

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale
Corso di Laurea Magistrale in Infrastrutture di Trasporto



Sistema ferroviario suburbano di Milano: Ipotesi di dimensionamento di nuove stazioni e prospettive di sviluppo

Relatore: Prof. Ing. Roberto MAJA

Correlatore: Dott. Ing. Sandro CAPRA

Tesi di Laurea di:

Stefano FARINA

Matricola: 842342

Marco Cecilio MENDEZ ZORRILLA

Matricola: 837571

Anno Accademico 2015-2016

INDICE

Ringraziamenti.....	Error! Bookmark not defined.
1. Introduzione.....	6
2. Domanda di Mobilità.....	7
2.1 Domanda Attuale.....	7
2.1.1 Policentrismo.....	8
2.1.2 Quantità della Domanda.....	16
2.1.3 Caratteristiche di spostamento.....	17
2.1.4 Spostamenti prodotti dalle fasce di età.....	19
2.1.5 Stranieri.....	20
2.1.6 Ripartizione Modale.....	21
2.2 La Domanda Futura.....	25
2.2.2 Previsione addetti.....	27
2.2.3 Caratteristiche della domanda futura.....	27
3. Offerta di trasporto ferroviario.....	30
3.1 Regione Lombardia.....	30
3.2 Nodo ferroviario di Milano.....	34
3.2.1 Linee S – suburbane.....	36
3.2.2 Criticità infrastrutturali.....	42
4. Pianificazione.....	43
4.1 Obiettivi generali del PRMT.....	43
4.2 Ripartizione delle competenze trasportistiche.....	44
4.3 Caratteristiche ideali per un sistema di trasporto collettivo.....	48
4.3.1 La gerarchia del servizio di trasporto.....	48
4.3.2 Integrazione dei servizi di trasporto.....	49
4.4 Sviluppo futuro.....	51
4.4.1 Linee ferroviarie suburbane future.....	52
4.4.2 Prolungamento futuro delle linee di forza urbana.....	56
4.5 Le linee S.....	57
4.5.1 Le carenze del sistema.....	57
4.6 Utilizzo dell’infrastruttura.....	59
5. Cintura ferroviaria.....	60
5.1 Modello obiettivo.....	62
5.1.1 Fattibilità economica.....	64
5.2 Cintura nord.....	65
5.2.1 Traffico sulla cintura nord.....	66

6.	Analisi della domanda nello scenario di progetto.....	69
6.1	Area di studio.....	69
6.1.1	Area di studio della domanda.....	69
6.1.2	Area di studio dell'offerta.....	70
6.2	Scenari alternativi ipotizzati	70
6.2.1	Scenario futuro principale o di base.....	71
6.2.2	Modifiche di scenario aggiuntive.....	72
6.3	Modellizzazione sistema di trasporto.....	74
6.3.1	CUBE	74
6.3.2	Modello di AMAT.....	75
6.4	Simulazione degli scenari	78
6.4.1	Scenario 1 - senza percorso pedonale.....	79
6.4.2	Scenario 1 - con percorso pedonale	79
6.4.3	Scenario 2 - senza percorso pedonale.....	80
6.4.4	Scenario 2 - con percorso pedonale	80
6.4.5	Scenario 3 - senza percorso pedonale.....	80
6.4.6	Scenario 3 - con percorso pedonale	81
6.4.7	Scenario 4 - senza percorso pedonale.....	81
6.4.8	Scenario 4 - con percorso pedonale	81
6.5	Scenario utilizzato.....	82
6.6	Considerazioni critiche	85
6.7	Scenario gestionale di inserimento	86
7.	Inserimento delle fermate ferroviarie Dergano e Istria	88
7.1	Intorno delle aree d'interesse	88
7.1.1	Utilizzo del territorio.....	89
7.1.2	Caratteristiche catastali.....	93
7.2	Ipotesi di layout schematici per le fermate.....	95
7.2.2	Confronto tra le alternative ipotizzate per le fermate Dergano e Istria	96
7.3	Progettazione Funzionale di Massima dell'Accessibilità,	100
7.3.1	Determinazione delle dimensioni caratteristiche	101
7.3.2	Fermata Istria.....	106
7.3.3	Fermata Dergano	108
7.4	Contestualizzazione delle fermate nella viabilità Urbana	109
7.4.1	Dergano	110
7.4.2	Istria.....	114
7.5	Valutazione del livello funzionale delle fermate	115

8.	Miglioramenti attuati e da attuare.....	117
8.1	Miglioramento delle fermate - Linee Guida	117
8.1.1	Informazioni al pubblico	118
8.1.2	Esempi di segnaletica fissa	118
8.1.3	Segnali audio e video	121
8.2	Cadenzamento dell'orario	124
8.3	Introduzione di nuovi servizi ed infittimento delle frequenze	125
9.	Prospettive innovative di sviluppo	127
9.1	Progettazione delle fermate - Linee guida	127
9.2	Materiale rotabile.....	127
9.2.1	T.S.R. vs F.L.I.R.T.	128
9.2.2	Procedure di fermata, capacità linea e numero	132
10.	Scenari ferroviari	133
10.1	Scenario attuale.....	133
10.2	Analisi quantitativa futura linea S 16.....	134
10.3	Simulazioni linea S16 e prestazioni	135
10.3.1	Confronto prestazionale lungo la cintura.....	136
10.3.2	Sovrapposizione dei servizi nella cintura.....	138
10.3.3	Simulazione di traffico a frequenza 15 min, TSR + 60s.....	140
11.	Conclusioni	146
	Bibliografia:.....	148

1. Introduzione

La città di Milano in ambito suburbano ha una offerta di servizio ferroviario di due tipologie, una con un raggio di influenza minore fino a 20 Km circa ovvero le linee metropolitane e l'altra con un raggio di circa 40 Km che oltre a servire la città di Milano sfruttando l'infrastruttura esistente, si estende fino in varie direzioni radiocentriche alla città coprendo molte località della provincia omonima ma anche alcune province limitrofe ovvero le linee suburbane S o Linee S.

Oggigiorno le persone ancora percepiscono questo servizio come un servizio ferroviario tipico italiano, caratterizzato da ritardi e poca affidabilità per quanto riguarda il rispetto degli orari. Si prenda l'esempio del noto passante ferroviario, che, attraversando trasversalmente la città di Milano e fornendo un vero servizio urbano con frequenze di 6 minuti da Lancetti a Porta Vittoria, è di fatto paragonabile a una linea metropolitana, ma non è percepito come tale. A questo si sommano la promiscuità dell'infrastruttura, la non specializzazione della stessa infrastruttura per questo specifico servizio ferroviario e infine la mancanza di una omogeneizzazione dello standard d'immagine il quale dovrebbe servire per facilitare la percezione del servizio. Da qui nascono tutti i potenziali disagi sulla velocità commerciale e sulla qualità del servizio.

In questo elaborato si tratterà il sistema ferroviario milanese e si analizzerà l'interazione tra domanda e offerta di trasporto nel bacino suburbano milanese, evidenziando il peso di questa modalità di trasporto nello stesso bacino rispetto al totale degli spostamenti.

Si studierà il livello di utilizzo delle infrastrutture ferroviarie esistenti nel nodo di Milano da parte dei servizi suburbani, individuandone le possibilità di potenziamento. Sulla base di ciò si prenderanno in esame i piani esistenti di sviluppo del servizio ferroviario suburbano, valutando se questa pianificazione è in grado di migliorare l'uso dell'infrastruttura poco sfruttata per il trasporto urbano.

Successivamente si simulerà un servizio ferroviario suburbano già contenuto nei documenti di piano, appoggiandosi ad un modello di simulazione di traffico nell'intorno del Comune di Milano. Questa linea di servizio sarà dapprima simulata adottando le caratteristiche delle linee S già esistenti, e poi quelli appositamente introdotti in questo lavoro per questo tipo di servizio.

Si effettuerà inoltre un confronto prestazionale delle due simulazioni per mettere in luce le differenze tra i due modelli di servizio sopra citati.

Infine per quanto riguarda gli standard di progettazione funzionale attuali delle fermate suburbane, si faranno delle considerazioni sulla qualità funzionale, per poi andare a definire delle linee guida per il dimensionamento funzionale che accolgano suggerimenti migliorativi che potrebbero essere usati nella progettazione delle future fermate.

2. Domanda di Mobilità

In questo capitolo si vuole descrivere la domanda per definire le generali esigenze di mobilità della popolazione seguendo un approccio dinamico. Riferendosi alle mutazioni subite dalla domanda fino ad oggi, è stato possibile, tramite una proiezione in avanti dell'andamento temporale dei dati disponibili, costruire uno scenario futuro.

La domanda di mobilità è descritta tramite le sue caratteristiche più rilevanti, qui esposte:

- Numero passeggeri movimentati;
- Distribuzione sul territorio delle origini e delle destinazioni;
- Distribuzione temporale degli spostamenti durante il giorno;
- Tempo dello spostamento generato dalla domanda;
- Distanza dello spostamento generato dalla domanda;
- Motivo dello spostamento;
- Età dei viaggiatori;
- Modalità dello spostamento;

A sua volta lo studio della domanda non può prescindere dall'analisi delle cause che la generano, queste cause sono:

- Quantità della popolazione;
- Distribuzione territoriale della popolazione;
- Età della popolazione;
- Numero di addetti sul territorio;
- Offerta.

I risultati delle analisi effettuate, esposte di seguito, sono stati elaborati con l'appoggio di documenti quali il Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) ed il Programma Regionale Mobilità e Trasporti (PRMT).

2.1 Domanda Attuale

In questo sottocapitolo si intende descrivere la domanda di mobilità passeggeri in modo dinamico riguardante la città di Milano, partendo dallo stato di fatto all'inizio degli anni 2000, fino ad arrivare alla situazione attuale, facendo attenzione alle modalità evolutive delle caratteristiche della mobilità stessa che l'hanno portata ad assumere la forma odierna.

2.1.1 Policentrismo

Il policentrismo, inteso in ambito demografico e della mobilità, è un fenomeno che si registra tipicamente attorno alle grandi città, che esercitano sugli spostamenti una sorta di effetto gravitativo, attraendo una forte domanda. Questo è dovuto al fatto che sono dei centri di alta concentrazione di attività antropica, parlando in questo caso di un policentrismo centripeto, poiché i movimenti convergono al polo cittadino.

Si analizzano ora i vari fattori considerati come determinanti del policentrismo.

2.1.1.1 Dinamica della popolazione sul territorio

Il comune di Milano ha subito negli ultimi 40 anni un significativo decremento della popolazione, passando da 1.732.000 abitanti del 1971 ai 1.300.000 dall'anno 2011 [Figura 2.1].

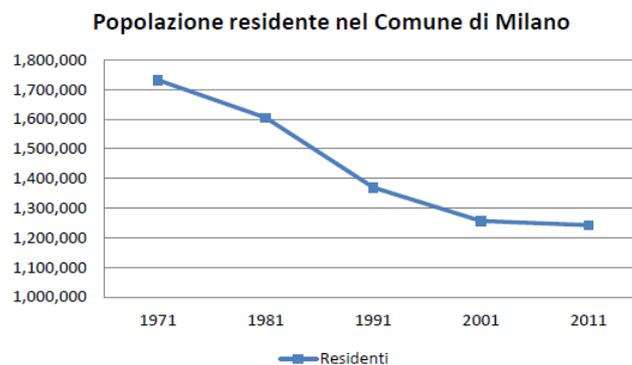


Figura 2.1: andamento della popolazione del comune di Milano (fonte PRMT, elaborazione AMAT su censimento ISTAT)

Si vuole ora confrontare l'evoluzione delle popolazioni del Comune di Milano, della Provincia di Milano e della Lombardia attraverso un indice in cui i residenti nel 1951 sono assunti come riferimento attribuendo una base 100:

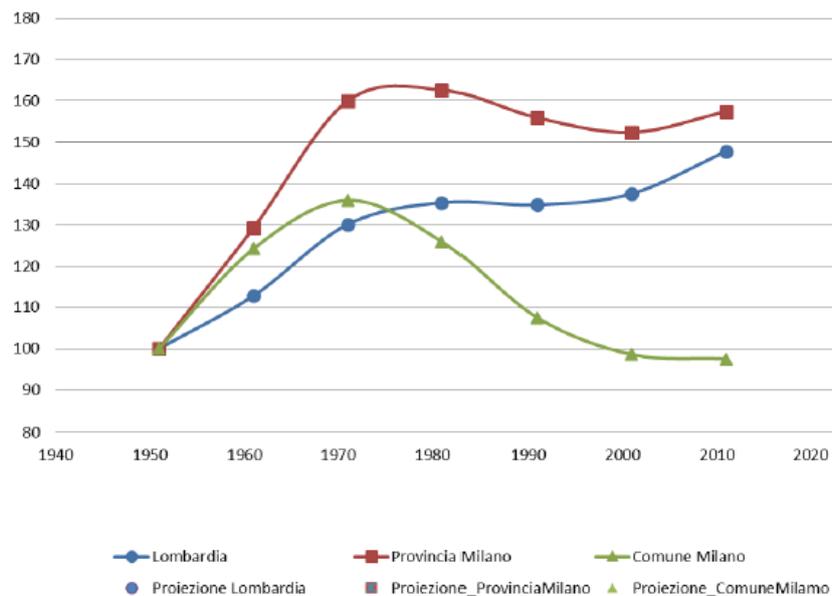


Figura 2.2: evoluzione delle popolazioni residenti su base tramite indice su base 100 relativamente alla popolazione del 1951 (fonte PUMS, elaborazione AMAT su dati ISTAT)

A differenza di quella del comune di Milano, le popolazioni della Lombardia e della Provincia di Milano non subiscono sostanziali variazioni dal 1971; quella della Lombardia ha subito un continuo aumento, mentre la Provincia di Milano è rimasta grossomodo costante.

La tendenza della popolazione è quella di distribuirsi sul territorio Lombardo allontanandosi dal comune di Milano, in particolare si stanno popolando sempre più i territori che costituiscono le polarità lombarde [Figura 2.3]. Questo fenomeno è dovuto a vari motivi, tra cui anche quelli legati agli aspetti economici per quanto riguarda i costi degli immobili, ma anche alla qualità della vita: spostandosi dal centro cittadino al contempo ci si allontana dal traffico stradale, inquinamento ambientale, inquinamento acustico, i prezzi degli immobili sono minori ecc.

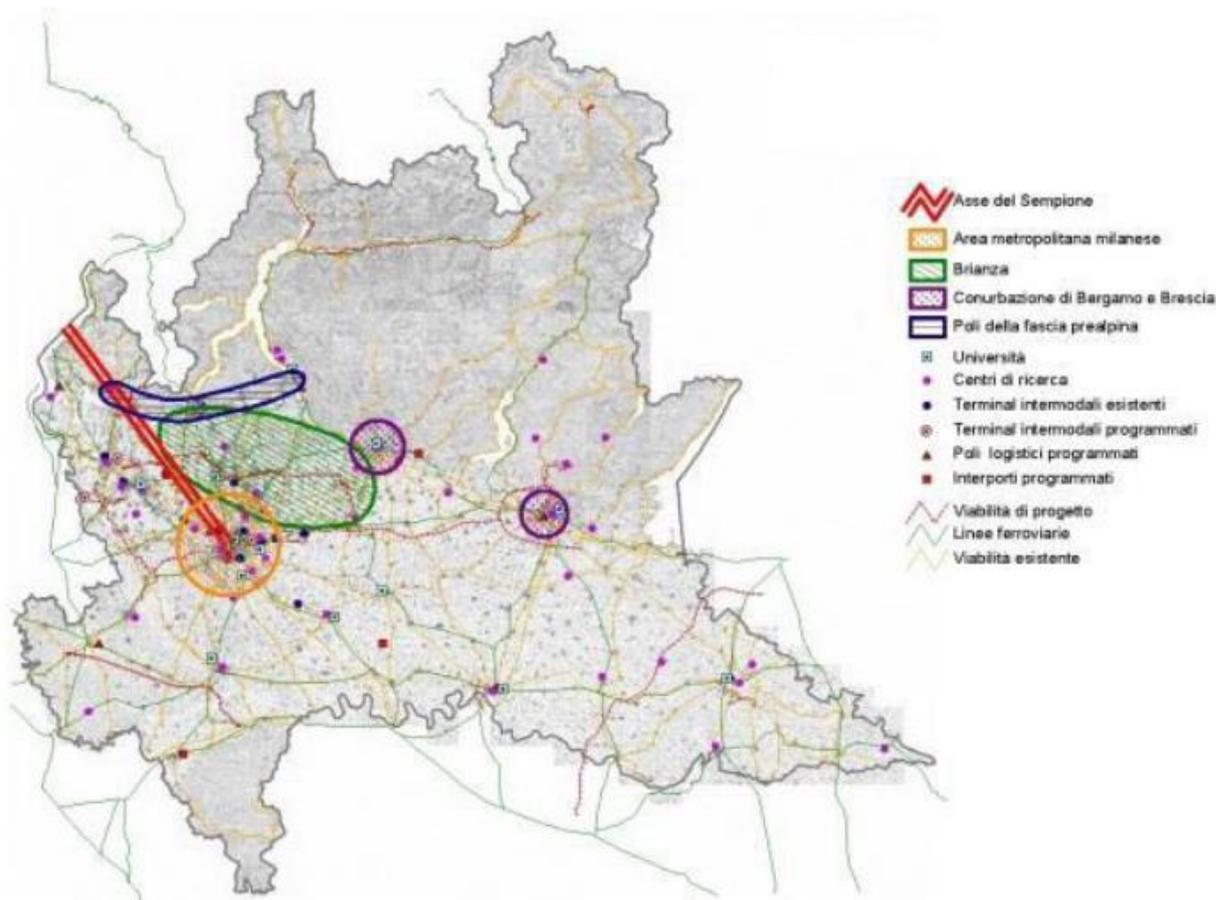


Figura 2.3: le polarità storiche lombarde del PTR (fonte PRMT)

Queste polarità si concentrano nel territorio lombardo a nord di Milano, e sono la Brianza, Bergamo e Brescia, asse del Sempione e area metropolitana milanese. Ad esse si stanno aggiungendo le nuove polarità emergenti del sistema Fiera–Malpensa, Lomellina-Novara, Valtellina, Mantova, Verona, Lodi, Crema, Cremona [Figura 2.4]

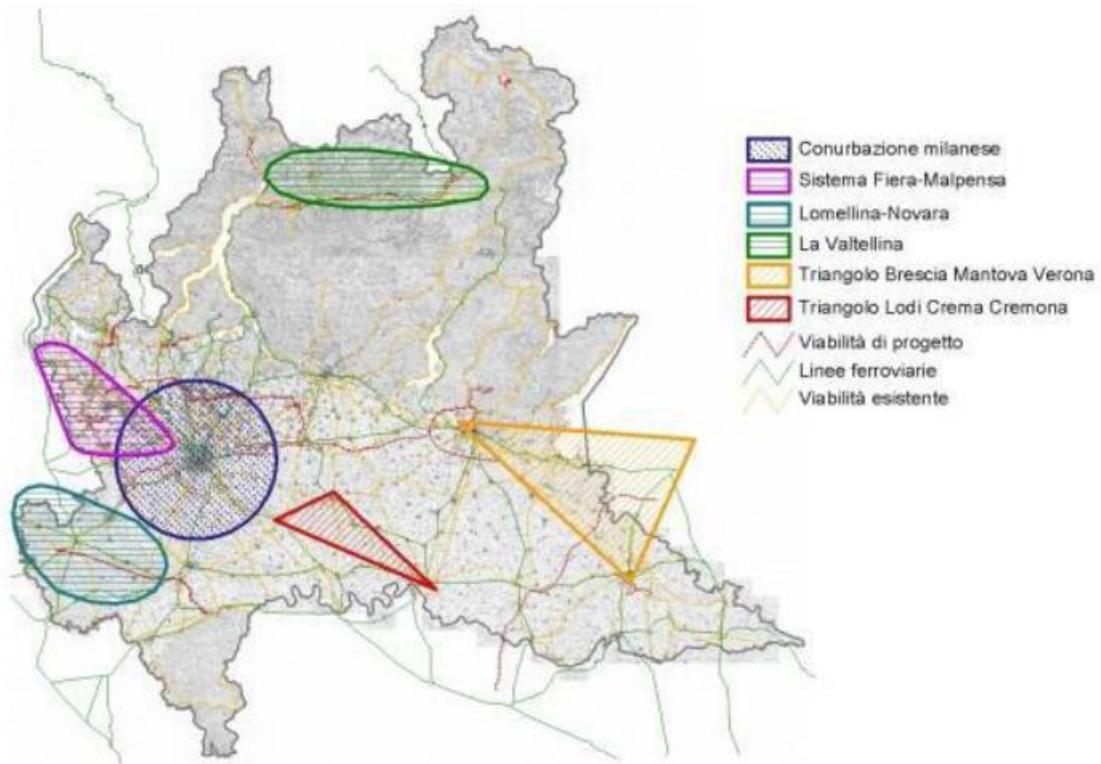
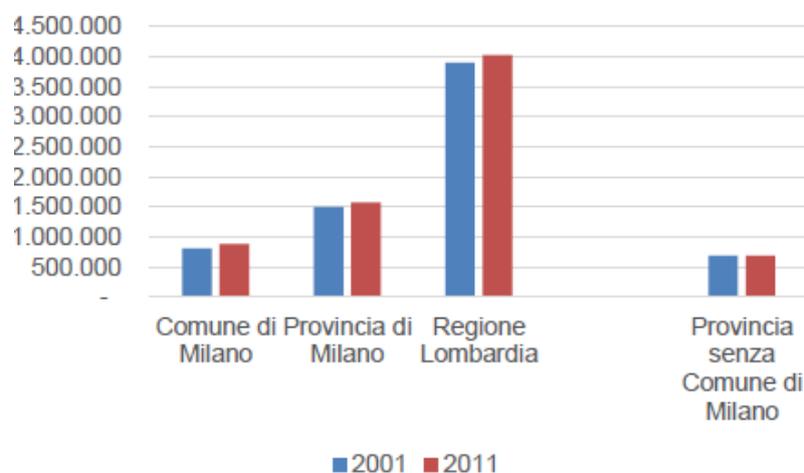


Figura 2.4: le polarità emergenti del PTR (fonte PRMT)

Le polarità sopra ubicate sono di fatto il risultato del decentramento della popolazione descritta dai grafici delle Figura 2.1 e Figura 2.2, e costituiscono i principali generatori e attrattori dei flussi di domanda lombardi, concetto che verrà approfondito in seguito.

2.1.1.2 Domanda che gravita intorno a Milano

La domanda che si genera è strettamente legata alla distribuzione sul territorio delle zone origine rispetto alle zone destinazione. Le prime sono costituite dalle residenze mentre le seconde sono i luoghi dove si svolgono le attività (lavoro, studio, affari). Questi ultimi sono individuabili tramite lo studio della distribuzione territoriale degli addetti, di cui si dispongono i dati ottenuti dai censimenti dell'ISTAT del 2001 e del 2011 che comprendono settore privato, no profit e pubblica amministrazione [Figura 2.5].



Addetti per ambito territoriale	2001	2011	Var %
Comune di Milano	808.642	882.774	9,2%
Provincia di Milano	1.496.569	1.571.898	5,0%
Regione Lombardia	3.898.336	4.021.494	3,2%
Provincia senza comune di Milano	687.927	689.124	0,2%

Figura 2.5 e Tabella 2.1: variazione del numero di addetti in ambito territoriale (fonte PUMS, tramite elaborazione AMAT sui dati Censimenti Generali dell'Agricoltura, Industria, e Servizi dell'ISTAT)

Elementi chiave (fonte PUMS)

- Gli addetti totali della provincia di Milano si sono progressivamente ripartiti sempre più verso il comune di Milano rispetto il resto
- Complessivamente, infatti, il numero di addetti a Milano è cresciuto del 9%, mentre la popolazione è rimasta pressoché costante, riferendosi sempre al periodo 2001 – 2011
- Il rapporto tra residenti e addetti è molto minore a Milano rispetto alla Lombardia: 1,41 contro 2,41

L'effetto di questo fatto è che il comune di Milano ha una forte prevalenza di spostamenti attratti, mentre nel territorio circostante al comune prevalgono gli spostamenti emessi [Figura 2.6 e Figura 2.7].

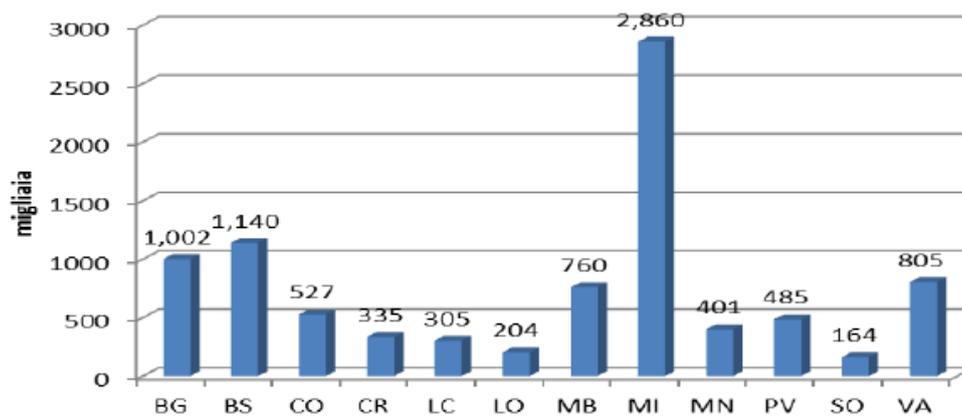


Figura 2.6: spostamenti emessi per provincia (fonte PRMT, da matrice regionale O/D 2014)

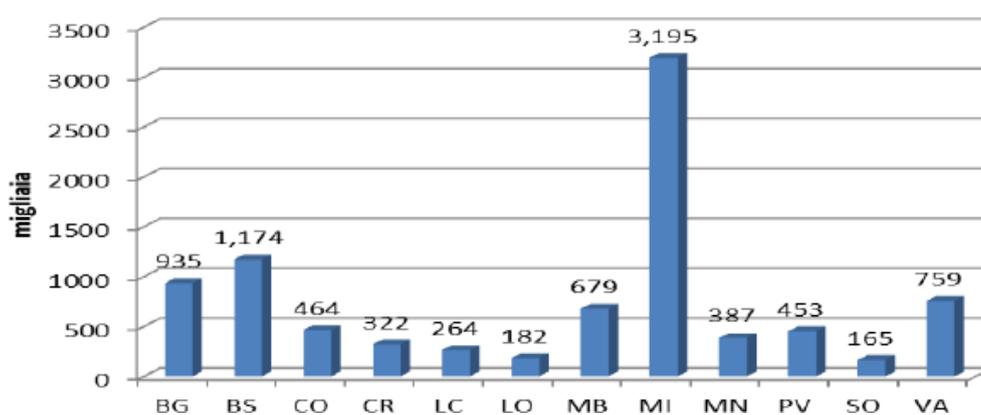


Figura 2.7: spostamenti attratti per provincia (fonte PRMT, da matrice regionale O/D 2014)

Il bilancio tra spostamenti uscenti ed entranti i comuni è espresso tramite la differenza tra spostamenti attratti e spostamenti emessi [Figura 2.8].

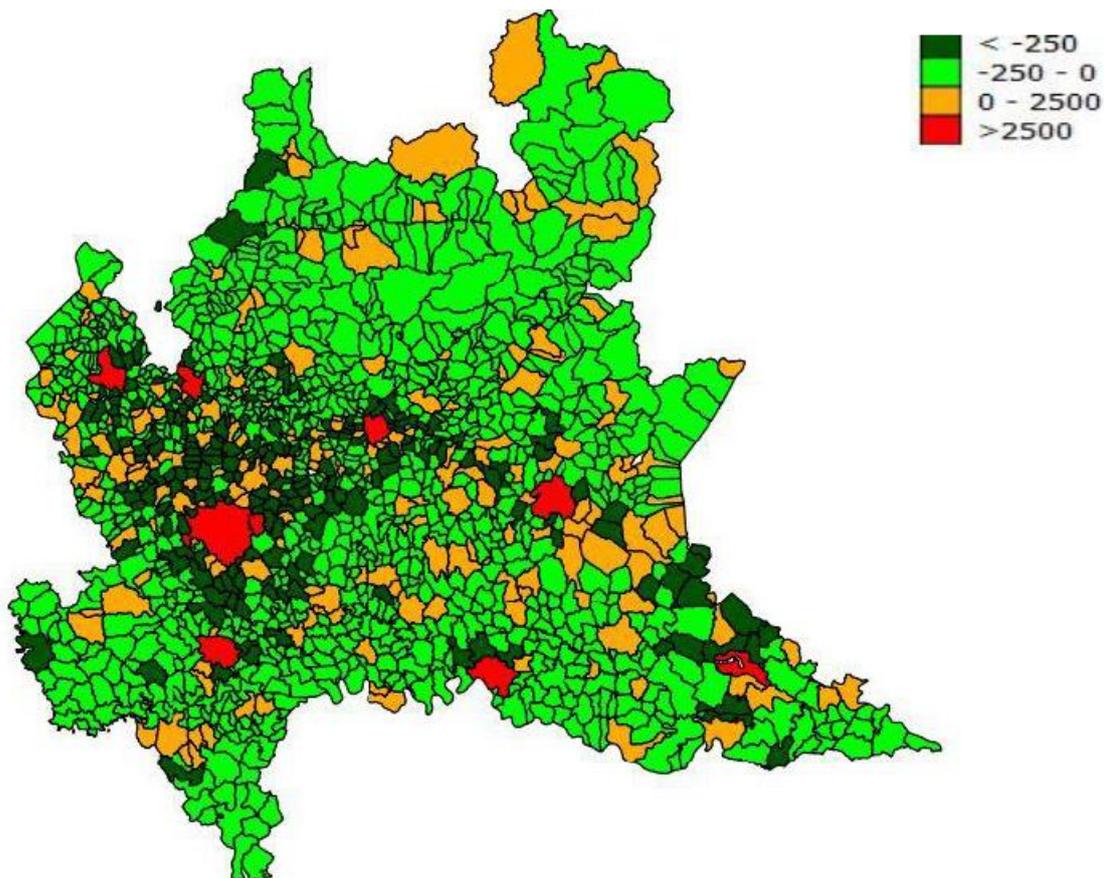


Figura 2.8: differenza tra spostamenti attratti e emessi nel 2014 (fonte PMRT, da matrice regionale O/D 2014)

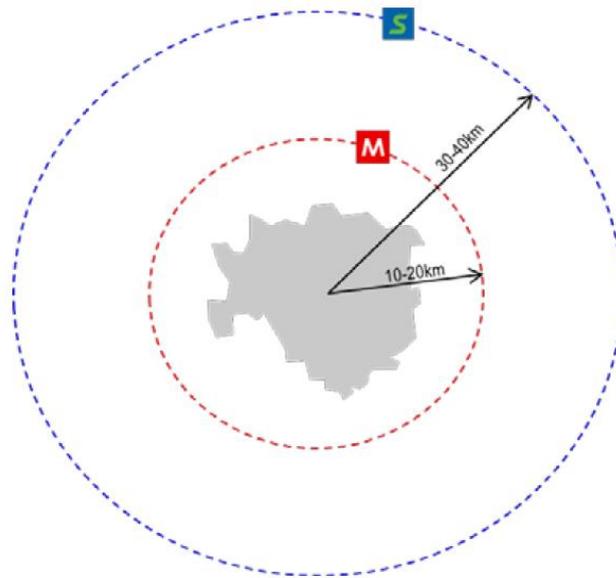
Il colore verde simboleggia una prevalenza degli spostamenti originati, e viceversa il rosso che sta per la prevalenza degli attratti.

Come si vede, la maggior parte del territorio Lombardo ha bilancio positivo, ed è prevalentemente un emettitore di spostamenti, mentre i comuni maggiori della regione Lombardia hanno il bilancio più basso, in particolar modo Milano. Ponendo particolare attenzione proprio attorno al comune di Milano si nota che sono in netta prevalenza i comuni con bilancio positivo, ciò significa che Milano è un polo di gravitazione che attrae a sé gli spostamenti originati in comuni più vicini. A questo proposito si veda la Tabella 2.2 e Figura 2.10 che mettono in mostra gli spostamenti interni e di scambio.

Tipo di spostamento	2005	2013	Var. %
Spostamenti interni a Milano	2.991.000	2.978.000	- 0,4%
Spostamenti di scambio al confine di Milano	2.232.000	2.277.000	2,0%
Totale domanda di mobilità delle persone	5.223.000	5.255.000	0,6%

Tabella 2.2: spostamenti interni e di scambio a Milano (fonte PUMS, dall'elaborazione dei dati AMAT)

Per quanto riguarda gli spostamenti che attraversano il confine della città di Milano, come si vede nella tabella 2.2, sono oltre 2 milioni ogni giorno dei quali circa l'85% proviene dalla fascia Suburbana (30-40km) e 40% di essi proviene dai comuni dell'hinterland di prima fascia (quelli limitrofi a Milano).



2.9 Aree di influenza servizio urbano suburbano (fonte: DGR 2014)

L'importanza del servizio suburbano è evidenziato appunto da questo dato e come nel tempo l'inserimento di nuove linee abbia fatto incrementare, come si vedrà più avanti, l'utenza del trasporto ferroviario in modo sostanziale.

■ Spostamenti interni a Milano
 ■ Spostamenti di scambio al confine di Milano

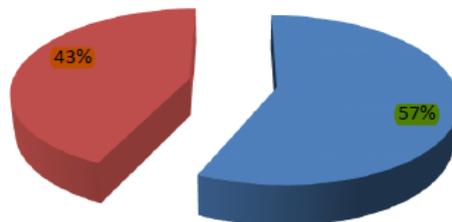


Figura 2.10: domanda di mobilità nell'area milanese (fonte PUMS, da elaborazione dati AMAT)

Il risultato complessivo della distribuzione addetti/residenti è il Policentrismo Centripeto caratteristico degli spostamenti a cui l'area milanese è soggetta. Ciò è concretamente visibile nella Figura 2.11:

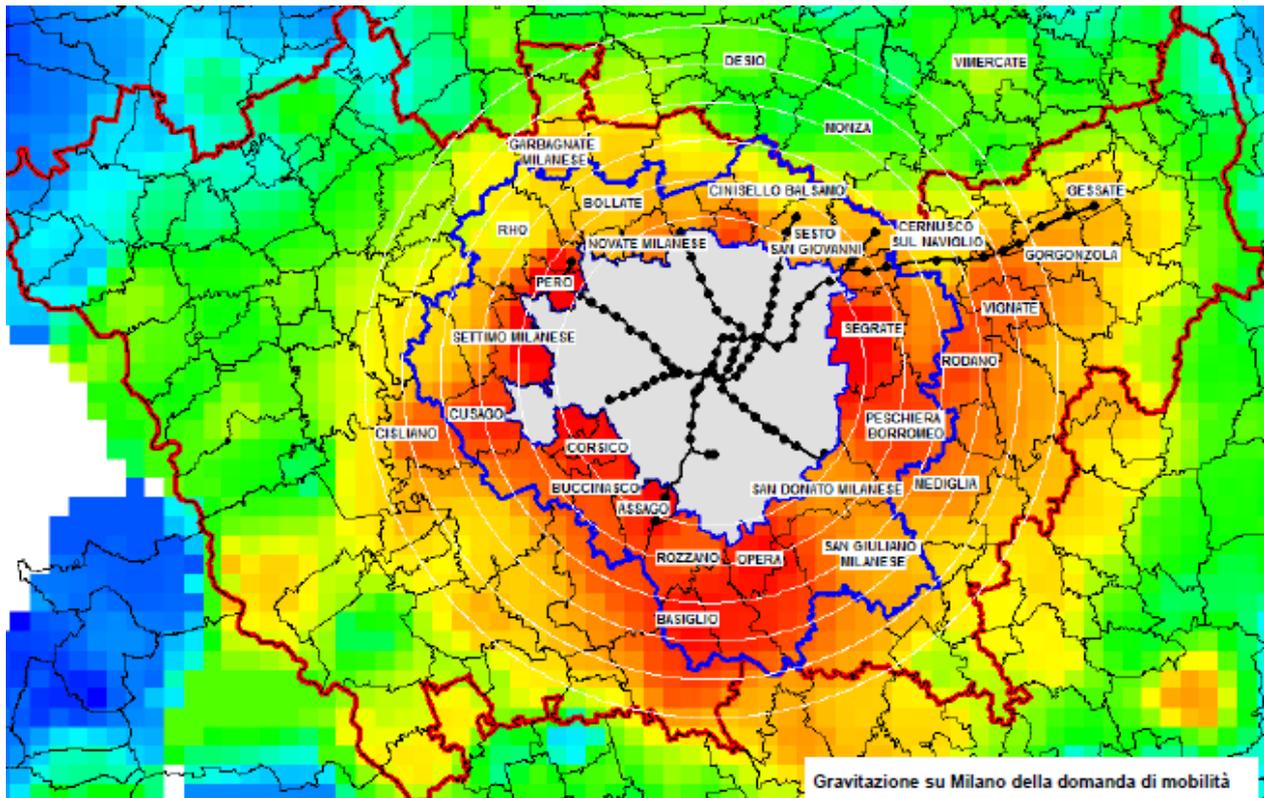


Figura 2.11: quota di mobilità complessiva gravante su Milano (fonte PUMS, elaborazione dati AMAT)

Si tratta di un vero e proprio fenomeno gravitativo in cui la quota di mobilità è tanto maggiore quanto più si è vicino al territorio comunale milanese; tuttavia la distanza non è l'unico fattore che determina la quota di mobilità, ovviamente anche lo sviluppo del tessuto produttivo gioca il suo ruolo, come si può vedere dal territorio attorno al ramo della linea metropolitana verso Gessate che è caratterizzato da una forte mobilità, come anche tutti i territori meglio serviti dal trasporto pubblico.

Anche la distribuzione degli spostamenti attratti da Milano prende la forma tipica gravitativa, che ha maggiore densità nelle località meglio servite dal TPL, specialmente dalle ferrovie e metropolitane, che sono le modalità di trasporto tramite cui avvengono gli spostamenti di scambio [Figura 2.12].

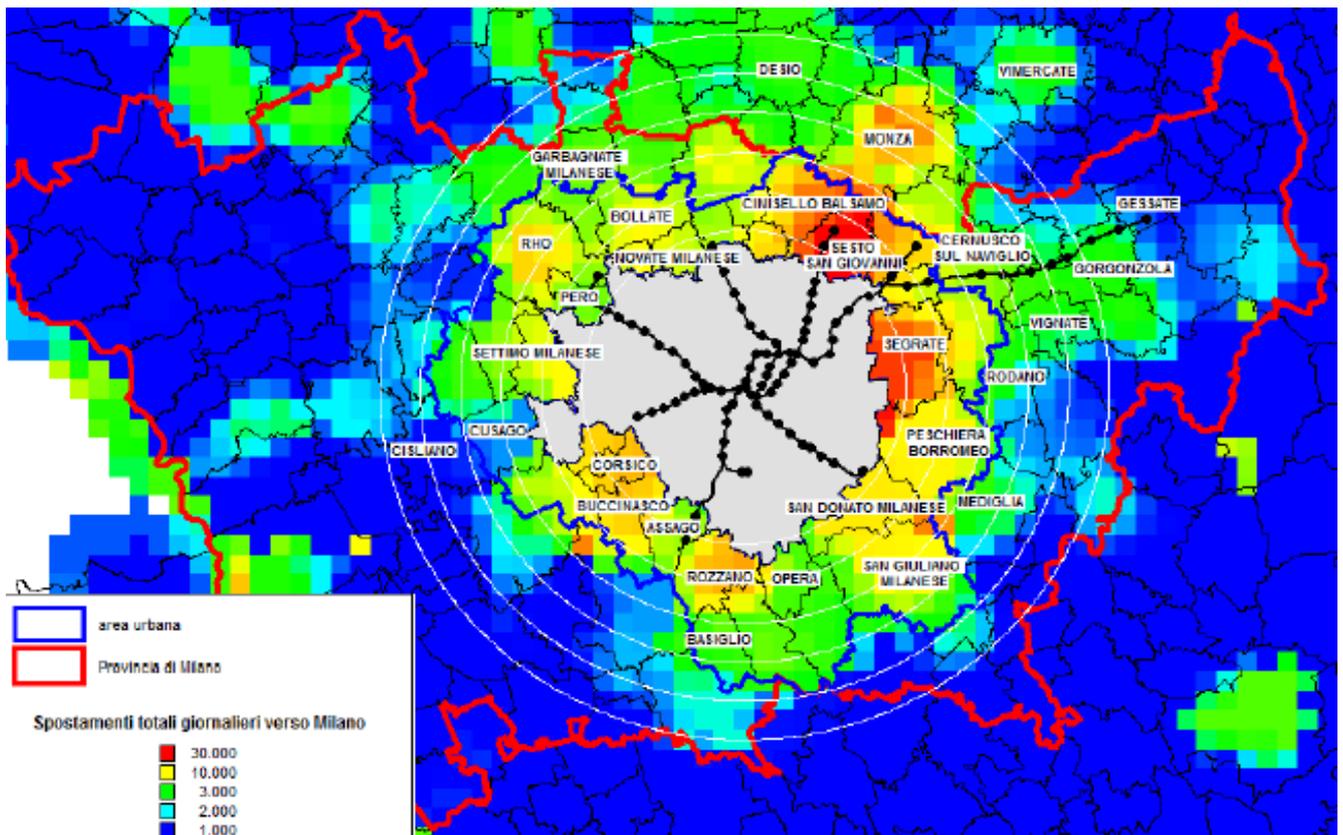


Figura 2.12: numero di spostamenti medi giornalieri diretti a Milano (fonte PUMS, elaborazione dati AMAT)

2.1.2 Quantità della Domanda

L'intera Lombardia nel 2014 ha avuto ben 16,4 milioni di trasporti passeggeri al giorno rispetto i 15,7 milioni del 2002: l'incremento è del 4,4 %, che va confrontato con l'incremento del 7,4 % della popolazione. Nello stesso periodo è aumentato anche l'indice di mobilità (popolazione mobile fratto popolazione totale) dal 70 % al 74% (fonte PRMT).

Gli indici in diminuzione sono invece il numero medio di spostamenti pro capite da 2,65 a 2,54, il tempo medio totale/giorno di spostamento che si è ridotto da 72min a 66min, e il numero passeggeri*km da 164mln a 137mln (contrazione del 16%). La causa di questo ultimo è da attribuire principalmente alla diminuzione della distanza media di spostamento che ha subito un calo da 10,6 km a 8,7 km (fonte PRMT).

L'aumento della domanda è coerente con il fatto che la rete di trasporto pubblico ha subito un'evoluzione nel corso degli ultimi anni. C'è stato un incremento della produzione di offerta ferroviaria, che è diventata sempre più capillare, tramite l'impiego di nuove linee ferroviarie e la costruzione di nuove fermate.

L'aumento della domanda è coerente con il fatto che la rete di trasporto pubblico ha subito un'evoluzione nel corso degli ultimi anni Figura 2.13.

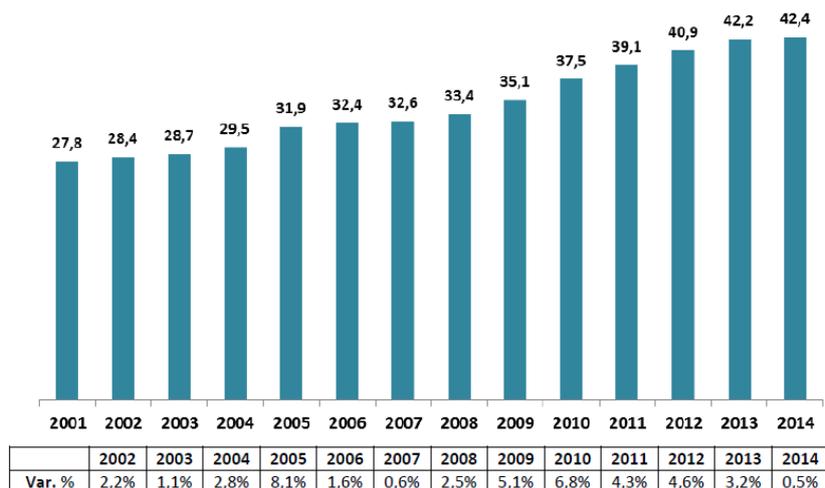


Figura 2.13: produzione treni*km (fonte: PRMT elaborazione Regione Lombardia su dati trenord)

L'aumento dell'offerta ferroviaria sarà presentata in dettaglio nel capitolo dedicato, però il grafico in Figura 2.13 dà già un'idea, seppur molto generale, dell'incremento della produzione di offerta ferroviaria, che è diventata sempre più capillare, tramite l'impiego di nuove linee ferroviarie e la costruzione di nuove fermate.

2.1.3 Caratteristiche di spostamento

2.1.3.1 Motivazione degli spostamenti

La Tabella 2.3 mostra il cambiamento della motivazione degli spostamenti nella Lombardia verificatosi tra il 2002 e il 2014. Gli spostamenti per motivo lavoro sono gli unici ad aver subito un calo, seppur molto piccolo. Si evidenzia invece l'incremento degli spostamenti dovuti allo studio ed agli affari, questi ultimi sono addirittura raddoppiati; la somma di queste due tipologie costituiscono quasi il 15% sul totale. Il cambiamento più sostanziale è l'aumento del 15% degli spostamenti occasionali, che raggiungendo una quota di 4,18 milioni al giorno vanno a costituire il 45% di quelli totali.

	2002 (valore assoluto, mln)	2002 (%)	2014 (valore assoluto, mln)	2014 (%)	Variazione valori assoluti 2014-2002 (%)
Lavoro	3,71	44,7%	3,66	39,9%	-1,35%
Studio	0,76	9,2%	0,90	9,8%	+18,42%
Affari	0,21	2,5%	0,44	4,8%	+109,52%
Spostamenti occasionali	3,62	43,6%	4,18	45,5%	+15,47%
Totale	8,30	100%	9,18	100,0%	+10,60%

Tabella 2.3: articolazione della domanda per motivazione degli spostamenti nel giorno medio feriale, escluso ritorno a casa (fonte PRMT)

2.1.3.2 Distribuzione temporale giornaliera degli spostamenti

Si veda la Figura 2.14 che mette in evidenza la distribuzione temporale nell'arco delle 24 ore giornaliere degli spostamenti sistematici messi a confronto con quelli occasionali: i primi si concentrano quasi

completamente nella fascia oraria tra le ore 6:00 e le 9:00, mentre i secondi sono distribuiti lungo l'arco della giornata molto più uniformemente.

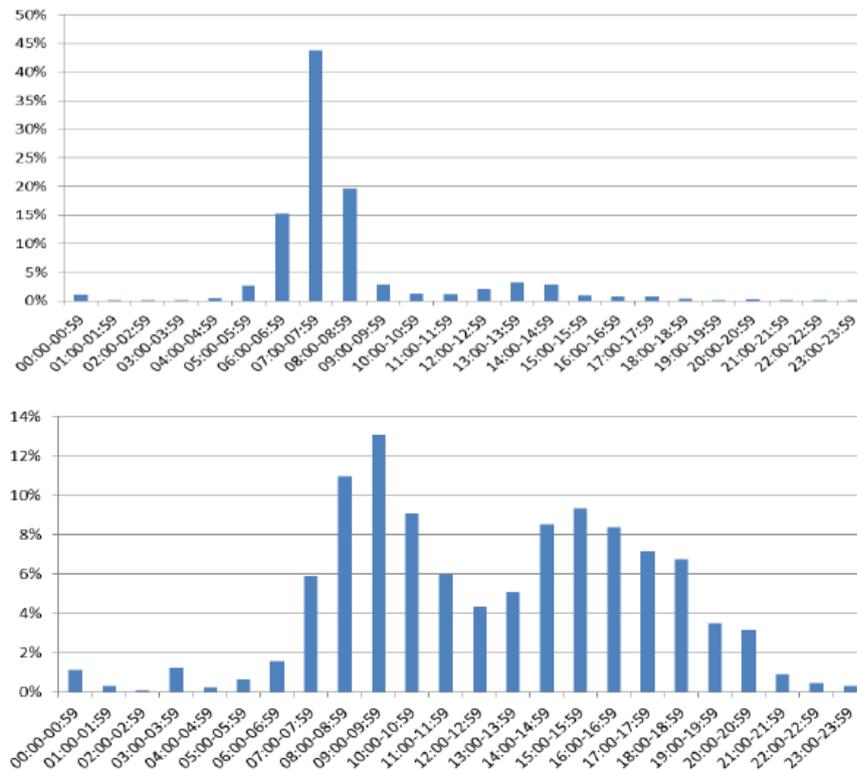


Figura 2.14: distribuzione degli spostamenti sistematici (sopra) e occasionali (sotto) per fascia oraria, esclusi ritorni a casa nel 2014 (fonte PRMT)

L'incremento degli spostamenti nel corso degli anni è stato dunque tale da far registrare un aumento di mobilità in tutte le ore del giorno. Il sistema di trasporto pubblico è in grado di soddisfare comunque una domanda non solo nelle ore di punta, ma durante tutta la giornata, grazie al cadenzamento degli orari.

