus è pari a 26,3 km/h garantendo un incremento percentuale del +12%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 558 s; mentre, nello scenario di progetto con 500 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus del -10%.

Il miglioramento delle prestazioni è dovuto al fatto che le fermate Minerbio Zena, Minerbio Scuole e Minerbio Dispensario non vengono effettuate dal sistema Metrobus.

6.3.3 Ambito Granarolo dell'Emilia

L'ambito Granarolo dell'Emilia interessa il centro abitato di Granarolo dell'Emilia dall'intersezione tra Via San Donato e Via P. de Rossi alla rotatoria tra Via San Donato, Via Mulino e Via Foggianova.

L'intersezione tra Via San Donato e Via Roma è regolata dall'impianto semaforico 103 per il quale è stato simulato il piano 1 attivo tra le 08:00 e le 09:00. È un impianto isolato che opera in modalità attuata dal traffico. In via cautelativa è stata ipotizzata la durata massima delle fasi per un ciclo totale pari a 133 s.

Nell'ambito è presente una sola sezione di rilievo bidirezionale su Via San Donato, per la quale si osserva una buona corrispondenza dei flussi misurati e simulati. Tuttavia, il modello è considerato calibrato in quanto riproduce i flussi risultanti dal modello macroscopico che è calibrato su un'area maggiore.

La domanda veicolare che interessa l'ambito è pari a circa 1.540 veicoli/ora nell'intervallo di punta della mattina 08:00-09:00.

Nello scenario di progetto cautelativamente non sono state considerate variazioni dei flussi di traffico privato rispetto allo stato attuale.

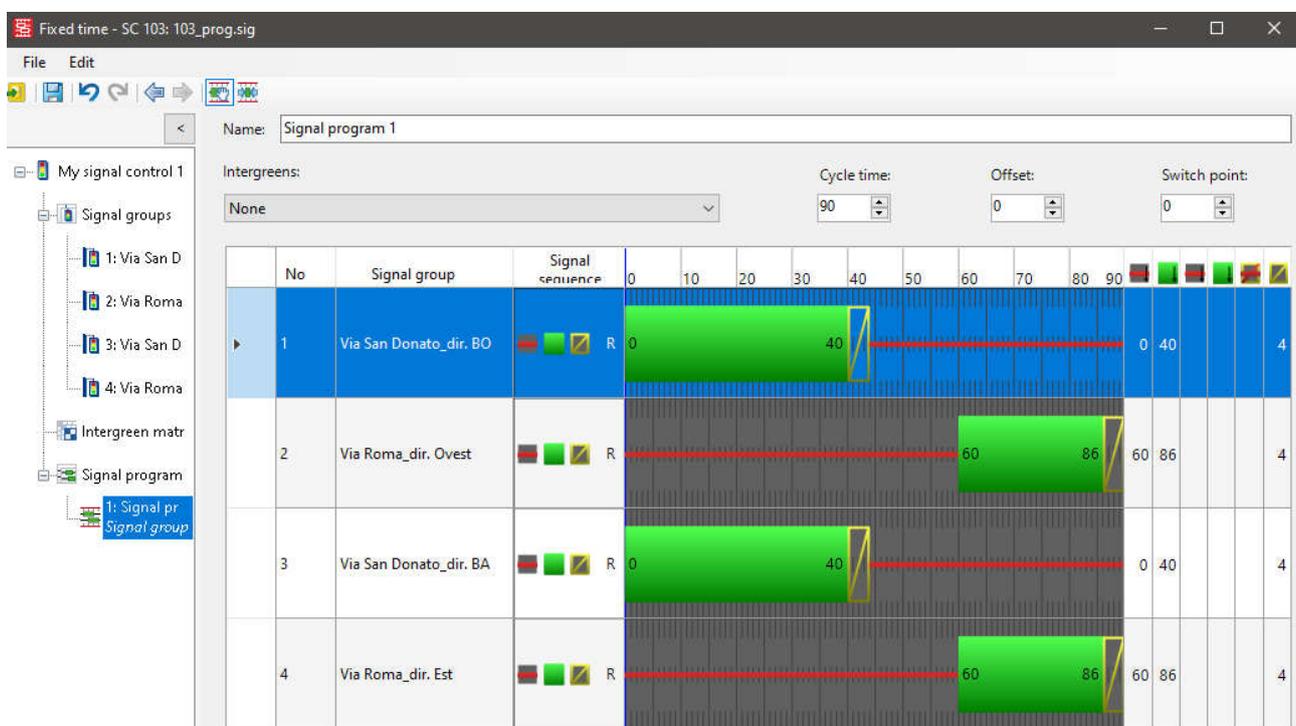
Nello scenario di progetto è prevista la realizzazione su Via San Donato di un tratto di corsia preferenziale in direzione Bologna. La proposta prevede di vietare il transito ai mezzi privati su Via San Donato in direzione Bologna tra l'intersezione con Via Tartarini e quella con Via Roma. Il traffico privato in direzione Bologna è deviato su Via Europa, Via Paolo Borsellino e Via Mulino.