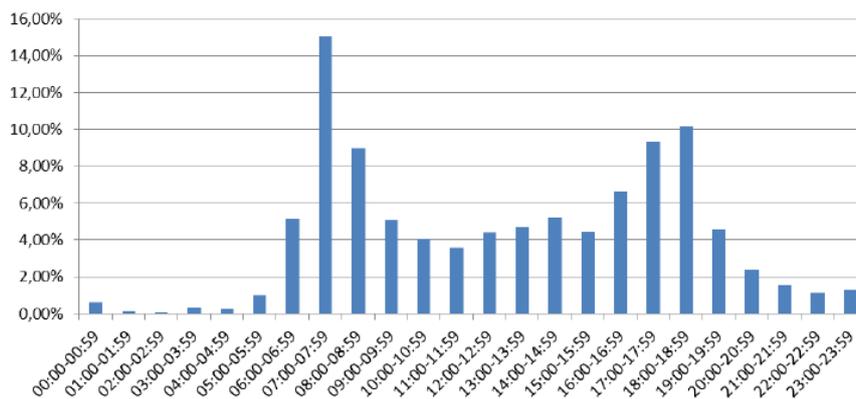


Figura 2.15: distribuzione degli spostamenti totali per fascia oraria, esclusi ritorni a casa nel 2014 (fonte PRMT)

2.1.3.3 Distanza degli spostamenti

Una delle caratteristiche degli spostamenti che ha subito una mutazione dal 2002 al 2014 è anche la distanza media percorsa, da 10,6 km a 8,7 km. Coerentemente anche il tempo medio totale/giorno di spostamento e ed il numero di passeggeri*km (fonte PRMT).

È plausibile dedurre che quelli occasionali sono spostamenti di breve durata e percorrenza, essendo prevalentemente per motivi di svago, per questo si è registrato un decremento di distanza percorsa parallelamente all'aumento di spostamenti occasionali. Complessivamente, in Lombardia, si è rilevato che il 90% degli spostamenti è sotto i 20 km di percorrenza, e quelli sotto i 10 km sono il 71% [Figura 2.16].

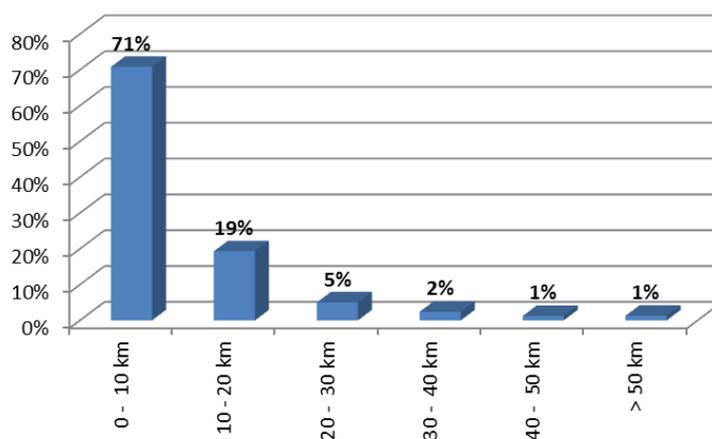


Figura 2.16: distribuzione degli spostamenti per distanza in Lombardia (fonte PRMT)

2.1.4 Spostamenti prodotti dalle fasce di età

Come si è detto nell'ultimo decennio la popolazione comunale si è stabilizzata, ma questo vale solo per il totale della popolazione: se infatti la si divide per fasce di età si nota che i giovani (under 17) e gli anziani (over 65) sono in aumento, mentre sono in calo i residenti di età intermedia (tra 18 e 65 anni).

Ambito territoriale	2001			
	< 11 anni	11-17 anni	18-65 anni	> 65 anni
Milano	8,1%	4,7%	65,7%	21,6%
Comuni di area urbana (Milano esclusa)	9,9%	6,2%	69,5%	14,4%
Provincia di Milano	9,2%	5,6%	67,6%	17,6%
Lombardia	9,8%	6,1%	67,1%	17,1%

Tabella 2.4: distribuzione della popolazione in classi di età, anno 2001 (fonte: PUMS, elaborazione AMAT su dati censimenti generali della popolazione, ISTAT)

Ambito territoriale	2011			
	< 11 anni	11-17 anni	18-65 anni	> 65 anni
Milano	9,6%	5,4%	60,1%	25,0%
Comuni di Area Urbana (Milano esclusa)	10,5%	6,4%	62,1%	21,0%
Provincia di Milano	10,3%	6,0%	61,7%	22,0%
Lombardia	10,6%	6,3%	62,3%	20,8%
	Δ%			
	< 11 anni	11-17 anni	18-65 anni	> 65 anni
Milano	17,4%	14,8%	-9,4%	14,7%
Comuni di Area Urbana (Milano esclusa)	7,7%	5,7%	-8,9%	48,6%
Provincia di Milano	15,3%	11,0%	-5,6%	29,4%
Lombardia	16,7%	11,5%	-0,2%	30,7%

Tabella 2.5: distribuzione della popolazione in classi di età, anno 2011 (fonte: PUMS, elaborazione AMAT su dati censimenti generali della popolazione, ISTAT)

La mobilità varia in funzione dalla classe di età, perché classi diverse hanno percentuale di popolazione mobile diverse e anche numero di spostamenti giornalieri diversi, come mostra la figura: la popolazione anziana è molto inferiore alle altre classi di età sia come percentuale mobile sia in termini di spostamenti prodotti.

	11-17 anni	18-65 anni	>65 anni
Numero medio di spostamenti in un giorno feriale tipo	2,38	2,30	1,58
% individui mobili (almeno uno spostamento/giorno)	93%	85%	59%
N medio spostamenti/giorno degli individui mobili	2,57	2,72	2,67

Tabella 2.6: numero medio di spostamenti in un giorno feriale tipo (fonte PUMS, indagine dell'AMAT sulla mobilità delle persone nell'area milanese)

2.1.1.5 Stranieri

Si nota come Milano invecchi meno dei territori circostanti. È possibile spiegare questo fenomeno con l'immigrazione degli stranieri che interessano Milano molto più rispetto il resto della Lombardia:

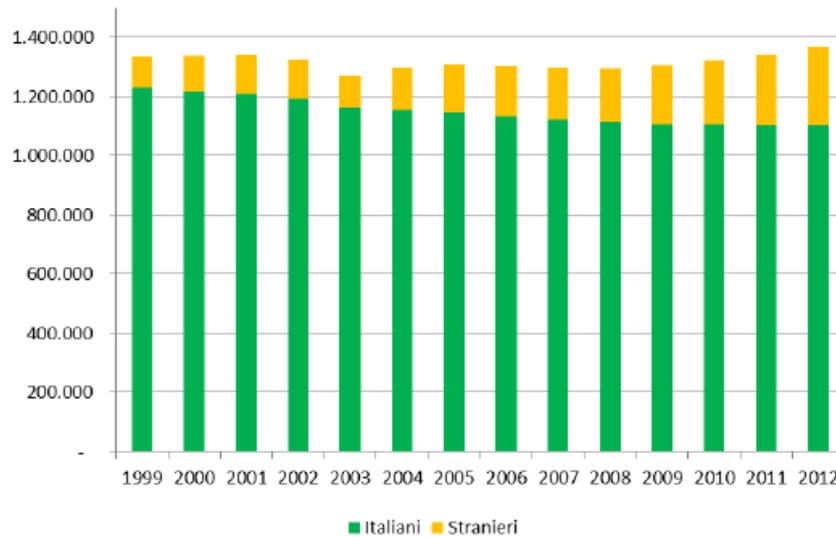


Figura 2.17: residenti italiani e stranieri a Milano (fonte: PUMS, elaborazione AMAT su dati settore statistica Milano)

I flussi di immigrazione vanno a compensare la perdita di popolazione italiana del comune di Milano, per questo nella popolazione milanese è meno accentuato l'aumento degli anziani a scapito dei giovani rispetto i territori circostanti lombardi.

2.1.6 Ripartizione Modale

2.1.6.1 Modalità di trasporto in Lombardia

Il grafico a torta in figura descrive la ripartizione modale della mobilità negli anni 2002 e 2014, e considera le varie modalità di trasporto che sono raggruppabili in trasporti non motorizzati (bici e piedi), trasporti collettivi (treno e TPL) e trasporti motorizzati (auto, sia conducente che passeggeri, e moto).

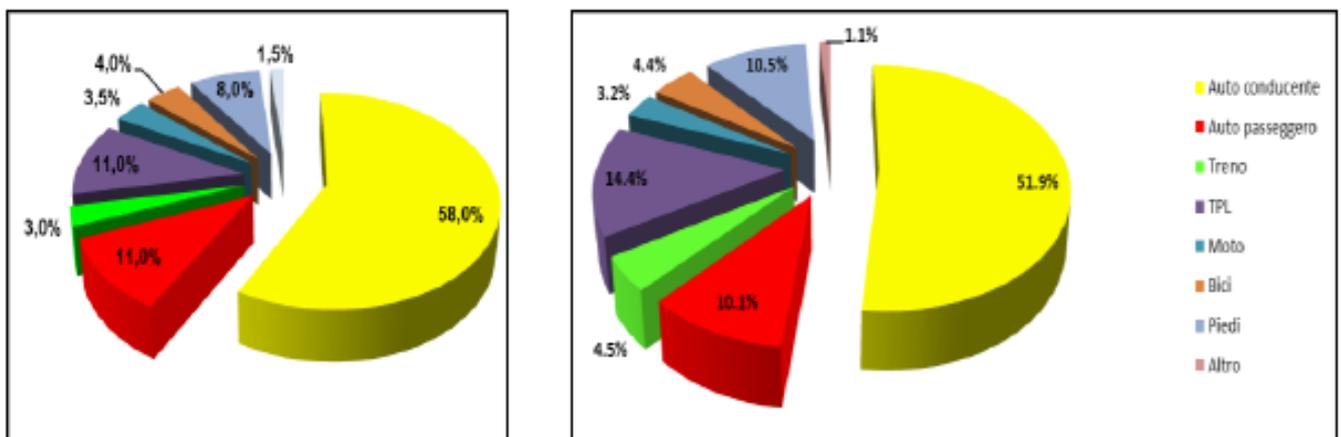


Figura 2.18: la ripartizione modale degli spostamenti totali, confronto tra 2002 e 2014 (fonte PRMT)

Il trasporto collettivo ha subito un incremento passando dal 14% a 19%, in particolare è raddoppiato l'uso del treno, fatto coerente all'incremento di offerta avvenuto in questi anni. Ciò ha contribuito a ridurre l'utilizzo dell'auto (conducente) del 6%.

Ora si separa la componente degli spostamenti occasionali da quella di spostamenti sistematici del 2014, e, analogamente a prima, li si espone nei diagrammi a torta in Figura 2.19:

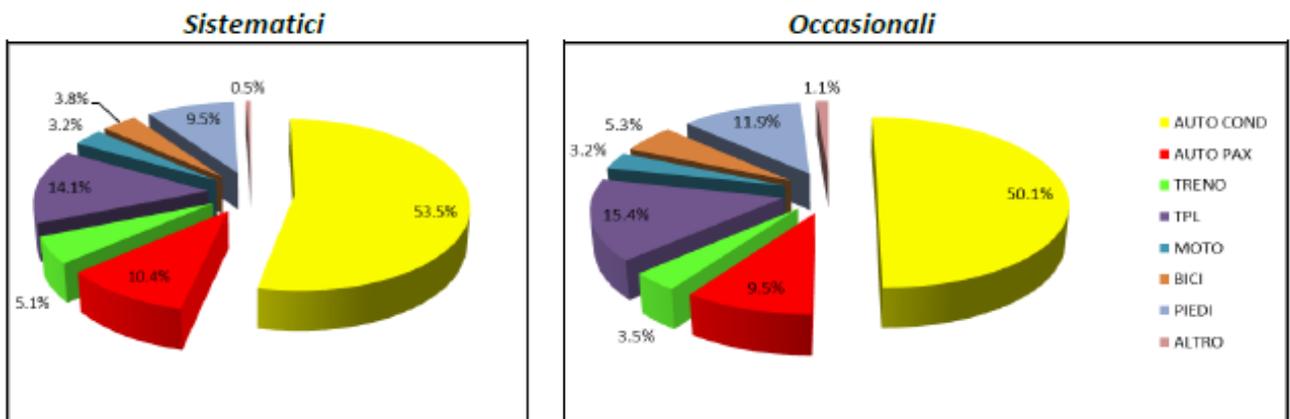


Figura 2.19: ripartizione modale degli spostamenti sistematici e occasionali (fonte PRMT, matrice regionale O/D 2014)

Il mezzo pubblico si aggira attorno al 19% sia per gli spostamenti sistematici che occasionali, ma in particolare l'uso del treno è in prevalenza per gli spostamenti sistematici rispetto ai viaggi occasionali. L'uso dell'auto costituisce invece i 2/3 della torta per i sistematici, leggermente meno ma sempre in modo preponderante per gli occasionali. Le modalità non motorizzate che sono più utilizzate occasionalmente che sistematicamente sono la bicicletta e la camminata.

Si osservi dal grafico in figura dove è stato fatto un confronto tra i dati delle modalità di spostamento con quelli delle distanze di spostamento da cui si evince che il TPL è utilizzato per lo più per compiere spostamenti lunghi.

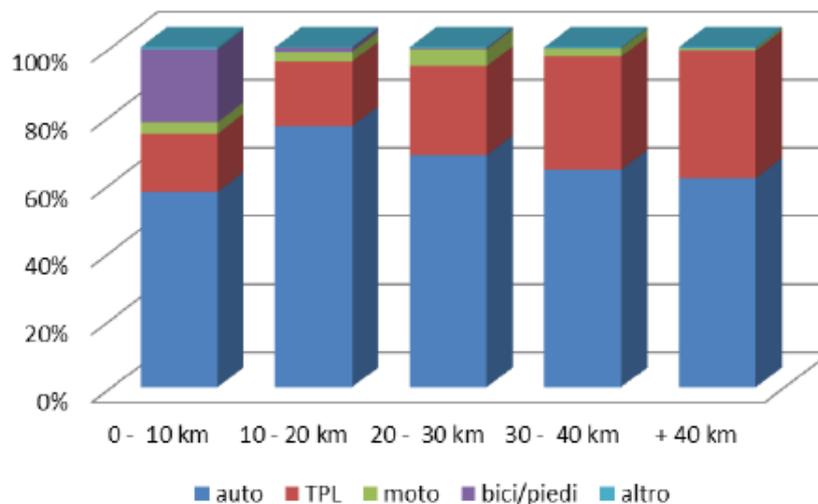


Figura 2.20: ripartizione modale in relazione alle differenti distanze degli spostamenti (fonte PRMT, matrice regionale O/D 2014)

2.1.6.2 Modalità di trasporto nell'area milanese

In questo paragrafo si pone l'attenzione su un'area più ristretta, quella milanese, evidenziando la ripartizione modale relativamente agli spostamenti interni e di scambio con la città [Figura 2.21].

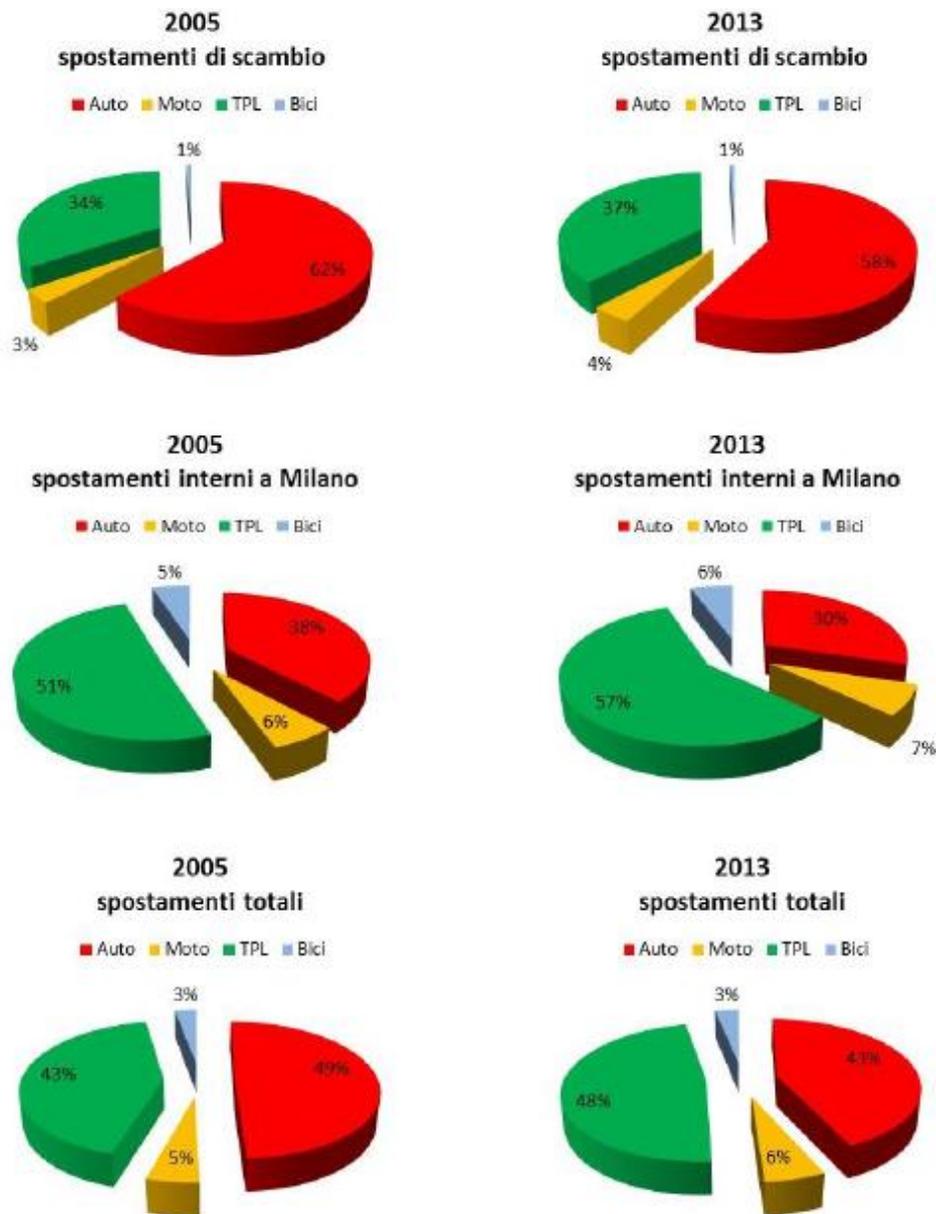


Figura 2.21: quadro complessivo della ripartizione modale 2005-2013 (fonte PUMS)

Si registra un incremento sul totale dell'utilizzo del trasporto pubblico, più accentuato negli spostamenti interni che in quelli di scambio, in particolare dai grafici a torta si vede come nel 2013 il 57% degli spostamenti interni meccanizzati è costituito dal trasporto pubblico, mentre per gli spostamenti di scambio è solo il 37%. Complessivamente nell'area urbana quasi la metà degli spostamenti avviene tramite il trasporto pubblico.

Si vuole ora aggregare gli spostamenti distinguendo la modalità di trasporto treno e metropolitana. In questo modo sarà possibile valutare l'attrattività dell'uno rispetto all'altra. Si parte dalla matrice

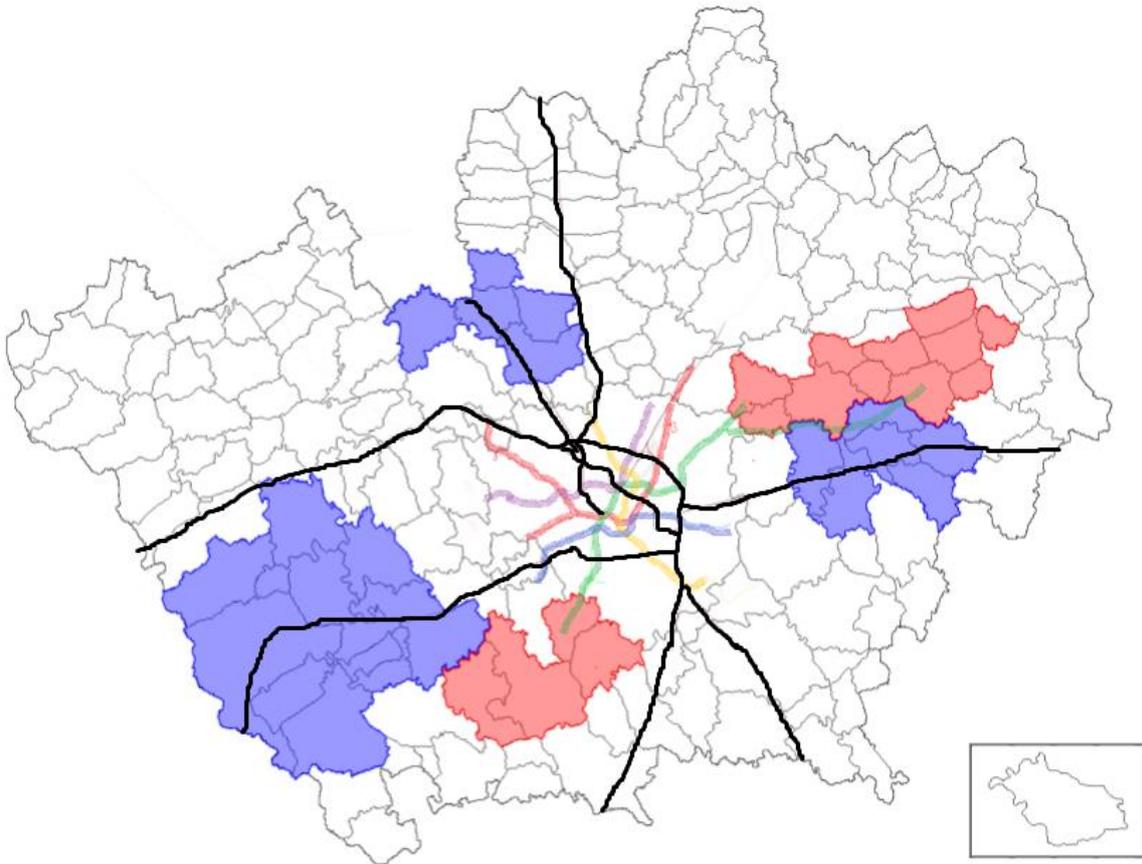
Origine/Destinazione della regione Lombardia, che contiene tutti gli spostamenti riguardanti Milano distinti per modalità e motivo dello spostamento.

Denominazione Campo	Descrizione
PROV_ORIG	provincia della zona di origine dello spostamento, nel caso si tratti di una provincia lombarda o di una regione confinante. Contiene invece il nome della Regione o dello Stato estero a cui si riferisce se la zona è esterna o una regione non confinante
ZONA_ORIG	nome della zona di origine dello spostamento, intesa come comune o aggregazioni di essi nel caso di piccole realtà
PROV_DEST	provincia della zona di destinazione dello spostamento, nel caso si tratti di una provincia lombarda o di una regione confinante. Contiene invece il nome della Regione o dello Stato estero a cui si riferisce se la zona è esterna o una regione non confinante
ZONA_DEST	nome della zona di destinazione dello spostamento, intesa come comune o aggregazioni di essi nel caso di piccole realtà
FASCIA_ORARIA	una delle 24 fasce orarie definite. In particolare la fascia 07:00-07:59 coincide con l'ora di punta, inglobando quasi il 15% del totale degli spostamenti giornalieri
LAV_COND	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo auto come conducente
LAV_PAX	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo auto come passeggero
LAV_MOTO	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo moto/scooter
LAV_FERRO	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo TPL ferro ¹
LAV_GOMMA	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo TPL gomma ²
LAV_BICI	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo bicicletta
LAV_PIEDI	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo piedi
LAV_ALTRO	numero di spostamenti effettuati per motivo lavoro con modo altro ³
OCC_COND	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo auto come conducente
OCC_PAX	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo auto come passeggero
OCC_FERRO	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo TPL ferro ¹
OCC_GOMMA	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo TPL gomma ²
OCC_MOTO	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo moto/scooter
OCC_BICI	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo bicicletta
OCC_PIEDI	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo piedi
OCC_ALTRO	numero di spostamenti effettuati per motivo occasionali con modo altro ³
AFF_COND	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo auto come conducente
AFF_PAX	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo auto come passeggero
AFF_FERRO	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo TPL ferro ¹
AFF_GOMMA	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo TPL gomma ²
AFF_MOTO	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo moto/scooter
AFF_BICI	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo bicicletta
AFF_PIEDI	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo piedi
AFF_ALTRO	numero di spostamenti effettuati per motivo affari con modo altro ³
RIT_COND	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo auto come conducente
RIT_PAX	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo auto come passeggero
RIT_FERRO	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo TPL ferro ¹
RIT_GOMMA	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo TPL gomma ²
RIT_MOTO	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo moto/scooter
RIT_BICI	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo bicicletta
RIT_PIEDI	numero di spostamenti effettuati per motivo rientro a casa con modo piedi

2.22: suddivisione degli spostamenti della matrice O/D di Regione Lombardia

Il problema è che essa considera gli spostamenti con metropolitana e treno aggregandoli nella modalità trasporto pubblico su ferro. Pertanto, per distinguere le due modalità metro e treno si è pensato di operare una zonizzazione, selezionando alcuni comuni della provincia di Milano secondo questi due criteri:

- Comuni vicini alle linee metropolitane: Bellinzago Lombardo, Cambiagio, Gessate, Gorgonzola, Masate, Pessano; Bussero, Carugate, Cernusco sul Naviglio, Cologno Monzese, Vimodrone; Assago, Noviglio, Rozzano, Zibido san Giacomo.
- Comuni vicini alle linee ferroviarie: Abbiategrasso, Albairate, Cisliano, Corbetta, Gaggiano, Gudo Visconti, Morimondo, Ozzero, Robecco, Vermezzo, Zelo Surrigone; Liscate, Melzo, Pioltello, Rodano, Vignate; Cesate, Garbagnate, Lainate, Senago, Bollate.



2.23: **zone servite da metro** e zone **servite da treno** (fonte Google e Regione Lombardia)

In questo modo gli spostamenti provenienti/originati dai comuni vicini alle linee metropolitane che risultano sotto al voce "_FERRO", si considerano avvenuti con la metro, mentre per i comuni vicino alle linee ferroviarie la stessa voce verrà intesa come la modalità treno.

2.2 La Domanda Futura

L'evoluzione della mobilità trattata nel precedente sottocapitolo è stata espressa tramite le dinamiche delle sue caratteristiche principali, ovviamente tenendo conto anche dell'andamento temporale delle cause che la hanno determinata. Si vuole ora estrapolare, dalle curve di evoluzione ottenute fino ad oggi e con l'ausilio della pianificazione degli interventi sul territorio e dei cambiamenti che si prevede che subiranno i suoi fattori di causa, l'andamento nei prossimi anni delle caratteristiche della domanda di mobilità. In

questo modo si proietta avanti nel tempo la trasformazione subita dalla domanda, generando uno scenario descrittivo della domanda futura.

Come si è visto nel sottocapitolo precedente la domanda è strettamente correlata alla popolazione, ed evolve in funzione di essa. Per questo, prima della previsione della domanda di mobilità, verrà introdotta la stima della variazione futura della popolazione, eseguita dall'ISTAT, che proietta i dati attuali su uno scenario centrale corrispondente all'anno 2030. Relativamente a Milano si è invece considerato il PUMS che si basa sui dati prodotti dal settore statistica del Comune che hanno come orizzonte temporale l'anno 2024.

2.2.1.1 Popolazione italiana futura

Il PRMT mette in luce una proiezione ISTAT dalla popolazione italiana al 2030, che conterà 62,5 milioni di abitanti (con margini possibili tra 61,7 e 63,5 milioni) contro i 60,6 milioni del 2011.

La tendenza si invertirà attorno al 2050, quando inizierà a calare, fino al 2065, orizzonte di proiezione ultimo. Le variazioni saranno disomogenee sul territorio italiano, e sono mostrate nella Tabella 2.7.

Ripartizione geografica	ANNI					
	2011	2020	2030	2040	2050	2065
Nord-ovest	16,1	16,8 (16,6 ; 17,0)	17,3 (16,7 ; 17,8)	17,6 (16,7 ; 18,5)	17,8 (16,3 ; 19,1)	17,6 (15,2 ; 19,8)
Nord-est	11,6	12,4 (12,2 ; 12,5)	12,9 (12,6 ; 13,3)	13,4 (12,7 ; 14,1)	13,7 (12,6 ; 14,8)	13,8 (11,9 ; 15,6)
Centro	12,0	12,6 (12,4 ; 12,7)	13,0 (12,6 ; 13,4)	13,3 (12,6 ; 14,0)	13,5 (12,4 ; 14,6)	13,3 (11,5 ; 15,1)
Sud	14,2	14,1 (13,9 ; 14,2)	13,7 (13,4 ; 14,0)	13,2 (12,6 ; 13,8)	12,5 (11,7 ; 13,4)	11,3 (10,0 ; 12,6)
Isole	6,7	6,7 (6,6 ; 6,7)	6,6 (6,4 ; 6,7)	6,3 (6,0 ; 6,6)	6,0 (5,6 ; 6,5)	5,5 (4,8 ; 6,1)
Italia	60,6	62,5 (61,9 ; 63,1)	63,5 (61,7 ; 65,2)	63,9 (60,6 ; 67,0)	63,5 (58,5 ; 68,3)	61,3 (53,4 ; 69,1)

Tabella 2.7: popolazione residente in Italia per ripartizione geografica, scenario centrale e intervalli di variazione (fonte PRMT, da elaborazione dati ISTAT)

2.2.1.2 Popolazione lombarda futura

La popolazione della Lombardia ammontava nel 2012 a 10 milioni, ponendosi al primo posto nella graduatoria delle regioni lombarde italiane, e al quinto posto per numero di abitanti tra le macroregioni europee (fonte PRMT). Al 2030, su base ISTAT, la popolazione arriverà a 10,9 milioni, con una variabilità associata agli eventi demografici, compresa tra un minimo di 10,6 milioni ad un massimo di 11,2 milioni di abitanti.

2.2.1.2.1 Fasce di età

Per quanto riguarda la dipendenza totale (rapporto tra la popolazione maggiore di 65 anni e minore di 14 anni e la popolazione in età attiva compresa tra i 15 e i 64 anni) si aggira attorno al 50%, con prevalenza degli anziani sui giovani. L'ISTAT prevede uno scenario in cui l'età media della popolazione passa da 44,2 anni a 46,8 anni nel 2030, con gli over 65 che saliranno da 1,9 milioni a 2,2 milioni. La popolazione attiva potrebbe invece subire un calo passando da 65,3% a 61,5%.

2.2.1.2.2 Stranieri

In Lombardia il numero di residenti stranieri sarà nel 2030 di 2,17 milioni rispetto i 1,13 milioni del 2012, con oscillazioni margine di 2,09 e 2,24 milioni [Figura 2.24]. In questo modo l'incidenza della popolazione straniera passerà dall'11 % del 2012 al 20 % del 2030.

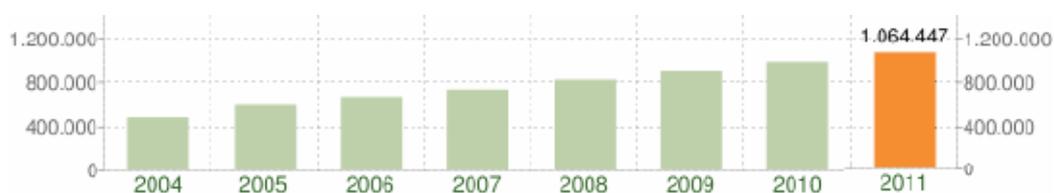


Figura 2.24: andamento della popolazione con cittadinanza straniera al 2011 in Lombardia (fonte: PRMT, da ISTAT su elaborazione Tuttitalia.it)

2.2.1.3 Popolazione futura del comune di Milano

Le indagini condotte dal SIS.EL di Regione Lombardia hanno previsto nel 2024 un incremento di 73.000 residenti (di età maggiore di 11 anni) nel comune milanese, che corrispondono ad un aumento percentuale del 5,9%. Nell'area metropolitana considerata si registrerà invece un incremento dei residenti del 6,8%, che si traduce in 199.000 abitanti aggiuntivi. La distribuzione territoriale è stata definita da un'analisi sui dati sui cambiamenti previsti dai Piani di Governo del Territorio vigente con le relative capacità insediative stimate a partire dalle SLP residenziali (fonte PUMS).

2.2.2 Previsione addetti

Nel comune di Milano si registrerà un aumento di 50.000 addetti, corrispondente ad un incremento percentuale del 5,6% rispetto al 2013; mentre nei restanti comuni dell'area metropolitana considerata l'incremento sarà di 59.000 addetti, cioè del 5% in più sempre rispetto al 2013. La fonte è il PUMS, che si è avvalso dei trend di variazione registrati dai censimenti generali dell'industria e dei servizi 2001-2011.

2.2.3 Caratteristiche della domanda futura

Si fa riferimento all'anno 2024 secondo le previsioni AMAT descritte dal PUMS, relativamente all'area milanese. A tale orizzonte temporale la domanda prevista cresce dell'8% rispetto al 2013, dato ottenuto tenendo conto dell'incremento sia della popolazione che degli addetti.

2.2.3.1 Tipo di spostamento

In Tabella 2.8 si mette in mostra la variazione di domanda tra il 2013 e il 2024, scomposta per motivi di spostamento al 2024.

Tipo di spostamento	2013	2024	Var. %
Spostamenti interni a Milano	2.978.000	3 176 000	6.6%
Spostamenti di scambio al confine di Milano	2.277.000	2 502 000	9.9%
Totale Domanda di Mobilità delle persone	5.255.000	5 678 000	8.0%

Tabella 2.8: stima della domanda di mobilità delle persone (fonte PUMS, elaborazione AMAT)

Il fatto che l'aumento degli spostamenti di scambio sia molto maggiore rispetto a quello degli spostamenti interni è indice dell'ulteriore incremento del policentrismo che sta interessando l'area milanese e che continuerà a diventare sempre più netto. Questo fatto è coerente con le previsioni sui residenti dell'area metropolitana milanese: l'aumento dei residenti è maggiore nei comuni esterni rispetto alla stessa città di Milano (6,8 contro 5,9), mentre la variazione di addetti sarà più forte nel comune di Milano (5,6% contro 5%).

2.2.3.2 Intermodalità

La situazione della ripartizione modale proiettata al 2024 non presenta grandi variazioni rispetto quella vigente nel 2013. Sia per spostamenti interni che di scambio l'unica lieve differenza sta nell'incremento dell'1% nell'utilizzo del trasporto pubblico a scapito del trasporto con auto che decresce dell'1%.

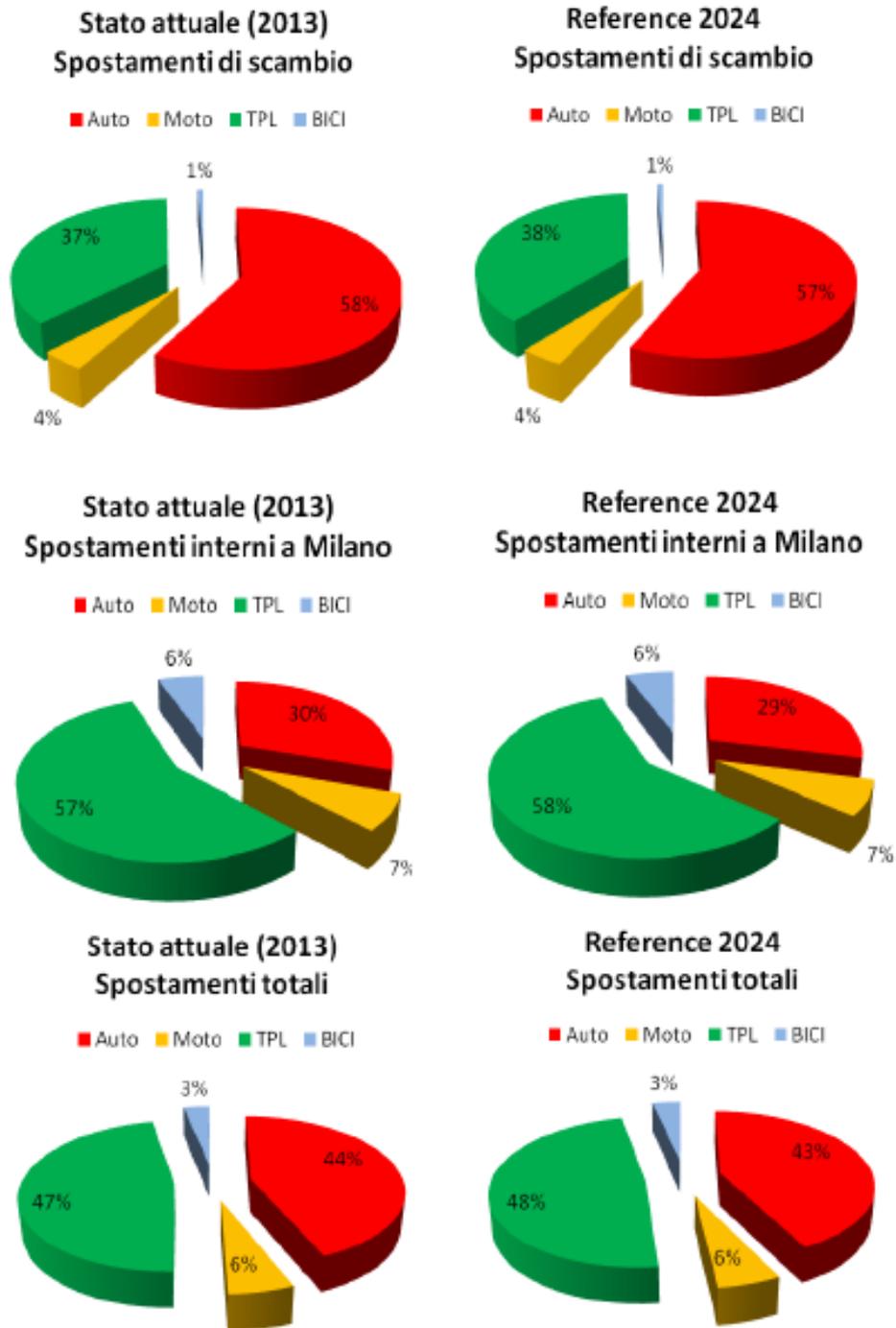


Figura 2.25: variazione della ripartizione modale nell'area metropolitana milanese 2013-2024 (fonte PUMS)

3. Offerta di trasporto ferroviario

In questo capitolo si fa una breve descrizione dell'offerta di trasporto passeggeri via ferro esistente nella regione Lombardia e si cerca di descrivere l'infrastruttura fisica e il servizio offerto. Successivamente ci si concentra nell'ambito suburbano della città di Milano, cercando di evidenziare le criticità esistenti in tale nodo ferroviario, si presentano alcuni risultati degli studi effettuati per la risoluzione di tali criticità e per lo sviluppo futuro del servizio, infine si cerca di esporre un quadro degli enti incaricati della gestione e della pianificazione.

3.1 Regione Lombardia

L'infrastruttura della rete ferroviaria lombarda è costituita da circa 2000 Km di linea, 320 Km delle quali sono gestiti dalle Ferrovie Nord, che includono 120 stazioni e costituiscono la rete regionale in concessione a Ferrovienord SpA. La restante parte appartiene alla rete nazionale in concessione a RFI SpA ed è suddivisa fra:

- Rete AV/AC (linea Milano - Bologna, linea Milano - Torino)
- Rete fondamentale
- Rete complementare
- Linee nodo

Di seguito l'immagine della rete ferroviaria lombarda:

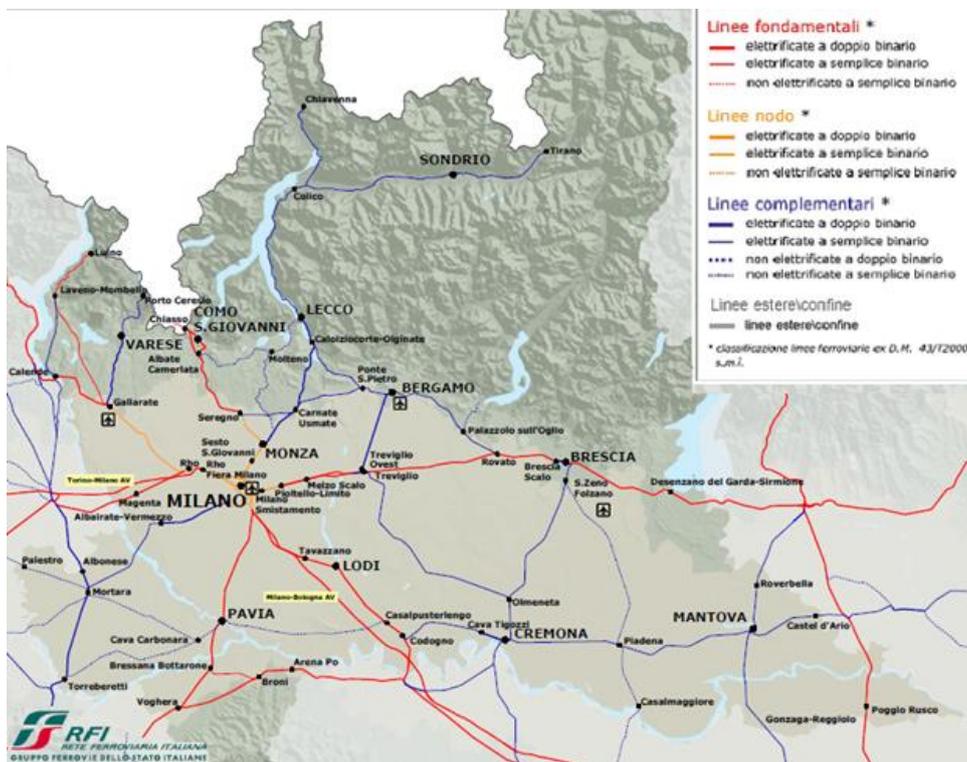


Figura 3.1: Rete ferroviaria lombarda (fonte: RFI)

- Rispetto al **territorio**:
 - di circa 0,08 km di infrastruttura ferroviaria per Km²
 - Il passo medio delle stazioni in ambito suburbano è di 3,3 km a fronte di valori molto differenti in altre realtà europee (ad esempio 2,2 km di Greater London e 1,5 km di Ile de France)
 - Il 77% dei comuni lombardi (cui corrisponde il 92% dei cittadini lombardi) ha la stazione o la fermata ferroviaria più vicina entro un raggio di 5 km
- Rispetto alla **popolazione**, ogni 1.000 abitanti
 - Circa 0,19 km di infrastruttura (Europa tra 0,22 e 0,28)
 - Circa 0,04 stazioni ogni 1.000 abitanti, in ambito metropolitano di Milano 0,03

Il servizio ferroviario offerto è complessivamente aumentato più del 50% tra il 2001 e il 2014, passando da 27,8 milioni di treni*km del 2001 a 42,4 milioni di treni*km del 2014.

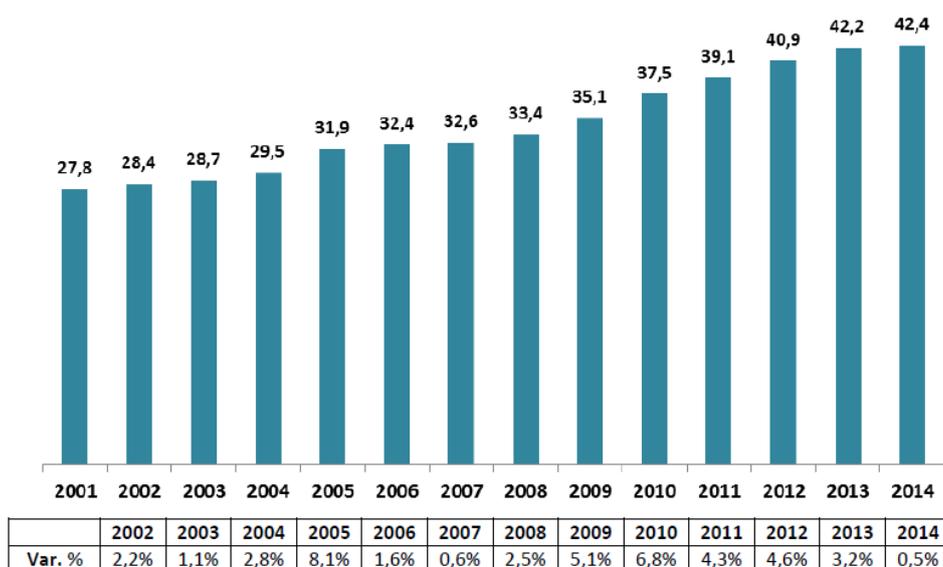


Grafico 3.1: Produzione nazionale in milioni treni*km 2001-2014 (fonte: PRMT)

Il volume dei servizi ferroviari regionali prodotti in Lombardia è di gran lunga il più rilevante a livello nazionale ed è l'unico tra le Regioni a statuto ordinario ad essere cresciuto del 50% da quando le Regioni stesse hanno assunto la competenza in materia (anno 2000).

A livello nazionale, la Lombardia rappresenta circa il 19% in termini di treni*Km, questo grazie alle 2300 corse ferroviarie al giorno, confrontato con le circa 700-800 di ciascuna delle Regioni limitrofe (*Piemonte, Emilia, Veneto*).

Per quanto riguarda l'organizzazione, l'offerta del servizio di trasporto ferroviario è costituita dalla sovrapposizione di 2 livelli di domanda prevalente:

- Il primo livello di domanda è stato organizzato in modo da seguire la struttura radiale delle aree metropolitane, su cui sono stati costituiti 3 livelli di servizio (S+R+RE).
- Il secondo livello di domanda riguarda l'intorno delle aree metropolitane, organizzata su 2 livelli di servizio (R+RE) in modo tale da seguire la loro struttura radiale.

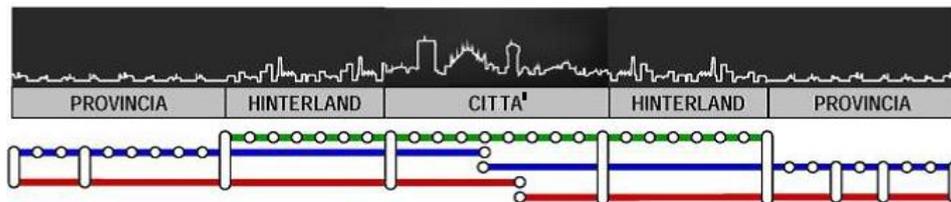


Figura 3.3: Organizzazione del servizio intra-regionale (fonte PRMT)

La varietà di servizi offerti quindi è varia: quelli “tradizionali” di scala nazionale ed internazionale, ai quali, negli ultimi anni, si sono aggiunti quelli dell’Alta Velocità (lungo le linee Milano-Torino e Milano-Bologna) e quelli afferenti al Servizio Ferroviario Regionale (SFR) che, nel caso specifico della Lombardia, è strutturato in:

- Servizi Regionali (linee R), per i collegamenti di più ampio raggio, lungo 36 linee della rete ferroviaria lombarda, contraddistinti da un treno ogni 60' o 120' e fermate in tutte le stazioni esterne all'area suburbana
- Servizi RegioExpress (linee RE), per i collegamenti di più ampio raggio, lungo 10 linee della rete ferroviaria lombarda, con corse cadenzate ogni 60' o 120', fermate nelle principali stazioni esterne e senza fermate intermedie nella tratta suburbana più prossima a Milano
- Servizi Suburbani (linee S), che con 12 linee collegano l'hinterland di Milano e il centro città, attraverso il Passante e lungo le linee ferroviarie di superficie, diramandosi per un raggio di oltre 30 km fino a Novara, Varese, Saronno, Como, Mariano Comense, Camnago-Lentate, Lecco, Seregno, Treviglio, Lodi, Albairate e Pavia; essi offrono un servizio frequente a tutte le fermate sulla linea (corse cadenzate ogni 30', per tutto l'arco della giornata) e garantiscono, in Milano, un vero e proprio servizio di metropolitana, interconnesso con la rete urbana del trasporto pubblico.
- Servizi aeroportuali Malpensa Express, di collegamento con il Terminal 1 dell'aeroporto di Malpensa, dalle stazioni di Milano Cadorna, Centrale e P.ta Garibaldi (lungo la tratta FerrovieNord Milano-Saronno - Malpensa).

Lo schema di offerta è strutturato su servizi cadenzati ai 30', di principio per l'intero arco di servizio (fascia 06-24), con alcuni diradamenti a 60' che si stanno progressivamente eliminando nel tempo. Su alcuni corridoi sono sovrapposte più linee, intercalate tra loro in modo da dare luogo a un servizio con cadenzamenti sottomultipli di 30'.

Se ne parlerà meglio nel paragrafo riguardante le linee S.

Segue lo schematico del servizio offerto sulla rete ferroviaria lombarda:



Figura 3.4: Offerta di trasporto ferroviario in Lombardia (fonte: PRMT)

3.2 Nodo ferroviario di Milano

L'andamento prevalente della **rete dell'infrastruttura pubblica su ferro** (costituita da tranvie, metropolitane e linee ferroviarie) è radiocentrico rispetto alla città di Milano, in modo simile a quello delle infrastrutture stradali. In effetti le linee ferroviarie corrono in modo parallelo alle principali direttrici stradali e, addentrandosi nella città, vengono instradate nel sistema delle cinture e nel passante ferroviario. I collegamenti minori si diramano dalle linee principali, mentre le linee più importanti sono percorse da traffici differenziati – passeggeri e merci – a lunga percorrenza o a scala regionale. Le diverse linee coprono le principali direttrici e convergono sul nodo di Milano, venendo smistate dalla linea di cintura che circonda la città da tre lati: Nord, est, sud.¹

I diversi collegamenti si attestano nelle stazioni cittadine, sia di testa (Centrale, Porta Garibaldi – con binari sia tronchi che passanti, Cadorna, Porta Genova) che di transito (Rogoredo, Lambrate, Greco Pirelli), oppure la attraversano, utilizzando ad esempio il Passante Ferroviario – dedicato alle linee suburbane.

¹ Dal lavoro PIM

Le linee metropolitane invece costituiscono la rete di forza del trasporto pubblico dentro alla città di Milano e solo in pochi casi offrono un servizio che ne travalica i confini comunali (la linea M1, che raggiunge l'area di Sesto San Giovanni e il polo fieristico di Rho-Pero, la linea M2, che raggiunge l'area di Assago a sud, Cologno Monzese a nord e serve l'intera asta urbanizzata lungo il Martesana fino a Gessate), apportando, in questi casi, benefici per il sistema della mobilità a scala intercomunale.

Completano, inoltre, la rete del ferro le principali linee tranviarie/metrotranviarie che, da Milano, si estendo verso le aree più esterne della città o anche oltre i confini comunali.

Di seguito si presenta lo schematico del nodo ferroviario di Milano:

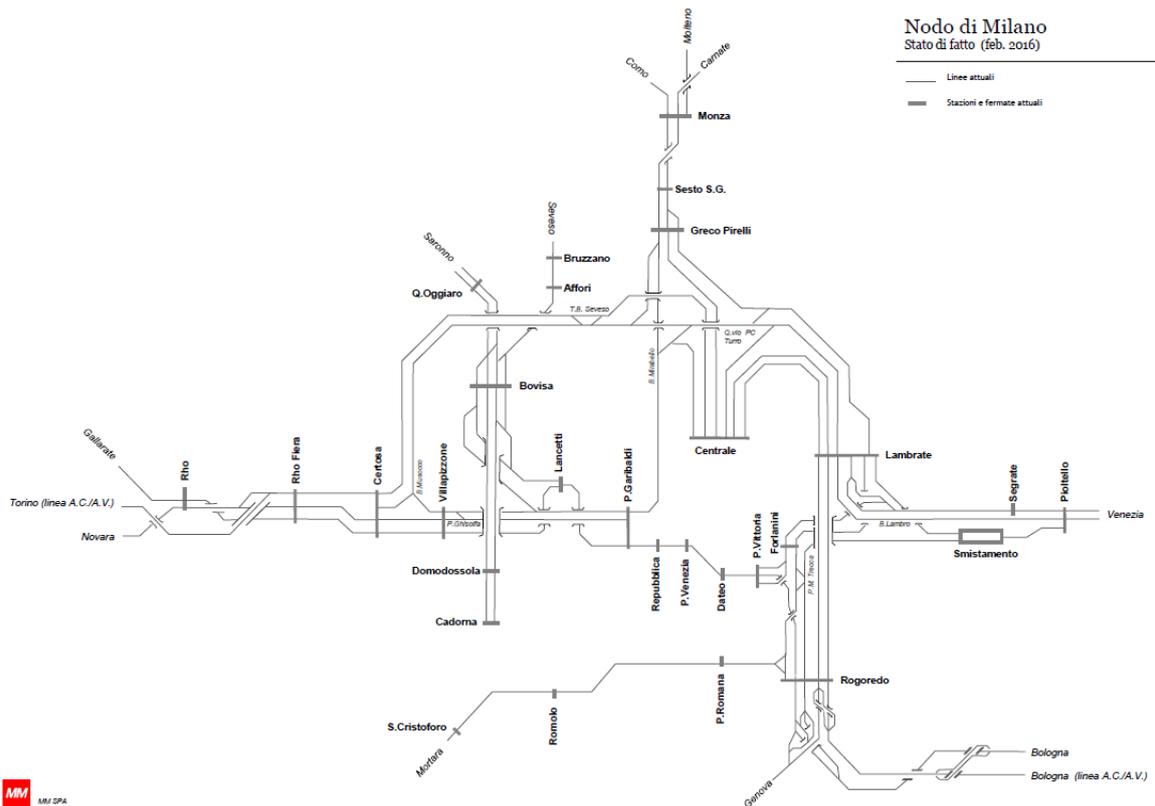


Figura 3.5: Schematico del nodo di Milano (fonte MM)

Per quanto riguarda il **servizio ferroviario** nell'area metropolitana, Milano ha una popolazione di circa 4 milioni di persone. L'80% degli ingressi nel nodo milanese avviene tramite mezzi privati.

Il nodo ferroviario di Milano è al centro del sistema ferroviario del nord Italia poiché qui convergono importanti linee nazionali ed internazionali. Come detto poco sopra, oltre a queste linee di grossa portata sono presenti anche linee regionali che collegano le principali città della regione e di quelle limitrofe. Tutte queste linee che convergono nel nodo di Milano vengono smistate dalla linea di cintura ferroviaria la quale, come suddetto, circonda per tre quarti la città di Milano.

Come anticipato sopra, dentro l'ambito suburbano di Milano il servizio è impostato su 3 livelli di offerta, come si evidenzia nella seguente Figura 3.6:

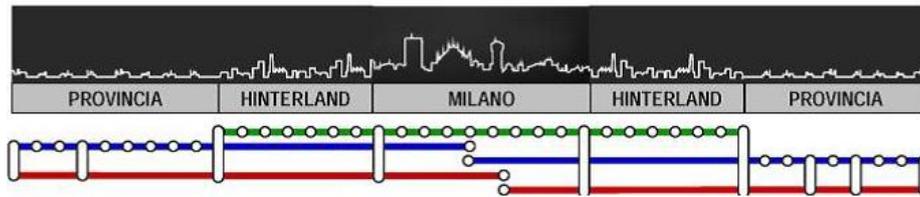


Figura 3.6: Organizzazione del servizio suburbano di Milano (fonte: PRMT)

3.2.1 Linee S – suburbane

Le Linee Ferroviarie Suburbane, o più semplicemente linee S, identificano un servizio dedicato specificamente al bacino dell'area metropolitana di Milano. Con l'attivazione delle linee S nel dicembre 2004, è stato reimpostato l'intero assetto orario ed il modello di trasporto regionale, sono servizi che utilizzano reti ferroviarie promiscue, senza alcuna differenziazione in termini di specializzazione del materiale, dell'infrastruttura, e soprattutto delle normative e delle regole/modalità di gestione.

Come presentato in Figura 3.6, lungo le direttrici coperte dalle linee S, i treni regionali "saltano" le stazioni già servite da questi servizi, secondo un modello che razionalizza l'offerta e porta benefici sui tempi di percorrenza per le località esterne all'area metropolitana e sull'accessibilità al servizio per le località interne alla stessa area.

Le linee S hanno in particolare le seguenti caratteristiche che le rendono più attrattive rispetto al servizio ferroviario tradizionale²:

- Cadenzamento costante dei servizi, indipendentemente dalla fascia oraria e dai giorni
- Ampio arco di servizio offerto (in genere almeno 18 ore)
- Considerevole numero di interscambi a corrispondenze sistematiche progettati tra le differenti linee e ad una specifica identità di sistema complessivo che prescinde dai singoli gestori di servizi e reti.

Il servizio è organizzato in modo tale che sia erogato per ogni linea un servizio con frequenza 2 treni ogni ora, per cui uno ogni 30'. In caso di sovrapposizione di più linee sullo stesso tratto, il distanziamento tra un treno e l'altro è dato dalla equa suddivisione temporale dei 30' tra il numero di linee presenti.

Nell'ambito urbano della città di Milano sono 20 le stazioni del servizio suburbano connesse con il sistema di trasporti urbani: 9 stazioni sono interessate dai servizi delle linee metropolitane, le altre stazioni sono interessate solo da linee di superficie. Di seguito lo schema del trasporto Suburbano e le intersezioni con la rete metropolitana della città di Milano:

² Lavoro Quadro di riferimento per lo sviluppo del sistema ferroviario regionale e suburbano nell'area metropolitana di Milano



Figura 3.7: Linee S e regionali e interazione con le reti di forza nella città di Milano (fonte PRMT)

Il servizio è attualmente costituito da 12 linee con la funzione di collegare il comune di Milano con i comuni posti al suo intorno.

Oggi le linee S corrono su tutte le 11 tratte afferenti al nodo di Milano (ad eccezione della Monza-Molteno-Lecco e Bergamo-Carnate-Milano), con servizi operati da TRENORD che in diversi casi percorrono linee appartenenti ad entrambi i gestori RFI/FN³:

Numero	Linea	Rete
S1	Saronno – Passante - Lodi	FN + RFI
S2	Mariano C – Passante – Milano Rogoredo	FN + RFI
S3	Saronno – Milano Bovisa – Milano Cadorna	FN
S4	Camnago - Milano Bovisa - Milano Cadorna	FN
S5	Varese – Passante – Treviglio	RFI
S6	Novara – Passante – Treviglio	RFI
S8	Lecco – Monza – P.ta Gribaldi	RFI
S9	Albairate – Milano Lambrate – Saronno	FN + RFI
S11	Chiasso – Monza – P.ta Garibaldi	RFI
S13	Pavia – Passante – Milano Bovisa	FN + RFI

Tabella 3.1: Linee suburbane in servizio(fonte DGR 2014)

³ Lavoro Quadro di riferimento per lo sviluppo del sistema ferroviario regionale e suburbano nell'area metropolitana di Milano

Esaminando l'infrastruttura ferroviaria dell'intorno suburbano di Milano e il suo utilizzo da parte delle linee S, nelle modalità con cui s'innesta nel nodo, la si può ricondurre a quattro corridoi infrastrutturali di seguito descritti⁴:

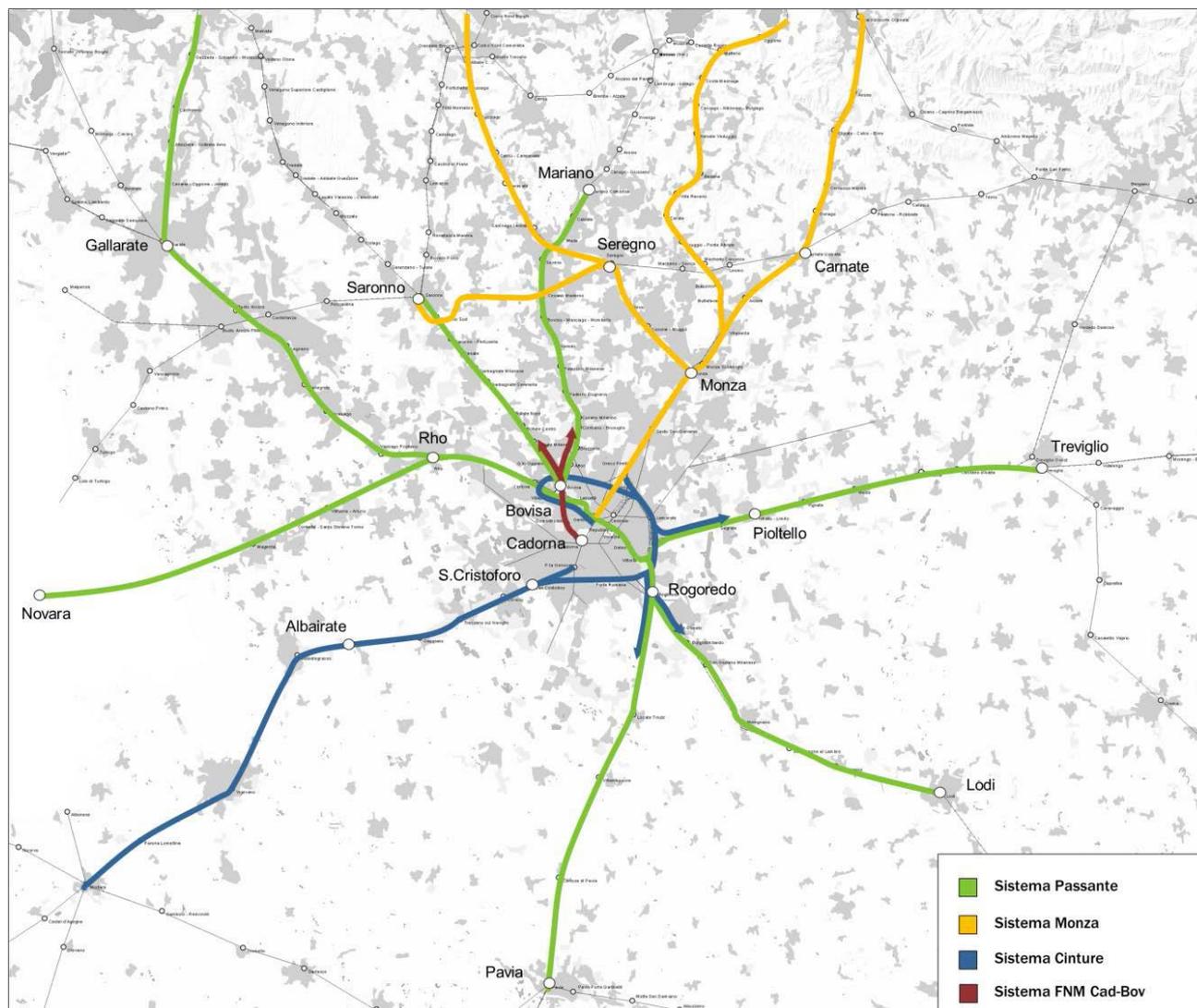


Figura 3.8: 4 corridoi ferroviari dell'intorno suburbano di Milano nelle modalità con cui s'innesta nel nodo (fonte DGR 2014)

⁴ Lavoro Quadro di riferimento per lo sviluppo del sistema ferroviario regionale e suburbano nell'area metropolitana di Milano

3.2.1.1 Passante

È l'ambito impostato sull'infrastruttura del Passante Ferroviario, attivata per tratte tra il 1997 e il 2004, che attraversa il centro di Milano con fermate colleganti alla rete di trasporto urbano.

Il **passante ferroviario** è una infrastruttura che collega le reti ferroviarie nord-ovest con quelle sud-est ed è composta per la maggior parte da un tratto sotterraneo, tra P.ta Vittoria e Lancetti, che attraversa il centro cittadino milanese.

Attraverso le "stazioni porta" di Rho-Fiera Milano e Bovisa a nord-ovest e di Pioltello e Rogoredo a sud-est, nel Passante confluiscono 4 linee esterne dalla direzione nord-ovest (Gallarate e Novara su rete RFI, Saronno e Mariano Comense su rete Ferrovienord), e 3 linee esterne dalla direzione sud-est (Lodi, Pavia e Treviglio su rete RFI). Di queste, sono quadruplicate: la Pioltello-Treviglio, con una coppia di binari dedicata prevalentemente al SFR, e la Bovisa-Saronno, dedicata esclusivamente al SFR con una linea a doppio binario specializzata per le linee S e una linea a doppio binario specializzata per le linee del servizio Regionale e il collegamento Aeroportuale verso Malpensa. In modo analogo è previsto il quadruplicamento delle tratte Rogoredo-Pieve Emanuele e Rho-Parabiago, che attraversano bacini di utenza con una forte domanda di mobilità e consentiranno di prolungare la specializzazione lungo la propria estesa.

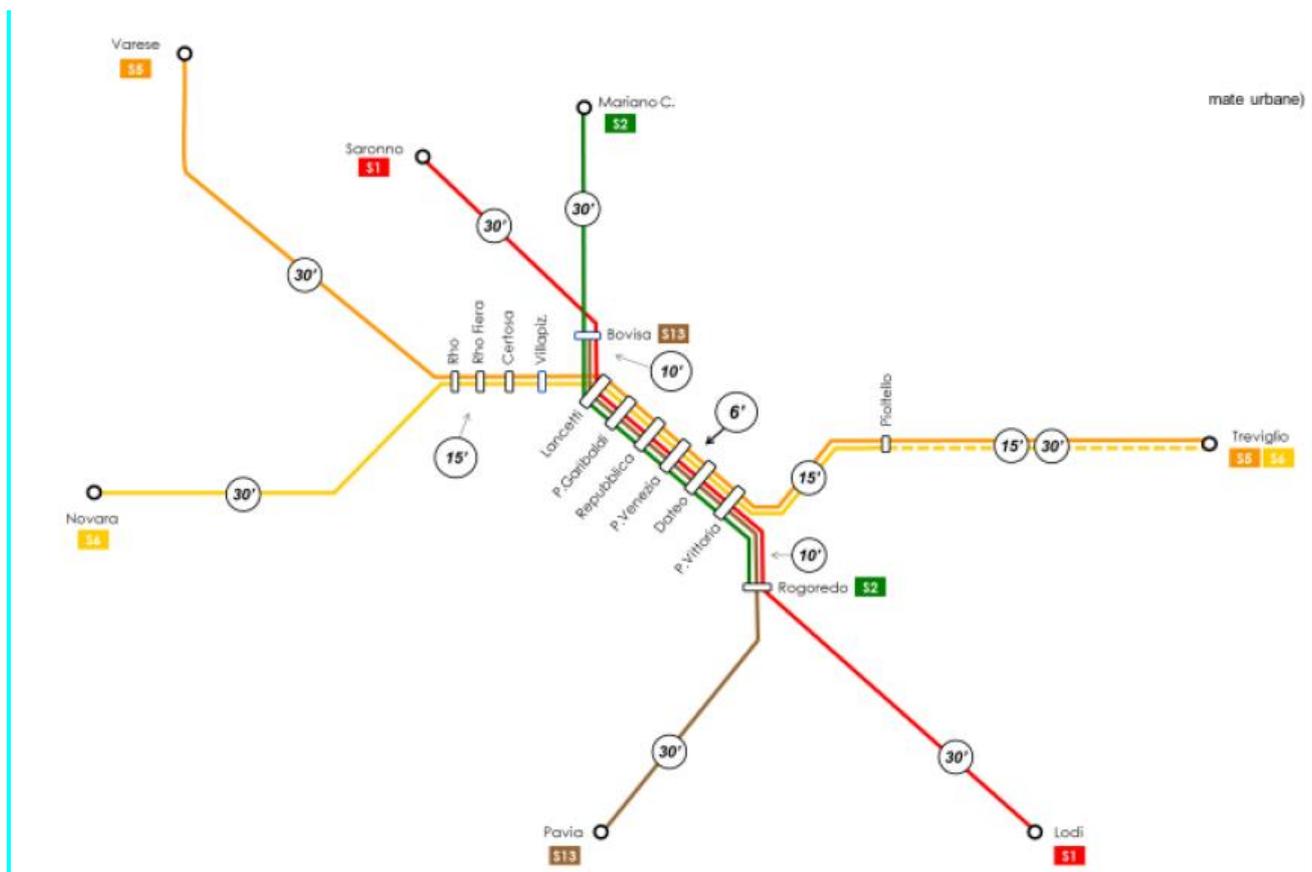


Figura 3.9: Passante ferroviario, servizi attuali (fonte DGR 2014)

La capacità del passante è di 3'45", equivalenti a 8 linee e cioè 16 treni all'ora. Attualmente questa capacità non è ancora sfruttata appieno poiché ci sono 5 linee sovrapposte (S1, S2, S5, S6, S13).

Queste 5 linee confluiscono nel passante e nel tratto urbano P.ta Vittoria – Lancetti la frequenza raggiunge 1 treno ogni 6' per direzione.

3.2.1.2 Monza e Brianza

È il sistema dell'area brianzola cui fanno capo le quattro linee del nodo di Monza S8, S9, S11: Chiasso, Molteno, Lecco e Bergamo. Comprende la direttrice quadruplicata Monza – Greco Pirelli che si dirama verso Lambrate (linee di cintura) e verso Garibaldi attraverso il Bivio Mirabello. Si considera parte del sistema Monza anche il ramo Saronno-Seregno. L'asse Monza-Milano è un ramo fondamentale in considerazione del bacino di domanda servito, che è uno dei più popolosi e densi dell'area metropolitana milanese.

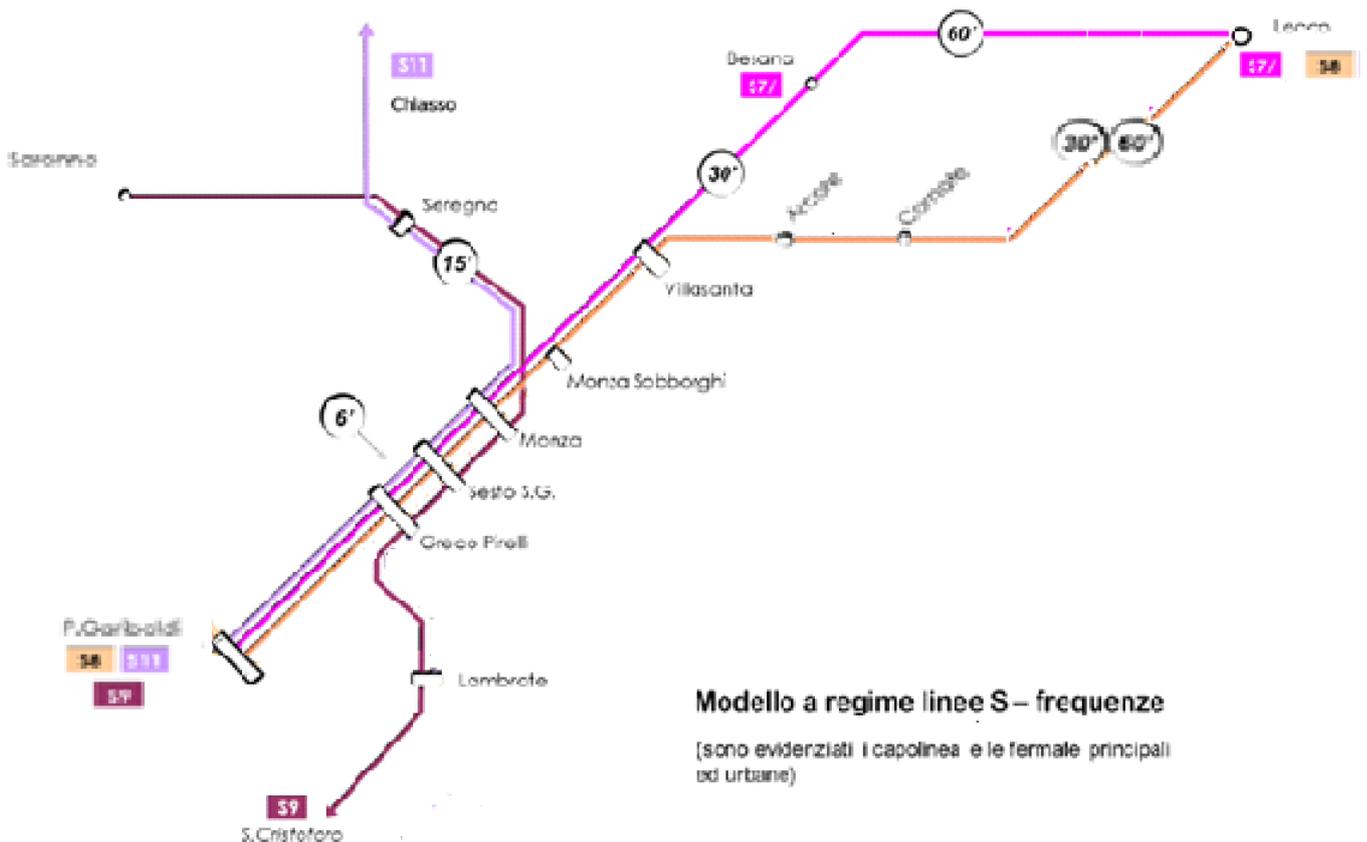


Figura 3.10: linee suburbane Monza Brianza (fonte DGR 2014)

3.2.1.3 Bovisa-Cadorna

Il ramo Cadorna costituisce la componente più urbana delle linee Ferroviennord Saronno/Camnago-Bovisa-Cadorna, che si attestano a Cadorna e su cui convergono anche tutti gli altri servizi regionali della medesima rete. L'impianto di Bovisa è il punto di snodo dell'intera rete milanese di Ferroviennord, da cui transitano tutti i treni gravitanti su Milano tanto sulla relazione Cadorna, quanto sulle relazioni Passante e Milano P.ta Garibaldi. La presenza di un quadruplicamento tra Cadorna e Saronno e di un triplicamento tra Bovisa e Affori, in previsione di un prolungamento fino a Varedo, consente una specializzazione delle linee tra servizio capillare e servizio regionale di ampio raggio nel tratto quadruplicato e la massima flessibilità sulla linea a tre binari.

Il servizio offerto è strutturato verso Como, Varese e Lodi:

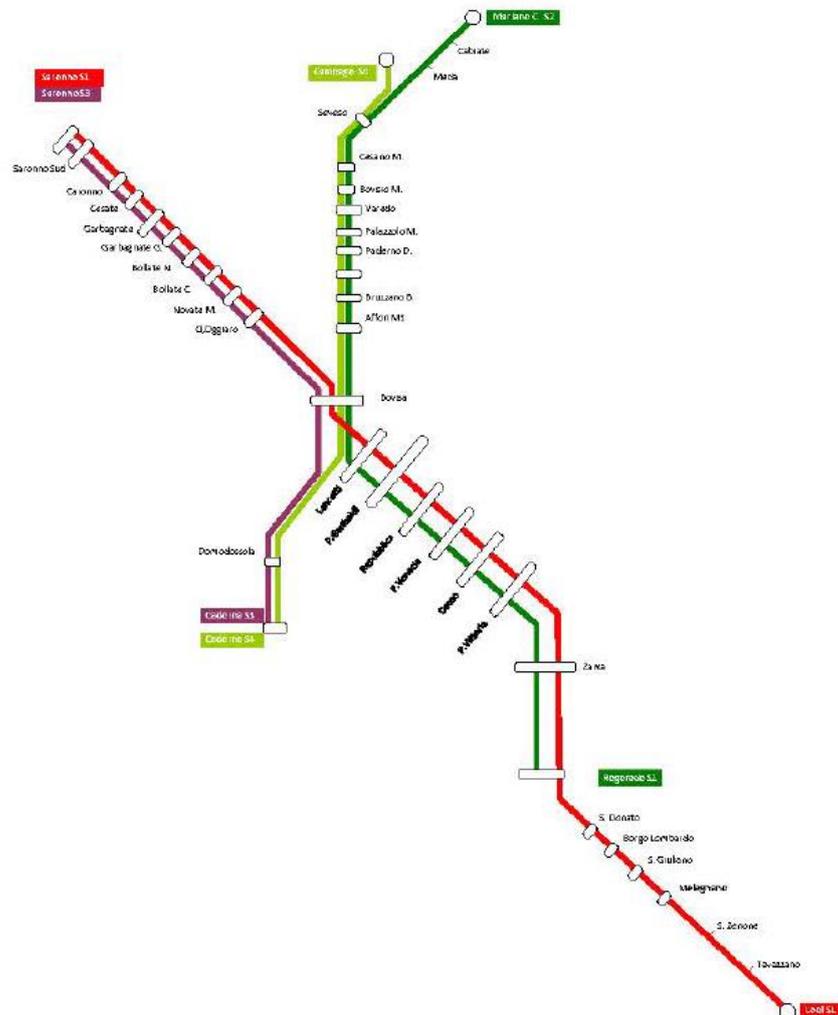


Figura 3.11: Linee suburbane Bovisa Cadorna(fonte DGR 2014)

3.2.1.4 Cinture

Le Cinture circoscrivono per tre quarti il nodo di Milano e comprendono a sud la tratta S.Cristoforo-P.ta Romana, a est la tratta che raccorda P.ta Romana con Lambrate, a nord la tratta Lambrate-Certosa.

Mentre la tratta sud è dedicata al SFR, le tratte est e nord della cinture non sono specializzate.

Di questa infrastruttura ci si occuperà in modo più diffuso poco più avanti.

3.2.2 Criticità infrastrutturali

Dal **punto di vista infrastrutturale** nel nodo milanese esistono molti punti critici che ostacolano l'aumento di efficienza. Si fa un elenco di quelli che rappresentano i punti critici infrastrutturali per quanto riguarda il servizio suburbano offerto con le linee S:

- Nodo di Rho
- Nodo di Bovisa
- Bivio Mirabello
- Asta Greco – Monza: Eterotachia dovuta alla diversificazione delle linee in servizio che sfruttano questo tratto
- Fascio passante Garibaldi: infrastruttura progettata per fornire un servizio con velocità non più consone con i servizi dei giorni nostri.

4. Pianificazione

Definito lo scenario di domanda, nel seguente capitolo si sviluppano gli obiettivi posti per soddisfare in modo più esaustivo le esigenze di mobilità della popolazione, in modo da contribuire a risolvere alcuni problemi trasportistici, ambientali e sociali che dipendono dall'impostazione e dalle caratteristiche del sistema di trasporto collettivo.

La Regione Lombardia comunica nel PRMT l'obiettivo generale di promuovere lo sviluppo della connessione, sia internamente al suo territorio, sia a livello di collegamento con l'esterno, facilitando i movimenti di merci e passeggeri tramite una rete di trasporti di qualità, sicuri, sostenibili e tra loro integrati.

Il DGR 2524 del 2014 esprime il seguente concetto: nel processo è opportuno che i vari attori che concorrono allo sviluppo ed alla gestione della rete condividano principi e criteri con cui operano e che vertano tutti all'interesse comune di incrementare l'utilizzo del trasporto pubblico, ed in particolare del trasporto su ferro.

Parlando di Milano ci si impegnerà a sviluppare anche nel territorio che circonda il Comune una sempre più fitta rete ferroviaria che abbia tempi di percorrenza e qualità paragonabili a quella della città milanese, in modo da costituire un efficace allacciamento ad essa.

4.1 Obiettivi generali del PRMT

A questi propositi il PRMT delinea gli obiettivi generali, tra cui:

- Migliorare la connettività della Lombardia per rafforzarne la competitività e lo sviluppo socio-economico;
- Assicurare la libertà di movimento a cittadini e merci e garantire l'accessibilità del territorio;
- Garantire la qualità e la sicurezza dei trasporti e lo sviluppo di una mobilità integrata
- Promuovere la sostenibilità ambientale del sistema dei trasporti

Il PRMT ha avviato un programma finalizzato a riformare il settore del TPL, citato di seguito:

“Dal 2007 Regione Lombardia, con l'istituzione del Tavolo per il Trasporto Pubblico Locale, ha avviato un percorso di riforma complessiva dei settori del trasporto ferroviario e auto filo metro tranviario.

Nel novembre 2008, con l'accordo denominato “Patto per il Trasporto Pubblico Locale in Lombardia”, frutto del Tavolo promosso, sono state individuate le strategie operative, condivise con gli attori del sistema, alla base della riforma:

- Sviluppare un sistema di trasporto pubblico integrato più rispondente alle esigenze di mobilità

- Promuovere il miglioramento della qualità dei servizi;
- Perseguire la sostenibilità economica del sistema;
- Migliorare la governance del sistema del trasporto pubblico;
- Promuovere i diritti dell'utente assicurando la qualità, l'universalità e l'economicità dei servizi;
- Favorire la creazione di una rete di aziende capaci di attuare le politiche di investimenti necessarie per il sistema di TPL. [fine citazione]"

Ancora il PRMT pone l'attenzione sugli effetti benefici di cui godrà la Lombardia in seguito al rispetto delle direttive del piano:

- Ridurrà la congestione stradale;
- Miglioreranno i servizi del trasporto collettivo;
- Incrementerà l'offerta del trasporto intermodale;
- Si ridurranno gli impatti sull'ambiente;
- Verrà ridotta l'incidentalità stradale

4.2 Ripartizione delle competenze trasportistiche

Il nodo ferroviario di Milano esistente è molto articolato e connesso piuttosto estesamente sull'aerea cittadina, per cui rappresenta una grande risorsa potenziale su cui varrebbe la pena investire per potenziare la mobilità urbana tramite i servizi ferroviari, che non troverebbero altrimenti spazio in una città dal tessuto urbano ormai fitto. Questo è oggettivamente l'unico modo per soddisfare la domanda di mobilità di un territorio molto esteso e densamente abitato come il bacino milanese. Come espresso nel PUMS, occorre una riflessione ampia a tutti i livelli a cui dovrebbero prendere parte Regione, RFI, Ferrovie Nord, Trenord e altri soggetti competenti in materia come ANSF e Ministero delle Infrastrutture. Questa collaborazione tra enti dovrebbe essere sempre presente ed attuata in modo da convergere verso obiettivi prefissati. Trattandosi però di organizzazioni diverse, non sempre gli interessi tra le varie parti coincidono, ed è difficile ottenere azioni corali che perseguano un obiettivo comune a lungo termine. Si avverte la mancanza di un organo apposito incaricato alla regolazione delle varie associazioni operanti nel campo dei trasporti che funga da guida generale verso gli obiettivi trasportistici imposti. Documenti come PUMS e PRMT servono sì a definire le linee guida da considerare intervenendo sul sistema dei trasporti, ma ciò non è sufficiente perché non permette di prescrivere nello specifico quali azioni devono compiere le varie componenti ed entro quali tempistiche. Un potere del genere può essere detenuto da una amministrazione che, per esercitare la sua funzione, si deve porre ad un livello superiore rispetto tutte le parti competenti, così avrebbe i requisiti necessari per impartire azioni e le relative scadenze temporali, conferendo un carattere unidirezionale e conforme alle finalità all'intero processo di sviluppo del settore trasportistico.

L'attuale ripartizione delle funzioni sono riassunte nella Tabella 4.1.

COMPETENZA			STATO	REGIONE	AGENZIA DI BACINO	PROVINCIA	COMUNE
Trasporto Ferroviario	infrastruttura	programmazione, regolamentazione e controllo	X	X (FerrovieNord)			
		interventi	X	X			
	Servizio		X	X			
Trasporto Pubblico su Impianti Fissi	programmazione, regolamentazione e controllo	interurbani			X		
		comunali/urbani					X
	concessione impianti					X	X
	affidamento servizi				X		X
Trasporto Pubblico Locale su Gomma	programmazione, regolamentazione e controllo	interurbani		X	X		
		comunali/urbani					X
	affidamento servizi	interurbani			X		
		comunali/urbani					X

Tabella 4.1: ripartizione delle funzioni nel settore del trasporto pubblico lombardo (fonte Legge Regionale 4 Aprile 2012, n. 6 e Programmazione delle reti infrastrutturali e servizi trasporto pubblico, PIM)

Dalla Tabella 4.1: ripartizione delle funzioni nel settore del trasporto pubblico lombardo (fonte Legge Regionale 4 Aprile 2012, n. 6 e Programmazione delle reti infrastrutturali e servizi trasporto pubblico, PIM) si può notare che non esiste una centralità di programmazione e gestione né dei servizi di trasporto pubblico né delle infrastrutture ad esso relative, ma tali funzioni sono ripartite tra vari enti in modo piuttosto disordinato. Il controllo dei servizi di trasporto subisce già una netta spaccatura in quanto la regione esercita programmazione, regolazione e controllo delle infrastrutture ferroviarie di FerrovieNord. Programmazione, regolazione e controllo dei servizi ferroviari sono invece esclusivi della Regione. Per questo motivo per intervenire sul sistema ferroviario è necessario un accordo tra diversi attori: Regione, RFI, i comuni o province interessate e lo stato; la procedura risulterebbe invece più snella se infrastrutture e servizi ferroviari fossero tutte affidate allo stesso ente. I tipi di servizi che non comprendono il ferroviario sono invece ripartiti tra province e comuni, che operano in modo coordinato tramite la partecipazione all'agenzia di bacino, secondo i piani regionali e di bacino. Questa suddivisione risulta problematica perché le ferrovie, che costituiscono le principali arterie di collegamento del territorio, sono sotto le competenze della Regione Lombardia ed RFI, mentre le altre modalità di trasporto sono ripartite tra comuni e province. Il risultato è l'ostacolo politico e burocratico che si trova prima di tutto al momento dello sviluppo di grandi linee di servizio che toccano territori di diversa competenza (come più comuni o province), ed in secondo luogo, ma non di minore importanza, nel favorire un sistema di mobilità territorialmente ed intermodalmente integrato. Infatti, per la progettazione di un sistema tariffario integrato occorre l'accordo

Per creare un ente che possa regolare in modo integrato il servizio di trasporto pubblico è stata istituita l'Agenzia di Bacino, ai sensi della legge regionale del 4 aprile 2012 n.6 della Lombardia. L'articolo 7, comma 1 della stessa ne individua il bacino di competenza, composto dalle province di Milano, Monza e Brianza, Lodi e Pavia. Sono anche state istituite le Agenzie per gli altri bacini della Lombardia: Bergamo; Brescia; Como, Lecco, Sondrio e Varese; Cremona e Mantova. L'agenzia è composta dalle province e dai comuni che fanno parte del territorio del bacino, che mettono a disposizione le proprie risorse. L'agenzia di bacino ha il compito di definire il piano di bacino e programmare servizi, rispettando i piani regionali, ed affida l'esercizio di tali servizi tramite la stipulazione di contratti di esercizio. Così ha la possibilità di generare un sistema tariffario integrato per i servizi di propria competenza e programmare le risorse e gli investimenti per metterlo in atto. In questo modo la formazione di servizi di trasporto che soddisfino le esigenze complessive del bacino territoriale è facilitata. Sono state istituite le linee S-Bus che collegano i maggiori poli urbani dell'area metropolitana come Cusago, Lainate, Vimercate, Paullo, Pioltello e Binasco e che si allacciano con la rete comunale milanese. In occasione dell'Expo 2015 si è anche avuto modo di prefigurare l'integrazione dei servizi Malpensa Express e quelli della rete urbana di Milano. Questa esperienza rappresenterebbe l'avvio di una procedura che potrebbe portare in futuro ad un sistema di tariffazione pienamente integrata che porterà a rendere la ferrovia accessibile e conveniente anche per spostamenti di breve percorrenza.

Il problema della ripartizione dei ruoli tuttavia non è risolto perché rimane ancora netta la separazione tra l'amministrazione del trasporto ferroviario, attuato dalla regione, e quella del trasporto su gomma. Per questo risulta ancora difficoltosa la pianificazione del trasporto integrato tra ferrovie e le rimanenti modalità del TPL, soprattutto per quanto riguarda gli scambi intermodali ed i piani tariffari integrati, che necessitano ancora del dialogo tra Agenzia e Regione, invece di essere trattati dallo stesso ente. Questa problematica sussiste anche relativamente ai finanziamenti, che rimangono programmati dalla Regione, mentre l'agenzia possiede solamente le risorse disposte da comuni e province che ne fanno parte. L'attività svolta dall'agenzia di bacino tocca solamente alcune linee di trasporto pubblico ed ha un potere ristretto a linee di bus, tram, e TPL del comune di Milano. L'integrazione andrebbe estesa anche fisicamente a tutte le linee di trasporto pubblico del bacino ferroviarie, tranviarie, filoviarie, del bus e della metropolitana (rimangono per esempio escluse dall'influenza dell'Agenzia le linee Suburbane, che svolgono un ruolo fondamentale per generare connessioni interne a Milano o anche tra Milano e l'esterno). Sostanzialmente non si tratta di un ente che coordina le istituzioni comunali e provinciali operanti nel settore in quanto non si colloca ad un livello superiore, ma, diversamente, è costituita e partecipata da esse. È incaricata di pianificare o progettare solo alcune parti dell'offerta trasportistica sviluppandole in modo da favorire l'integrazione limitatamente alle sue possibilità, senza porsi al di sopra delle organizzazioni trasportistiche operanti e senza occuparsi di tutti gli aspetti che costituiscono l'offerta del servizio.

Per avere un'unificazione completa della pianificazione, regolazione e controllo dell'intera rete di trasporto pubblico, si necessita centralizzare in un solo ente i ruoli principali. Le più importanti funzioni che questo ente dovrebbe svolgere esclusivamente sono la programmazione, la regolazione e il controllo di ogni infrastruttura e di ogni servizio del trasporto pubblico, in modo da garantire la completa coerenza tra sviluppo infrastrutturale e sviluppo dei servizi con le relative tariffazioni integrate. La Regione stessa dovrebbe dare i fondi economici direttamente a questo soggetto che diverrebbe così sia programmatore che finanziatore, in modo che le risorse economiche siano utilizzate al meglio, ed il potere di pianificare e di intervenire sarebbe completamente conferito ad un'unica organizzazione. Il risultato sarebbe lo sviluppo completamente integrato della rete di trasporto pubblico, che funzionerebbe secondo le sue piene potenzialità.

4.3 Caratteristiche ideali per un sistema di trasporto collettivo

Il trasporto collettivo deve arrivare a rappresentare un'alternativa a quello individuale. È necessario a questo pro offrire agli utenti la possibilità di effettuare, quando loro lo desiderano, uno spostamento che si avvicini il più possibile alla loro destinazione ultima, caratteristica tipica del trasporto individuale, ma fisiologicamente difficile da conferire al collettivo. Si cerca tuttavia di dare una simile caratteristica al trasporto pubblico tramite il progetto di un servizio che sia capillare e che faciliti l'intermodalità, funzionante per un arco temporale che comprenda quasi l'intera giornata.

4.3.1 La gerarchia del servizio di trasporto

L'articolo 2, comma 3 della legge regionale 4 aprile 2012 n.6 della Lombardia esegue una classificazione dei servizi di trasporto pubblico:

- a) Servizi comunali, che sono svolti nell'ambito del territorio di un comune o, limitatamente ai servizi svolti su impianti fissi e a guida vincolata, che sono svolti, anche parzialmente, nell'ambito del territorio del comune capoluogo di provincia;
- b) Servizi di area urbana, che collegano il comune capoluogo di provincia con i comuni ad esso conurbati, caratterizzati da elevata frequenza e fermate capillari, salvo quanto previsto alla lettera a);
- c) Servizi interurbani, che sono svolti nel territorio di più comuni, anche appartenenti a province diverse, salvo quanto previsto alla lettera a).

Si progetta il servizio suddividendolo in vari livelli gerarchici, ciascuno dei quali corrisponde ad un tipo di spostamento differente per distanza percorsa, per località connesse, per velocità commerciale, e a quantità diverse di viaggiatori che lo effettuano. Un primo livello è quello che permette la connessione tra i vari poli cittadini e quindi gli spostamenti di scambio tra esterno e interno della città, mobilitando una grande quantità di utenza. Esso è il livello corrispondente grossomodo al punto c) del comma 2 dell'articolo sopra. Le ferrovie sono il modo di trasporto utilizzato per queste relazioni e generano percorsi di maggiore

distanza e maggiore velocità commerciale. Un secondo livello gerarchico è quello definito dal punto b) dell'articolo sopra citato. Comprende gli spostamenti atti a collegare velocemente le zone della medesima area urbana, con velocità e distanza inferiori rispetto al primo livello e la connessione rapida anche tra capi opposti della città. Il classico modo di trasporto utilizzato in questo ambito è la metropolitana, o ancora la ferrovia. Il terzo livello gerarchico, punto a), può essere quello utile a capillarizzare più possibile la rete, caratterizzato da spostamenti brevi e più lenti, con fermate molto vicine tra loro, e che muove un numero minore di viaggiatori. Si sta parlando della tranvia, delle linee di bus e filobus.

4.3.2 Integrazione dei servizi di trasporto

I livelli gerarchici rispondono ciascuno a fasi di spostamento diverse che, unite, compongono lo spostamento totale. Per questo ogni livello gerarchico di trasporto deve essere coordinato con il livello successivo. Nasce così la necessità dell'integrazione tra i vari servizi del trasporto pubblico, che esprime la capacità delle varie modalità di trasporto di operare in modo coordinato, così da costituire un servizio che dia la possibilità ad ogni utente di generarsi uno spostamento che potenzialmente comprenda in sé tutte le modalità di trasporto. Una rete caratterizzata da tali elasticità e dinamismo necessita delle proprietà descritte in seguito.

4.3.2.1 Intermodalità e corrispondenze

Per incrementare l'offerta intermodale è fondamentale progettare il servizio sviluppando nodi intermodali strategici che facilitino gli scambi tra modalità di trasporto differenti. Si prenda come esempio la stazione di Milano Lambrate in cui convergono ferrovie con linee suburbane, regionali e regio express, tranvie, filovie e metropolitana. L'offerta intermodale può però essere percepita dagli utenti solamente se esiste un coordinamento tra gli enti gestori delle varie modalità di servizio. L'organizzazione degli orari deve produrre i cosiddetti "nodi di orario", che garantiscano le corrispondenze tra linee di varie modalità di trasporto e tra linee della stessa modalità. Per fare ciò ci si serve di un orario cadenzato e simmetrico, che presenti cioè una certa ripetitività sia negli orari che nelle località servite.

4.3.2.2 Politiche tariffarie

L'integrazione deve comprendere molti altri aspetti, come quello delle politiche tariffarie che devono essere definite congiuntamente dalle aziende che vendono il servizio. Si deve dare la possibilità ai clienti di acquistare titoli di viaggio validi per spostamenti che comprendono modalità di trasporto appartenenti a differenti gestori.

4.3.2.3 Standard di immagine in funzione del livello gerarchico

Nell'interfaccia coi clienti gli enti trasportistici si servono di standard di immagine. Un esempio sono lo stile estetico-funzionale delle forme di comunicazione costituite da cartellonistica per la mobilità nelle stazioni,

tabelloni luminosi per indicare arrivi e partenze, orari e schemi della linea. Negli standard di immagine rientrano anche il design delle stazioni, nomenclatura con cui vengono indicate le linee del servizio, frequenza delle fermate, tipo di orario, eccetera. Lo standard di immagine è l'aspetto caratteristico che il cliente associa alla linea di trasporto che utilizza, attraverso il quale egli riconosce che tipo di servizio sta per usufruire e che tipo di spostamento sta per compiere. È importante che servizi di trasporto appartenenti allo stesso livello gerarchico abbiano gli stessi standard perché permettono tipi di spostamento uguali. In questo modo l'utente, percependo subito lo stile di immagine e lo stile funzionale della fermata di una linea o di un tabellone orari, comprende subito di che servizio si tratta e di conseguenza quale uso può farne. Un tipico esempio è quello del passante ferroviario che offre un servizio paragonabile a quello della metropolitana, e che deve quindi avere uno standard di immagine uguale ad essa. Gli standard di immagine devono essere concordati dagli enti gestori dei trasporti perché sono fondamentali per l'informazione: dare ad un servizio un aspetto piuttosto che un altro può discriminare il fatto che un utente percepisca od ignori quella alternativa di viaggio.

4.3.2.4 Accessibilità

L'accessibilità è un'altra condizione fondamentale che deve essere garantita per dare l'effettiva possibilità agli utenti di servirsi del trasporto. È opportuno progettare i percorsi pedonali o ciclabili che consentano un sicuro e facile accesso alle stazioni e alle fermate (attraversamenti, marciapiedi, eccetera), verificando che non vi siano barriere che ostruiscano i possibili percorsi o entità che coprano la vista degli accessi. Se ritenuti necessari e si dispone dello spazio necessario, offrire parcheggi per macchine, per biciclette favorendo l'intermodalità fra trasporto individuale e collettivo.

4.3.2.5 Integrazione con lo sviluppo territoriale

La pianificazione dello sviluppo delle infrastrutture e dei servizi si deve integrare anche con gli aspetti esterni, cioè la programmazione dell'utilizzo del territorio e lo sviluppo socio-economico futuro, in modo da costruire una rete di mobilità che dia il giusto tipo di servizio laddove servirà.