La corsia preferenziale su Via San Donato in direzione Bologna prosegue anche tra Via Roma e Via Matteucci, ma si interrompe per alcune decine di metri a partire dall'intersezione con Via Roma. È garantita la priorità del TPL sui mezzi privati. Inoltre, viene impedita la svolta a sinistra verso e da Via dell'Artigianato dalla San Donato; l'accesso per i mezzi privati sarà tramite Via Mulino.

Alcuni attraversamenti pedonali su Via San Donato sono stati semaforizzati.

Nello scenario di progetto vengono riposizionate ed attrezzate le fermate TPL Granarolo e gli attraversamenti pedonali su Via San Donato in prossimità delle fermate TPL Granarolo vengono semaforizzati.

Viene riposizionata ed attrezzata la fermata TPL Granarolo Via Roma. L'intersezione tra Via San Donato e Via Roma è regolata dall'impianto semaforico 103, per il quale è stato simulato un piano di progetto considerando l'eliminazione della svolta a sinistra da Via San Donato verso Via Roma. Metrobus e mezzi privati transitano in fasi diverse del ciclo semaforico.



Viene riposizionata ed attrezzata la fermata TPL Granarolo Matteucci e gli attraversamenti pedonali su Via San Donato in prossimità della fermata TPL Granarolo Matteucci vengono semaforizzati.

Per gli impianti semaforici è stata ipotizzata una chiamata pedonale ogni 7 minuti. La fase pedonale ha una durata di 15 s.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico nello scenario di progetto sono state introdotte le linee 438 e 439 e viene soppressa la linea 93. Il numero di corse si incrementa di 19 unità passando da 8 a 27 corse nell'intervallo 08:00-09:00 (di cui 6 Metrobus AV in direzione Baricella, 4 Metrobus AV in direzione Bologna, 4 Metrobus AC in direzione Baricella, 3 Metrobus AC in direzione Bologna, 3 della linea 88, 4 della linea 438 e 3 della linea 439).

Gli indicatori di rete valutati mettono a confronto la linea TPL 93 con la linea Metrobus relativamente al tratto di percorso comune.

In direzione Bologna allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 24,6 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus AV è pari a 27,2 km/h garantendo un incremento percentuale del

+11%; mentre, la velocità commerciale della linea Metrobus AC è pari a 25,0 km/h garantendo un incremento percentuale del +2%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 280 s; nello scenario di progetto con 253 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AV del -10%. Il miglioramento delle prestazioni è dovuto al fatto che le fermate Granarolo De Rossi e Granarolo Matteucci non vengono effettuate dal sistema Metrobus AV e alla corsia preferenziale. Mentre, con 275 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AC del -2%. La linea Metrobus AC effettua la fermata Granarolo Matteucci.

In direzione Baricella allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 22,8 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus AV è pari a 26,5 km/h garantendo un incremento percentuale del +16%; mentre, la velocità commerciale della linea Metrobus AC è pari a 24,7 km/h garantendo un incremento percentuale del +8%.

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 307 s; nello scenario di progetto con 265 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AV del -14%; mentre, con 284 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AC del -8%.

6.3.4 Ambito Quarto Inferiore

L'ambito Quarto Inferiore interessa il centro abitato di Quarto Inferiore dall'intersezione tra Via San Donato, Via Risorgimento e Via Badini all'intersezione tra Via San Donato, Via Quarto di Sopra e Via Calamosco.