L'incremento di domanda che si è verificata dall'inizio degli anni 2000 fino ad oggi (vedi capitolo 0) è una prova che l'impostazione del sistema trasportistico è corretta, che pertanto deve continuare ad evolversi, per adempiere sempre le mutevoli esigenze trasportistiche della popolazione, seguendo gli stessi criteri e sviluppando sempre di più le caratteristiche sopra descritte.

4.4 Sviluppo futuro

Tutti i documenti che studiano l'evoluzione del sistema trasportistico Lombardo, per quanto riguarda il trasporto collettivo, convergono nel fatto che l'obiettivo attuale e futuro è continuare con la politica avviata dalla regione Lombardia negli ultimi anni che ha come scopo il potenziamento e miglioramento dei servizi regionali e suburbani, puntando sulla regolarità, l'incremento delle frequenze, la riqualificazione delle stazioni come nodi di interscambio e l'estensione dei servizi. Tutto questo per colmare il divario tra offerta e fabbisogno di trasporto attraverso l'incremento mirato, continuo e progressivo del livello di servizio offerto. In questo senso propongono la creazione di nuove tratte infrastrutturali laddove non ce ne siano attualmente ma soprattutto si dà priorità in ordine cronologico (a causa delle responsabilità economiche da assumere in caso di nuove costruzioni dovute a sua volta da evoluzioni in ambito politico, giurisdizionale e variazione delle quantità destinate al settore trasporti) alla messa in servizio delle linee suburbane nelle zone ancora non servite da tale offerta oltre che all'efficientamento del sistema attuale di cui si parlerà poco più avanti.

Osservazione: C'è da sottolineare che per i fini di questo lavoro si è considerata un'area di studio suburbana anche per quanto riguarda lo studio della documentazione.

Grazie alla numerosa presenza di trasporto pubblico in ambito urbano, i vari tipi di servizio possono essere sfruttati ed essere integrati tramite nodi di interscambio in modo aumentare l'effetto rete e migliorare il trasporto da punto a punto senza necessità di mezzi privati, a differenza dell'ambito extra urbano che quasi sempre non può prescindere dal trasporto privato. In effetti nella seconda parte del PRMT, uno dei 5 Obiettivi specifici è quello di "sviluppare il trasporto collettivo in forma universale e realizzare l'integrazione fra le diverse modalità di trasporto".

Un servizio pubblico è tanto più attrattivo quanto più raggiunge direttamente il centroide del sistema gravitazionale della domanda di riferimento. In quest'ottica i sistemi ferroviari nazionali, interregionali, regionali e suburbani dovranno per loro natura gravitare sul nodo di Milano.

Le analisi svolte per quanto riguarda la possibilità di potenziare le linee ferroviarie, danno come risultato:

- Attivazione di linee di corto raggio che permettano di snellire le linee principali
- Potenziamento di alcuni corridoi di servizi anche attraverso lo sfruttamento di tratti di linee urbane sottoutilizzate per il servizio viaggiatori, potenziando l'effetto rete che è uno dei principi cardini delle programmazioni
- Allontanamento dal centro di attestamenti attualmente all'interno urbano per liberare capacità, spostandoli verso stazioni leggermente in "periferia", come ad esempio Bovisa e Rho

4.4.1 Linee ferroviarie suburbane future

Il quadro generale futuro della situazione dell'offerta per quanto riguarda le linee suburbane è esposta in Figura 4.2 situazione di piano delle linee suburbane (fonte DGR 2524 2014)

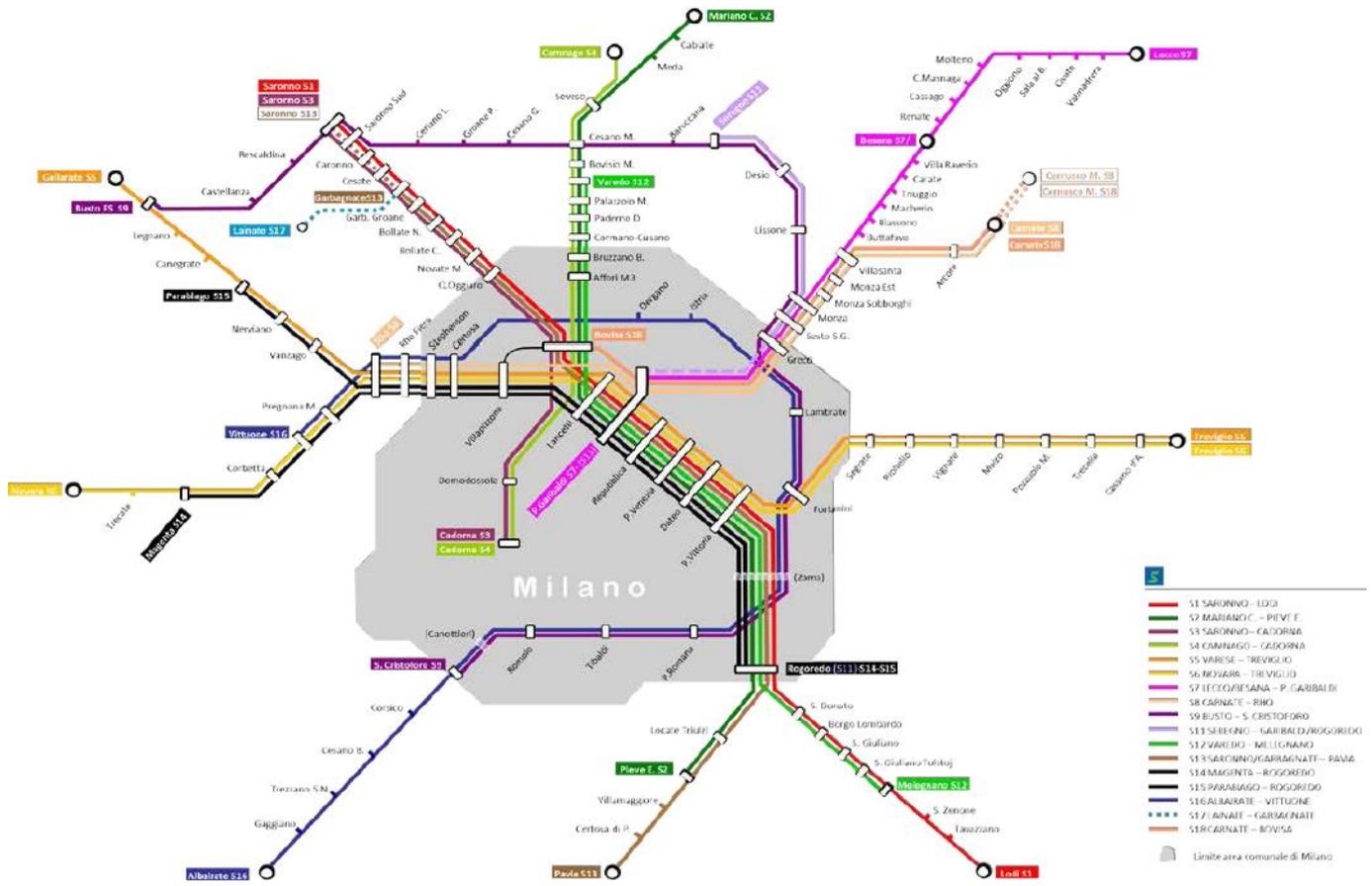


Figura 4.2 situazione di piano delle linee suburbane (fonte DGR 2524 2014)

I quattro sistemi dell'offerta descritti nel capitolo 2 riguardanti le ferrovie sono ora trattati nell'ottica di definire come evolveranno in futuro sulla base della pianificazione descritta dal DRG 2524 del 2014.

4.4.1.1 Passante

Per sfruttare al meglio la potenzialità del corridoio passante si dovrebbero incanalare in questo corridoio ben 8 linee suburbane, raggiungendo così la frequenza di 3' 45".

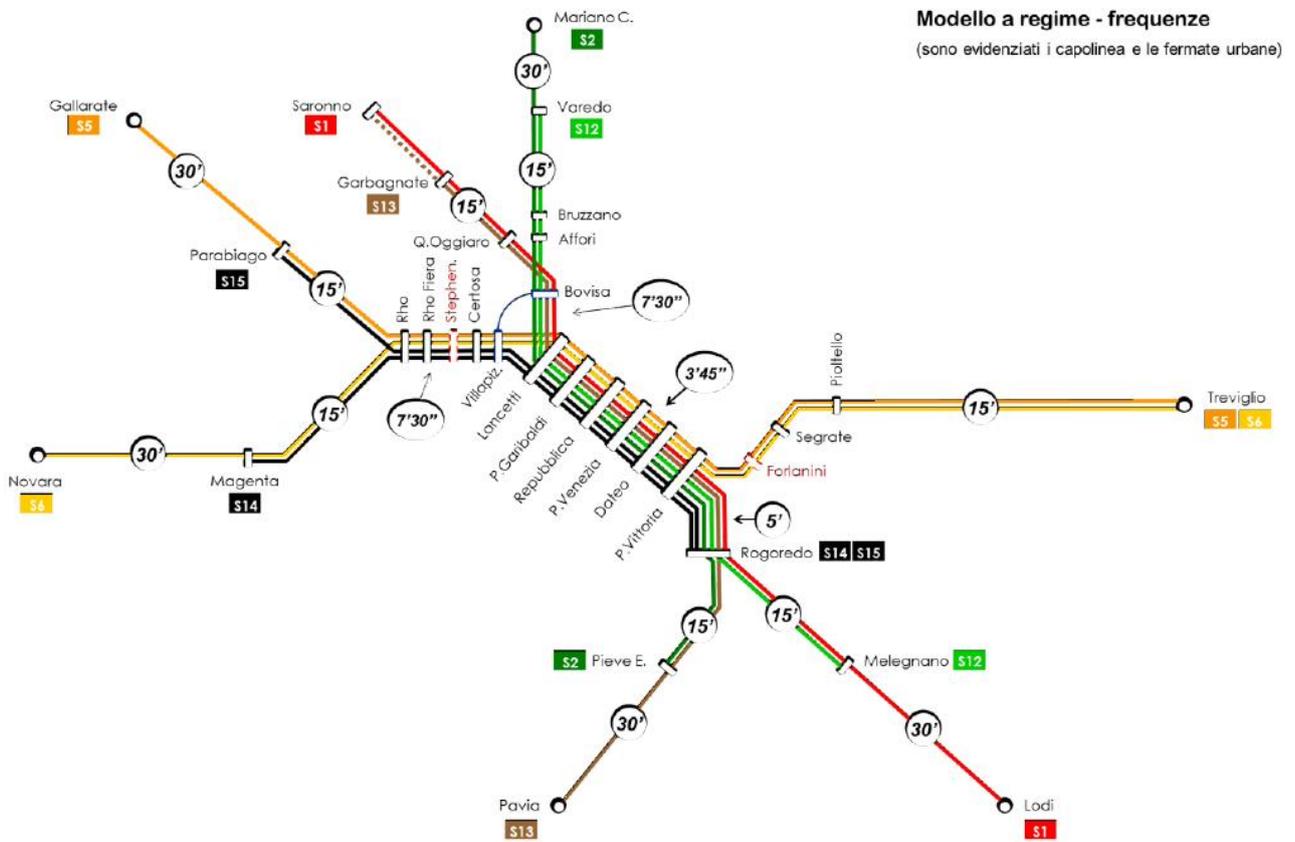


Figura 4.3 pianificazione delle linee del Passante (fonte DGR 2524 2014)

Sono in previsione l'introduzione delle linee S14 (Magenta-Rogoredo), S15 (Parabiago – Rogoredo) ed S12 (Melegnano – Varedo). La S2 verrà estesa a Pieve Emanuele, la S5 verrà fermata a Gallarate anziché a Varese. Per garantire questi nuovi servizi sarà necessario eseguire anche interventi infrastrutturali come il quadruplicamento delle tratte Rho-Parabiago e Pieve Emanuele – Rogoredo, e eseguire la il terzo binario sulla tratta Affori – Varedo.

4.4.1.2 Monza e Brianza

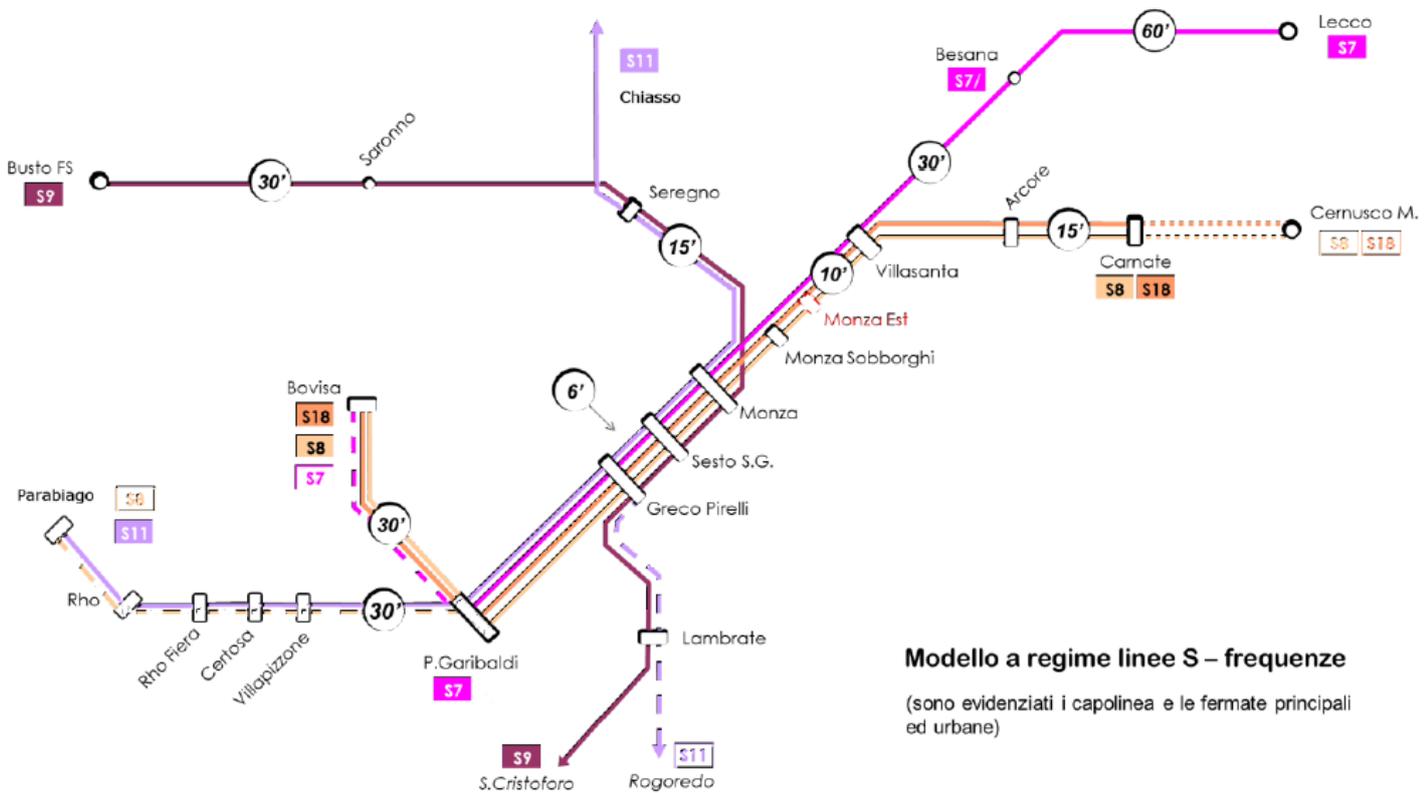


Figura 4.4 pianificazione delle linee riguardanti Monza e Brianza (fonte DGR 2524 2014)

La linea S7 (Garibaldi –Molteno – Lecco) è tuttora in esercizio, ed in programma sono però anche la S18 (Carnate – Bovisa), la S9 sarà deviata verso Busto Arsizio e fermerà a S. Cristoforo e la S11 verrà Prolungata a Parabiago. Gli interventi infrastrutturali che accompagneranno questo sviluppo saranno l'introduzione delle sezioni corte nelle tratte di Chiasso e Monza – Carnate per raggiungere un distanziamento di 4', e l'efficientamento degli itinerari deviati nella stazione di Monza. Un vantaggio notevole che conseguirà con questi adeguamenti sarà la altissima capacità di servizio offerto di cui godrà l' hinterland nord milanese, che sarà collegato con il centro di Milano con una frequenza di 6 minuti da Monza, 10 minuti fino a Villasanta, 15 minuti fino a Seregno.

4.4.1.4 Cinture

La trattazione dei servizi di cintura verrà eseguita nel dettaglio nel capitolo 4 dedicato. Si anticipa tuttavia che è in pianificazione la linea S16 che percorrerà la tratta Albairate – Rho, percorrendo tutta la cintura, la cui realizzazione dipenderà anche dalla modifica della S9 che verrà limitata a S Cristoforo e verrà deviata verso Busto Arsizio.

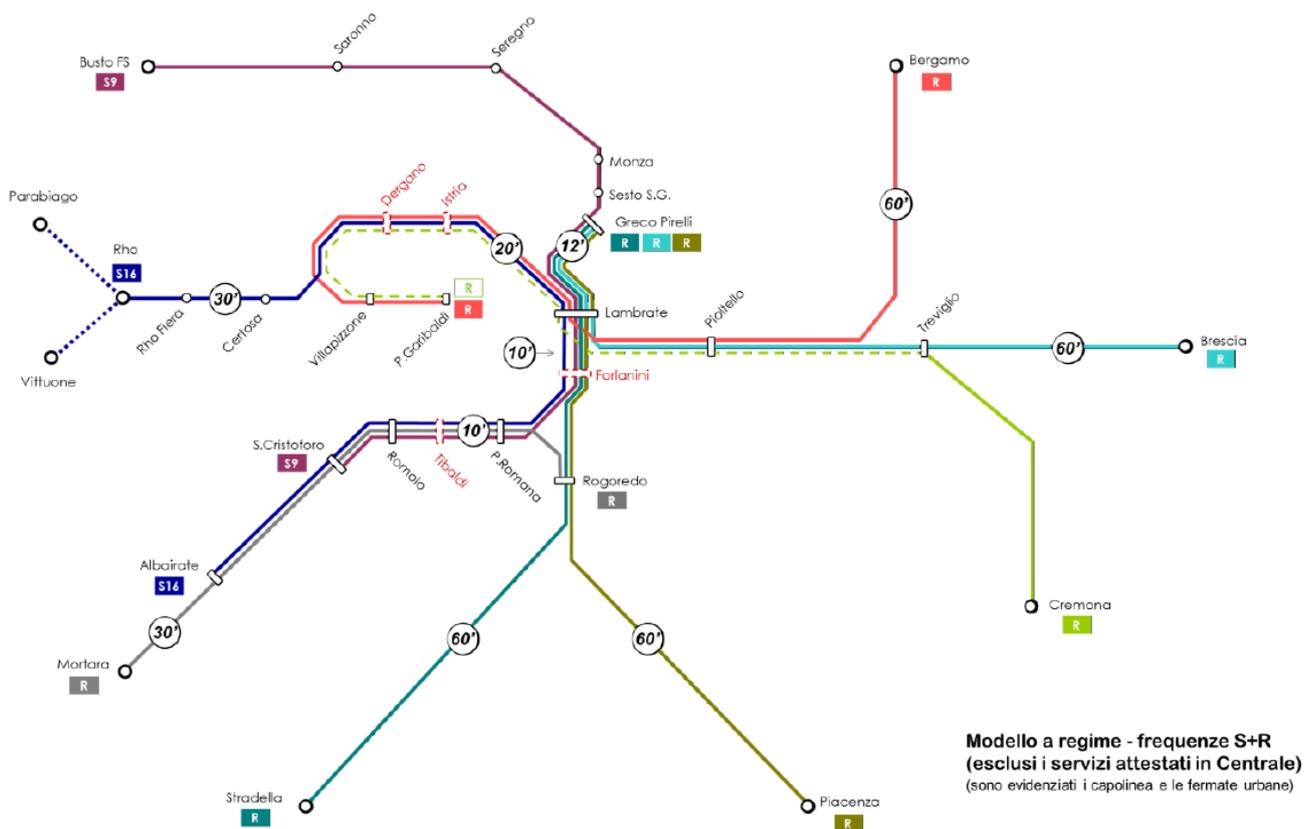


Figura 4.6 pianificazione delle linee di Cintura (fonte DGR 2524 2014)

Necessari interventi infrastrutturali saranno la realizzazione delle nuove fermate di Istria e Dergano e l'adeguamento a S. Cristoforo per l'interscambio con la M4.

4.4.2 Prolungamento futuro delle linee di forza urbana

Osservazione: In ambito metropolitano si prevede inoltre di passare da frequenze costanti di 30' a corridoi costanti di 15/10' di più linee sovrapposte.

I risultati sopra esposti implicano l'aumento di capacità a cui va associata la necessità di aumentare i punti di accesso al sistema sulle tratte esterne tramite nuove fermate, ma anche l'inserimento di nuove fermate all'interno del nodo stesso per aumentare la capacità di distribuzione e anche l'attrattività del sistema stesso. In questo gruppo di interventi rientrano certamente le nuove fermate di Tibaldi, nuova Porta Romana (M3 e circolari), Istria (M5), Dergano (M3), Zama (S/R) e Forlanini (M4) realizzata da poco tempo.

Nell'attuazione di questa strategia è evidentemente importante operare in sinergia con lo sviluppo della rete metro-tranviaria extraurbana:

- linea Milano Parco Nord – Seregno
- linea Milano – Limbiate

Da abbinare inoltre anche la programmazione di sviluppo della rete delle metropolitane di Milano. Oltre agli interventi di completamento della M5 Bignami-San Siro, di realizzazione della M4 Lorenteggio-Linate e di prolungamento della M1 fino a Monza Bettola, della M2 fino a Vimercate e della M3 fino a Paullo, il PRMT ritiene possano essere oggetto di studio:

- prolungamento M1 da Bisceglie a Baggio
- prolungamento M2 da Cologno Nord a Brugherio/Vimercate;
- prolungamento M2 da Assago a Rozzano o in alternativa da Assago a Binasco;
- prolungamento M2 da Gessate a Trezzo sull'Adda;
- prolungamento M3 da Comasina a Cormano/Paderno Dugnano;
- prolungamento M3 da San Donato a Peschiera Borromeo/Paullo;
- prolungamento M4 da San Cristoforo a Corsico/Buccinasco;
- prolungamento M4 da Linate a Segrate/Pioltello;
- prolungamento M5 da Bignami a Monza Bettola;
- prolungamento M5 da Monza Bettola a Monza Parco;
- prolungamento M5 da San Siro Stadio a Settimo Milanese.

4.5 Le linee S

Le linee S che fanno un servizio suburbano, caratterizzato da interdistanza tra fermate molto minore, una volta entrate nell'area metropolitana, convergono nello stesso corridoio, formando il passante ferroviario, che assume un livello gerarchico pari a quello della metropolitana, ma tuttavia non è efficace come questa ultima. La potenzialità di tali servizi è di gran lunga maggiore rispetto quella attuale del passante ferroviario milanese, che è stato messo in relazione con linee analoghe esistenti più efficaci nel paragrafo successivo.

4.5.1 Le carenze del sistema

In Figura 4.7 sono state messe in relazione le velocità commerciali con l'interdistanza tra le fermate delle linee suburbane di Milano e del S-Bahn di Monaco. Emerge che esiste una evidente diretta proporzionalità tra velocità commerciale e distanza tra fermate, se l'organizzazione e la gestione è coerente tra le varie linee.

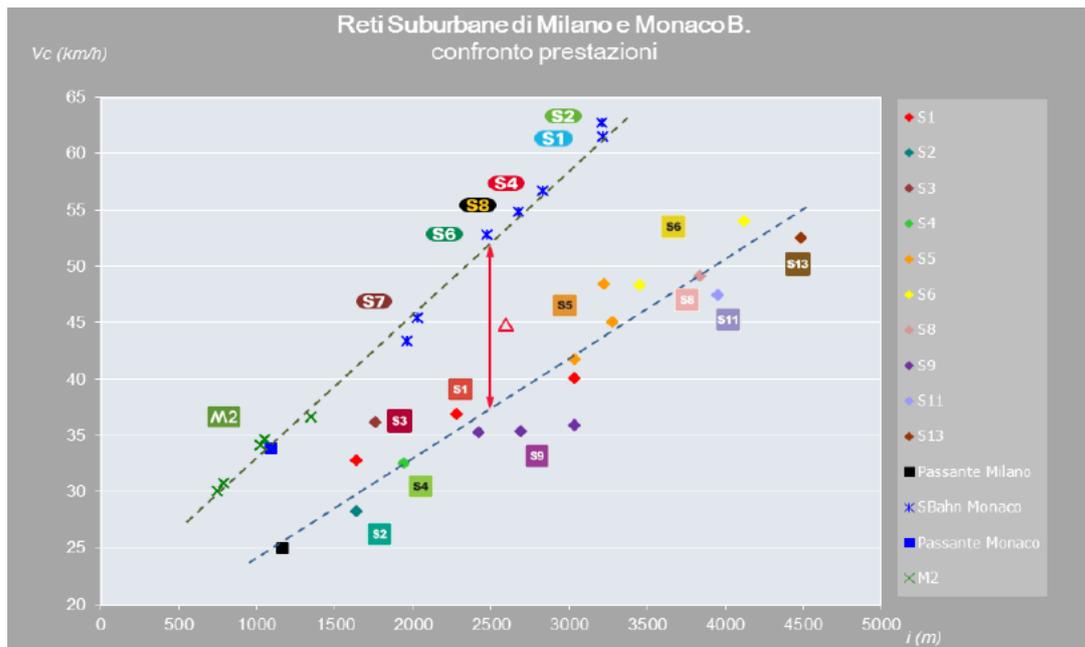


Figura 4.7: reti suburbane di Milano e di Monaco di Baviera (fonte PUMS)

I punti individuati dall'S-Bahn sono interpolabili da una retta che rimane al di sopra rispetto tutte le linee suburbane di Milano. Questo fatto lascia intendere l'esistenza di carenze gestionali ed organizzative del sistema Suburbano italiano, che presentano per giunta delle disomogeneità, perché sul grafico non giacciono perfettamente sulla retta di interpolazione ma sono molto disperse attorno ad essa. Riguardo a quest'ultimo concetto si confrontino le linee S9 ed S3: la prima è identificata da punti molto al di sotto della retta, ed è quindi la peggiore; la seconda si trova molto al di sopra della retta delle S milanesi, ed è quindi la migliore suburbana Lombarda. Questo distacco prestazionale è forse dovuto a causa del tratto percorso eccessivamente lungo della linea S9 che ha per capilinea Saronno ed Albairate, e condivide tra l'altro l'infrastruttura con altre linee; mentre invece la linea S3 ha un percorso molto breve ed in gran parte dedicato.

In conclusione a questa analisi si vuole focalizzare l'attenzione sui difetti emersi. In primo luogo un servizio suburbano perde la sua funzionalità se esteso ad una tratta eccessivamente lunga. Inoltre il suburbano è un servizio molto diverso rispetto ai restanti ferroviari in termini di distanza tra fermate, velocità commerciale e area servita. Per questo, se è offerto tramite le stesse infrastrutture di altre tipologie di servizi, crea interferenze con essi, ed il risultato è una perdita di efficienza sia per le suburbane stesse che per le altre linee coesistenti. A queste pecche si aggiungono altre carenze di natura più tecnica nel sottoparagrafo seguente.

4.6 Utilizzo dell'infrastruttura

Per quanto riguarda l'uso dell'infrastruttura del nodo da parte delle linee S, questo può essere valutato in un certo modo eseguendo un riepilogo delle linee che passano lungo le varie direttrici, a partire dal servizio attuale esposto nel capitolo 3, conoscendo inoltre che ogni linea ha una frequenza di 30 minuti.

Nella seguente figura si sintetizza l'utilizzo dell'infrastruttura delle ferrovie milanesi da parte del servizio suburbano in base alle frequenze dello stesso:

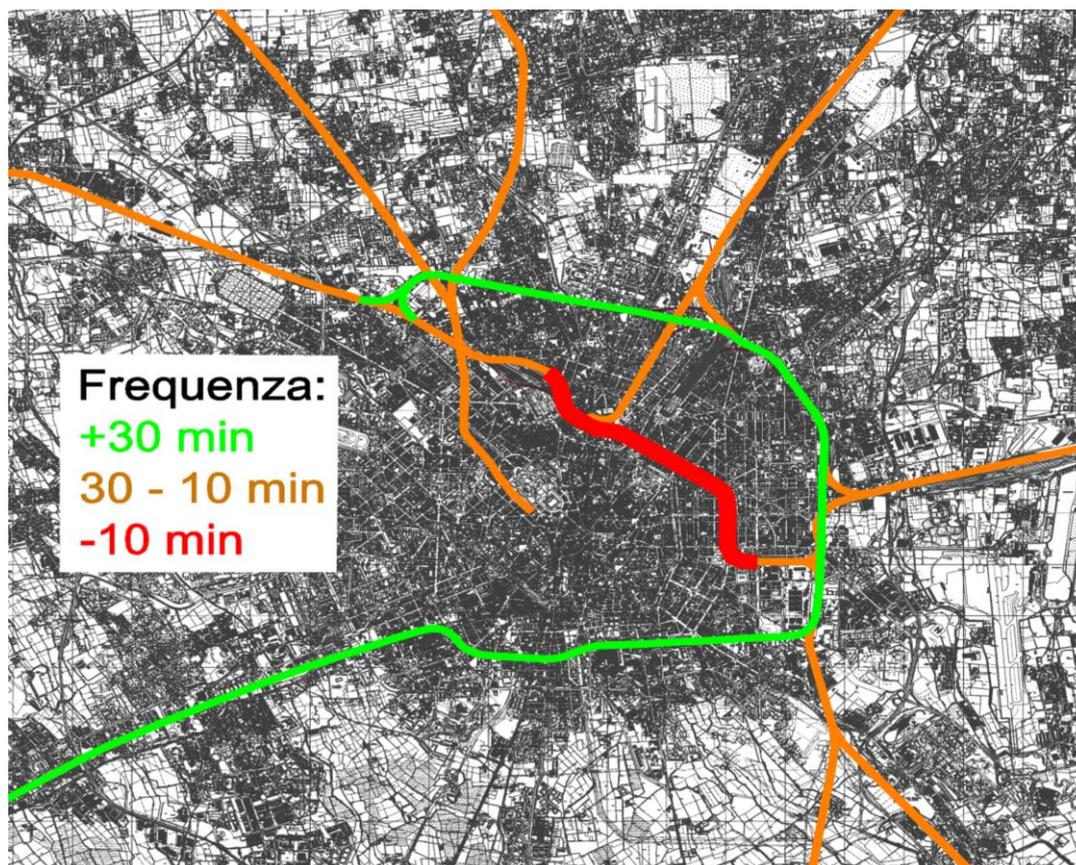


Figura 4.8: Frequenze delle linee S nel nodo ferroviario di Milano

Come si evince dall'immagine l'infrastruttura maggiormente utilizzata è il passante ferroviario che, oltre ad essere una infrastruttura esclusiva per le linee S, come già detto raggiunge attualmente nel tratto Lancetti – Porta Vittoria una frequenza di 6 minuti offrendo un servizio paragonabile in tutto a una linea metropolitana tradizionale. Invece la parte d'infrastruttura sottoutilizzata dai servizi suburbani è la cosiddetta cintura ferroviaria del nodo di Milano in cui nel tratto sud-est ha un servizio con frequenza 30 minuti e nel tratto nord attualmente non esiste nessun servizio poiché inoltre non esistono neanche le fermate. Le altre porzioni di infrastruttura del nodo invece hanno una frequenza che è minore ai 30 minuti. Considerazioni riguardanti l'importanza della cintura e riguardo al suo potenziale verranno fatte nei paragrafi successivi.

5. Cintura ferroviaria

Lo sviluppo dell'infrastruttura ferroviaria milanese permette la comunicazione tra la rete esterna urbana con quella interna attraverso un anello ferroviario che circonda il centro, formando la cosiddetta **cintura ferroviaria** o "Circle line".



Figura 5.1: Circle line del nodo ferroviario di Milano, in blu (fonte MM)

La cintura circonda per tre quarti la città di Milano (sud, est e nord della città) e rappresenta quindi il luogo di smistamento dei treni che arrivano e partono dalla città, costituendo un importante anello di distribuzione. Inoltre nella sua evoluzione incontra in più punti la rete di forza della città, attribuendo a questa infrastruttura una enorme potenzialità di interscambio con la rete urbana

Attualmente questa infrastruttura è usata per tratti, o archi, a seconda della categoria e/o destinazione, non esistendo un servizio che compia regolarmente e in modo continuo l'intero percorso costituito dai 3 archi/tratti di cintura. L'unico servizio regolare che sfrutta parzialmente le cinture è la linea S9 (attuale Saronno-Albairate) nella tratta Greco – Lambrate – S. Cristoforo con frequenza di 30' come in Figura 2.1.

Per quanto riguarda altre linee che usano attualmente l'infrastruttura, sono presenti le linee regionali con una frequenza di 60' ma solo nella cintura nord e quando il traffico è elevato, rinforzato con un ulteriore aumento della frequenza a 30' in caso di necessità.

	S9
M1	Sesto S. Giovanni
M2	Lambrate, Romolo
M3	P.ta Romana (Lodi TIBB)
M5	-----
PASSANTE	-----
R	Monza, Sesto S. Giovanni, Lambrate, Greco

Tabella 4.1: Rete di forza intercettata dalla linea S9

Un servizio di cintura ha nella sua natura la necessità di avere una elevata capillarità poiché, a differenza di un servizio di accesso diretto al nodo, deve fungere da distributore. Inoltre questo servizio ha la necessità di interscambio con tutti i sistemi radiali che incontra lungo il suo percorso.

Interscambio con altre linee ferroviarie e/o metropolitane e/o di forza della linea di cintura

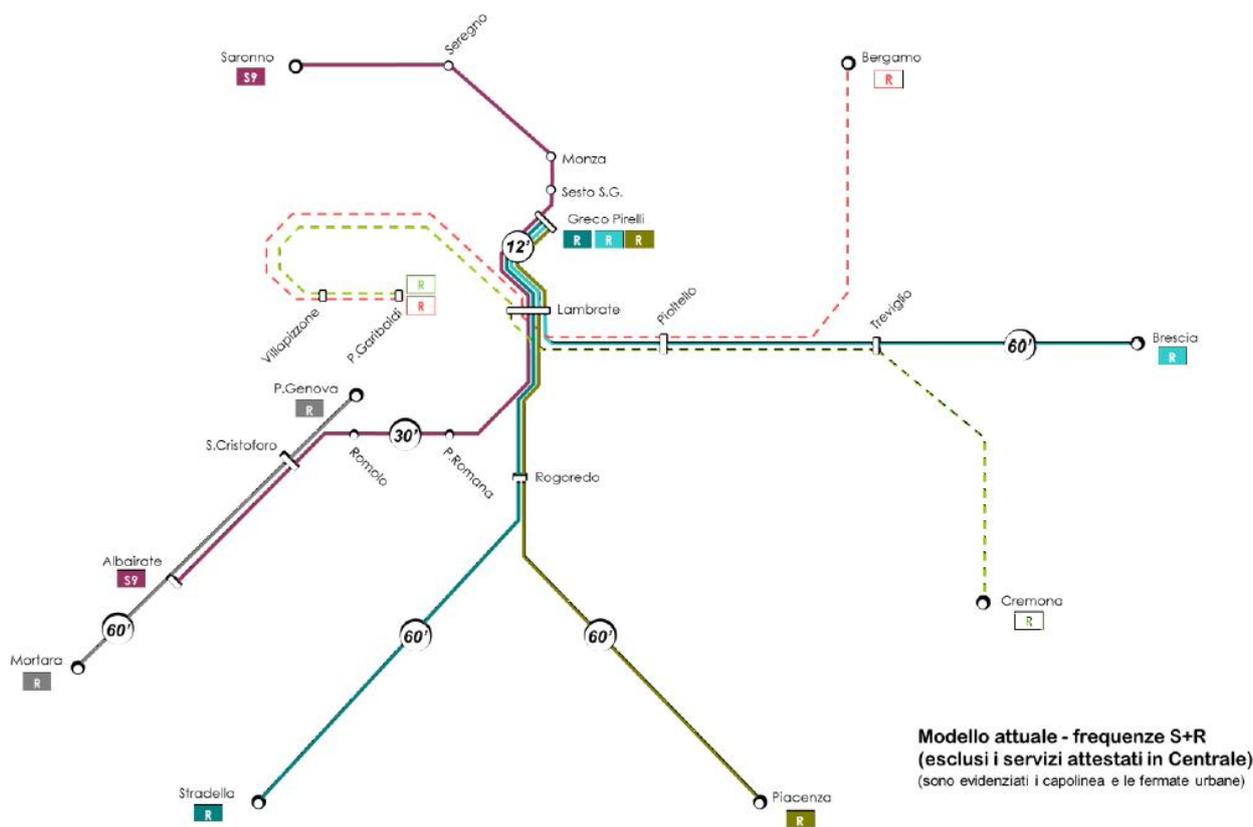


Figura 5.2: Servizi attuali sulla cintura (fonte: DRG 2014)

Nasce un problema circa la necessità della creazione di un servizio lungo tutta la cintura, poiché attualmente l'offerta nei tratti sud, est e nord è diversa. Per quanto riguarda i tratti sud ed est esiste un servizio di tipo suburbano, ma il cadenzamento è di 30min, quindi non sufficiente per garantire un servizio urbano, mentre nel tratto nord non vi è alcun servizio passeggeri che effettui fermate lungo la circle line.

5.1 Modello obiettivo

Lo scopo principale è quello di trasformare questa infrastruttura in un **arco di distribuzione verso la rete di forza urbana**⁵. Secondo il **Quadro di riferimento** si istituirà una nuova linea (suburbana S16), la quale andrà a sostituire la linea S9 nella tratta Abbiategrasso/Albairate – Milano san Cristoforo proseguendo nella tratta nord della Cintura servendo le nuove fermate Istria e Dergano, arrivando a Rho Fiera, per infine attestarsi nella parte ovest del nodo.

Inoltre considerando la compresenza di servizi S ed R nei tratti urbani, si potranno avere alte frequenze nel tratto sud (10') ma anche in quello est (8' – 10') e in quello nord (20' – 30'), in particolare sulla Cintura Nord la frequenza base è da considerarsi di 30', integrata con il passaggio dei regionali Milano-Bergamo e Milano-Cremona via Treviglio, in alcune fasce orarie della giornata.

Per quanto riguarda gli interventi sul corridoio delle cinture per l'accessibilità e la capillarità, sono i seguenti:

- Interscambio M3 a Dergano
- Interscambio M5 a Istria
- Le fermate Tibaldi, Romana (in sostituzione dell'attuale)
- Interscambio M4 a S. Cristoforo
- Stephenson
- Interscambio S/R a Zama
- La fermata urbana a Canottieri

⁵ Quadro di riferimento per lo sviluppo del sistema ferroviario regionale e suburbano nell'area metropolitana di Milano

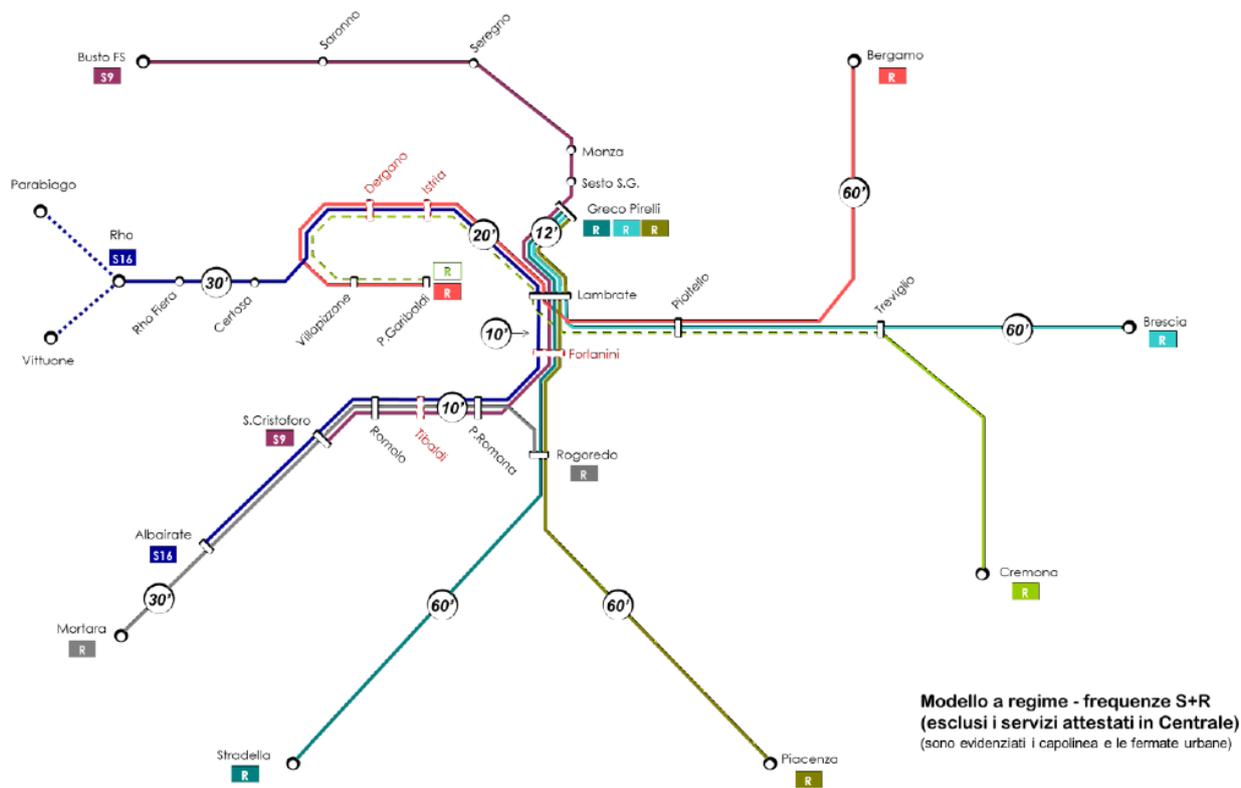


Figura 5.3: Modello obiettivo sulla cintura ferroviaria (fonte: DRG 2014)

Lo sviluppo delle cinture dal punto di vista del aumento dei servizi è un tema importante per quanto riguarda la pianificazione della rete di forza grazie alla grossa potenzialità che i tratti urbani possono offrire ai servizi metropolitani, in particolar modo nei tratto sud e nord dove c'è ancora possibilità di aumentare molto la capacità.

La progressiva riorganizzazione di tutte le relazioni regionali facenti capo al nodo di Milano, secondo una struttura cadenzata e con percorrenze definite all'interno del nodo, pone le basi per rendere l'offerta esistente funzionale anche alla mobilità intracittadina e, al contempo, suggerisce la creazione di nuove relazioni di breve raggio.

Secondo il PUMS le principali difficoltà che incontra lo sviluppo del sistema ferroviario delle Cinture di Milano si possono così riassumere:

- Definizione, con RFI, degli interventi tecnologico-infrastrutturali funzionali a consentire l'attivazione del nuovo servizio S16 Vittuone/Rho – San Cristoforo ogni 15'-30';
- Impegno di un Ente a finanziare il nuovo servizio S16;
- Condivisione del modello di esercizio generale, stabilendo quali categorie di servizio effettuerebbero le nuove fermate e quali no;

- Fattibilità in termini di esercizio, ovvero dimostrare che l'apertura della fermata non ha ricadute troppo penalizzanti – in termini di tempi di percorrenza – sui treni che non effettuano le fermate e, allo stesso tempo, sulle relazioni principali servite dai treni che effettueranno le fermate stesse;
- Fattibilità costruttiva (verifiche plano-altimetriche) e accessibilità ciclopedonale e di scambio con il TPL;
- Risoluzione delle problematiche ambientali (consenso del territorio soprattutto sulla mitigazione acustica), evitando di associare allo sviluppo dei servizi e della linea, soluzioni di forte impatto estetico che contrastano con l'idea di una linea del trasporto pubblico che dovrebbe essere ben integrata ed accessibile dentro alla città.

5.1.1 Fattibilità economica

La fattibilità economica dello sviluppo del servizio passeggeri lungo la circle line è stata trattata nell'analisi costi benefici del PUMS eseguita dal Politecnico di Milano. Si sono ipotizzati sei scenari di progetto, composti dalla combinazione di:

- tre frequenze:
 - 7,5 min;
 - 15 min;
 - 30 min;
- due situazioni riguardo l'introduzione di nuove fermate il cui costo ipotizzato è di 8 milioni di euro ciascuna:
 - situazione con 4 fermate (Stephenson, Dergano, Istria, Tibaldi);
 - situazione con 11 fermate (7 aggiuntive rispetto le prime 4).

Il beneficio per gli utenti va da 6,5 ML €/anno nello scenario 4 fermate e frequenza 30 min a 49 ML €/anno nello scenario 11 fermate e frequenza 7,5 min. Nell'ipotesi di un costo di esercizio per i treni aggiuntivi di 17,6 €/trenokm, i benefici tratti sono inferiori rispetto ai costi in tutti e sei gli scenari.

Dal modello di analisi sono emersi gli effetti che le caratteristiche degli scenari hanno sul risultato finale. Si è riscontrato che i tre scenari con tutte le 11 fermate sono sempre migliori rispetto ai corrispondenti tre con sole 4 fermate. Questo sta a indicare palesemente che l'infittimento delle località servite genera un effetto rete, cioè le linee ipotizzate interagiscono con il sistema, favorendo interscambi e rendendo il sistema più capillare. Un altro ruolo importante è quello che ha la frequenza del servizio: diminuendo la frequenza a 30 minuti il risultato dell'analisi diventa da negativo a marginalmente negativo. Da queste due risposte del modello di analisi si evince che il peso dei costi di esercizio dei treni, essendo un costo che si protrae nel tempo, è molto più gravoso rispetto al solo costo di costruzione delle fermate, che invece risulta sempre inferiore rispetto ai benefici che porta.

Il servizio proposto per il sistema della circle line è di tipo metropolitano, caratterizzato da fermate ravvicinate in ambito cittadino. Preso atto delle considerazioni fatte nel paragrafo **Error! Reference source**

not found. sull'inadeguatezza degli impianti, dei rotabili e delle procedure di gestione del servizio suburbano in ambito metropolitano, sarebbe opportuno prendere in considerazione l'idea di un processo di adeguamento, in modo da avere un sistema le cui componenti siano appositamente pensate per svolgere una funzione del genere. Viene riproposto il grafico di Figura 4.7 che dimostra come un sistema pensato per avere queste funzioni deve essere tarato sul modello della metropolitana M4 per essere pienamente efficace. In questo caso la situazione cambierebbe perché sia l'efficienza che l'efficacia risulterebbero incrementate, e di conseguenza i costi di esercizio si ridurrebbero considerevolmente. Anche il problema delle interferenze dei nuovi servizi con le altre linee già esistenti che provocherebbero il rallentamento di una parte della rete verrebbe risolto con l'efficientamento dei sistemi di controllo della circolazione e di attuazione del distanziamento.

5.2 Cintura nord

Per quanto riguarda la cintura nord attualmente non c'è nessun servizio regolare e non ci sono nemmeno infrastrutture che permettano l'interscambio con gli altri sistemi con cui si incontra il tratto di cintura in questa zona, in particolare la cintura ferroviaria intercetta 3 linee della rete metropolitana milanese in 3 punti: M1 – tratto Rovereto\Turro, M5 Istria, M3 Dergano.

Per considerare uno sfruttamento completo di tale cintura ferroviaria, non si può prescindere dalla costruzione di nuovi punti di interscambio in corrispondenza dell'intercettazione di altre importanti infrastrutture, nel caso specifico si parla delle fermate Dergano M3 ed Istria M5, solo successivamente ad un intervento di aggiunta di queste caratteristiche sarà possibile l'inserimento di una linea di cintura per la valorizzazione dell'intera **Circle line**.

La linea che sfrutterebbe tale percorso sarebbe la S16, alimentato dalla Milano – Albairate – Mortara. Inoltre questo nuovo servizio ridurrebbe l'estensione della S9, una delle cause delle sue basse prestazioni, ma allo stesso tempo inserirebbe una problematica a causa della eterogeneità dei servizi e conseguenti omotachie, non potendo essere omogeneizzate le velocità perché i più penalizzati sarebbero i treni regionali.

5.2.1 Traffico sulla cintura nord

Si vuole ora dare l'idea della situazione vigente sulla cintura nord nell'ottica di valutare la possibilità di inserimento di una linea di servizio viaggiatori che serva le fermate ipotetiche di Istria e Dergano. Questo tratto ferroviario è attualmente privo di fermate ed è utilizzato dalle linee per lo più regionali o merci per transitare. Di seguito verrà descritto il traffico circolante, in base ai dati RFI.

	<i>dispari - ovest est</i>	<i>pari - est ovest</i>
<i>passengeri</i>	16	14
<i>merci/locomotive isolate</i>	47	48
<i>tot</i>	63	62

Tabella 4.2: numero totale di treni passeggeri e non transitante durante un giorno (fonte RFI)

Complessivamente allo stato attuale non è una tratta molto trafficata in ambo le direzioni, questo non si è individuato il traffico durante le ore più critiche della giornata:

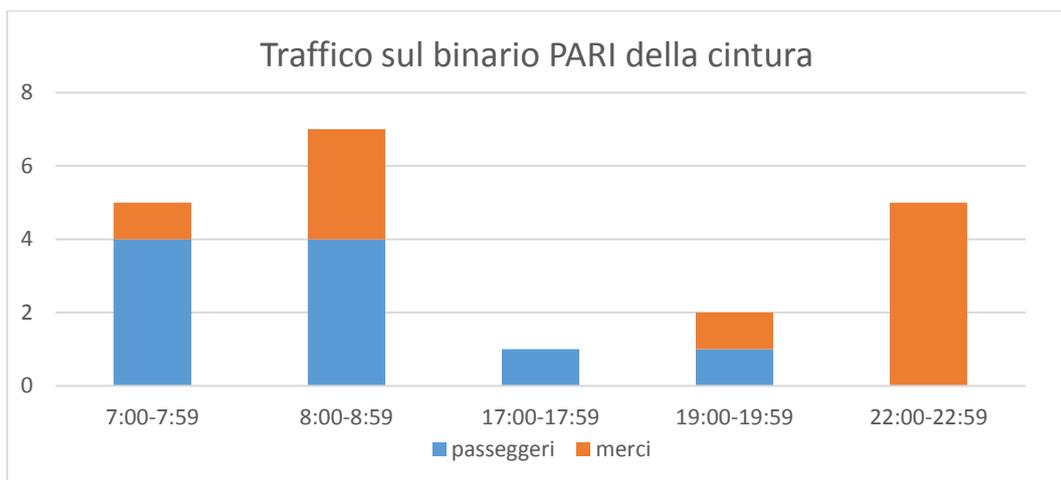
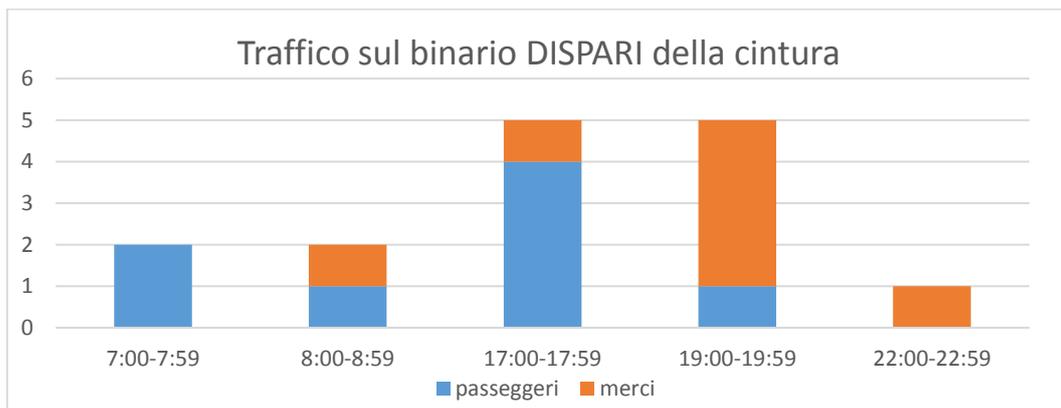


Grafico 5.4 e Grafico 5.5: treni transitanti sulla cintura nord durante le ore più trafficate (fonte RFI)

7:00-7:59 → ora di punta della domanda passeggeri, si è ritenuto significativo perché possono nascere difficoltà o rallentamenti nella gestione dei treni nelle fermate o interferenze con altre linee a causa del traffico molto intenso sull'intera rete. Si registra il picco del traffico di treni passeggeri sulla linea di cintura

per il binario pari. Sul binario dispari il traffico non è molto consistente. Il transito pochi treni merci è positivo ai fini di una futura adibizione della tratta ferroviaria di cintura nord al servizio viaggiatori, in quanto i treni già transitanti potranno fare fermata di Istria e Dergano, creando poche interferenze col traffico merci.

8:00-8:59 → periodo del giorno successivo all'ora di picco della domanda passeggeri, durante il quale si registra per il binario pari un numero di treni transitanti pari a quello di picco, ed il traffico complessivo merci più passeggeri è il massimo della giornata. Quest'ora è la più trafficata per quanto riguarda il binario pari, mentre quello dispari non si ha un traffico consistente. Sarebbe per il binario pari l'ora più critica per gestire un servizio passeggeri su questa tratta a causa del traffico merci piuttosto elevato.

17:00-17:59 → si registra un picco sia del traffico passeggeri che di quello complessivo sul binario dispari, mentre sul binario pari transita un solo treno passeggeri. Esisterà la possibilità di sfruttare i treni passeggeri transitanti sul binario dispari per effettuare servizio viaggiatori, in caso di introduzione delle fermate sulla tratta.

19:00-19:59 → sul binario dispari il traffico complessivo è pari a quello delle 17:00-17:59, però è composto per la maggior parte da treni merci, mentre transita un solo treno passeggeri. Il binario pari è ancora molto poco trafficato. Qui si avranno le maggiori difficoltà nell'inserimento di una linea di servizio viaggiatori sul binario dispari perché il traffico merci è piuttosto consistente.

22:00-22:59 → il binario pari è transitato da un consistente numero di treni merci, mentre il dispari solamente da un merci. Durante quest'ora il servizio viaggiatori dovrebbe giungere al termine perché la domanda passeggeri è scarsissima, quindi il traffico piuttosto consistente di merci del binario pari procurerebbe pochi disagi agli utenti, in caso di interferenza con treni passeggeri.

Per completezza si intende disaggregare i dati conferiti da RFI specificando il traffico transitante su ciascun binario per provenienza, il risultato è esposto nei seguenti grafici: Per quanto riguarda i tratti singoli, nel caso di Dergano il flusso di treni nell'arco della giornata è coincidente con quello totale come rappresentato nei grafici sopra. Invece per quanto riguarda il tratto che parte da Istria e va verso est, questo come si vede a partire dai 2 binari si divide per diventare 4 binari, le 2 più a nord che inglobano la direttrice verso Greco – Monza e le restanti 2 inglobano la direttrice verso Turro. I flussi dei treni è suddiviso nel modo seguente:

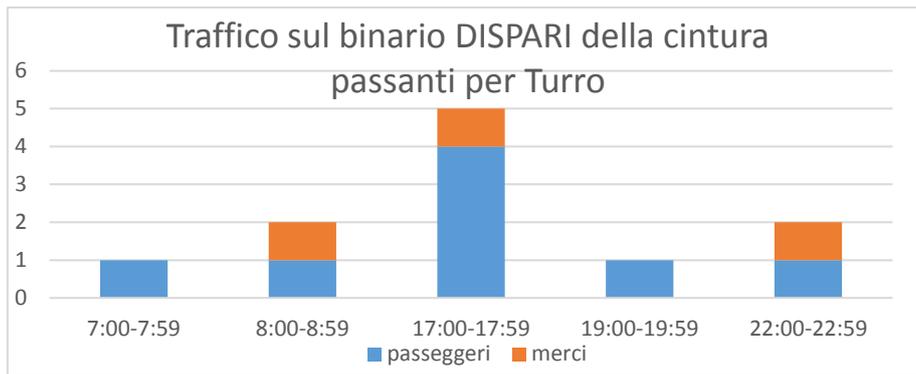


Grafico 5.1 (dati RFI)

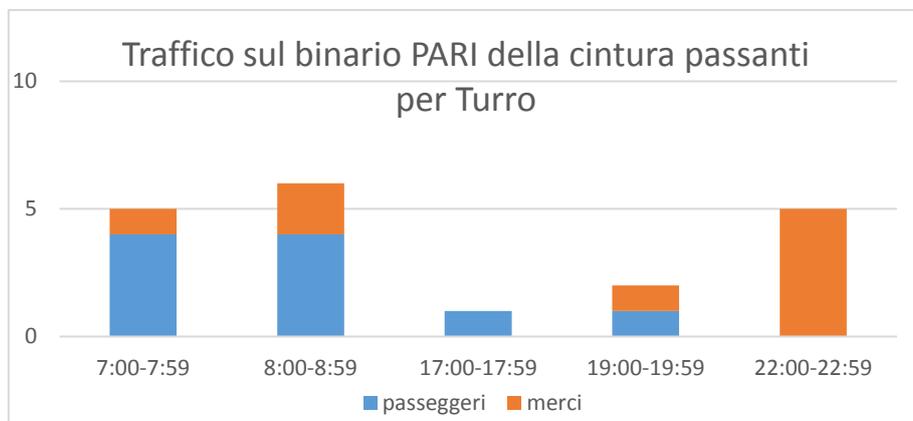


Grafico 5.2 (dati RFI)

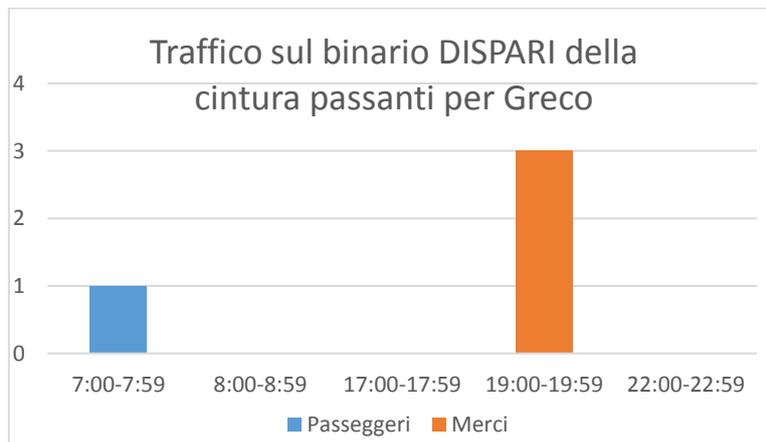


Grafico 5.3 (dati RFI)

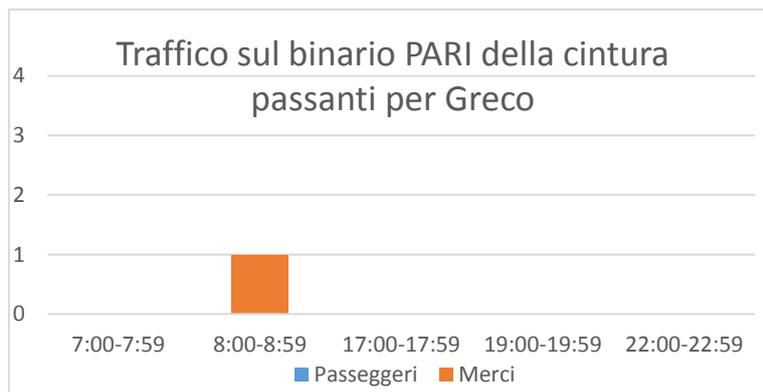


Grafico 5.4 (dati RFI)

Per quanto riguarda i tratti singoli, nel caso di Dergano il flusso di treni nell'arco della giornata è coincidente con quello totale come rappresentato nei grafici sopra. Invece per quanto riguarda il tratto che parte da Istria e va verso est, questo come si vede a partire dai 2 binari si divide per diventare 4 binari, le 2 più a nord che inglobano la direttrice verso Greco – Monza e le restanti 2 inglobano la direttrice verso Turro. I flussi dei treni è suddiviso nel modo seguente:

6. Analisi della domanda nello scenario di progetto

Lo scopo di questo lavoro è il dimensionamento delle fermate di cintura Istria e Dergano. Per fare ciò è necessario avere a disposizione un determinato flusso di passeggeri con il quale supportare la scelta di tale dimensionamento. Lo stato di fatto ovviamente non permette una constatazione diretta, motivo per il quale sarà necessario appoggiarsi a un modello informatico per l'ottenimento di valori determinati di flusso in base ad un approccio razionale su cui si basa lo stesso modello.

6.1 Area di studio

Come area di studio si indica l'insieme delle zone a cui si riferiscono i dati che verranno elaborati dal software. Si anticipa che l'elaborazione richiederà in input sia i dati sulla domanda in termini di origine e destinazione degli spostamenti, sia una rappresentazione della rete di trasporto.

6.1.1 Area di studio della domanda

L'area di interesse per quanto concerne la domanda comprende una zona molto vasta che si estende oltre la Lombardia, in quanto Milano è un polo attrattore la cui influenza si risente in modo significativo anche al di fuori della regione. Di fatto è stato però necessario individuare un intorno del Comune più circoscritto, in modo da suddividere la domanda in due parti: quella che genera spostamenti interamente contenuti nell'intorno stesso, e quella che genera spostamenti che attraversano invece il confine dell'intorno. Si sono

così individuati 200 comuni che costituiscono l'area di studio della domanda, colorata in rosso nella Figura 6.1.

6.1.2 Area di studio dell'offerta

La rappresentazione dell'offerta deve essere effettuata in modo che il sistema infrastrutturale sia rappresentato con un livello di fedeltà rispetto al reale sufficiente da ricreare, durante l'elaborazione del software, il così detto "effetto rete". Si intende che nel modello è necessario avere un numero di interconnessioni tra le varie infrastrutture tale per cui gli utenti riescano a distribuirsi sulla rete in modo realistico. Questa caratteristica è tanto più facile da ottenere tanto più la rete riprodotta è dettagliata e capillare. L'area presa in considerazione per lo studio modellistico dell'offerta è colorata in giallo nella Figura 6.1.

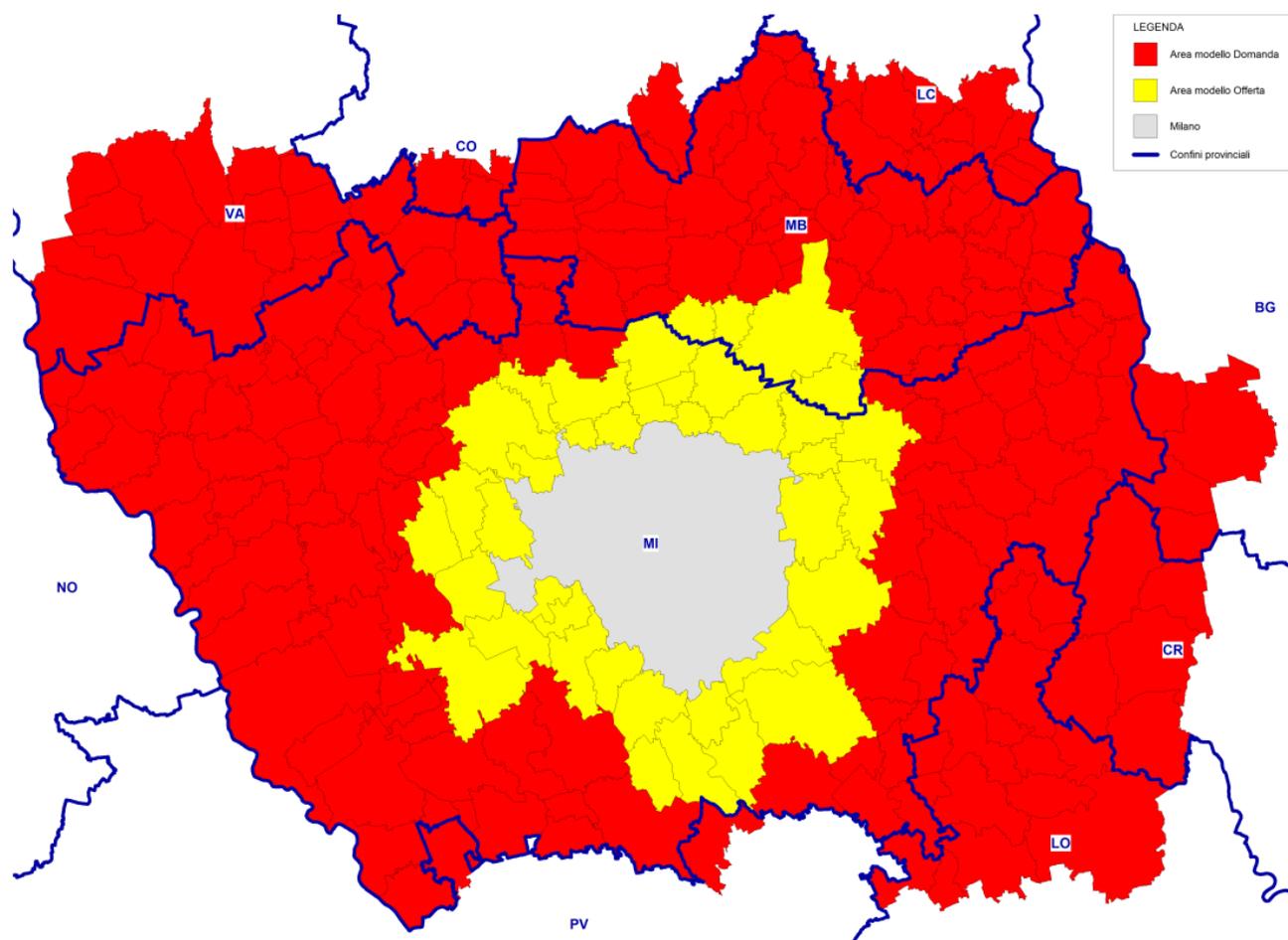


Figura 6.1: in ROSSO area di studio della domanda; in GIALLO: area di studio dell'offerta (fonte PUMS)

6.2 Scenari alternativi ipotizzati

I vari documenti di pianificazione studiano le varie alternative di intervento infrastrutturale nella cintura ferroviaria, i flussi utili ai fini di questo lavoro sono indissolubilmente legati a queste alternative di intervento poiché risultanti dalle stesse.

Il PUMS con orizzonte al 2024 prevede la messa a punto variazioni di offerta in tutto il comune, concentrandosi sulla rete di forza del nodo milanese. Queste modifiche riguardano prolungamenti vari delle attuali linee metropolitane e tranviarie, messa in servizio di una nuova linea metropolitana e altre linee metrotranviarie. Nel caso in esame si parte dallo "scenario di base" del PUMS, e, variando l'introduzione dell'offerta infrastrutturale e quella dei nuovi servizi previsti, si otterranno da esso diversi "scenari figli". Verrà introdotta la linea suburbana S16 che, visto il sottocapitolo 5.1 dei servizi obiettivo, creerà per la prima volta un vero e proprio servizio di cintura accompagnato da un aumento della capillarità del servizio ferroviario, grazie alla costruzione di nuove fermate lungo la cintura stessa: in questo modo aumenterà l'interazione tra il servizio ferroviario e il resto della rete di forza urbana milanese.

6.2.1 Scenario futuro principale o di base

Lo scenario di partenza su cui si userà come riferimento per la variazione del servizio previsto è costituito dalla rete attuale che, oltre alla rete di forza urbana classica, comprende anche 2 linee che ferroviarie regionali che utilizzeranno le fermate di Dergano e Istria:

- Cremona – P.ta Garibaldi
- Bergamo – P.ta Garibaldi

Entrambe con due treni in entrata a Milano al mattino, con frequenza di 1 ora e 2 in uscita da Milano alla sera, sempre con frequenza di 1 ora.

Inoltre vengono considerate le variazioni nella rete di forza che sono principalmente costituite:

Interventi sul nodo Ferroviario:

- Il pieno utilizzo del Passante Ferroviario - dalle attuali 5 linee S con 10 treni/h frequenza 6 minuti, a 8 linee S con 16 treni/h frequenza 3' 45" nel tratto Lancetti – Porta Vittoria, arrivando ad una capacità di 20-25.000 passeggeri/ora per direzione;
- La crescita dei servizi nel bacino di Monza;
- Il potenziamento della tratta Cadorna – Bovisio – Saronno;
- Risoluzione delle criticità segnalate nel capitolo dedicato all'offerta infrastrutturale;

Prolungamenti delle metropolitane oltre il confine comunale:

- M1: Prolungamento da Bisceglie a Baggio;
- M2: Prolungamento da Cologno nord a Vimercate; Prolungamento da Assago Milanofiori Nord a Rozzano;
- M3: Prolungamento da San Donato a Paullo;
- M4: Prolungamento da San Cristoforo al confine con Corsico – Buccinasco;
- M5: Prolungamento da San Siro a Settimo milanese;

Sviluppo delle linee S-Bus:

- Per il corridoio di Vimercate, la velocizzazione dei collegamenti con Cologno grazie alla realizzazione di una corsia dinamica sulla Tangenziale Est previaverifica di fattibilità da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti;
- Per l'asse della Cassanese il collegamento lungo l'asse Pioltello – Segrate – Rombon – Lambrate;
- Per il corridoio di Paullo, l'uso di percorsi alternativi protetti e, per il tratto finale, l'uso della via XXV Aprile (protetta) sino all'hub di Rogoredo;
- Per il corridoio di Binasco, la protezione del circuito di accesso all'hub di Assago;
- Per la Cusaghese, la realizzazione di limitati tratti di corsia di "salto coda" in ingresso verso Milano Bisceglie in corrispondenza dei nodi semaforizzati;
- Per Lainate ed Arese, il collegamento rapido con l'hub di Rho Fiera;

Estensioni e riqualificazioni extraurbane di linee tranviarie esistenti:

- Estensione della tranvia 15 Milano - Rozzano (Guido Rossa) sino a Rozzano Humanitas;
- Prolungamento sull'asse Ripamonti del 24 fino a Noverasco, con velocizzazione dell'intero collegamento, con possibile estensione fino a Poasco;
- Riqualificazione della tranvia Milano – Limbiate;
- Prolungamento della metrotranvia Milano – Desio - Seregno da Bresso fino a Bignami M5, consentendo il collegamento con la M5 in alternativa all'interscambio di via Ornato, con contestuale prolungamento del tram 4 fino a Bresso;
- Velocizzazione del tram 31 Milano – Cinisello;

6.2.2 [Modifiche di scenario aggiuntive](#)

Come già visto, lo sfruttamento completo della cintura ferroviaria lo si vuole raggiungere tramite 2 interventi principali:

- La creazione della linea S16
- La costruzione di nuove fermate lungo la cintura

Prima della costruzione degli scenari si considerano come riferimento la costruzione delle fermate di Dergano e Istria, che saranno le fermate in cui si valuterà la variazione dei flussi a seconda delle opzioni considerate. A partire da queste si andranno a valutare le alternative sia per quanto riguarda la frequenza del servizio sia per quanto riguarda la presenza di altre possibili fermate.

Si intende applicare il modello anche al fine di valutare i vantaggi di cui godrebbero i passeggeri che hanno come origine o destinazione l'ospedale Niguarda di Dergano. Per questo gli scenari seguenti sono stati individuati in modo tale da fare emergere la rilevanza che avrebbe l'ospedale circa la frequentazione della fermata, valutando quanto incide sul totale di saliti e discesi. Questo è stato possibile confrontando uno scenario fittizio, cioè quello senza comunicazione tra fermata e ospedale, con un altro scenario in cui ci sono una comoda comunicazione pedonale tra ospedale e fermata ed una migliore accessibilità a Ca' Granda.

6.2.2.1 Scenario 1

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana

6.2.2.2 Scenario 2

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.

6.2.2.3 Scenario 3

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana

6.2.2.4 Scenario 4

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.

C'è da segnalare che, come spiegato all'inizio di questo paragrafo, un'ulteriore variante di scenario è stata introdotta dalla presenza o meno del percorso pedonale che collega la nuova fermata ferroviaria di Dergano con l'ospedale Niguarda.

6.3 Modellizzazione sistema di trasporto

La determinazione del flusso di passeggeri che graviterà attorno alle fermate di Istria e Dergano necessita un'analisi che comprenda tutto il sistema di trasporto di cui esse fanno parte. Nella fattispecie si tratta dell'intera rete di trasporto milanese, nella quale si possono individuare diversi tipi di infrastrutture che supportano diverse modalità di trasporto, a loro volta suddivise in varie linee con caratteristiche differenti. Queste tre (infrastruttura, modalità di trasporto e linee) costituiscono l'offerta del trasporto, a cui deve essere assegnata la domanda, cioè il numero di passeggeri che intendono compiere uno spostamento durante un dato intervallo temporale. La domanda va quindi intesa come una coppia di punti, l'origine e la destinazione, a cui è associato il relativo numero di passeggeri che intendono spostarsi durante il tempo considerato. Domanda e offerta devono essere messe in relazione al fine di trovare i percorsi che i passeggeri utilizzano per raggiungere il loro punto di destinazione dal loro punto di origine. Con l'analisi si individuano, per ogni coppia origine-destinazione, una serie di percorsi possibili, e ad essi si attribuisce il numero di passeggeri che compie ogni percorso. Questa attribuzione deve essere fatta sia in funzione delle caratteristiche complessive del percorso, sia dalle caratteristiche dei passeggeri stessi. In questo modo l'analisi può dare in output il flusso transitante dalle fermate Istria e Dergano in termini di passeggeri saliti e discesi nell'arco di tempo di riferimento.

6.3.1 CUBE

CUBE è un software distribuito da citilabs pensato appositamente per generare un modello che svolga le funzioni sopra descritte.

6.3.1.1 Descrizione offerta

CUBE riproduce l'offerta tramite il grafo, ossia una rappresentazione schematica e funzionale della rete di trasporto che si considera. Gli elementi che compongono un grafo sono i seguenti:

- **Archi:** un arco è un tratto rettilineo di una infrastruttura o di un servizio di trasporto, a cui vengono attribuite alcune caratteristiche che lo contraddistinguono, in modo da descrivere il suo costo di percorrenza.
- **Nodi:** un nodo corrisponde al punto finale o iniziale di un arco. Uno stesso nodo può appartenere a più archi nel caso in cui ci sia una intersezione tra di essi.
- **Nodi centroidi:** rappresentano il punto iniziale o finale di uno spostamento, a seconda che si tratti di un centroide origine o un centroide destinazione.

6.3.1.2 Descrizione domanda

Viene effettuata tramite una matrice Origine-Destinazione, in cui ogni cella contiene il numero di elementi che intendono compiere uno spostamento dal nodo centroide associato alla riga verso il nodo centroide associato alla colonna.

6.3.1.3 Simulazione

La simulazione è il processo atto a ricreare il movimento dei passeggeri sul grafo della rete. Essendo questo software un modello macroscopico, il movimento di persone è rappresentato sotto forma di flusso, trattando i passeggeri come se fossero un fluido che scorre lungo gli archi della rete, e comunicato sotto forma di numero di persone transitanti lungo un arco e verso quale direzione.

CUBE è un ambiente di modellizzazione in grado di generare varie simulazioni di differenti approcci. Uno di questi approcci è il modello di “simulazione a quattro stadi” in seguito descritto:

1. **Generazione:** questo è il sottomodello che serve a determinare la frazione degli individui presenti in una certa zona che compiono un certo numero di spostamenti, durante la fascia oraria a cui il modello si riferisce. L’output è quindi la quantità degli spostamenti totali emessi, per questo sottomodello viene spesso chiamato “di emissione”.
2. **Distribuzione:** riceve in input la quantità totale di spostamenti generati da ogni zona, e dà come output le zone di destinazione di ciascuno di questi spostamenti.
3. **Ripartizione modale:** ogni spostamento definito dai sottomodelli precedenti vengono ora suddivisi per modalità di trasporto, individuando il modo in cui viene effettuato ciascuno spostamento.
4. **Scelta del percorso:** per ogni spostamento modale viene individuato il numero di passeggeri che compiono un determinato percorso.

In seguito alle 4 fasi è possibile individuare anche il flusso transitante per ogni arco, come somma dei flussi di ogni percorso di cui l’arco fa parte.

6.3.2 Modello di AMAT

6.3.2.1 Domanda

Come già detto nel paragrafo 6.1.1, la zonizzazione della domanda è molto più estesa rispetto l’area oggetto della simulazione perché, per giungere ad una stima soddisfacente del traffico sulla rete, deve comprendere tutte le zone che sono origine o destinazione di spostamenti che interessano l’area di offerta. I comuni di interesse per la descrizione della domanda sono circa 200, e sono evidenziati in rosso nella Figura 6.2.

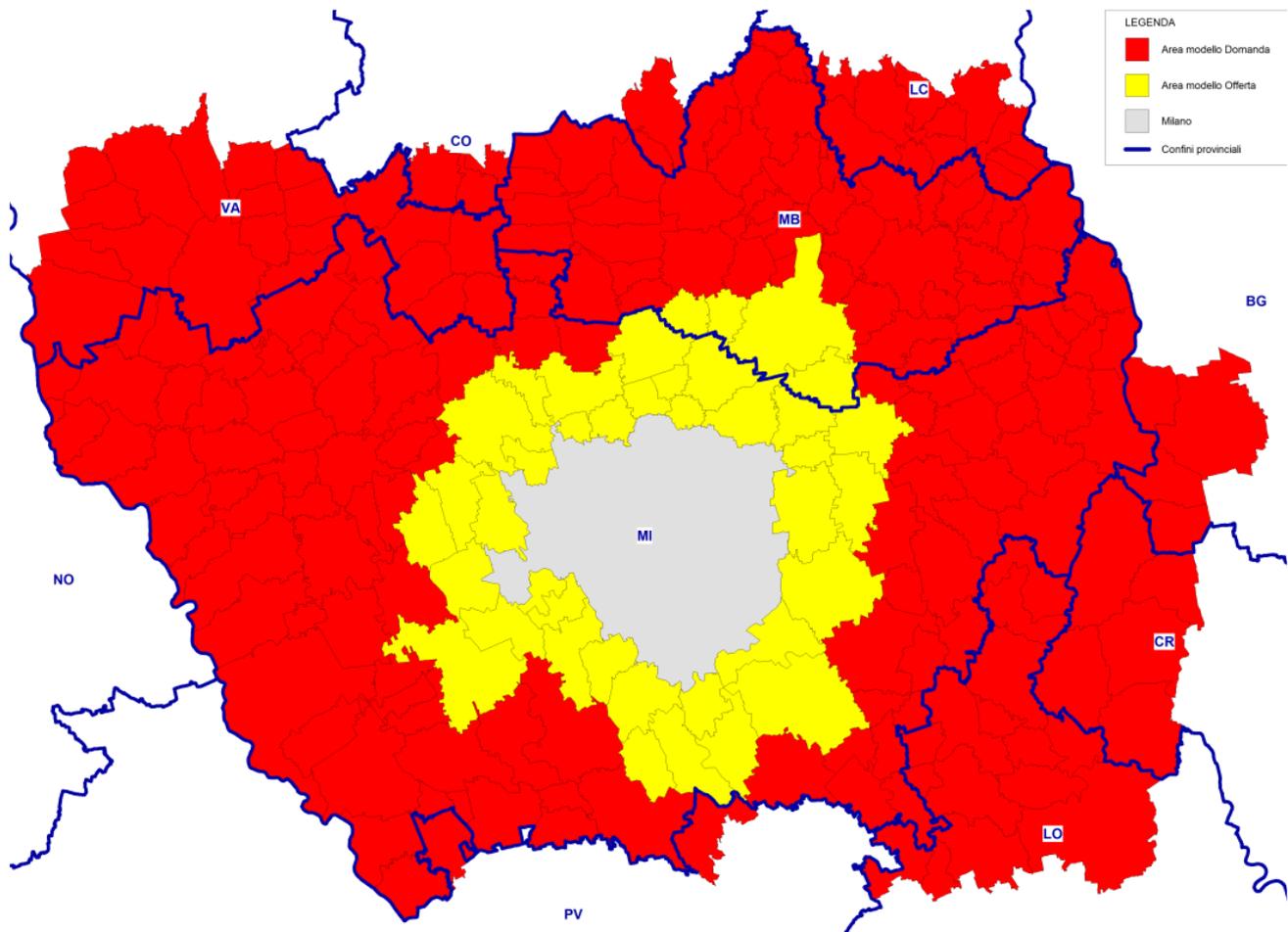


Figura 6.2: zonizzazione dell'area di interesse milanese effettuata nel modello AMAT, in rosso i comuni presi in considerazione come origine della domanda, in giallo i comuni presi in considerazione per la costruzione del grafo di offerta (fonte PUMS)

Il metodo di raccolta dati consisteva, fino al 2005, in indagini decennali che registravano gli spostamenti del 10% della popolazione. Negli ultimi anni la matrice O/D del 2005 era divenuta ormai obsoleta, e pertanto non era più realistica. Nell'anno 2013, grazie ad un processo di conteggio dei flussi reali transitanti sulla rete di trasporto milanese, ed al loro confronto coi flussi generati dalla matrice O/D del 2005, è stato possibile effettuare l'aggiornamento di tale matrice. Il processo di conteggio dei flussi doveva essere sufficientemente esaustivo, e per questo sono stati presi in considerazione i flussi veicolari ed il trasporto su rotabili separatamente. Per quanto riguarda il trasporto su strada si sono contati i flussi transitanti da alcune sezioni sulle principali radiali stradali milanesi. Le sezioni di conteggio dei flussi sono state scelte opportunamente in modo da creare un metodo di rilevamento che consenta di non tralasciare nessuno spostamento e allo stesso tempo di non creare ridondanze. Un primo conteggio a livello dei bastioni, cioè in corrispondenza del confine dell'area C; un altro livello di rilevamento è stato individuato in corrispondenza del confine comunale di Milano al fine di individuare gli spostamenti entranti e uscenti dal comune; nella zona compresa tra confine comunale e bastioni sono state individuati cinque livelli radiali di conteggio. In ciascuna delle sezioni individuate è stato conteggiato il flusso veicolare. Del trasporto su ferro sono stati invece conteggiati i passeggeri di ciascuna fermata delle linee metropolitane tramite i tornelli che

rappresentano circa il 60% degli utenti del trasporto pubblico di Milano, ed i saliti e discesi delle fermate ferroviarie urbane tramite conteggi manuali, che costituiscono il 30% degli utenti del trasporto pubblico milanese. Stimati i flussi attuali si è potuta aggiornare la matrice O/D tramite un processo di confronto statistico con i flussi relativi alla matrice obsoleta.

6.3.2.2 Offerta

Il modello di simulazione che dispone AMAT descrive l'offerta tramite un grafo che si estende entro un raggio di 30 km attorno al centro di Milano. La rete di trasporto riprodotta dal modello comprende in tutto 40 comuni, 33 dei quali sono quelli dell'area urbana milanese, mentre i rimanenti 7 sono parte dell'hinterland milanese (Figura 6.2).

Gli archi del grafo devono essere rappresentativi dell'infrastruttura o del servizio pubblico transitante su essa, e ad essi deve essere associate degli attributi che saranno poi le variabili della funzione del costo di percorrenza. Nella Figura 6.3 è esposto il grafo della rete di Milano utilizzato per la simulazione.

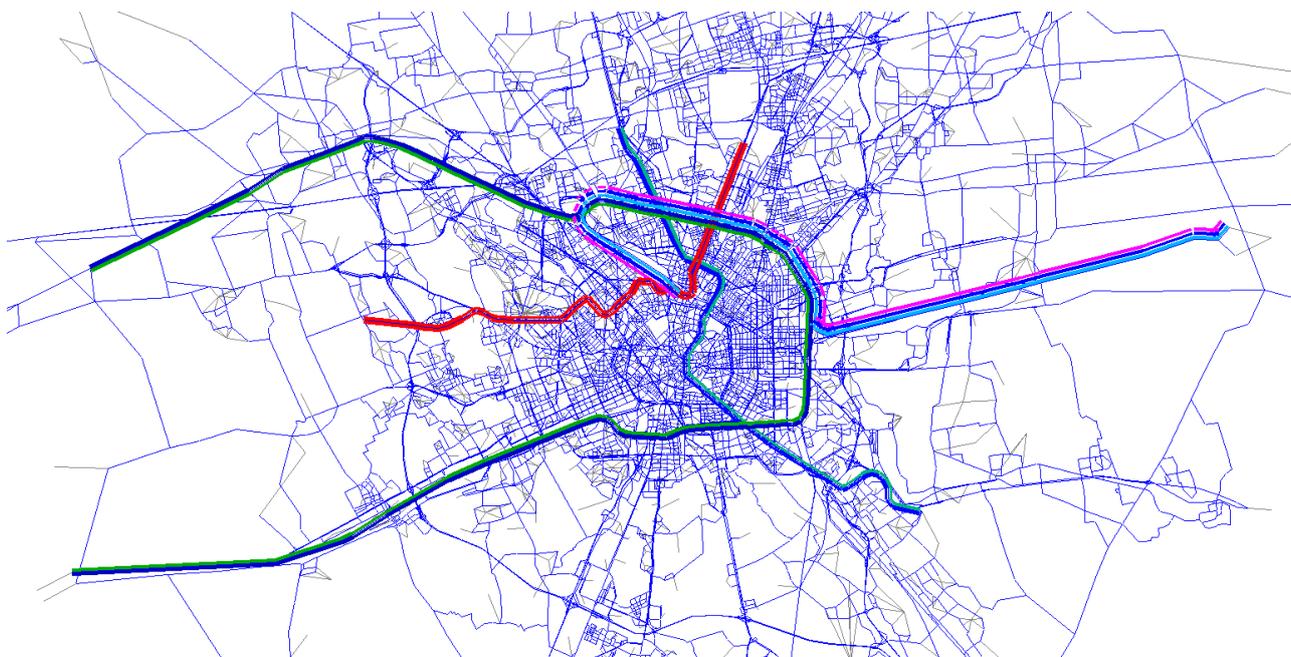


Figura 6.3: grafo AMAT dell'offerta rappresentativo della rete di trasporto di Milano. Sono evidenziate le linee S16 (Albairate-Vittuone), Bergamo-Porta Garibaldi, Cremona-Porta Garibaldi, M3, M5 (fonte: AMAT)

Trasporto Pubblico: attributi degli archi relativamente al trasporto pubblico sono la *velocità commerciale* e la *frequenza del servizio*.

Trasporto privato su strada: gli attributi sono il tempo di percorrenza di base, la capacità (calcolata in funzione delle intersezioni) e il codice della curva di deflusso (dipende dal tipo di strada)

Vie pedonabili: non corrispondono necessariamente agli effettivi percorsi topografici, ma sono cosiddetti archi nozionali, che collegano in linea d'aria i nodi tra di loro. Per questo la loro lunghezza sul grafo non

corrisponde a una distanza topografica reale, e ad essi è associata un *distanza nozionale*. Si considera la *velocità dei pedoni 3,6 km/h*, un compromesso tra la velocità di cammino durante lo spostamento e i tempi di attesa agli attraversamenti pedonali.

6.3.2.3 Simulazione

Il modello di AMAT, come già anticipato, effettua la simulazione tramite un processo a quattro stadi:

- **Generazione e Distribuzione:** da questi primi due stadi scaturisce la matrice O/D completa. Non sono eseguiti da CUBE stesso, ma è utilizzato un software esterno che tiene conto della distribuzione territoriale dei residenti, e delle caratteristiche socio-economiche delle aree in cui il territorio è suddiviso. In base a queste nozioni si identifica il numero di passeggeri che intendono spostarsi ogni centroide origine ad ogni centroide di destinazione.
- **Ripartizione modale:** il modello suddivide i passeggeri per motivo di spostamento e, tramite la funzione dei costi generalizzati realizza una seconda suddivisione subordinata alla prima determinando le aliquote relative al modo di trasporto.
- **Scelta del percorso:** il procedimento è diversificato a seconda che si tratti di trasporto pubblico o di trasporto privato.
 - Trasporto pubblico: viene dapprima eseguito l'algoritmo Dijkstra, finalizzato a eseguire un prima selezione dei percorsi più brevi tra due nodi della rete. Successivamente si ripartiscono le aliquote di passeggeri per ogni modalità per ogni percorso sulla base del tempo di attesa medio di ogni servizio.
 - Modo privato: anche qui la prima fase consiste nell'esecuzione dell'algoritmo Dijkstra che individua tutti i percorsi che saranno poi oggetto della seconda parte di analisi, cioè l'assegnazione "tutto o niente". Dopo questa prima assegnazione si ricalcolano i tempi di percorrenza che sono funzione del confronto tra flusso transitante in ogni ramo della rete e la sua capacità. Quindi si applica il modello di equilibrio iterativamente fino a convergenza. Il parametro di convergenza può essere per esempio lo scarto quadratico medio dei flussi transitanti.

6.4 Simulazione degli scenari

Gli scenari descritti precedentemente sono stati simulati con il software CUBE e di seguito si mostrano i risultati ottenuti.

Come già detto sopra si sono considerate per ogni scenario due varianti per distinguere la presenza o meno del percorso pedonale che allaccia la fermata di Dergano con l'ospedale. Per ogni scenario si sono creati due sottoscenari che si distinguono per il fatto che l'uno non ha collegamenti pedonali tra il nodo rappresentativo della fermata Dergano e il nodo centroide dell'ospedale Ca' Granda, l'altro ha invece un arco pedonale che allaccia direttamente i due nodi, come mostrato in Figura 6.4.

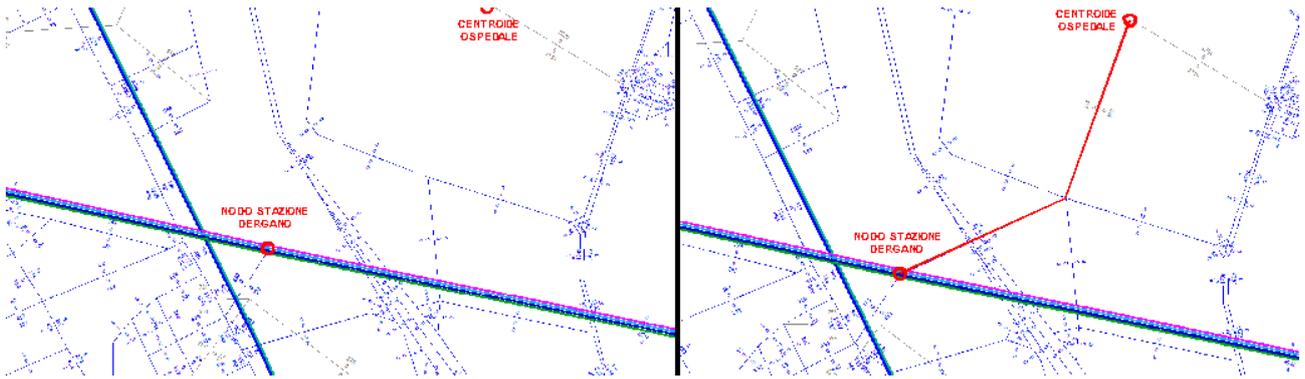


Figura 6.4: scenario senza collegamento tra la fermata di Dergano e l'ospedale Ca' Granda (a sinistra) e scenario col collegamento tra i due in rosso (a destra), nel modello AMAT (fonte: AMAT)

C'è da sottolineare che il mancato collegamento tra fermata e ospedale nello scenario a sinistra non ha un riscontro reale, ma è una situazione fittizia che serve ad annullare l'interazione tra fermata e ospedale, utile al confronto con la situazione in cui la fermata risente degli effetti attrattivi dell'ospedale grazie all'arco di collegamento pedonale inserito nel grafo. Così si fa emergere la rilevanza di Ca' Granda sui flussi di passeggeri saliti e discesi a Dergano.

6.4.1 Scenario 1 - senza percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana
- Assenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 30'; 4 fermate; Senza percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	90	12	3	3	108	502
	discesi	16	243	81	54	394	
Istria	saliti	63	42	7	7	119	579
	discesi	52	146	158	104	460	

Tabella 6.1 (fonte: AMAT)

6.4.2 Scenario 1 - con percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana
- Presenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 30'; 4 fermate; Con percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	134	30	8	8	180	772
	discesi	49	361	110	72	592	
Istria	saliti	60	42	7	7	116	566
	discesi	52	138	156	104	450	

Tabella 6.2 (fonte: AMAT)

6.4.3 Scenario 2 - senza percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.
- Assenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 30'; 13 fermate; Senza percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	148	100	3	3	254	765
	discesi	94	282	81	54	511	
Istria	saliti	124	197	7	7	335	973
	discesi	202	177	157	102	638	

Tabella 6.3 (fonte: AMAT)

6.4.4 Scenario 2 - con percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 30'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.
- Presenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 30'; 13 fermate; Con percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	211	149	8	8	376	1147
	discesi	181	410	109	71	771	
Istria	saliti	111	182	7	7	307	920
	discesi	187	169	155	102	613	

Tabella 6.4 (fonte: AMAT)

6.4.5 Scenario 3 - senza percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana
- Assenza percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 15'; 4 fermate; Senza percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	154	40	4	4	202	832
	discesi	53	439	83	55	630	
Istria	saliti	135	80	10	10	235	859
	discesi	95	258	163	108	624	

Tabella 6.5 (fonte: AMAT)

6.4.6 Scenario 3 - con percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 4 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana
- Presenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 15'; 4 fermate; Con percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	232	608	11	11	862	1842
	discesi	116	677	112	75	980	
Istria	saliti	126	79	10	10	225	830
	discesi	94	243	160	108	605	

Tabella 6.6 (fonte: AMAT)

6.4.7 Scenario 4 - senza percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.
- Assenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 15'; 13 fermate; Senza percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	238	222	4	4	468	1336
	discesi	190	539	83	56	868	
Istria	saliti	195	343	9	9	556	1499
	discesi	362	313	161	107	943	

Tabella 6.7 (fonte: AMAT)

6.4.8 Scenario 4 - con percorso pedonale

In questo scenario si considera, oltre allo scenario futuro di base, la messa in servizio di:

- Linea S16 con una frequenza di 15'
- 13 nuove fermate lungo la cintura: Dergano, Istria, Tibaldi, Romana, Zama, Padova, Ortica, Bovisasca, Stephenson, Canottieri, Toscana, Ripamonti, Puglie.
- Presenza di percorso pedonale tra fermata ferroviaria Dergano e Ospedale Niguarda

f = 15'; 13 fermate; Con percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	327	302	10	10	649	1871
	discesi	319	718	111	74	1222	
Istria	saliti	169	319	9	107	604	1520
	discesi	332	292	159	133	916	

Tabella 6.8 (fonte: AMAT)

6.5 Scenario utilizzato

Dati gli otto scenari esposti nel sottocapitolo precedente, si osserva come i numeri più consistenti sono quelli dello scenario con 13 fermate e frequenza 15 minuti, per ciò esso verrà usato per il dimensionamento delle fermate. Questa scelta è giustificata inoltre dai numerosi vantaggi che porterebbe un servizio siffatto, esposti in seguito:

- Siccome la funzione del servizio di cintura deve essere di tipo urbano, allora è opportuno che esso sia percepito come un servizio “a frequenza”, e non “a orario cadenzato”, ossia l’utente, nel pianificare il suo viaggio, fa riferimento alla distanza temporale tra due corse successive piuttosto che all’orario di fermata della singola corsa. Per ottenere questa caratteristica si è optato per la frequenza di 15 min piuttosto che 30 min.
- La scelta di un servizio che serve un numero elevato di fermate (13) è motivata dal fatto che incrementa l’attrattività poiché offre un servizio più capillare e più accessibile per la popolazione, essendo l’area di influenza molto più estesa e distribuita sul territorio milanese rispetto lo scenario a quattro fermate (vedi Figura 6.6).
- La costruzione di 13 fermate richiede una spesa elevata che però viene affrontata una sola volta, e porta a una maggiore attrattività per il servizio che perdurerà negli anni a venire. Risulta quindi un investimento conveniente a lungo termine perché i benefici della collettività che ne derivano giustificano tali costi.
- Un servizio di cintura così frequente e capillare intercetta molti servizi delle radiali, integrandosi con essi. Con l’aggiunta della linea S16 si ottiene una struttura molto più reticolare del nodo di Milano perché essa allaccia tra loro molte radiali, situazione che tutt’oggi è mancante (Figura 6.5).