L'intersezione tra Via San Donato, Via Risorgimento e Via Badini è regolata dall'impianto semaforico 106 per il quale è stato simulato il piano 1 attivo tra le 08:00 e le 09:00. È un impianto isolato che opera in modalità attuata dal traffico. In via cautelativa è stata ipotizzata la durata massima delle fasi per un ciclo totale pari a 109 s.

L'intersezione tra Via San Donato, Via Quarto di Sopra e Via Calamosco è regolata dall'impianto semaforico locale 390 per il quale è stato simulato il piano 1 attivo tra le 08:00 e le 09:00 per un ciclo totale pari a 100 s.

Non sono disponibili né è stato possibile realizzare rilievi di traffico sul campo a causa dell'emergenza Covid19, tuttavia il modello è considerato calibrato in quanto riproduce i flussi risultanti dal modello macroscopico che è calibrato su un'area maggiore.

La domanda veicolare che interessa l'ambito è pari a circa 2.512 veicoli/ora nell'intervallo di punta della mattina 08:00-09:00.

Nello scenario di progetto cautelativamente non sono state considerate variazioni dei flussi di traffico privato rispetto allo stato attuale.

Nello scenario di progetto vengono riposizionate ed attrezzate le fermate TPL Quarto Inferiore e l'attraversamento ciclo-pedonale su Via San Donato in prossimità delle fermate TPL Quarto Inferiore viene semaforizzato.

Sono previsti interventi infrastrutturali all'intersezione tra Via San Donato, Via Quarto di Sopra e Via Calamosco. È prevista la sistemazione a rotatoria dell'incrocio Piccolo Cowboy che necessita di una variante di tracciato per Via Calamosco di circa 230 m. L'intervento prevede corsie di ingresso in rotatoria dedicate al sistema Metrobus su Via San Donato in entrambe le direzioni garantendo livelli di servizio buoni (B) anche in ora di punta.

L'attraversamento pedonale su Via San Donato in prossimità delle fermate TPL San Donato 240 – 246 viene semaforizzato.

Per gli impianti semaforici è stata ipotizzata una chiamata ciclo-pedonale/pedonale ogni 5 minuti. La fase ciclo-pedonale/pedonale ha una durata di 20 s.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico nello scenario di progetto è stata introdotta la linea 438 e viene soppressa la linea 93. Il numero di corse si incrementa di 17 unità passando da 8 a 25 corse nell'intervallo 08:00-09:00 (di cui 6 Metrobus AV in direzione Baricella, 4 Metrobus AV in direzione Bologna, 4 Metrobus AC in direzione Baricella, 3 Metrobus AC in direzione Bologna e 8 della linea 438).

Gli indicatori di rete valutati mettono a confronto la linea TPL 93 con la linea Metrobus.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Bologna allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 20,5 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus AV è pari a 28,6 km/h garantendo un incremento percentuale del +39%; mentre, la velocità commerciale della linea Metrobus AC è pari a 22,1 km/h garantendo un incremento percentuale del +8%;

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 435 s; mentre, nello scenario di progetto con 313 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AV del -28%. Il miglioramento delle prestazioni è dovuto al fatto che le fermate Quarto San Donato Risorgimento, Frullo (Bivio), Piccolo Cowboy e San Donato 240 – 246 non vengono effettuate dal sistema Metrobus AV. Mentre, con 405 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AC del -7%.

Nella porzione di rete dell'ambito di studio in direzione Baricella allo stato attuale la velocità commerciale della linea 93 risulta pari a 18,3 km/h; nello scenario di progetto la velocità commerciale della linea Metrobus AV è pari a 27,2 km/h garantendo un incremento percentuale del +48%; mentre, la velocità commerciale della linea Metrobus AC è pari a 22,5 km/h garantendo un incremento percentuale del +23%;

Il tempo di viaggio relativo alla linea 93 nello scenario attuale è di 488 s; nello scenario di progetto con 330 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AV del -32%; mentre, con 400 s si verifica un risparmio nei tempi di viaggio sulla linea Metrobus AC del -18%.