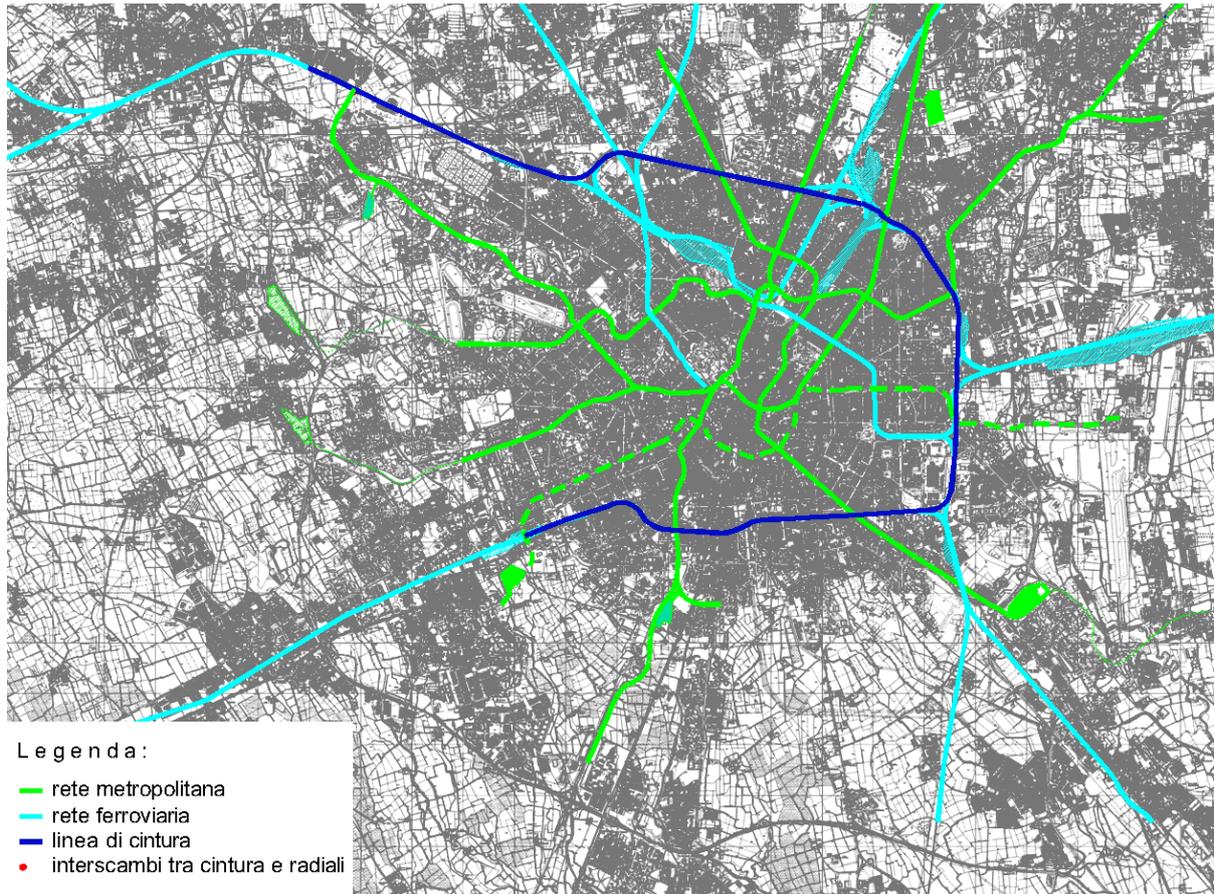


Figura 6.5: reti di forza principali del TPL milanese e interscambi del servizio di cintura (fonte: MM)

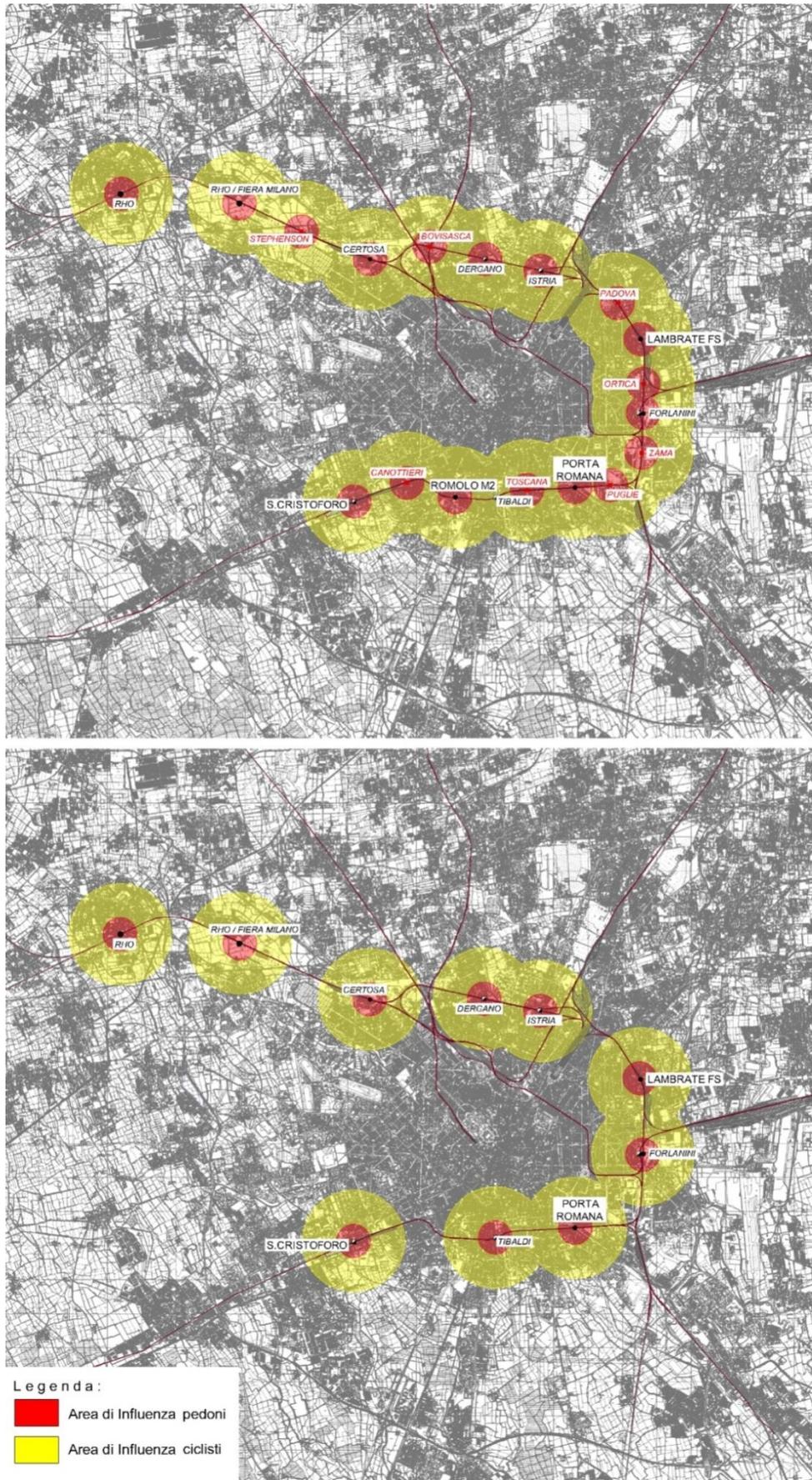


Figura 6.6: confronto tra gli scenari a 13 fermate aggiuntive (sopra) e a 4 fermate aggiuntive (sotto) rispetto le aree servite (fonte MM)

6.6 Considerazioni critiche

Nel seguente sottocapitolo si intende ottenere, a partire dalla

Tabella 6.9 il numero di saliti e discesi corrispondenti al treno più carico. Per fare ciò si deve scomporre il flusso di passeggeri iniziale relativo alle due ore più trafficate individuando la quota parte transitante durante l'ora di punta (7:30-8:30), quindi individuare il numero di passeggeri saliti e discesi dal singolo treno e quindi tramite un coefficiente amplificativo ricavare il numero per il treno più carico.

f = 15'; 13 fermate; Con percorso		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib	Totale	
Dergano	saliti	327	302	10	10	649	1871
	discesi	319	718	111	74	1222	
Istria	saliti	169	319	9	107	604	1520
	discesi	332	292	159	133	916	

Tabella 6.9: numero di saliti e discesi dalle ore 7:00 alle ore 9:00 alle fermate Istria e Dergano, output del modello di simulazione di AMAT (fonte: AMAT)

6.6.1.1 Ora di punta

Passando dal traffico totale delle due ore di punta all'ora di punta della giornata si ipotizza un andamento percentuale passeggeri come nel Grafico 6.1, in cui durante l'ora di punta 7:30-8:30 si ha il 60% del traffico rispetto le due ore 7:00-9:00.

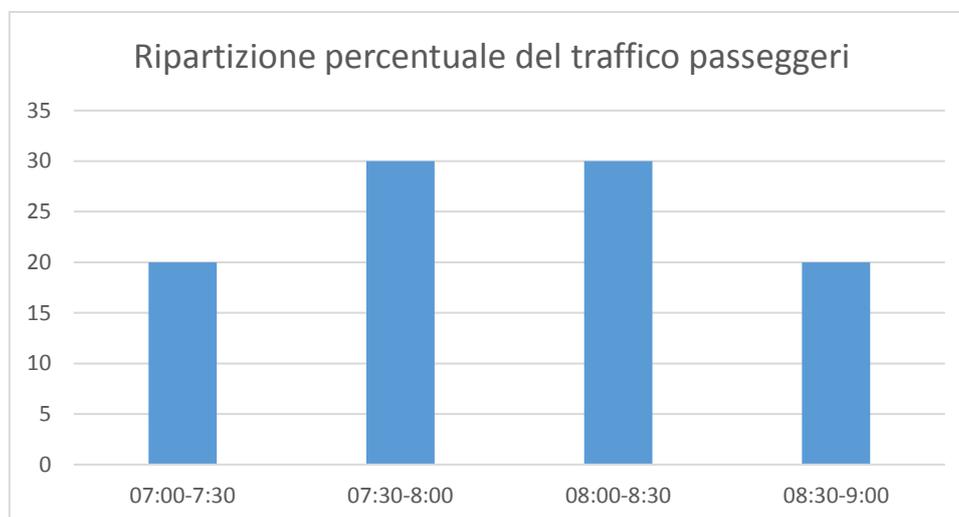


Grafico 6.1: ripartizione percentuale dei passeggeri ipotizzata durante le due ore di punta

$$\text{Traffico}_{7:30-8:30} = \text{Traffico}_{7:00-9:00} * 0.6$$

Ora di Punta		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib
Dergano	saliti	196	181	5	5
	discesi	193	431	46	33
Istria	saliti	104	191	5	5
	discesi	199	175	78	55

Tabella 6.10: traffico passeggeri nell'ora di punta (elaborazione dati AMAT)

6.6.1.2 Treno medio

Ora si calcola il numero medio di saliti e discesi dal singolo treno durante l'ora di punta tramite alla frequenza del servizio espressa sotto forma di numero di treni all'ora.

$$Traffico_{treno\ medio} = \frac{Traffico_{7:30-8:30}}{frequenza}$$

In cui la frequenza è pari a 4 treni/ora per il servizio S16, ed 1 treno/ora per i servizi regionali

Treno Medio		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib
Dergano	saliti	49	45	5	5
	discesi	48	108	46	33
Istria	saliti	26	48	5	5
	discesi	50	44	78	55

Tabella 6.11: passeggeri saliti e discesi sul treno medio dell'ora di punta (elaborazione dati AMAT)

6.6.1.3 Treno più carico

Il flusso passeggeri del treno medio della linea S16 stimato nelle due fermate di studio nel sottocapitolo precedente viene usato considerando però un fattore moltiplicativo di sicurezza pari a 1,2, giungendo così ai passeggeri relativi al treno più carico. Per quanto riguarda i treni regionali si considera che ogni treno porti un medesimo numero di passeggeri in entrambe le direzioni durante le 2 ore di punta

Treno Più Carico		S16 disp	S16 par	Bg - Garib	Cr - Garib
Dergano	saliti	59	54	5	5
	discesi	58	129	46	33
Istria	saliti	31	57	5	5
	discesi	60	53	78	55

Tabella 6.12: passeggeri saliti e discesi dal treno più carico (elaborazione dati AMAT)

I dati ottenuti saranno utilizzati nella seguente parte dell'elaborato per analizzare il movimento pedonale all'interno della fermata e anche nel territorio circostante.

6.7 Scenario gestionale di inserimento

Si è definito al sottocapitolo **Error! Reference source not found.** lo scenario che verrà considerato per progettare la funzionalità delle fermate ferroviarie di Istria e Dergano. Si ribadisce che il servizio in progetto è di tipo ferroviario urbano, e per cui caratterizzato da una alta frequenza (15min) che può comportare una difficoltosa gestione del traffico, specialmente perché la linea S16 percorrerà interamente la cintura

ferroviaria del nodo milanese, transitando per alcuni tratti infrastrutturali molto trafficati, generando potenziali interferenze e quindi possibili ritardi. Di fatto, inserire un servizio in un nodo urbano ferroviario già fortemente trafficato ed esercirlo con una frequenza così elevata, significa incrementare lo sfruttamento delle infrastrutture esistenti e andare incontro al rischio di superare la capacità di esse, sovraccaricandole. Per questo motivo, per introdurre il servizio S16, è necessaria una evoluzione del sistema gestionale dell'intera rete ferroviaria milanese: si intende uno sviluppo gestionale e tecnologico che deve toccare sia il gestore dell'infrastruttura che le imprese di trasporto. Concretamente, i cambiamenti più significativi a cui dovrebbe portare il miglioramento del sistema sono elencati brevemente in seguito.

- Potenziamento dei sistemi tecnologici del nodo. Tuttora il sistema di segnalamento è accompagnato da una regolazione della circolazione di tipo SCMT (Sistema di Controllo della Marcia dei Treni), eccellente in fatto di sicurezza, ma troppo penalizzante in termini di capacità nei confronti di una rete capillare e molto trafficata come quella milanese, infatti il minimo distanziamento temporale ammesso tra due treni successivi è di 4 minuti. Sarebbe opportuno la sostituzione dell'SCMT con il nuovo sistema HD (High Density), finalizzato ad un netto incremento della capacità a parità di infrastruttura, che, consentendo di superare il segnale di "rosso", porta il distanziamento minimo fino a 2 minuti.
- Modalità di gestione delle fermate più snella, opportuna per un servizio con frequenti start and stop.
- Materiale rotabile con caratteristiche adeguate al servizio suburbano (vedi paragrafo successivo 9.2)

Il problema riguardante lo snellimento delle procedure di fermata e ulteriori miglioramenti verrà ripreso nel capitolo 8.

7. Inserimento delle fermate ferroviarie Dergano e Istria

Come visto nei capitoli precedenti, al momento dell'attivazione della linea S16, anche se con una frequenza prevista di 30 minuti ma con una prospettiva di aumento fino a 15 minuti, tutte le analisi (PUMS e Accordo degli scali) vedono la prospettiva di apertura per nuove fermate in corrispondenza della cintura.

In questo lavoro in particolare si prendono come oggetto le fermate poste nell'area appartenente alla cintura nord, Dergano e Istria, fermate d'interscambio in corrispondenza dei punti di coincidenza con la rete di forza urbana.

7.1 Intorno delle aree d'interesse

Il tratto ferroviario in questione è sede di quattro binari, che si diramano diventando sei in corrispondenza di Istria, come evidenziato dalle immagini nel sottocapitolo precedente, di cui i 2 più a nord sono appartenenti alla linea di collegamento Milano – Torino che arrivano da Rho e confluiscono nell'infrastruttura di cintura affiancandola per quasi tutto il tratto che interessa Dergano e Istria. Si studierà se lo stato di fatto consente l'inserimento delle banchine o se saranno necessari eventuali interventi di adeguamento dell'infrastruttura. A tal proposito si decide di non intervenire in alcun modo sui binari della linea Milano Torino per non causare danni alla circolazione della AV e perché risulterebbe più oneroso, ma bensì solamente sui binari di cintura e quelli appartenenti al tratto Monza e Brianza.

Come già accennato, nel tratto che va dalla zona di Dergano a quella d'Istria, entrambi i binari si trovano in rilevato, attraversano le vie intersecate grazie ai vari cavalcavia e a tratti (per lo più esterni all'area d'interesse) si trovano su viadotto.

7.1.1 Utilizzo del territorio

Si prende dunque in considerazione la cintura nord, cioè quel tratto di cintura in cui ancora non c'è un servizio suburbano regolare:



Figura 7.1: Localizzazione dell'area d'intervento Dergano evidenziata in rosso M3 – Istria M5 (fonte Google)

L'area di interesse della cintura ferroviaria considerata ha una zona d'influenza che comprende via Carlo Imbonati e viale Fulvio Testi, in cui la ferrovia interseca le fermate Dergano M3 e Istria M5 come evidenziato nella Figura 7.1. L'arco ferroviario considerato attraversa i quartieri di Dergano, Cà Granda e Villaggio dei giornalisti, entrambe le aree sono caratterizzate da una popolazione consistente (densità demografica tra 11 mila e 18 mila abitanti/Kmq) così come da una consistente presenza di attività commerciali.

7.1.1.1 Dergano

L'arco adiacente all'area di Dergano si colloca in un tratto ferroviario rettilineo, in rilevato e senza situazioni che possano rivelarsi di particolare complicazione tecnica in fase d'intervento.

Si individuano sul territorio i principali punti o sottozone che possono rappresentare le destinazioni o le origini dei flussi pedonali:

- Fermata "Dergano" della metropolitana, linea M3;
- Fermata "Dergano" dell'autobus, linea 70;
- Fermata "via P. Rossi via Trevi" dell'autobus, linea 70;
- Ospedale di Niguarda.

Inoltre su questa area sono distribuiti abitazioni, e altri luoghi di interesse economico-sociale (come hotel Brivio, autofficina Pintaudi, bar, ristoranti e negozi), che non costituiscono però punti ben definiti e di

rilevante importanza, quindi genereranno di sicuro flussi pedonali, che si dirameranno però diffusamente sul territorio.

Per propria natura la nuova fermata dovrà essere inserita in modo tale che il collegamento pedonale per l'interscambio con la fermata Dergano M3 sia il più agevole possibile, quindi il più spostata possibile verso via Carlo Imbonati Figura 7.2:



Figura 7.2: Tratto di cintura adiacente alla fermata Dergano M3, in blu i binari della Torino Novara, in nero quelli della cintura Nord (fonte Google)

Un altro servizio di trasporto che ferma in corrispondenza della fermata della metropolitana M3 Dergano è l'autobus della linea 70 dell'ATM.

Una osservazione importante va fatta per quanto riguarda la vicinanza con l'ospedale Niguarda, una delle strutture ospedaliere più importanti della città di Milano e tra le maggiori dell'intero Paese, il quale a partire dal punto più esterno, in coincidenza con l'intersezione del viale Enrico Fermi, si trova in linea d'aria ad una distanza di circa 250 metri.



Figura 7.3: posizione reciproca tra Dergano e l'ospedale Ca' Granda di Niguarda (fonte Google)

L'inserimento della fermata tiene conto quindi dei due poli attrattori, cioè fermata Dergano M3 e ospedale Cà Granda (Niguarda).

7.1.1.2 Istria

Per quanto riguarda l'area adiacente alla fermata Istria M5, questo arco ferroviario è costituito da una situazione un po' più complessa rispetto a quello dell'area di Dergano poiché è un punto di innesto tra vari rami infrastrutturali.

Si individuano i poli principali della zona che potenzialmente generano percorsi pedonali ben definiti:

- Fermata "Istria" della metropolitana, linea M3;
- Fermata "Istria" della tranvia, linee 5, 7, 31;
- Fermata della tranvia "viale Testi via Dolcebuono", linee 5, 7, 31.

Anche questa zona è fortemente popolata, e presenta punti di interesse socio-economici come ristoranti e negozi, che genereranno flussi pedonali diffusi sul territorio, senza che sia individuabile un percorso ben definito.

Esiste una distanza di circa 200 metri tra l'intersezione della cintura con viale Fulvio Testi e piazzale Istria in corrispondenza della fermata stessa. Oltre all'intermodalità con la metropolitana c'è anche quella con le linee tranviarie 5 – 7 – 31 che fermano a circa 100 m dall'infrastruttura ferroviaria.

Oltre alla fermata della linea metropolitana e alle linee tranviarie 5 – 7 – 31 che fanno fermata all'ingresso delle scale della metropolitana, non ci sono altri particolari punti che possano essere considerati poli attrattori, ma si tenga comunque in conto che si tratta di un'area fortemente abitata e quindi i rimanenti spostamenti pedonali hanno origine e le destinazioni che si ripartiscono diffusamente sul territorio. Per questo si eseguirà il progetto funzionale di massima della fermata di Istria e del contesto urbano in cui si inserisce nell'ottica di favorire principalmente gli interscambi con M5, e anche cercando di facilitare l'accessibilità sull'area circostante la fermata.

In ogni caso l'intervento sarà maggiormente concentrato su viale Fulvio Testi per la minore distanza rispetto alla fermata Istria M5.

Per quanto riguarda la distanza di comunicazione tra le fermate dei servizi, data l'estensione (come detto poco sopra circa 200 metri per la metropolitana e 100 per il tram) sarà necessario creare un percorso pedonale di collegamento costituito da apposite segnaletiche che agevoli la comunicazione tra la nuova fermata ferroviaria, la fermata Istria M5 e le linee tranviarie presenti. A seconda del posizionamento delle banchine, e quindi della fermata, sarà possibile decidere quali percorsi agevolare, come evidenziato in Figura 7.4.

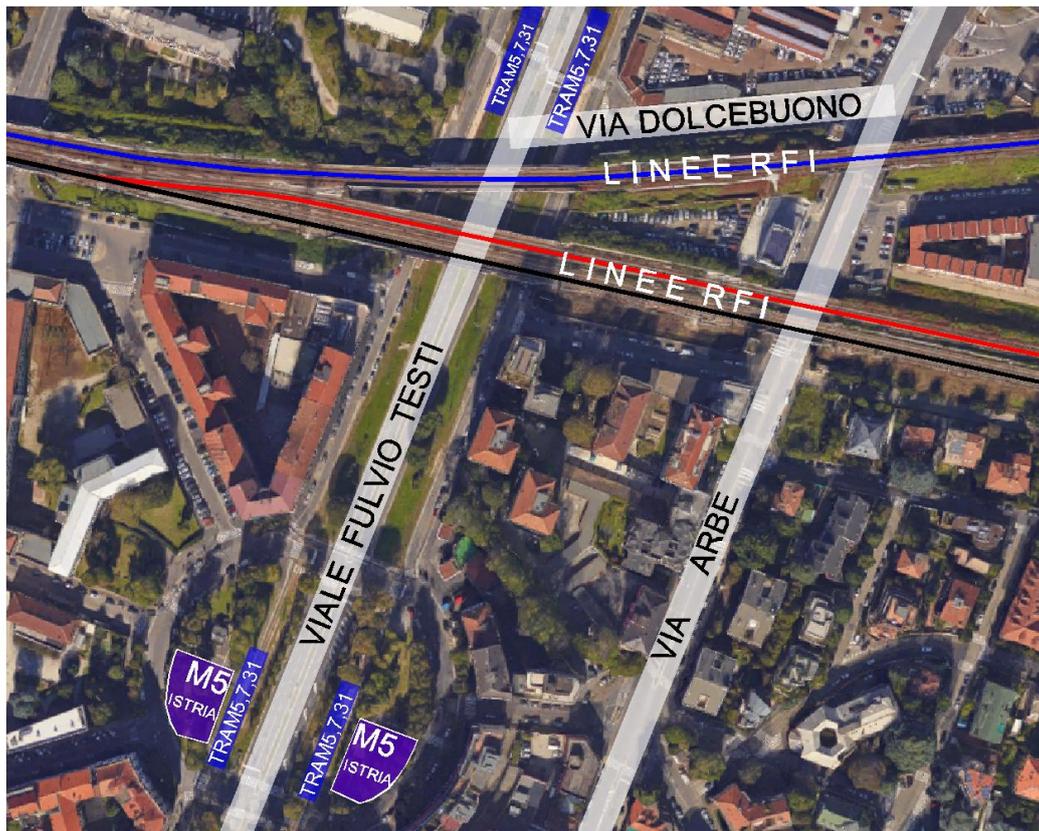


Figura 7.4: posizionamento delle fermate della metropolitana "Istria M5" e della tranvia "Istria" e "v.le F. Testi – via Dolcebuono" rispetto la ferrovia (fonte Google)

7.1.2 Caratteristiche catastali

Si è consultata la banca dati catastale per conoscere l'appartenenza del territorio in cui si sta intervenendo, individuando le proprietà nell'intorno di Istria e Dergano.

7.1.2.1 Dergano

Le aree che toccano l'ingombro della massicciata ferroviaria sono prevalentemente del Comune di Milano come si vede dalla Figura 7.5 in cui le proprietà comunali sono delimitate dalla linea gialla. Questo faciliterà gli interventi sulla tratta ferroviaria in quanto lo spazio per ospitare la fermata di cintura è quasi completamente disponibile.

Appartiene al Comune anche la zona in corrispondenza dell'intersezione dell'infrastruttura ferroviaria col viale Enrico Fermi ed il museo botanico ad esso attiguo. Questa è la zona che, molto probabilmente, sarà attraversata dal percorso pedonale che collegherà la fermata di Dergano con l'ospedale di Niguarda, e che necessiterà quindi di adeguamenti per agevolare il passaggio dei pedoni.

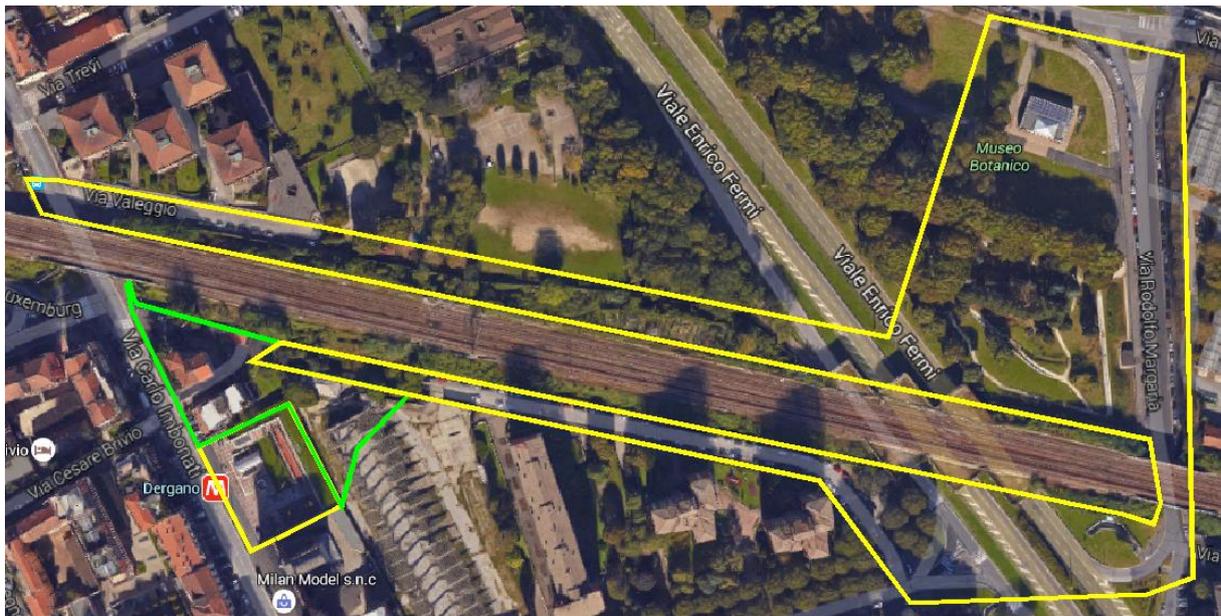


Figura 7.5: mappa delle proprietà delle aree di Dergano, in **giallo le proprietà del Comune**, in **verde le proprietà private** (fonte: catasto)

L'unico tratto di massicciata che non confina con proprietà comunali, bensì con il Concessionario Volkswagen "Nani Autoveicoli", è quello nell'angolo individuato dall'intersezione tra la ferrovia e via Carlo Imbonati. Si è ritenuto opportuno segnalare questo fatto in quanto l'area in questione potrebbe essere un luogo di accesso ideale alla fermata, essendo il punto più vicino alla fermata di M3.

7.1.2.2 Istria

Le aree confinanti con l'ingombro della massicciata ferroviaria sono di proprietà della rete ferroviaria per l'intero tratto tra Viale Fulvio Testi e Via Arbe. Le aree ad esse attigue sono private, ma sufficientemente distanti dalla massicciata e non occupano lo spazio potenzialmente utilizzabile per le fermate.

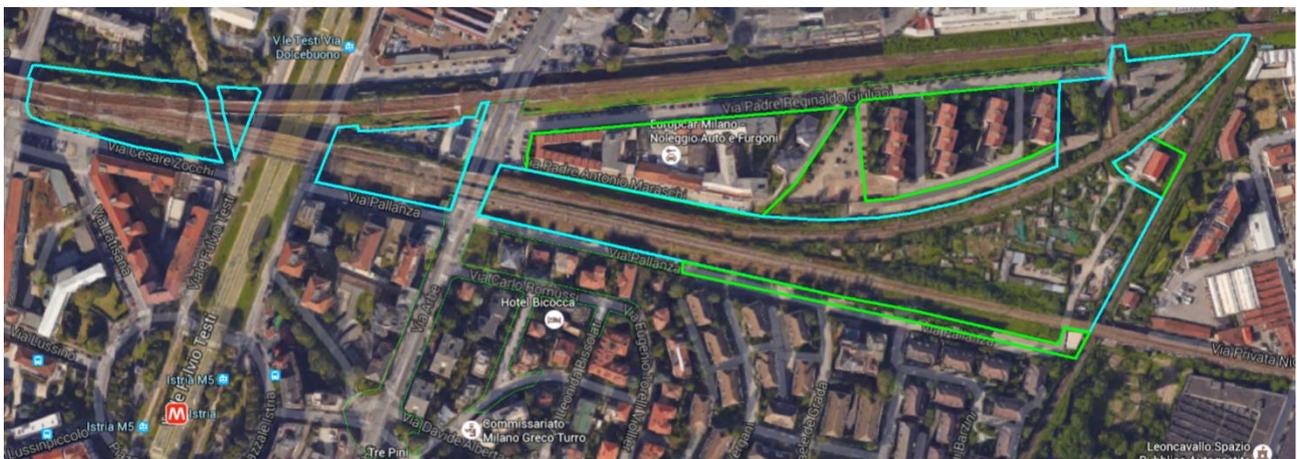


Figura 7.6: mappa delle proprietà delle aree di Istria, in **azzurro le proprietà della rete ferroviaria**, in **verde le proprietà private** (fonte: catasto)

7.2 Ipotesi di layout schematici per le fermate

Per le due fermate si ipotizzeranno varie opzioni relative al posizionamento di binari e banchine, intervenendo spostando i binari di cintura in modo da generare lo spazio necessario. Per quanto riguarda l'infrastruttura esistente, come detto, è composta, nel tratto nei pressi di Istria, da 6 binari. Di questi, i due più a nord appartengono alla Torino Novara (in blu negli schematici di seguito), i due più a sud provengono da Lambrate (cintura est, in nero negli schemi) e i due centrali da Greco Pirelli (in rosso), e si congiungono con la cintura proprio in corrispondenza di Istria. Per questo da qui verso ovest i binari saranno solamente quattro, configurazione che si avrà anche a Dergano.

7.2.1.1 Dergano

Si interverrà, come detto, solamente sui binari marcati in nero nella Figura 7.7, in modo da lasciare inalterata la circolazione sulla tratta Torino-Novara (in blu).



Figura 7.7: Schematico dell'infrastruttura ferroviaria nei pressi di Dergano (asse dei binari); in blu i binari della Torino Novara, in nero quelli della cintura Nord (fonte Google)

7.2.1.2 Istria

In questa zona i binari della diretta Torino–Novara si distaccano dalla cintura, quindi l'intervento può svilupparsi sia verso sud che verso nord. La cintura è infrastrutturalmente composta da due doppi binari in seguito allo sdoppiamento a ovest si Istria, e si può modificare il tracciato sia della tratta verso Greco che della tratta verso Turro.



Figura 7.8: Schematico dell'infrastruttura ferroviaria nei pressi di Istria (asse dei binari); in blu i binari della Torino Novara, in nero quelli della cintura Nord ed in rosso quelli di Monza e Brianza (fonte Google)

7.2.2 Confronto tra le alternative ipotizzate per le fermate Dergano e Istria

Le alternative del layout delle fermate sono schematizzati nelle seguenti tabelle, e confrontate in base ad alcuni parametri ritenuti significativi nell'ottica di valutare, sia per Dergano (Tabella 7.1) che per Istria (Tabella 7.2), l'opzione migliore.

Nelle seguenti tabelle, a capo di ogni colonna, ci sono gli schematici alternativi delle fermate: si consideri la Figura 7.7 e Figura 7.8 per l'interpretazione dei binari in essi rappresentati.

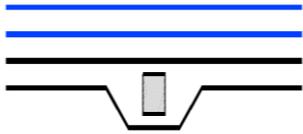
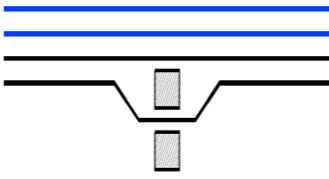
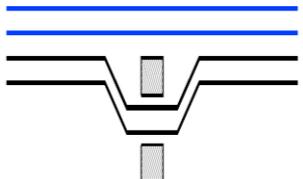
		DERGANO		
				
		Opzione 1	Opzione 2	Opzione 3
complessità tecnica	allargamento sede	contenuto	consistente	molto consistente
	costruzione nuovi manufatti	banchine: 1 sottopassi: 2 rampe di scale: 2 ascensori: 1	banchine: 2 sottopassi: 2 rampe di scale: 4 ascensori: 2	banchine: 2 sottopassi: 2 rampe di scale: 4 ascensori: 2
lavorazioni cantiere	durata lavorazioni	1) allargamento massicciata 2) spostamento binari 3) costruzione banchina	1) allargamento massicciata 2) spostamento binari 3) costruzione banchina X2	1) allargamento massicciata 2) spostamento binario pari 3) spostamento binario dispari 4) costruzione banchina X2
	banalizzazione binario	dispari cintura	dispari cintura, più duratura	pari e dispari cintura
impatto ambientale	spostamento verso proprietà private	avvicinamento a concessionario	eccessivo avvicinamento a concessionario	probabile impossibilità di realizzazione dovuta al concessionario
	espansione verso strade o marciapiedi	avvicinamento a strada di accesso a palazzi	estremo avvicinamento a strada chiusa con scarsissimo traffico	possibile sconfinamento nella sede stradale
	inquinamento acustico	incrementato, causa avvicinamento binario alle abitazioni	incrementato, causa avvicinamento binario alle abitazioni	notevolmente incrementato, causa avvicinamento di due binari alle abitazioni
costi		contenuti	medi	consistenti
criticità funzionali		banchina a isola	spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito	spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito

Tabella 7.1: confronto tra le opzioni di configurazione della fermata di Dergano

In seguito al confronto esposto in Tabella 7.1 si evince che l'alternativa migliore è l'opzione 1 rispetto tutti i parametri considerati.

Riguardo le criticità funzionali si sottolinea che una banchina ad isola può risultare più problematica rispetto i flussi pedonali di passeggeri, essendo la banchina dedicata sia ai passeggeri saliti o discesi sia dal treno circolante sul binario pari che quello sul binario dispari. Questa problematicità si manifesta particolarmente nel caso in cui i due treni nelle due direzioni opposte effettuino la fermata contemporaneamente, eventualità che può sussistere anche se l'orario non la prevedrà, per esempio in caso di possibili ritardi.

Riguardo gli altri aspetti l'opzione 1 risulta di gran lunga la migliore. La configurazione di banchina ad isola riduce notevolmente il numero di manufatti da costruire, risultando di conseguenza la più economica. Essendoci una sola banchina, l'espansione della sede ferroviaria è relativamente contenuta rispetto le altre alternative, per questo la 1 è la soluzione meno impattante sull'ambiente sia per quanto riguarda l'occupazione del suolo che l'inquinamento acustico, dato il contenuto avvicinamento del binario alle abitazioni.

Per quanto riguarda la banalizzazione del binario, gli effetti sulla circolazione possono risultare problematici per alcune ore della giornata.

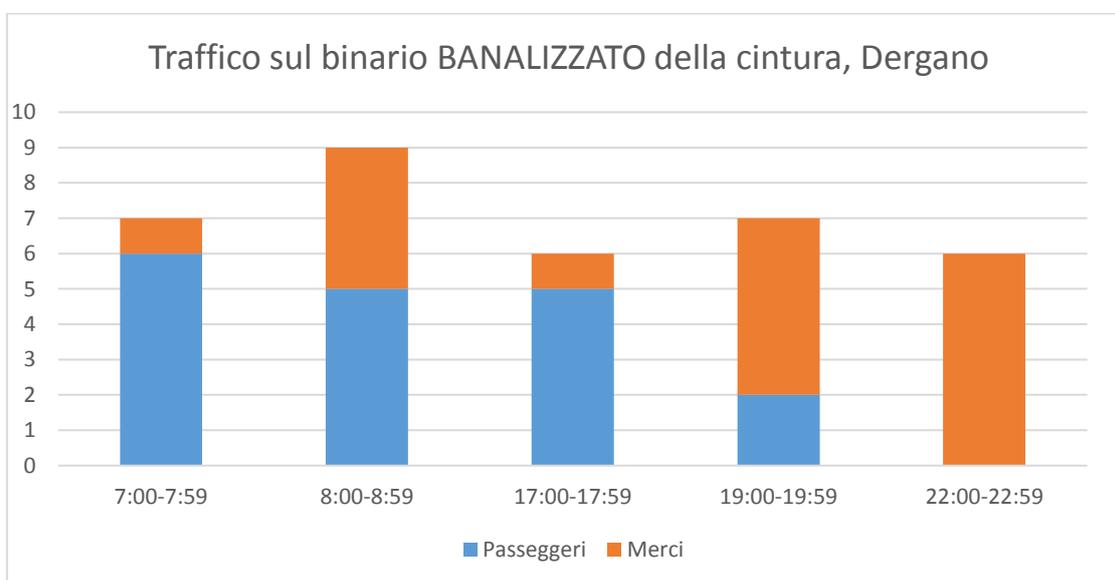


Grafico 7.1: traffico passante per Dergano sul binario banalizzato della cintura nord nel caso non si effettuasse la riprogrammazione dell'orario (fonte RFI)

Si evince che nell'ora di punta 8:00 – 9:00 non è possibile gestire un traffico di nove treni, quattro di cui merci. Per questo si necessita la riprogrammazione degli orari dei treni merci, ridistribuendo le corse merci in orari meno trafficati, mantenendo inalterate invece le corse dei regionali.

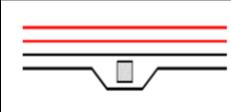
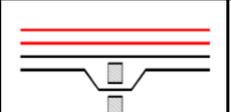
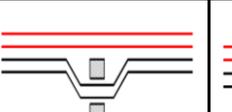
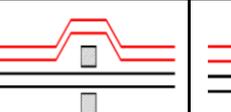
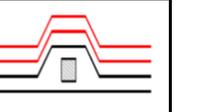
		ISTRIA				
						
		Opzione 1	Opzione 2	Opzione 3	Opzione 4	Opzione 5
complessità tecnica	allargamento sede	contenuto	consistente	molto consistente	molto consistente	contenuto
	costruzione nuovi manufatti	banchine: 1 sottopassi: 2 rampe di scale: 2 ascensori: 1	banchine: 2 sottopassi: 2 rampe di scale: 4 ascensori: 2	banchine: 2 sottopassi: 2 rampe di scale: 4 ascensori: 2	banchine: 2 sottopassi: 2 rampe di scale: 4 ascensori: 2	banchine: 1 sottopassi: 2 rampe di scale: 2 ascensori: 1
lavorazioni cantiere	durata lavorazioni	1) allargamento massicciata 2) spostamento binari 3) costruzione banchina	1) allargamento massicciata 2) spostamento binari 3) costruzione banchina X2	1) allargamento massicciata 2) spostamento binario pari 3) spostamento binario dispari 4) costruzione banchina X2	1) allargamento massicciata 2) spostamento binario dispari 3) spostamento binario pari 4) costruzione banchina X2	1) allargamento massicciata 2) spostamento primo binario 3) spostamento secondo binario 4) spostamento terzo binario 5) costruzione banchina X2
	deviazione della circolazione	deviazione dei treni Turro sui binari Greco	deviazione dei treni Turro sui binari Greco	deviazione dei treni Turro sui binari Greco	deviazione dei treni Greco sui binari Turro oppure utilizzo banalizzato dei binari pari e dispari di Greco	1) spostamento dei treni Greco sui binari Turro 2) seguito dallo spostamento dei treni Turro sui binari Greco
impatto ambientale	espansione verso strade o marciapiedi	avvicinamento a strada moderatamente trafficata	estremo avvicinamento a strada moderatamente trafficata	possibile sconfinamento nella sede stradale	nessun problema	nessun problema
	inquinamento acustico	incrementato, causa avvicinamento binario alle abitazioni	incrementato, causa avvicinamento binario alle abitazioni	notevolmente incrementato, causa avvicinamento di due binari alle abitazioni	decrementato perché due binari vengono allontanati dalle abitazioni	notevolmente decrementato perché tre binari vengono spostati dalle abitazioni
costi		contenuti	medi	consistenti	consistenti	consistenti
criticità funzionali		>banchina a isola >interferenza con manufatto all'incrocio via Pallanza-via Arbe	>spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito >interferenza con manufatto all'incrocio via Pallanza-via Arbe	>spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito >interferenza con manufatto all'incrocio via Pallanza-via Arbe	>spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito >interferenza con manufatto in via Arbe	>spazio inutilizzato tra la banchina centrale e il binario non servito >interferenza con manufatto in via Arbe

Tabella 7.2: confronto tra le opzioni di configurazioni della fermata di Istria

Dalla Tabella 7.2 è esposto il raffronto tra le opzioni possibili riguardo il layout della fermata di Istria. Per scegliere l'alternativa è necessario decidere quale parametro di valutazione ha più importanza.

L'opzione 1 prevale ancora una volta riguardo l'occupazione del suolo, la facilità di intervento e la realizzazione tecnica, risultando per questo anche la più economica. È utile fare presente, tuttavia, che l'area compresa tra la ferrovia di cintura e la ferrovia dedicata alla linea Torino-Milano è di proprietà della rete ferroviaria, e quindi ci si può espandere verso quella direzione senza impatto su abitazioni o altre proprietà private. In merito a questo si è deciso di optare per la soluzione di intervenire sui binari passanti per Greco, spostandoli a nord, piuttosto che su quelli passanti per Turro, evitando di avvicinarsi alle residenze, occupando invece l'area già di per sé nascosta ed inaccessibile che si trova tra la ferrovia di cintura e il tratto di linea Milano – Torino.

Assodato questo concetto, dal confronto tra le alternative 4 e 5 si sceglie quella meno onerosa e che meno interferisce col traffico di treni, cioè la Opzione 4.

Dovendo intervenire sulla circolazione si decide di costruire manufatti che consentano l'inserimento di deviatori a ovest e a est del cantiere per spostare il traffico completamente sui binari passanti per Greco, senza avere la necessità di banalizzare.

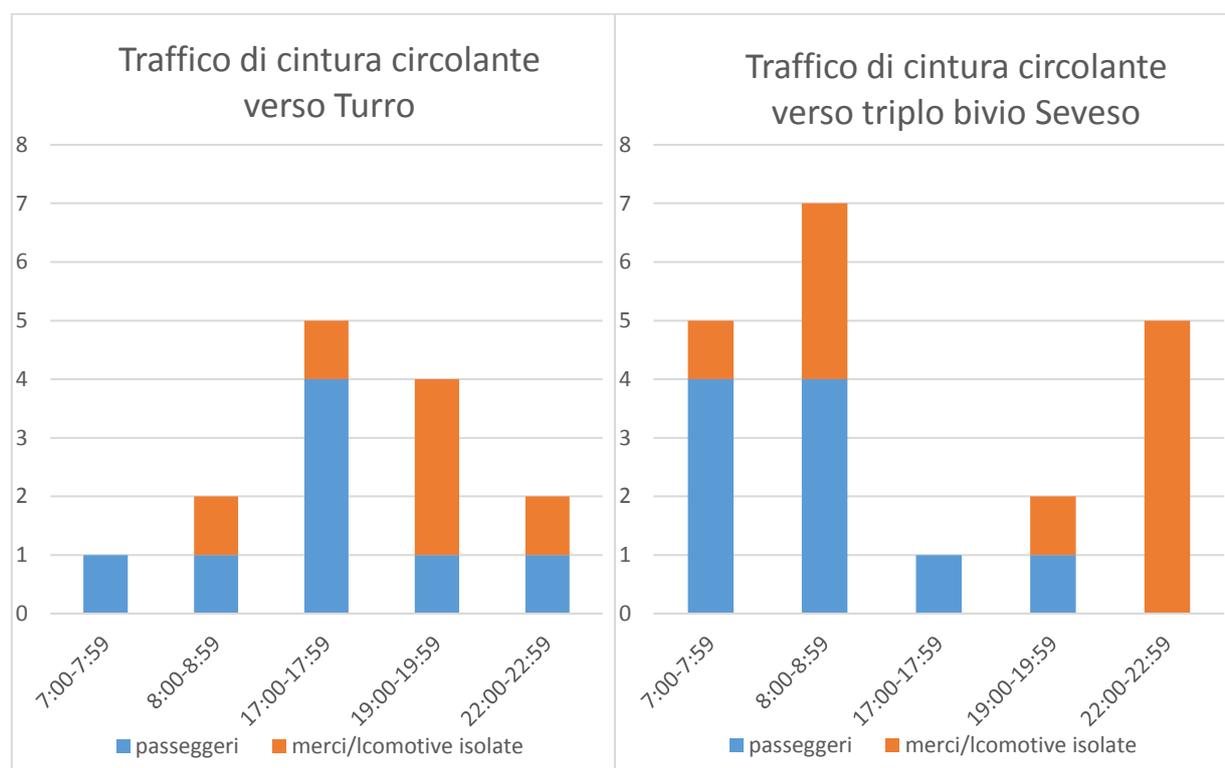


Grafico 7.2 e Grafico 7.3: effetto della deviazione dei treni della linea passante per Turro sui binari della linea passante per Greco (fonte RFI)

Dai grafici sopra si vede come la gestione di 7 treni nell'ora di picco 8:00-9:00 può risultare troppo problematica nel caso in cui i tre merci transitanti siano particolarmente lenti e lunghi. Eventualmente si ridistribuirà la loro circolazione in orari meno trafficati.

L'opzione 4 comporta la criticità di smantellare il fabbricato di Figura 7.9, valutando se tale operazione è possibile, e, se sì, quali azioni comporterebbe.



Figura 7.9: Istria, in evidenza in verde il fabbricato che comporta problematiche per l'opzione 4 (fonte Google)

7.3 Progettazione Funzionale di Massima dell'Accessibilità,

Nel presente elaborato di tesi si vuole sviluppare la parte di progettazione funzionale di massima dell'accessibilità. Più precisamente si tratta di definire le caratteristiche e gli elementi della fermata finalizzati alla fruizione degli utenti, ossia collegamenti verticali e ogni altra dotazione di percorso. In seguito si estenderà questa analisi di accessibilità anche al contesto urbano in cui le fermate si inseriscono, focalizzandosi sui percorsi pedonali ritenuti di maggiore rilevanza che connettono le fermate stesse con i principali poli attrattori dell'area di interesse (fermate di altre modalità di trasporto o grandi centri di interesse sociale).

Per progetto tradizionale si intende la definizione delle caratteristiche geometriche e funzionali della fermata seguendo le normative vigenti. Nello specifico si sono applicate le seguenti norme:

- Linee guida RFI, Luglio 2014: "Progettazione di piccole stazioni e fermate. Dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali". Tali linee guida sono date dal confronto tra le Specifiche Tecniche di Interoperabilità e le norme tecniche di RFI, che sono state così unite scegliendo le prescrizioni più in sicurezza tra le due e integrando le eventuali mancanze.
- Norma Italiana UNI 7744, seconda edizione, Settembre 1998: "Corridoi, scale fisse, scale mobili e ascensori nelle stazioni" (direttive di progettazione).

Si osserva che le normative sopra indicate riportano semplicemente i requisiti minimi di progettazione, che impongono alcuni vincoli per il dimensionamento. I requisiti che una fermata dovrebbe avere per essere correttamente funzionante e per garantire un adeguato livello di servizio devono essere commisurati al

numero di persone che la frequentano, come infatti suggerisce la normativa relativamente al dimensionamento degli spazi di attesa e dei percorsi. Tuttavia al giorno d'oggi non esiste alcun criterio universalmente riconosciuto che permetta di esprimere le dimensioni geometriche e le caratteristiche funzionali in base al numero di persone presenti, e la normativa lascia una lacuna riguardo questo aspetto, rimandando completamente la risoluzione di questa problematica al buonsenso e alle capacità del progettista.

Le stazioni della rete sono classificate in base a parametri di valutazione come frequentazione, caratteristiche dimensionali, importanza della località servita. Si individuano così quattro categorie:

1. Platinum: grandi impianti
2. Gold: impianti medio-grandi
3. Silver: impianti medio-piccoli
4. Bronze: impianti con bassa frequentazione

La "linee guida RFI" trova campo di applicazione nelle categorie 3 e 4, ossia quelle con scarsa frequentazione. Le fermate di Istria e Dergano, secondo l'ipotesi di cui al paragrafo 6.4.8 che vede la linea S16 che serve le 13 fermate della cintura nord con frequenza di 15 minuti, sono di tipo "silver" in quanto sono frequentate quotidianamente da più di 500 passeggeri, precisamente da 1871 per Dergano e da 1520 per Istria.

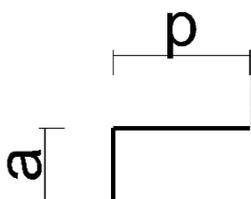
7.3.1 Determinazione delle dimensioni caratteristiche

7.3.1.1 Sottopassaggi

I sottopassi di accesso sono stati progettati rispettando il minimo di normativa che impone una larghezza minima di 3m e una altezza di 2,5m. Tuttavia, siccome essi saranno realizzati tramite la tecnica dello spingitubo, è meglio avere l'estradosso del prefabbricato più vicino possibile al piano del ferro, e la loro altezza sarà indicativamente di 6m, pari circa a quella del rilevato ferroviario. Non si è entrati più precisamente nel merito in quanto la progettazione strutturale non rientra nell'obiettivo della presente tesi.

7.3.1.2 Scale

Le scale sono progettate applicando le linee guida di RFI e la UNI 7744. La larghezza libera delle scale deve essere progettata al netto degli spazi aggiuntivi necessari (per esempio per l'aggiunta del corrimano), e deve essere multipla di 60cm, ma non inferiore di 180cm. Uno scalino è determinato da alzata "a" e pedata "p", che devono rispettare, secondo la UNI 7744, le seguenti prescrizioni:



$$2a + p = 62cm - 64cm$$

$$a_{MASSIMA} = 16cm$$

Figura 7.10: caratteristiche geometriche del gradino secondo la norma tecniche UNI 7744

Si è scelta nella fattispecie una alzata di 16cm e una pedata di 30cm, ponendo pianerottoli di 120cm tra le rampe consecutive, che per dare maggiore comodità ai passeggeri sono state progettate al massimo di sedici gradini ciascuna.

La rampa di scale può essere, per le stazioni non interrato, al massimo di 20 gradini e, tra una rampa e l'altra, ci deve essere un pianerottolo lungo almeno 120cm, misurato lungo l'asse longitudinale della scala. L'altezza libera che ci deve essere sopra la scala viene misurata dagli spigoli del gradino e deve essere almeno di 2,3m, come mostrato in Figura 7.11.

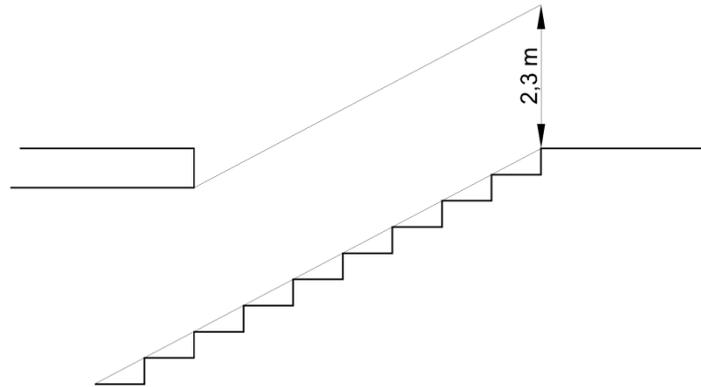


Figura 7.11: altezza libera minima sopra la scala (fonte: Norma Italiana UNI 7744)

Per rispettare il requisito minimo di 2,3m di altezza sopra lo spigolo del gradino occorrono 26 gradini di discesa, considerando un ingombro di 1,86m tra l'intradosso e il piano del marciapiede che comprende l'altezza del marciapiede e lo spessore del fabbricato della scala. Come mostrato in Figura 7.12, ne consegue un vano scala che sulla superficie di calpestio del marciapiede risulta lungo 9,6m

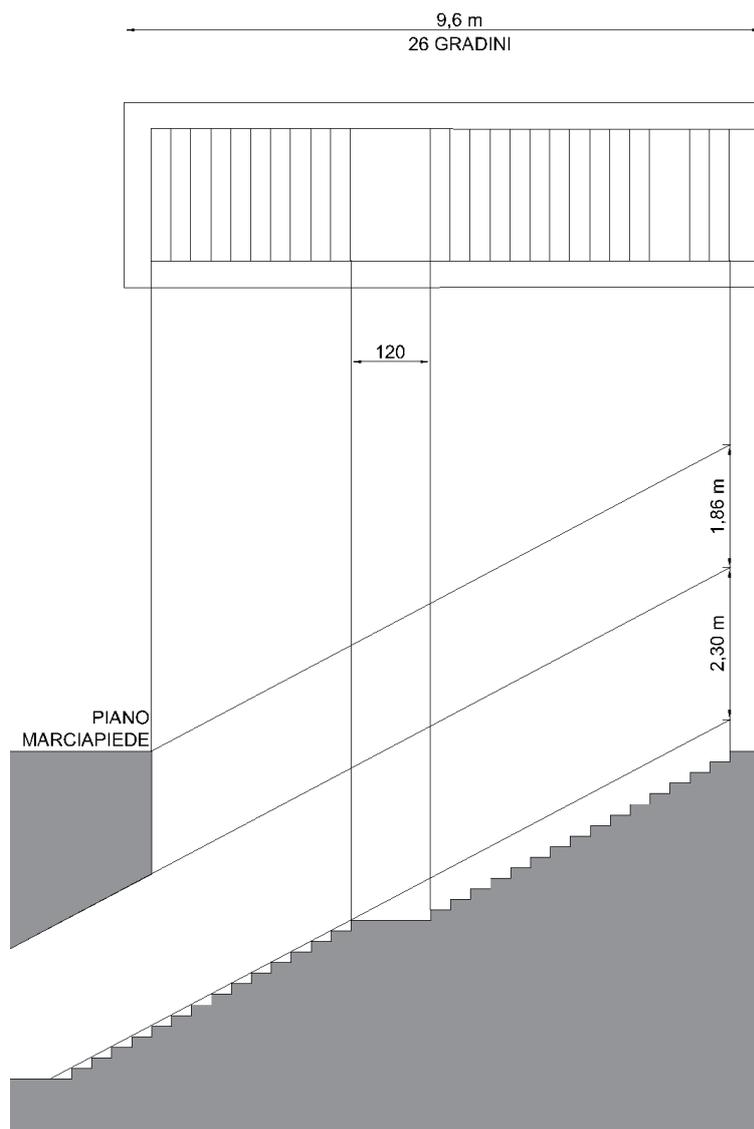


Figura 7.12: schema geometrico delle scale di accesso scelto per il progetto delle fermate di Istria e Dergano

7.3.1.3 Marciapiedi di fermata o banchine

Il marciapiede è finalizzato ad accogliere i passeggeri durante l'attesa dei treni, e sono composti da una superficie dedicata all'attesa ed un'area detta fascia di sicurezza od area di pericolo, che ha la funzione di garantire una minima distanza tra il passeggero in attesa e il treno in arrivo o in transito. Le linee guida suggeriscono una superficie tale da garantire orientativamente 1 viaggiatore/mq in situazioni normali, mentre la condizione di massimo sovraffollamento è di 4 viaggiatori/mq. La lunghezza dei marciapiedi deve essere scelta tra alcune misure standard: 125m, 250m, 400m in funzione della tipologia del traffico. Per adeguarsi ai treni che effettueranno fermate a Istria e Dergano si è optato per una banchina lunga 250m, utile ad accogliere i treni del servizio regionale, i più lunghi previsti. L'altezza del marciapiede è pari a 550mm sul piano di rotolamento, soluzione che si adotta normalmente per garantire la salita e la discesa dal treno anche alle persone di ridotta mobilità.

La larghezza minima dei marciapiedi è imposta in base alla presenza o meno degli ostacoli sulla banchina, al fine di garantire uno spazio sufficiente per il passaggio di due persone in direzioni opposte. In corrispondenza delle sezioni prive di ostacoli, la larghezza minima, comprensiva della fascia di sicurezza, deve essere di 2.500mm. Se sono presenti ostacoli sul marciapiede la norma impone le caratteristiche geometriche sotto descritte: si farà riferimento a una lunghezza ostacolo compresa tra 1.000mm e 10.000mm perché l'ostacolo in questione è il vano scala che, come detto in precedenza, ha una lunghezza di 9.600mm. Per cui la larghezza minima totale del marciapiede prevista dalla norma è 2.000mm e la distanza tra il bordo interno dell'area di pericolo e l'ostacolo deve essere almeno pari a 1.200mm. Per quanto riguarda il posizionamento della banchina rispetto al binario, le linee guida distinguono vari casi in funzione della velocità di passaggio del treno e della lunghezza dell'ostacolo. Per il caso in esame la velocità è inferiore a 150 km/h in rettilineo e gli ostacoli sono di lunghezza compresa tra 1.000mm e 10.000mm, pertanto la distanza tra il bordo interno del binario e il limite interno della fascia di sicurezza deve essere di 165mm. Sinteticamente tutto quello che è appena stato descritto è raffigurato nella Figura 7.13.

sicurezza devono invece rientrare nei limiti minimi di normativa, che sono rispettivamente 200cm e 120cm. Si può evincere dalle suddette distanze, la minima larghezza della fascia di sicurezza, ottenuta dalla seguente differenza riferita a Figura 7.13:

$$L_{\text{min sicurezza}} = 165\text{cm} - 80\text{cm} - 16,2\text{cm} = 68,8\text{cm}$$

Nella progettazione la larghezza dell'area di pericolo si arrotonda a 70 cm, mentre per la distanza tra bordo area pericolo e ostacolo si sceglie 200cm al fine di garantire più comodità ai passeggeri in attesa.

7.3.2 Fermata Istria

Si progetta l'inserimento della fermata di Istria in un modo che essa riesca, una volta in esercizio, ad assolvere le funzioni che sono state espone nel paragrafo 0 in merito alle aree da servire, che sono le varie fermate di metropolitana M5 e del tram, che si trovano tutte in via Fulvio Testi. Lo sviluppo della banchina sarà di 250m in lunghezza, e, per posizionarla, si deve tenere conto del vincolo che si incontra a ovest di via F.Testi illustrato in Figura 7.14, ossia il passaggio da 4 binari a 2 binari, che rappresenta il punto oltre il quale risulterebbe eccessivamente problematico il posizionamento della fermata.

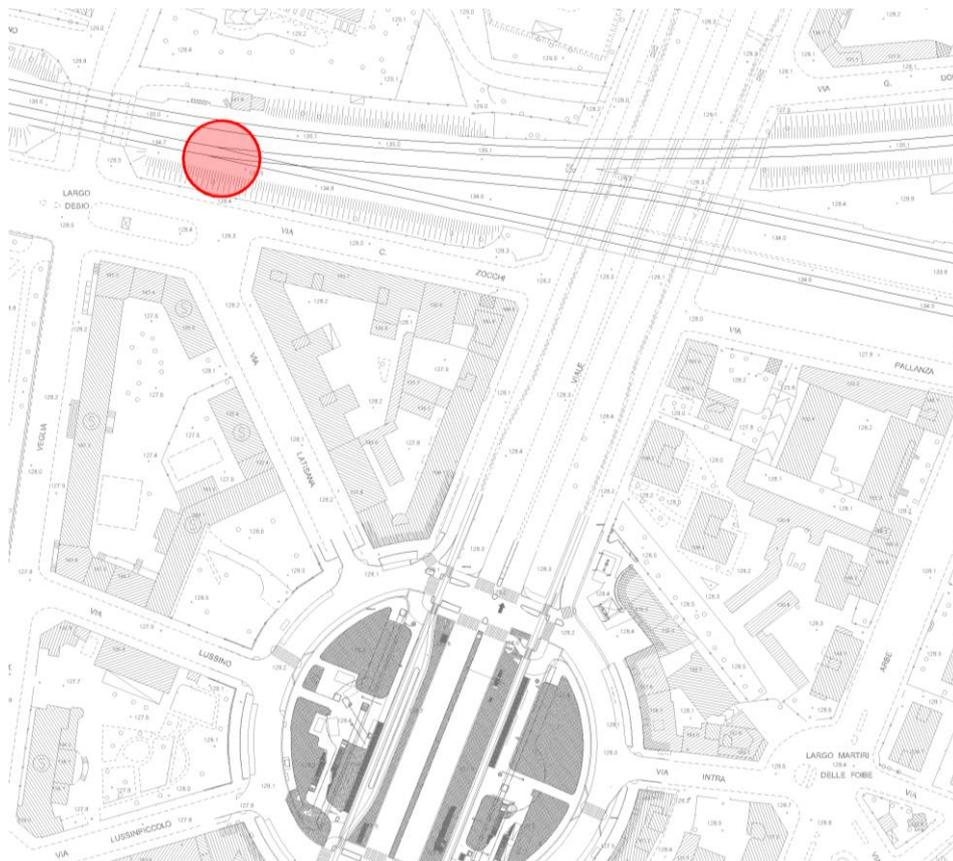


Figura 7.14: evidenziato in rosso il bivio tra i binari passanti per Greco Pirelli e quelli della cintura nord, rappresentati tramite la linea d'asse del binario (fonte MM)

Il primo accesso verrà posizionato ovviamente in corrispondenza di via F.Testi, punto più vicino alle fermate della metro e del tram. Si sceglie in particolare di ubicarlo sul marciapiede est della strada perché posizionarlo dal lato ovest risulterebbe troppo vicino all'estremità della banchina.

Per quanto riguarda il secondo accesso è stato necessario lo studio di due alternative possibili, che sono figlie del fatto che la banchina si sviluppa a cavallo di due ponti che scavalcano via Fulvio Testi e via Arbe. Gli accessi verticali, ovvero le rampe delle scale, devono essere tra loro a una distanza opportuna, commisurata alla lunghezza del treno che esegue la fermata. In merito alle considerazioni del paragrafo 9.2, si è ipotizzato di adottare un rotabile di tipo FLIRT (che tuttavia ha una lunghezza non molto diversa dal TSR, adottato attualmente per i trasporti ferroviari urbani milanesi, vedi Tabella 9.1). Essi sono treni composti solitamente da 6 carrozze più due motrici (adibite anch'esse ad accogliere i passeggeri al loro interno), di lunghezza rispettivamente 26,460m e 26,025m, per una lunghezza totale di:

$$L_{treno} = 74m * 2 = 148m$$

L'ideale sarebbe posizionare gli accessi distribuendoli più possibile uniformemente lungo il treno. Si studiano ora le due alternative al fine di individuarne la più vantaggiosa.

- **Alternativa 1: accessi vicini**

Con la prima alternativa gli accessi sono disposti in modo piuttosto ravvicinato, entrambi nello stesso tratto di banchina compreso tra due ponti. Messe a confronto le distanze tra gli accessi e la lunghezza del treno TSR si nota che i punti di imbocco delle scale e di ingresso agli ascensori sono distribuiti uniformemente lungo i 157m del convoglio; infatti le distanze quotate in Figura 7.15 sono tra loro piuttosto omogenee.

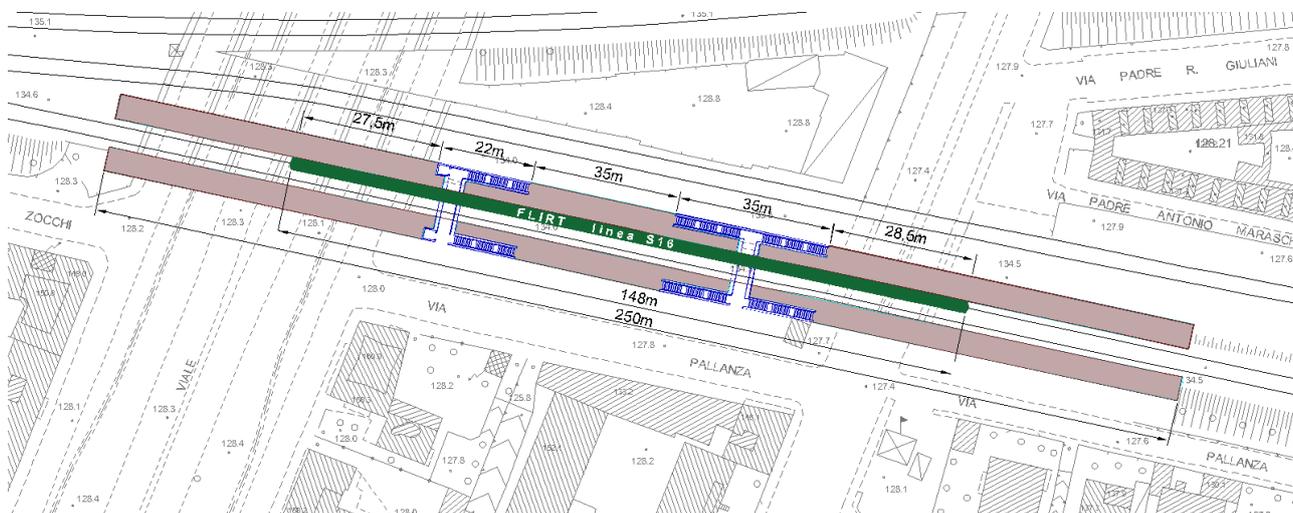


Figura 7.15: rappresentazione funzionale dell'alternativa con sottopassi ravvicinati. Sono quotate le distanze significative rispetto al treno TSR (in verde scuro) che esegue la fermata

- **Alternativa 2: accessi lontani**

Un'altra opzione è quella di posizionare il secondo sottopasso a est di via Arbe, al di là del ponte rispetto il primo. Questa alternativa non è molto funzionale se paragonata con la prima perché confrontando le distanze significative con la lunghezza del TSR si nota come l'ascensore e l'imbocco della rampa di scale più estrema coincidono con l'inizio e la fine del treno (Figura 7.16). Questo obbligherebbe la maggior parte dei passeggeri a percorrere una distanza troppo lunga, essendo la distanza tra gli imbocchi delle scale dei due sottopassi pari a 99m.

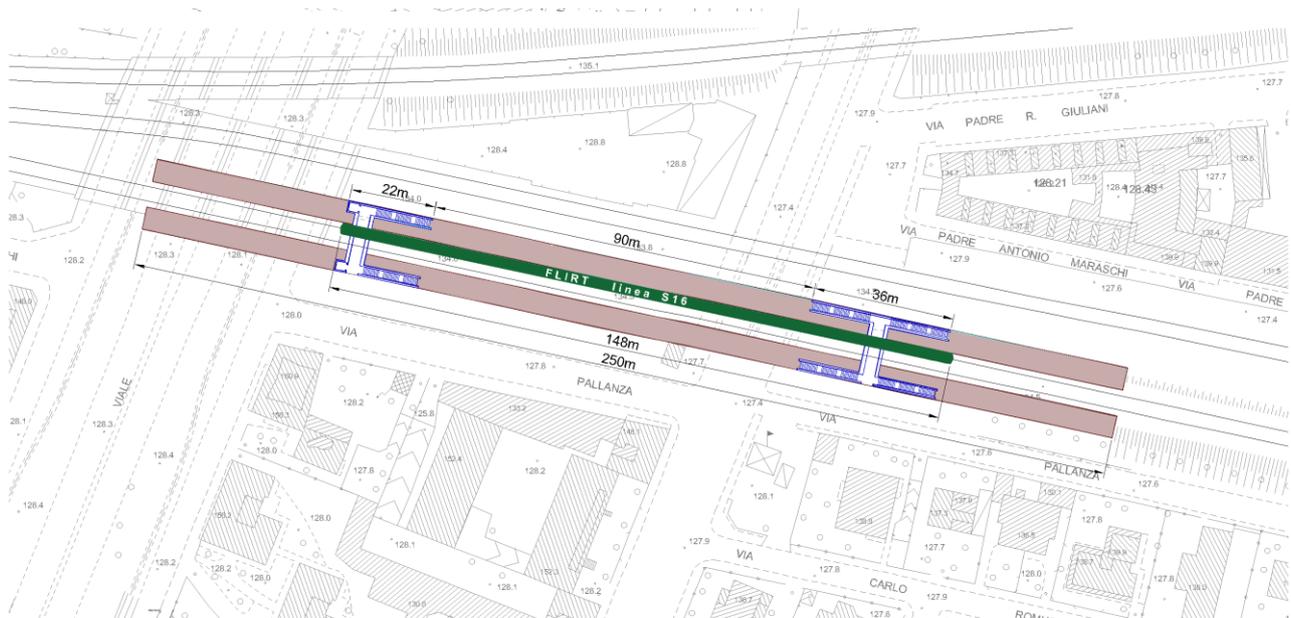


Figura 7.16: rappresentazione funzionale dell'alternativa con sottopassi lontani. Sono quotate le distanze significative rispetto al treno TSR (in verde scuro) che esegue la fermata

La soluzione che più si addice funzionalmente al servizio ferroviario urbano effettuato della linea S16 tramite il TSR è la "alternativa 1", con gli accessi alla fermata più vicini, layout che verrà adottato nel progetto funzionale.

7.3.3 Fermata Dergano

Per quanto riguarda la fermata ferroviaria nell'area di Dergano questa viene posizionata considerando il polo principale che è rappresentato dalla fermata Dergano M3. Come già visto i binari appartenenti alla cintura ferroviaria si trovano in rilevato. Un altro importante polo attrattore è l'ospedale maggiore Ca' Granda o Niguarda, sia per quanto riguarda il personale che gli utenti della stessa struttura. La banchina è di tipo a isola di lunghezza 250 metri e il numero di scale è pari a 4 le quali andranno a servire un numero di persone che è stimato generare dal modello CUBE, un movimento di oltre 1800 persone giornaliere. Il posizionamento di tale banchina non è stato molto difficoltoso per la stessa natura dei binari presenti e dello spazio disponibile.

Le vie principali servite sono Via Carlo Imbonati su cui si affaccia la fermata Dergano M3, l'altra strada servita è viale Enrico Fermi il quale però è una strada da essere attraversata dal percorso pedonale che porta all'ospedale Niguarda.

Come detto nel sottocapitolo precedente i treni utilizzati per il servizio suburbano sono i TSR di lunghezza 157 metri.

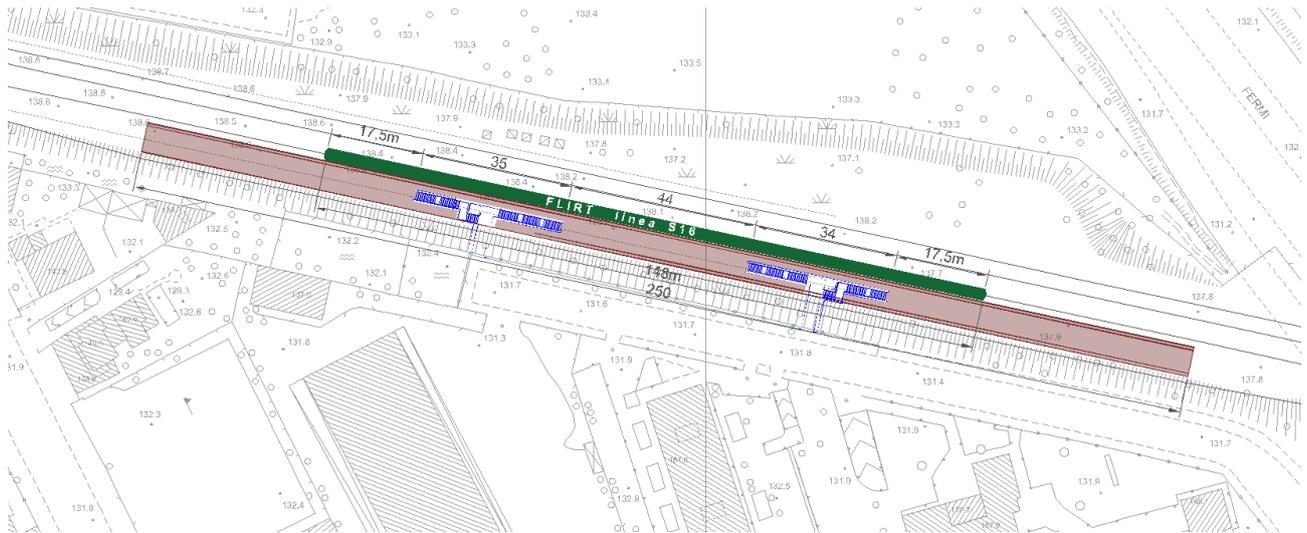


Figura 7.17: rappresentazione schematica della fermata di Dergano

Come si vede dall'immagine le 4 scale sono state posizionate nel seguente modo:

- Le 2 più a ovest sono le più vicine a Dergano M3: considerando la disponibilità dell'uso di un percorso pedonale che attraversi un pezzo terminale di un'area di un capannone in disuso, in questo modo si faciliterà il collegamento tra fermata ferroviaria e fermata della linea metropolitana.
- Le 2 scale più vicine a viale Enrico Fermi sono in realtà state allontanate dagli scatolari del sovrappasso ferroviario sul viale stesso in modo tale da tenersi in sicurezza dalle spalle della struttura stessa in modo da non dover modificare

La distanza minima tra le scale è di poco meno di 50 metri, invece quella massima è di poco più di 100 metri, il che è un buon compromesso per un treno di lunghezza 157 metri.

7.4 Contestualizzazione delle fermate nella viabilità Urbana

Nel sottocapitolo 4.3 si era spiegato come la singola infrastruttura e il singolo servizio debbano integrarsi nel sistema trasportistico globale in modo tale che l'utente che ne usufruisce sia in grado di compiere uno spostamento dalla sua origine alla destinazione ultima in modo confortevole e sicuro. In merito a questo è necessario che il progetto non si focalizzi prettamente sull'infrastruttura in progetto, ma si deve considerare anche il contesto in cui la si inserisce, in modo da facilitare lo spostamento dell'utente anche prima o dopo avere usufruito del servizio di progetto. Nel caso di una fermata ferroviaria, questo concetto si concretizza ottimizzando il potenziale percorso pedonale che l'utente utilizza per accedere ad essa, o per proseguire nel suo viaggio dopo averla abbandonata. Lo scopo del presente sottocapitolo è quello di studiare il movimento del passeggero nei momenti precedente e successivo all'utilizzo del servizio ferroviario, ed ottimizzare il possibile percorso in termini di sicurezza, confort ed interpretabilità.

7.4.1 Dergano

7.4.1.1 Creazione del percorso pedonale in via Carlo Imbonati

L'accesso della fermata ferroviaria Dergano Sarà nella via immediatamente vicina, parallela ai binari, che non ha però sbocchi in via Imbonati, e quindi risulta impossibile l'accesso alla fermata della metropolitana M3. Per questo è necessario creare un percorso pedonale espropriando un'area di estensione contenuta di proprietà privata (vedi Figura 7.5) che consenta ai pedoni di percorrere il tracciato illustrato in Figura 7.18

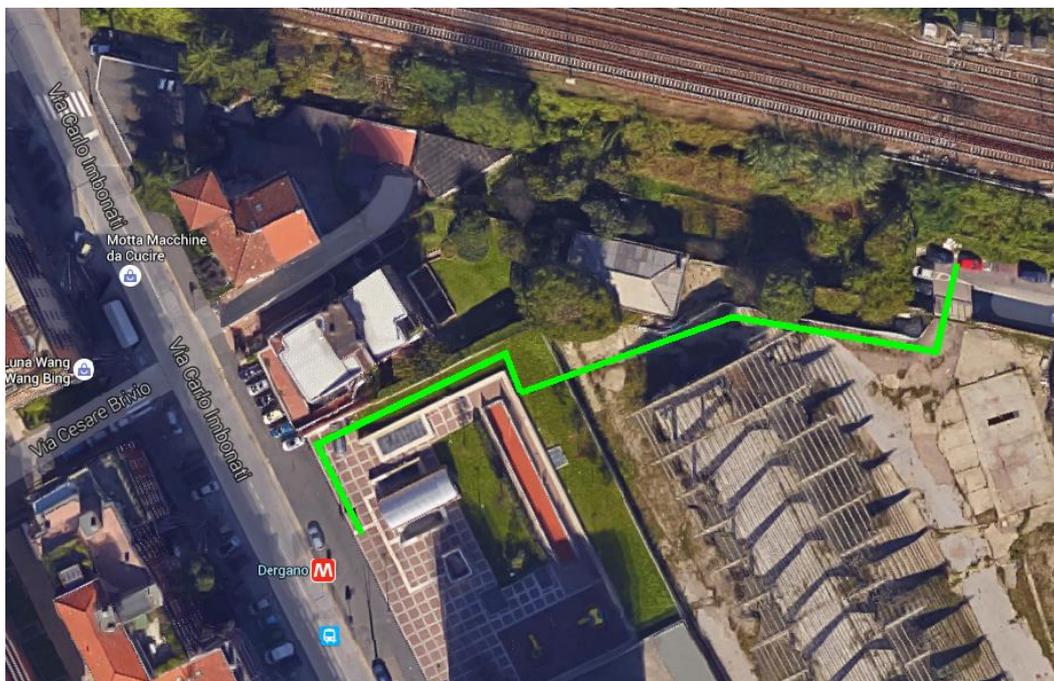


Figura 7.18: percorso di collegamento tra fermate di Dergano ferroviaria e metropolitana (fonte Google)

7.4.1.2 Adeguamento del sottopasso pedonale che attraversa viale Enrico Fermi

Il sottopasso pedonale è già esistente, ma dal punto di vista funzionale non è pensato per incanalare i flussi dalla fermata di Dergano in progetto all'ospedale.

Il braccio terminale del sottopasso lato ovest è rivolto dalla parte opposta rispetto la ferrovia, per cui sarebbe opportuna l'aggiunta di un ulteriore braccio che attraversa lo svincolo di via Cannero ed emerge rivolto verso la ferrovia (Figura 7.19).



Figura 7.19: confronto tra i percorsi attuale (a sinistra) e in caso di adeguamento del sottopasso pedonale (a destra) (fonte Google)

Dal lato verso l'ospedale, il percorso obbliga ad attraversare il sottopasso stradale di via Rodolfo Margaria per giungere all'ospedale, in cui le insufficienti larghezze dei marciapiedi non garantiscono né confort né sicurezza ai pedoni (Figura 7.20).

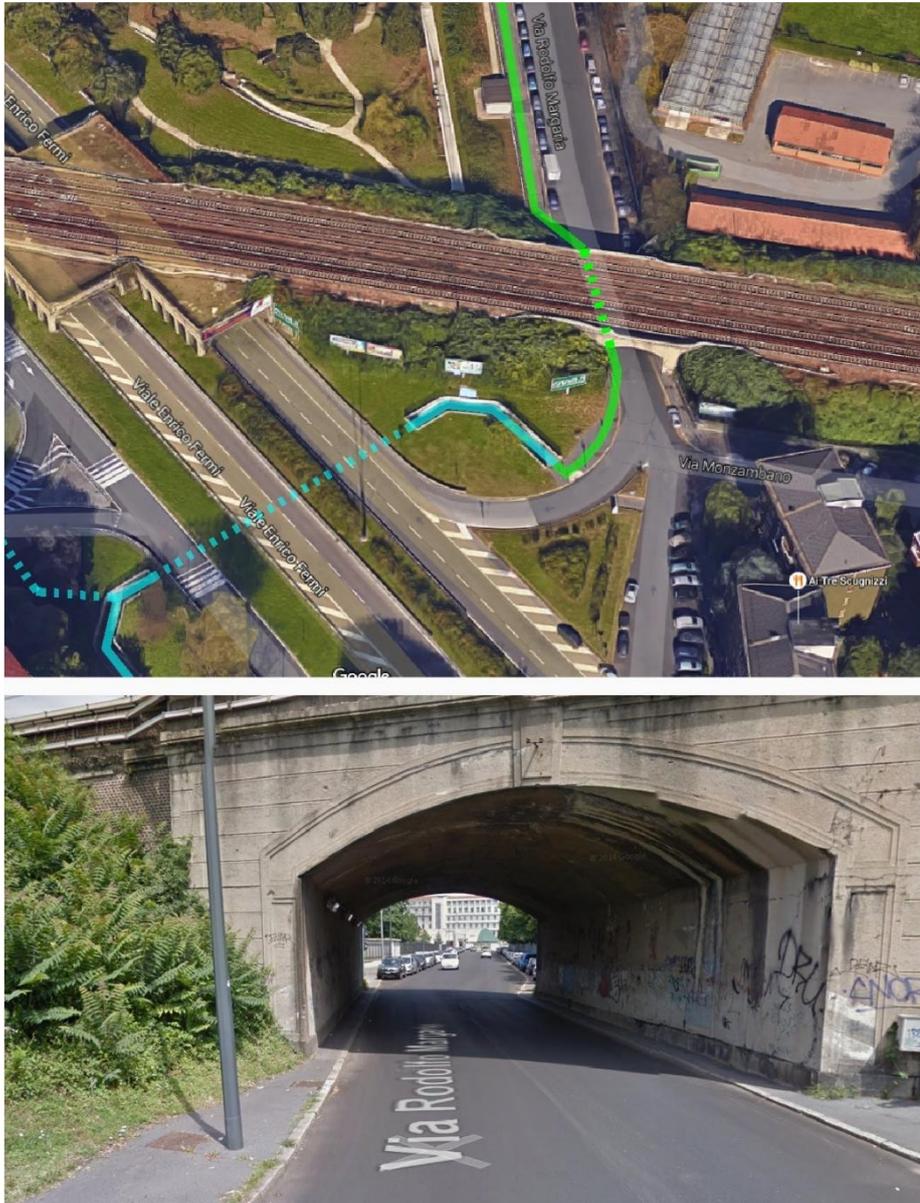


Figura 7.20: percorso pedonale passante per il sottopasso stradale (tratteggiato in verde) sopra; dettaglio del sottopasso stradale sotto (fonte Google)

L'adeguamento di questa strettoia è un passaggio critico: è necessario valutare se l'allargamento dei marciapiedi porterebbe ad un restringimento della carreggiata fuori norma.

Se così fosse, un'alternativa potrebbe essere quella di passare alla circolazione a senso unico alternato per il traffico veicolare di via R. Margaria, che consentirebbe la riduzione della carreggiata da due a una corsia, e di usare lo spazio sottratto per l'allargamento dei marciapiedi.

Un'ultima soluzione, che consentirebbe di lasciare inalterata la situazione del sottopasso stradale, sarebbe quella di affiancare ad esso un secondo manufatto scatolare che consentirebbe alla viabilità ciclopedonale di attraversare il rilevato ferroviario in sede propria, attraverso un sottopasso dedicato (Figura 7.21).

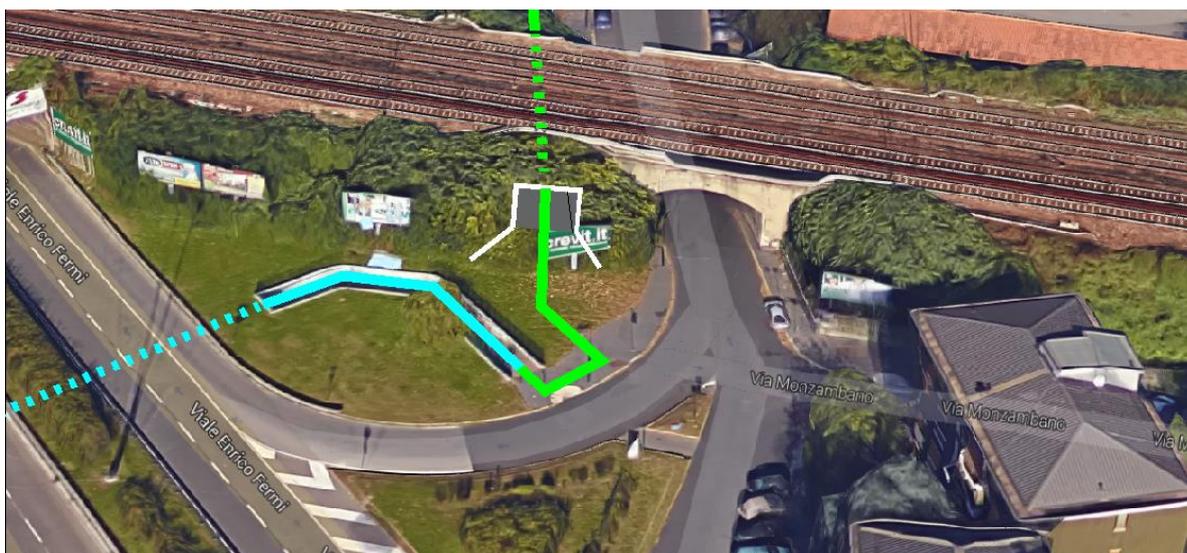


Figura 7.21: percorso ipotizzando un sottopasso ciclopedonale dedicato (fonte Google)

7.4.1.3 Segnaletica pedonale lungo tutto il percorso dalla fermata all'ospedale

L'adeguamento fisico della viabilità pedonale deve essere accompagnato dall'introduzione di una segnaletica utile al pedone ad individuare il percorso da seguire in entrambe le direzioni ospedale-fermata e fermata-ospedale. L'ubicazione dei segnali deve essere tale da attirare l'attenzione del pedone e di indirizzarlo nel corretto percorso, senza creare ambiguità e confusione. Quindi deve essere facilmente visibile e posta in punti di snodo del percorso (inizio, svolte, sottopassi ecc.). Nella Figura 7.22 si è riportato lo schema di ubicazione della segnaletica

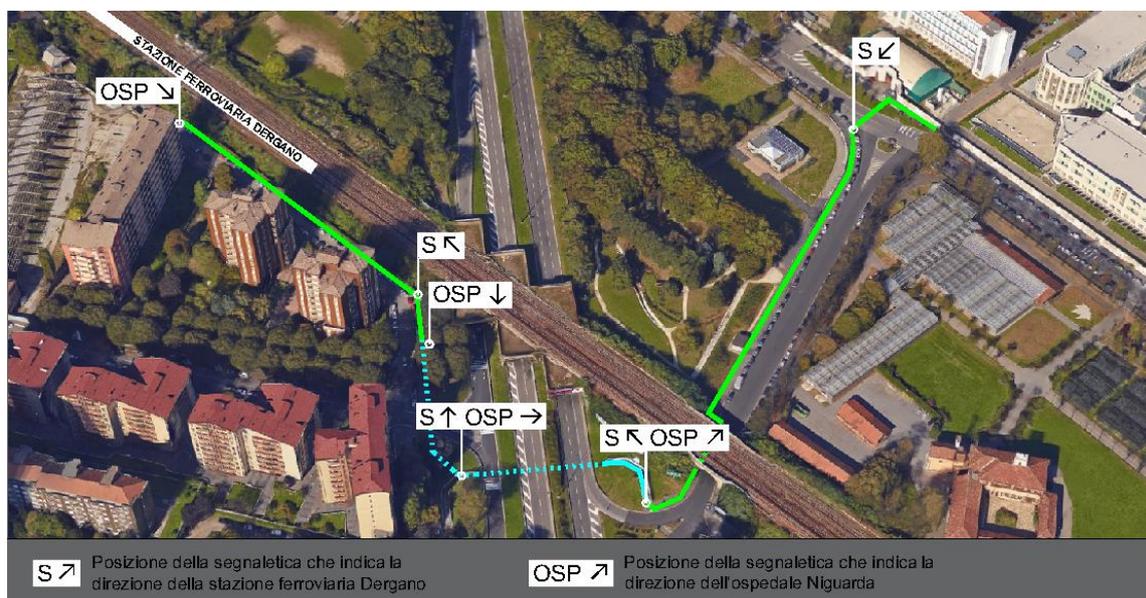


Figura 7.22: schematico dell'ubicazione della segnaletica sul percorso tra fermata ferroviaria di Dergano e ospedale Ca' Granda..
 Nota Bene: i contrassegni "OSP" e "S" sulla mappa indicano solamente la posizione del segnale e la direzione comunicata al pedone, ma **non** corrispondono al design reale del segnale. (fonte Google)

7.4.1.4 Ingresso dell'ospedale Niguarda in via Rodolfo Margana

L'ingresso dell'ospedale è ubicato in "piazza dell'ospedale maggiore", quindi sul lato est. Il percorso è mostrato in Figura 7.23 e prevede di percorrere una buona parte di perimetro dell'ospedale per entrare, allungando di molto la percorrenza. In merito a ciò si avanza l'ipotesi dell'introduzione di un nuovo ingresso sul lato sud, in via Rodolfo Margana, che sarebbe una soluzione di ingresso più comoda per i pedoni provenienti da sud. I percorsi relativi alle due situazioni sono confrontati in Figura 7.23

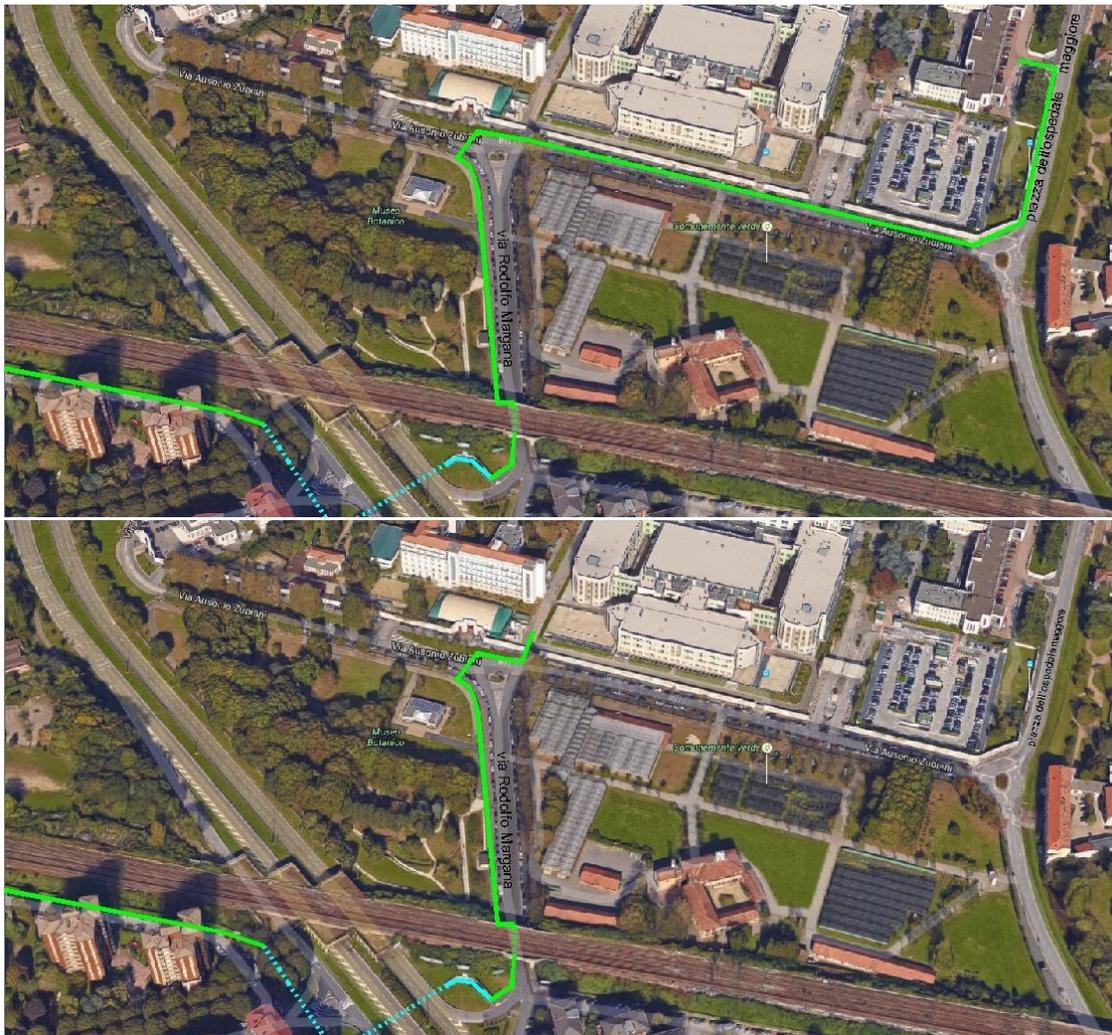


Figura 7.23: confronti dei percorsi di ingresso all'ospedale senza l'introduzione del nuovo ingresso (sopra) e senza introduzione del nuovo ingresso (sotto) (fonte Google)

7.4.1.5 Segnaletica pedonale lungo il percorso tra le fermata ferroviaria e metropolitana di Dergano
 Analogamente per quanto fatto per il percorso pedonale tra ospedale e franta, si progetta anche la segnaletica tra la fermata ferroviaria e quella della metro

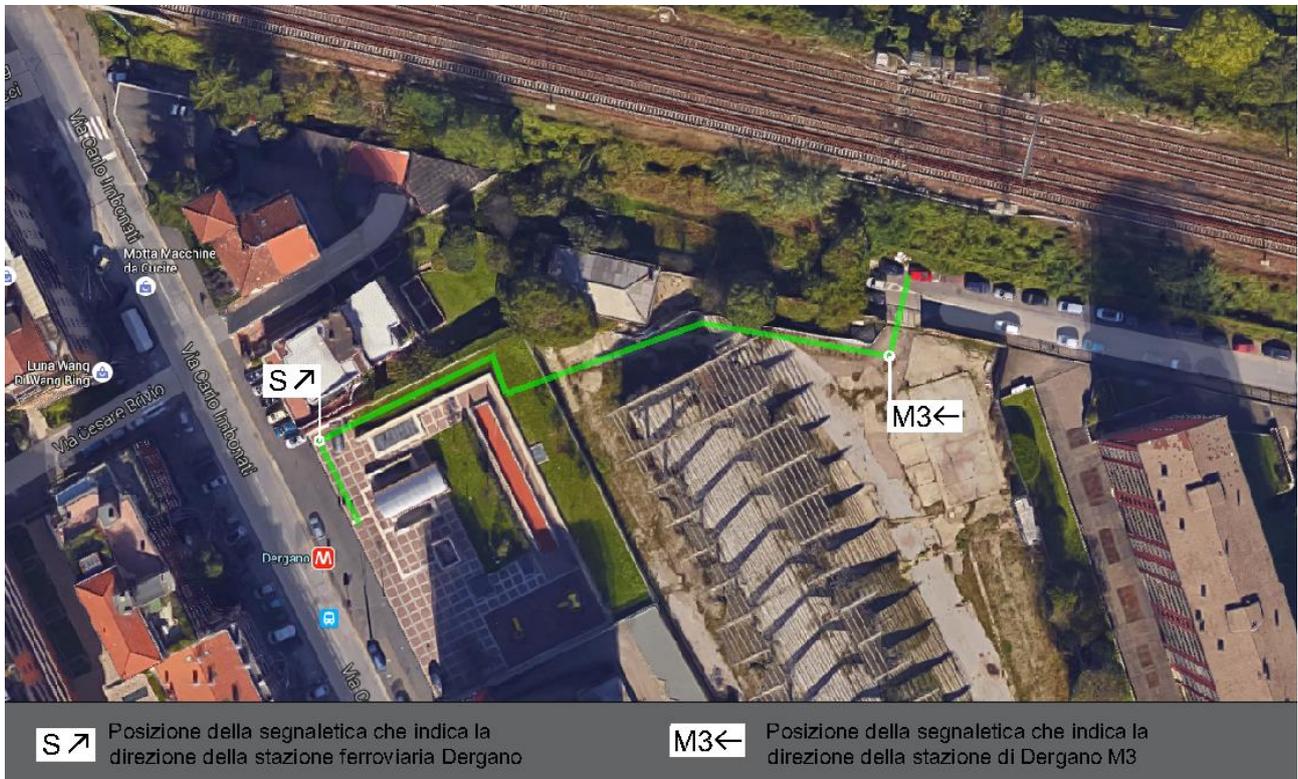


Figura 7.24: schematico dell'ubicazione della segnaletica sul percorso tra fermata ferroviaria di Dergano e fermata Dergano M3
 Nota Bene: i contrassegni "M3" e "S" sulla mappa indicano solamente la posizione del segnale e la direzione comunicata al pedone, ma **non** corrispondono al design reale del segnale. (fonte Google)

7.4.2 Istria

Per quanto riguarda il percorso pedonale dell'area di interesse di Istria è più semplice in quanto l'accesso della fermata ferroviaria è già su viale F.Testi e quindi il percorso è obbligato e già esistente. Ovviamente siccome le fermate della metro e del treno sono distanti occorre anche qui la segnaletica schematizzata in **Error! Reference source not found.**

7.5 Valutazione del livello funzionale delle fermate

Le linee guida per la progettazione RFI affermano che ogni area delle fermate dedicata ai passeggeri deve essere dimensionata sulla base del massimo numero di passeggeri atteso. Tuttavia non esiste nessuna norma tecnica che riporti i criteri per effettuare questo tipo di dimensionamento.

La rivista "la tecnica professionale" propone una procedura di verifica, sviluppata da RFI, che permette la stima del livello di servizio delle fermate e stazioni in base alle loro caratteristiche di accessibilità comparate col numero di passeggeri serviti.

I parametri presi in considerazione sono:

$v_m = \text{velocità di camminamento pedoni}$

$s = \text{interdistanza tra porte del treno}$

$m = \text{numero moduli del complesso di accessi della fermata}$

$v = \text{velocità discesa scale}$

$n_p = \text{numero massimo di passeggeri smaltiti senza sovrappollamenti}$

essi sono correlati tra loro dalla seguente formula

$$n_p = \frac{s}{v_m} * m \frac{v}{2}$$

È possibile confrontare n_p col numero effettivo di passeggeri discesi dalla singola porta, ricavabile dalla seguente relazione:

$$d_p = \frac{\text{discesi}}{\text{porte}}$$

Ricavando così il livello di servizio

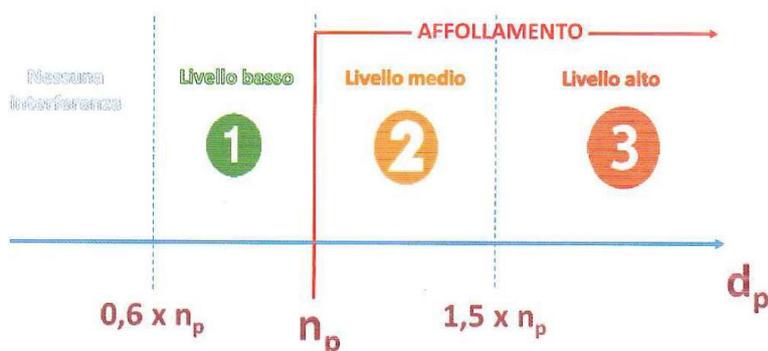


Figura 7.25 livello di servizio degli accessi, dal confronto tra n_p e d_p

Si è applicato il metodo alle fermate progettate di Istria e Dergano:

fermata	Np	dp	livello di affollamento
Dergano	60	22	Nessun affollamento
Istria	45	13	Nessun affollamento

Tabella 7.3: risultato studio della capacità accessi per Istria e Dergano.

Nelle fermate di studio il modello evidenzia la presenza di un numero di moduli sufficiente ad evitare affollamenti. Un' ulteriore prova della bontà della progettazione dell'accessibilità delle fermate è il confronto tra Istria e Dergano e le altre fermate della rete ferroviaria milanese (Figura 7.26).

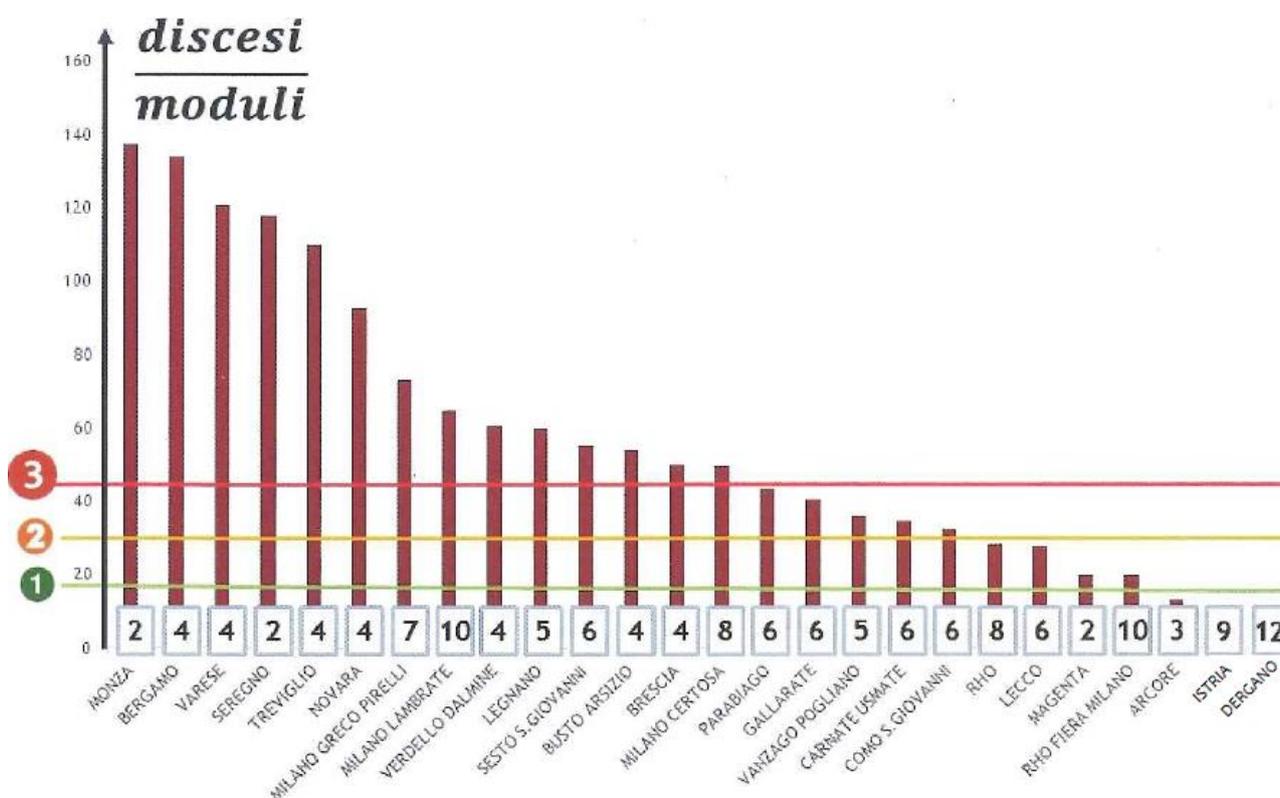


Figura 7.26: confronto tra le capacità delle fermate di Istria e Dergano e le altre fermate ferroviarie milanesi.

8. Miglioramenti attuati e da attuare

In questo capitolo verranno indicati i vari suggerimenti migliorativi fatti e la loro conseguenza sul numero di utenza e sul servizio in generale e verranno considerati anche i suggerimenti ancora non considerati negli attuali standard progettuali del servizio delle linee S, suggerimenti

8.1 Miglioramento delle fermate - Linee Guida

Nelle nuove stazioni è stata standardizzata a 250m, rispetto a quelle obsolete che presentavano banchine troppo corte non in grado di servire i treni più lunghi.

Nelle stazioni delle linee a doppio binario più frequentate è stato introdotto il sottopasso: in assenza di esso, si ricorre ad attraversamenti a raso che, oltre ad essere pericolosi per stazioni con grande traffico, impediscono l'incrocio dei treni in corrispondenza della stazione.



Figura 8.1: situazioni problematiche dovute alla presenza di attraversamenti a raso nelle fermate affollate

Il vantaggio conseguente riguarda la capacità della linea ferroviaria in corrispondenza della fermata: senza gli attraversamenti a raso è consentito l'incrocio tra due treni lungo i binari di fermata. Oltre a ciò è doveroso segnalare anche la maggiore sicurezza dei passeggeri

La Delibera della Giunta Regionale (DGR 2524 2014) si esprime riguardo alla presenza delle pensiline nel seguente modo:

“per le banchine e **pensiline**, stimando l'accumulo di utenti in attesa di un treno nelle fasce di punta, partendo dai dati esistenti ed appoggiandosi alla stima della domanda potenziale per quelli nuovi”

La presenza di una pensilina molto estesa è molto influente sulla gestione dei tempi di fermata in caso di pioggia, perchè dà ai passeggeri in attesa la possibilità di distribuirsi omogeneamente lungo la banchina.e

Le tabelle orientative sono disposte lungo la banchina per indicare il punto di fermata che ottimizza la discesa dei passeggeri.

8.1.1 Informazioni al pubblico

Le fermate saranno attrezzate con le ultime dotazioni impiantistiche relative all'informazione al pubblico di RFI utilizzati nelle altre località del nodo (monitor, telecomunicazioni di binario, altoparlanti ecc.). V'è detto che tuttavia non esistono periferiche di questo tipo adattate appositamente ai servizi Suburbani, ma per ogni servizio ferroviario sono della stessa tipologia.

Inoltre le fermate saranno attrezzate con la segnaletica fissa della stessa tipologia che RFI sta adottando all'interno del Passante di Milano, trattandosi infatti di un servizio ferroviario di tipo metropolitano. Tale segnaletica ha caratteristiche studiate specificatamente per le località servite dalle linee S, così le fermate Istria e Dergano avranno uno standard di immagine che renderà subito riconoscibile quale tipo di servizio si sta offrendo agli utenti.

8.1.2 Esempi di segnaletica fissa

Aste Portamarchio

È consuetudine, in prossimità degli accessi alle fermate, ubicare le aste portamarchio che sostengono il cartello con la caratteristica "S" verde su sfondo blu, simbolo delle linee suburbane di Milano, riportanti anche il nome della fermata sul montante (Figura 8.2). Tali segnali fissi, posti in posizioni molto visibili forniscono al passeggero il punto di riferimento da raggiungere.



Figura 8.2: esempio di segnaletica fissa, asta portamarchio riportante il simbolo delle linee suburbane ed il nome delle fermate (fonte MM)

Segnale a Portale

In corrispondenza dell'accesso alle fermate è opportuno porre la segnaletica a portale che indica il nome della stazione per comunicare al passeggero a quale fermata sta per accedere. Il modello d'esempio di Figura 8.3, adattato alle stazioni in progetto, verrà posto sopra l'intradosso di ogni sottopasso della

stazione. Mantenendo la logica della cartellonistica di Figura 8.3, il segnale riporterà anche il simbolo della linea S16.



Figura 8.3: esempio di segnaletica fissa, segnale a portale con nome di stazione (fonte MM)

Portale Sinottico Generale

Inoltre, è opportuno dare all'utente una visione complessiva della linea S16 e delle fermate che essa serve. A questo pro esiste il portale sinottico generale, che riporta lo schematico della linea su cui sono ubicati i nomi delle fermate e le eventuali intermodalità od interscambi che si possono effettuare lungo il tragitto del servizio. Si pensa di posizionare anche questo tipo di segnali di fianco agli ingressi di ogni sottopasso. Un esempio di questo tipo di segnale è rappresentato in figura Figura 8.4.



Figura 8.4: esempio di segnaletica fissa, portale sinottico generale (fonte MM)



Figura 8.6: esempi di segnaletica fissa, informazioni poste sulla fascia segnaletica perimetrale (fonte MM)

Portale Segnaletico

In corrispondenza di punti critici, come gli incroci tra percorsi pedonali, possono essere posti segnali che raccolgono in un unico portale numerose informazioni, che possono essere le analoghe a quelle riportate lungo la fascia segnaletica perimetrale. Essi vengono chiamati portali segnaletici, ed un esempio è quello di Figura 8.7.



Figura 8.7: esempio di segnaletica esterna, portale segnaletico (fonte MM)

8.1.3 Segnali audio e video

- Un esempio di ciò che può essere aggiunto sono i sistemi informativi alla utenza del servizio suburbano tali come audio e video remotizzate in un posto centrale:



8.8 Sistema video remotizzato



8.9: sistemi audio remotizzato

- Tabelle di orientamento per macchinisti che sono orientative sono disposte lungo la banchina per indicare il punto di fermata che ottimizza la discesa dei passeggeri.
- Presenza del sottopasso, nelle stazioni più frequentate è stato introdotto il sottopasso e a doppio binario: in assenza di esso, si ricorre ad attraversamenti a raso che, oltre ad essere pericolosi per stazioni con grande traffico, impediscono l'incrocio dei treni in corrispondenza della stazione.

Vantaggi: attraversamento ed accessibilità al binario in SICUREZZA ed è permesso l'incrocio in corrispondenza delle stazioni

- Presenza ascensori nelle nuove stazioni deve essere installato almeno un ascensore per banchina



- 8.10 Ascensori di nuova concezione

- Vantaggi: accessibilità a persone con mobilità ridotta e, se l'ascensore è di dimensioni adeguate, accessibilità ai ciclisti.
- Presenza pensilina, La Delibera della Giunta Regionale (DGR 2524 2014) si esprime riguardo alla presenza delle pensiline nel seguente modo:
- “per le banchine e pensiline, stimando l'accumulo di utenti in attesa di un treno nelle fasce di punta, partendo dai dati esistenti ed appoggiandosi alla stima della domanda potenziale per quelli nuovi”
- Vantaggi: disporre pensiline lunghe permette di avere TEMPI RAPIDI di incarozzamento anche in caso di maltempo. Aumenta anche il COMFORT degli utenti
- Varchi di accesso, la Delibera della Giunta Regionale (DGR 2524 2014) e le linee guida per la progettazione affermano che gli accessi vanno progettati adeguatamente alla consistenza dei flussi pedonali.
- Vantaggi: rendere più facile l'accessibilità in caso di alta densità di frequentazione ed evitare la formazione di code

Miglioramenti conseguiti attuali:

- Sicurezza
- Comfort
- Accessibilità
- Informazioni migliori ed in tempo reale
- Aumento dell'offerta

8.2 Cadenzamento dell'orario

La modalità di pianificazione del servizio ha subito un'importante svolta negli ultimi anni: nell'offerta ferroviaria, in particolare quella suburbana, è stato introdotto il cadenzamento degli orari

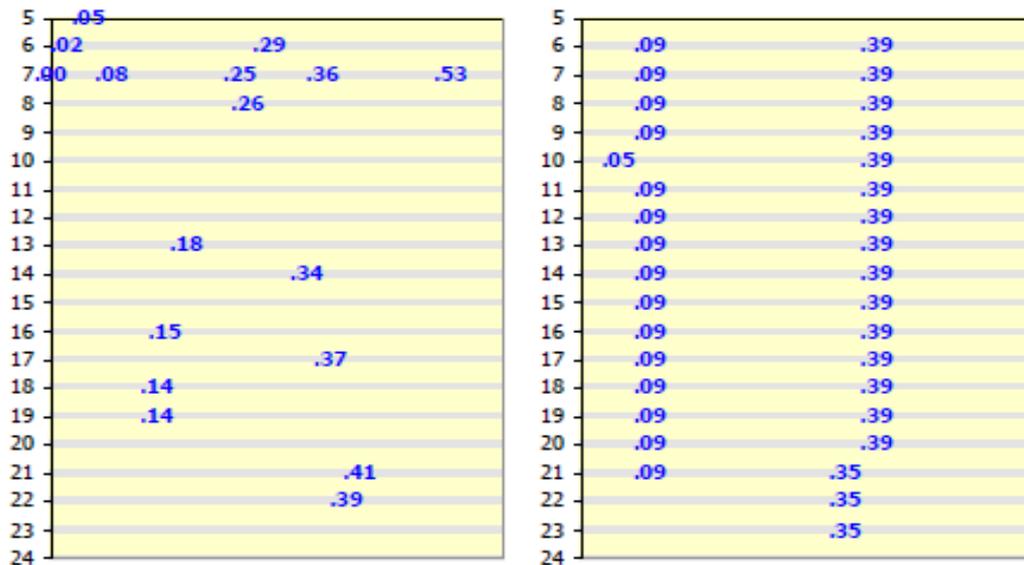


Figura 8.11: confronto tra orario cadenzato e non cadenzato (fonte Trenord)

I vantaggi che conseguono da questa tipologia di orario sono tutti a favore degli utenti del servizio. I passeggeri memorizzano l'orario facilmente, in quanto i treni di una certa linea fermano sempre agli stessi minuti. Anche la programmazione delle corrispondenze è facilitata dal fatto che gli orari di tutti i servizi sono simmetrici rispetto la mezz'ora, cioè il minuto 30'.

Grazie agli orari più facilmente memorizzabili e alle comode corrispondenze la pianificazione del viaggio risulta notevolmente meno macchinosa e più intuitiva, ed il risultato è stato un netto incremento della domanda ferroviaria.



Figura 8.12: esempio di incremento della domanda in seguito all'introduzione degli orari cadenzati (fonte Trenord)

8.3 Introduzione di nuovi servizi ed infittimento delle frequenze

Per aumentare la capillarità del servizio suburbano sono state, dal 2005 ad oggi, introdotte nuove linee suburbane, che aumentano l'estensione delle aree servite e, sovrapponendosi alle esistenti, incrementano la frequenza di servizio.

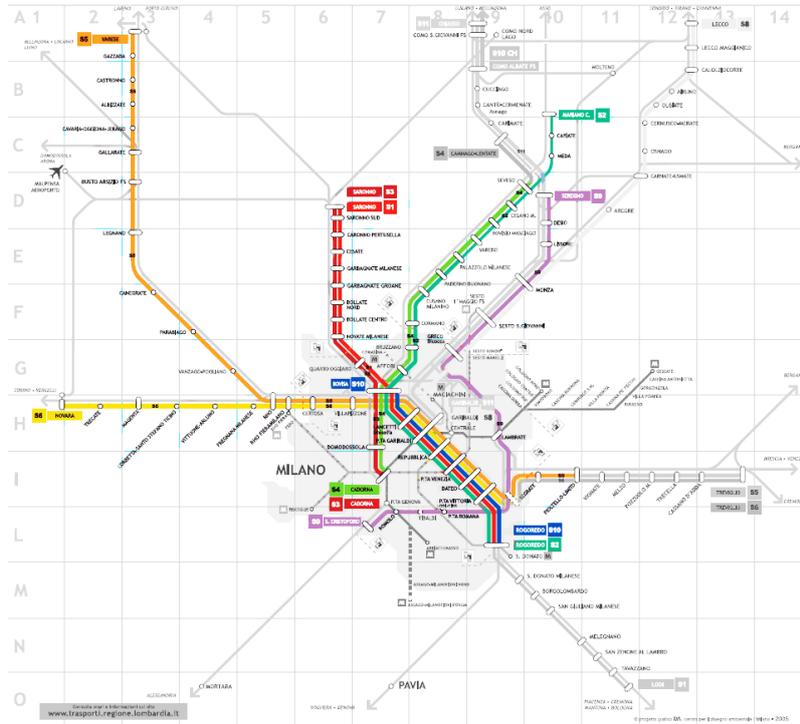


Figura 8.13: linee S 2004(fonte Regione Lombardia)

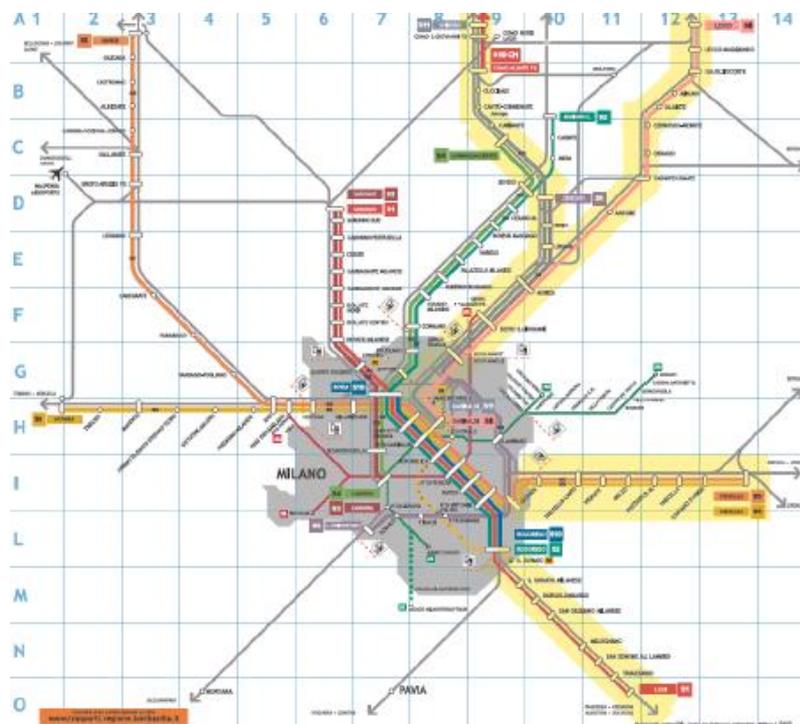


Figura 8.14: linee S 2009(fonte Regione Lombardia)

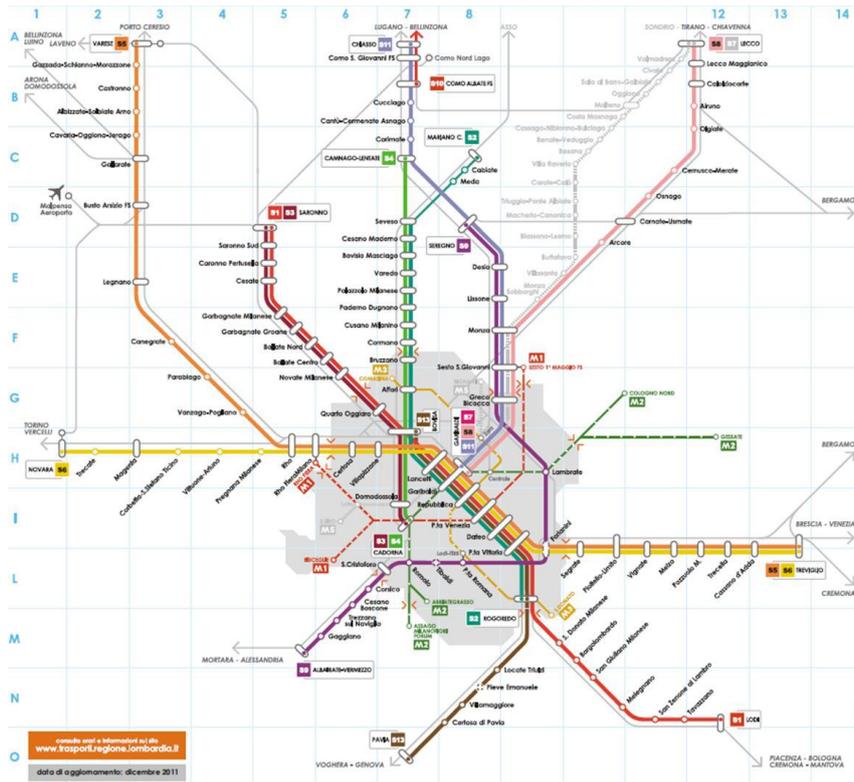


Figura 8.15: linee S 2011 (fonte Regione Lombardia)

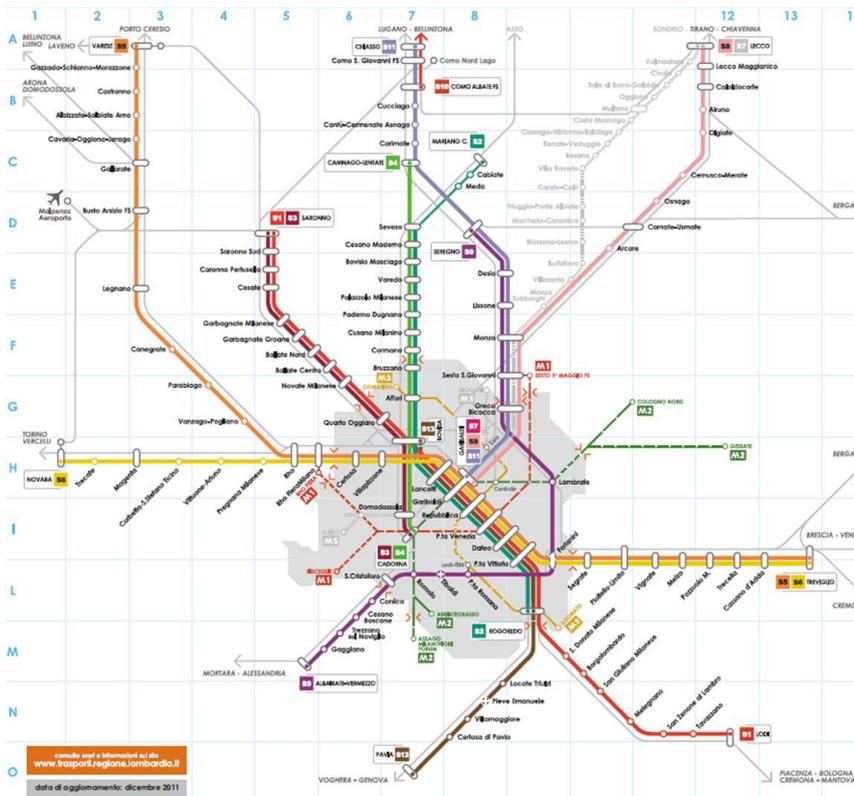


Figura 8.16: linee S 2012 (fonte Regione Lombardia)

9. Prospettive innovative di sviluppo

9.1 Progettazione delle fermate - Linee guida

Di seguito si fa un elenco riguardo i suggerimenti da attuare per migliorare la progettazione delle fermate.

- Un primo suggerimento va fatto riguardo l'accessibilità alle fermate basandosi su una simulazione della mobilità pedonale che comprenda in modo integrato la fermata come parte integrante del territorio circostante. L'intento è quello di offrire ai passeggeri la possibilità di un percorso facilitato appositamente progettato non solo limitatamente all'interno del manufatto della stazione, ma che permetta a quelli appena discesi dal treno di accedere al territorio circostante tramite percorsi comodi e sicuri tra fermata e area attorno, e viceversa a quelli che giungono dal territorio intorno.
- Per quanto riguarda la salita e discesa dal treno:
 - Lunghezza banchine:** passare dagli attuali 250m standard ad una progettazione specifica al servizio suburbano che adatti la lunghezza della banchina al treno in uso nella linea.
 - Altezza banchine:** il piano di calpestio del rotabile e quello della banchina devono essere allo stesso livello per facilitare la salita discesa del treno
- Per facilitare il movimento di tutti gli utenti, compresi i ciclisti e persone con ridotta capacità motoria:
 - Ascensori:** Devono poter ospitare comodamente una bici e inoltre avere una velocità adeguata allo smaltimento rapido dei flussi passeggeri
 - Scale mobili:** dotare le stazioni di almeno una scala mobile per la salita/discesa
 - Canaline per biciclette** per facilitare la circolazione di persone munite di biciclette

9.2 Materiale rotabile

Si intende che il materiale rotabile utilizzato deve essere scelto in funzione del tipo di servizio che si sta erogando, soprattutto in termini di frequenza delle fermate (cioè interdistanza) ed affollamento del treno. Un servizio ferroviario metropolitano è di tipo urbano, e deve quindi muovere un elevatissimo volume di passeggeri che intendono effettuare spostamenti molto brevi: il rotabile effettua molti start and stop ed i saliti e discesi sono elevati ad ogni fermata.

È doveroso evidenziare le caratteristiche del treno nell'ottica di verificare la sua attitudine a svolgere un servizio ferroviario urbano, focalizzandosi principalmente sull'organizzazione dell'ambiente interno, sugli accessi, e sulle sue caratteristiche cinematiche di trazione. Entrando nel merito, un rotabile che effettua questo tipo di servizio deve avere:

- **Pochi ostacoli all'interno:** sul pianale dedicato agli utenti non devono esservi strettoie o luoghi angusti. Ciò serve a garantire molta libertà di movimento ai passeggeri dentro il treno, in modo che essi abbiano la possibilità di distribuirsi rapidamente in tutto lo spazio disponibile una volta entrati,

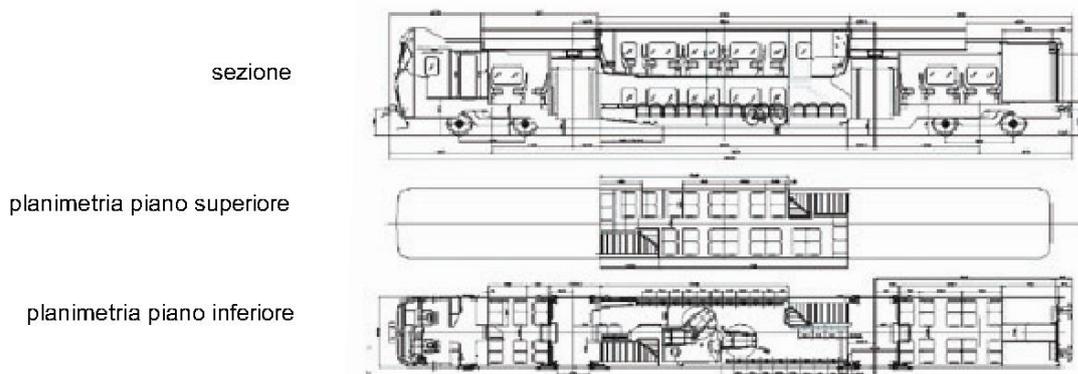
evitando di formare sovraffollamenti nei pressi delle porte che causerebbero un rallentamento nel salire sul treno, e faciliterebbe anche ai passeggeri in procinto di scendere il raggiungimento delle porte.

- **Molte porte di accesso:** facilitano la salita e la discesa ai passeggeri, riducendo il tempo di fermata
- **Pianale di ingresso possibilmente ad altezza banchina:** anch'esso facilita la salita e la discesa dei passeggeri, specialmente quelli con difficoltà motorie, che possono salire e scendere senza esser rallentati dall'ostacolo del "gradino" tra pianale e banchina. Riduce i tempi di fermata.
- **Pochi posti a sedere e tanti posti in piedi:** il treno esegue fermate a distanza temporale di pochissimi minuti ciascuna, e quindi il grado di confort percepito dall'utente dipende più dalla possibilità di muoversi rapidamente per scendere alle fermate (come nella metropolitana) piuttosto che dall'aver un comodo posto a sedere (desiderato invece nelle lunghe percorrenze).
- **Alte accelerazioni alla partenza:** il motore deve essere progettato per dare una grande spinta alla partenza piuttosto che essere in grado di raggiungere alte velocità, poiché la contenuta interdistanza tra le fermate non consente il raggiungimento delle velocità di punta.

9.2.1 T.S.R. vs F.L.I.R.T.

I treni che sono utilizzati al giorno d'oggi per svolgere servizi urbani ferroviari sono i TSR (Treni a Servizio Regionale), si prenda come esempio quelli che percorrono i binari del passante tra Porta Vittoria e Lancetti. Nella Figura 9.1 è mostrato lo schema del TSR, treno a composizione bloccata le cui vetture sono tutte dedicate alla trazione, e non esistono grandi differenze tra la motrice con cabina di guida e senza cabina di guida.

TSR: Motrice con cabina di guida



TSR: Motrice senza cabina di guida

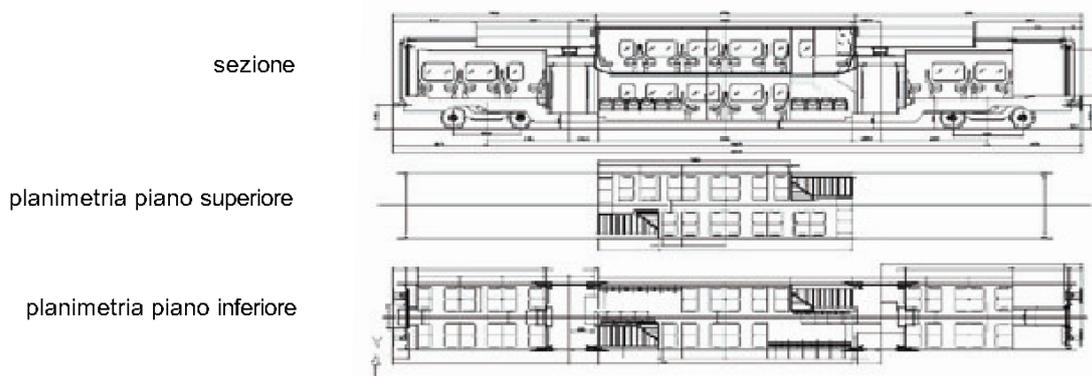


Figura 9.1: sezione e pianta delle due vetture-tipo del TSR (fonte Ansaldo Breda)

Dagli schemi di Figura 9.1 si può già capire come un treno a due piani non sia adatto al servizio urbano, perché comporta la presenza di scale ingombranti che ostacolano i flussi di passeggeri che si muovono all'interno del treno e creano lunghi percorsi per raggiungere le porte. Ciò va completamente in contraddizione con quelle che sono le caratteristiche del rotabile ideale per un servizio urbano elencate sopra.

Un tipo di rotabile che risulterebbe adatto ad svolgere un simile servizio è il FLIRT (Fast Light Innovative Regional Train), i cui interni sono schematizzati in

Figura 9.2.

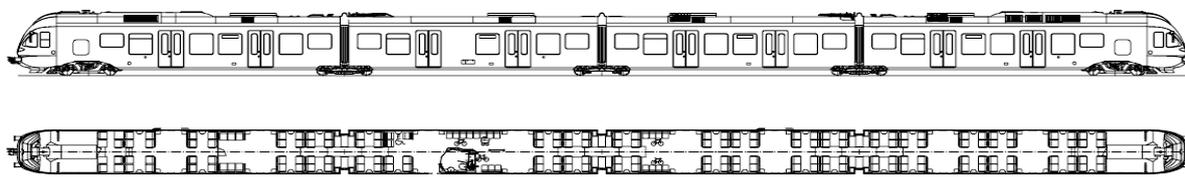


Figura 9.2: vista laterale e pianta del FLIRT (fonte Stadler)

Lo schema del FLIRT appare molto più lineare e semplice rispetto quello del TSR. Per meglio entrare nel merito si confrontano le caratteristiche salienti di TSR e FLIRT in Tabella 9.1.

		TSR	FLIRT
lunghezza treno [m]		157	148
posti passeggeri	seduti	680	322
	in piedi	550	594
	totali	1230	916
numero porte su un lato		12	16
larghezza porte [mm]		1300	1300
luce porte[m]/lunghezza treno[m]		0,1	0,14
numero moduli ogni 100 m di treno		7,6	10,8
altezza incarrozzamento [mm]		650	570
accelerazione massima [m/s ²]		0,9	1,2
decelerazione massima [m/s ²]		1,1	n.d.

Tabella 9.1: confronto tra TSR e FLIRT rispetto le caratteristiche importanti per il trasporto urbano (fonti Ansaldo Breda e Stadler)

Le lunghezze dei due treni sono innanzitutto decisamente comparabili: è più lungo il TSR di 9m, che corrisponde a una differenza del solo 6% rispetto il FLIRT. Per cui la scelta del rotabile non comporta diversità in merito alla lunghezza della banchina e al posizionamento degli accessi alla fermata.

La capienza complessiva del TSR è maggiore di una quantità piuttosto rilevante (supera il FLIRT di ben 314 posti). Interpretando questo dato scomponendolo in posti in piedi e a sedere, si nota che il numero dei posti a sedere del FLIRT è la metà di quello del TSR (322 contro 680), mentre per quanto riguarda i posti in piedi i due rotabili si eguagliano quasi (594 del FLIRT rispetto i 550 del TSR). I 314 passeggeri in più che il TSR riesce a trasportare sono pertanto dovuti al maggior numero di sedili, che però sono effettivamente poco sfruttati dagli utenti che usufruiscono di un trasporto urbano, ed il loro unico effetto risulta quindi quello di sottrarre spazio utile e ridurre il confort e l'efficacia del treno.

Gli accessi al treno risultano più efficaci nel FLIRT, fatto dimostrato dagli indici "luce porte / lunghezza treno" e "numero moduli ogni 100 metri di treno" (1 modulo = 60cm di luce). Questo mette in luce che utilizzando il FLIRT si ha il vantaggio di una discesa passeggeri più rapida.

In merito alla **gestione dello spazio** si evidenzia come il TSR sia angusto e crei percorsi difficoltosi verso le porte di uscita:

Nella Figura 9.3 sono illustrati alcuni particolari all'interno delle vetture del TSR che mostrano spazi molto stretti, che possono creare impedimento ai passeggeri intenti a raggiungere le porte per scendere, o che possono scoraggiare i passeggeri appena entrati ad allontanarsi dalla porta, generando un sovraffollamento in prossimità di essa.



Figura 9.3: spazi angusti all'interno del TSR (fonte MM)

Le scale sono un forte impedimento al movimento essendo molto strette e costringono il passeggeri, e transitare tra il primo ed il secondo piano risulta un passaggio scomodo e lento (Figura 9.4).



Figura 9.4: scale di comunicazione tra il primo e il secondo piano del TSR (fonte MM)

Il piano superiore stesso del TSR (Figura 9.5) è dedicato quasi completamente ai posti a sedere, poco sfruttati nel servizio urbano, ed è per di più scomodo da raggiungere a causa delle scale illustrate in Figura 9.4. Per questi motivi il piano superiore è completamente inutile ai fini di un servizio con fermate molto frequenti come l'S16.



Figura 9.5: piano superiore del TSR (fonte MM)

Il FLIRT è più brillante anche per quanto riguarda la **fase di spunto** ed è quindi capace di liberare il binario di fermata molto rapidamente: esso accelera a $1,2\text{m/s}^2$ mentre il TSR a soli $0,9\text{m/s}^2$.

Dal confronto dei due rotabili emerge molto chiaramente che il FLIRT si presta molto meglio ad un servizio ferroviario urbano rispetto al TSR, che risulta invece un rotabile molto inadatto

9.2.2 Procedure di fermata e capacità linea

I cambiamenti degli ultimi anni sono stati molto incentrati sul miglioramento della sicurezza e dell'offerta, ma meno sull'ottimizzazione del servizio.

Ulteriori suggerimenti desunti dai documenti e dalle persone appartenenti al settore infrastrutturale consultate sono:

- Alleggerire il traffico ferroviario delle linee e stazioni più critiche, attestando alcune relazioni su stazioni urbane più periferiche
- Rafforzare le linee suburbane S introducendo servizi a corto raggio
- Accorciare le relazioni suburbane: Paradossalmente, alcuni servizi suburbani hanno attestamenti che sono ben oltre l'area suburbana di Milano. Occorre accorciare le relazioni suburbane nell'area pertinente, in modo da avere una gerarchizzazione del servizio ferroviario più rigorosa.
- Potenziamento dei sistemi tecnologici del nodo

Attuale SCMT: ha elevati standard di sicurezza, ma il distanziamento tra treni successivi che esso consente è eccessivo. Pertanto questo sistema risulta penalizzante per la capacità (distanziamento medio 4/5min)

Introdurre di un sistema ad alta densità: gli standard di sicurezza sono comunque elevati, senza essere penalizzante per quanto riguarda la capacità: consente il superamento del segnale rosso.

Questo nuovo strumento tecnologico è l' **ERTMS per l'alta densità** ed ha un impatto sui seguenti sottosistemi:

ETCS Livello 2 (con principi anche di Livello 3) con funzionalità allocate sia per la parte di terra che di bordo.
GSM-R opportunamente potenziato e aperto alla tecnologia a pacchetto (IP).

Sistema dedicato di gestione ottimizzazione traffico con utilizzo della funzione ATO (Automatic Train Operation) per la regolazione ottimizzata della velocità del treno.

Il sistema innovativo si sovrapporrà pertanto all'esistente sistema di segnalamento e protezione della marcia del treno su porzioni di stazioni e linee indicate in apposito programma di esercizio.

Questo sistema consente la presenza di 4 treni al massimo per chilometro di linea nelle ore di punta.

- Sviluppo di standard costruttivi specialistici per ogni tipo di servizio. Al giorno d'oggi l'unico standard costruttivo esistente è quello di RFI, che ha validità universale e viene pertanto applicato alle stazioni di ogni tipo di servizio. Il risultato è che seguendo tale standard non si progettano mai stazioni adatte specificatamente ad un servizio suburbano.
- Snellire la procedura di fermata

Procedura attuale: il capotreno scende a ogni fermata e controlla l'apertura delle porte con l'apposita chiave, e avvisa il macchinista quando tutte le porte sono chiuse.

Ottimizzazione: l'apertura delle porte è regolata solamente dal macchinista supportato da display presente in cabina.

Con questo sistema è possibile scendere da 60 S a fermata a 30 s a fermata, passando ad una gestione più snella e di carattere metropolitano della gestione dell'esercizio, s'intende abbandonare le procedure di gestione dei treni in fermata che comportano molti perditempo e costi di esercizio, inoltre la modalità di conduzione dei treni non è adeguata a frequenti start and stop.

- Progettare i sottopassi e gli accessi seguendo criteri più funzionali

Gli accessi delle stazioni suburbane non hanno le caratteristiche funzionali tipiche del servizio:

- alcune non presentano scale mobili,
- gli ascensori sono inesistenti o talvolta inadatti e troppo lenti (è meglio prediligere quelli elettrici rispetto quelli idraulici),
- le scale fisse di accesso possono essere troppo strette rispetto al flusso massimo pedonale.

Questo processo di adeguamento non dovrebbe interessare esclusivamente il passante, ma essere esteso anche a tutte le linee suburbane e, relativamente a certi aspetti, anche alle regionali che attraversano l'area metropolitana milanese. In virtù di questo, anche il tema della crescita dei servizi ferroviari lungo le Cinture di Milano (o circle line) diventa centrale per pianificare lo sviluppo di un sistema per reti di forza ad integrare il trasporto pubblico milanese. Il PUMS prevede per questo proposito la creazione di una nuova linea ferroviaria suburbana S16 (Albairate-Rho) che percorrerebbe l'intero tratto di cintura, al fine di svolgere anche un servizio di trasporto urbano che andrebbe a costituire una nuova linea di forza per la mobilità intracittadina.

10. Scenari ferroviari

10.1 Scenario attuale

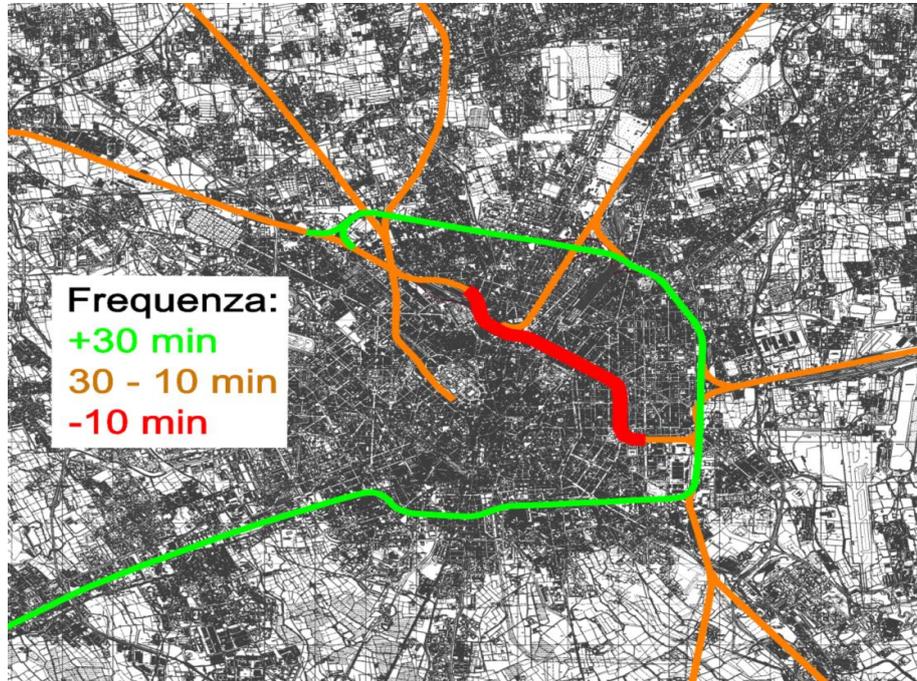
Le fermate di Istria e Dergano, così come tutta la linea S16, sono state inserite allo scopo di offrire un servizio suburbano ad alta capillarità, e costituire anche una alternativa alla metropolitana per muoversi all'interno della città. Il sistema ferroviario attuale non è tuttavia in grado di reggere l'inserimento di un servizio con tale portata, a causa di due principali carenze:

- Colli di bottiglia (Lambrate, Certosa, nodo Rho, quadrivio Turro)
- Distanziamenti ammessi (sezioni di blocco tradizionali sono troppo lunghe 1350m)

È possibile prevedere se l'evoluzione delle ferrovie milanesi porterà il nodo di Milano ad avere le caratteristiche per poter reggere servizi ad alte prestazioni. Per farlo si analizzano gli standard su cui si sono basati gli ultimi interventi sulla rete ferroviaria.

10.2 Analisi quantitativa futura linea S 16

Alla luce di tutti i suggerimenti esposti fino al precedente capitolo si va a riprendere in considerazione il livello di utilizzo dell'infrastruttura da parte delle linee S:



10.1 Frequenze delle linee S in ambito urbano

Si vuole analizzare quantitativamente in quale modo il sottoutilizzo della cintura ferroviaria che si è evidenziato verrebbe potenzialmente colmato dai piani futuri e in quale entità.

Come già visto i vari documenti di piano prevedono uno sviluppo delle S in cui include il nuovo servizio di cintura (in blu sopra le linee di passante) come in figura seguente:



10.2 Future linee S, servizio di cintura S16 (fonte DGR 2014)

La pianificazione della linea S16, così come è stata concepita in questo lavoro, svolge una funzione di trasporto cittadino. I risultati ottenuti con CUBE dimostrano che è un servizio di fatto attrattivo per i passeggeri che intendono effettuare spostamenti brevi soprattutto nel caso in cui abbia una frequenza elevata, cioè di almeno 15 minuti. Questa caratteristica è realizzabile in realtà solamente se l'efficacia del trasporto presenta le seguenti prestazioni:

Velocità commerciale adeguata ad un trasporto cittadino come ad esempio i migliori sistemi europei come S-Bhan di Monaco e Zurigo hanno Velocità commerciali pari a 34,0 km/h e 31,0 km/h.

Prestazioni così elevate sono raggiungibili adottando nel sistema i suggerimenti esposti nei capitoli precedenti, ovvero:

- Nuovo materiale rotabile: è stato ipotizzato il FLIRT a differenza del TSR come nel passante
- Introdurre il sistema tecnologico che consente un traffico ad alta densità
- Ottimizzare la gestione della fermata, e di conseguenza i tempi di fermata

Di seguito si mostrano i risultati teorici ottenuti dalle simulazioni adottando gli adeguamenti suggeriti.

10.3 Simulazioni linea S16 e prestazioni

Si sono effettuate delle simulazioni di circolazione della linea di cintura S16 in cui si è considerato sia i treni utilizzati attualmente, sia l'adempimento dei suggerimenti per quanto riguarda la gestione di fermata (con conseguente riduzione del tempo di fermo in fermata), sia i treni di nuova concezione FLIRT:

	accelerazione/decelerazione [m/s ²]
TSR	0,9
FLIRT	1,2

Tabella 10.1 caratteristiche di moto, TSR - FLIRT

Nella Figura 10.3: diagrammi di trazione TSR e Flirt vi è rappresentato 2 diagrammi di trazione sovrapposti, uno del TSR e l'altro del FLIRT

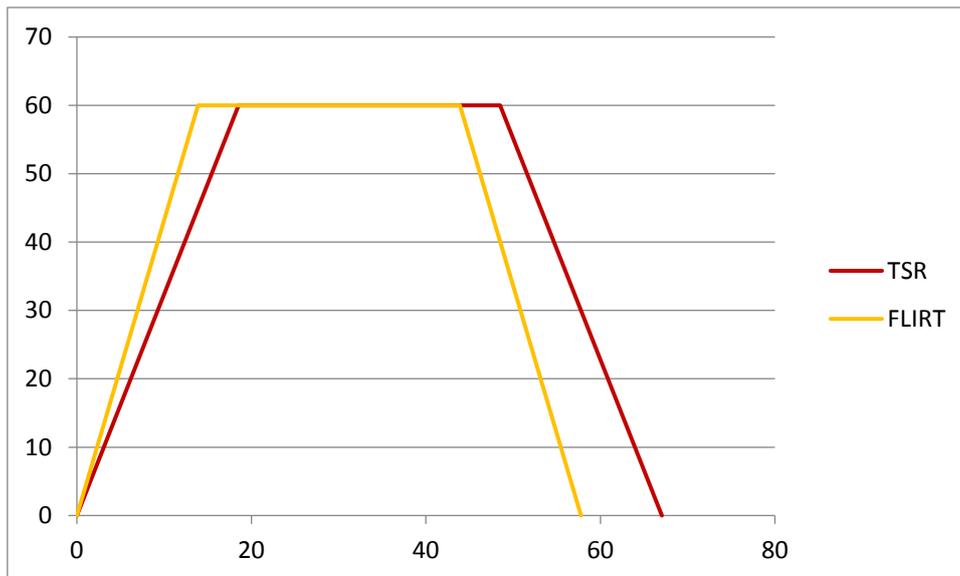


Figura 10.3: diagrammi di trazione TSR e Flirt

10.3.1 Confronto prestazionale lungo la cintura

In questo paragrafo si effettuano le simulazioni corrispondenti ai casi in cui la linea S16 adotti le caratteristiche attuali, cioè materiale rotabile non specializzato per un trasporto di tipo suburbano con tanti stop and go con inoltre procedure di fermata che causano un elevato tempo di fermata, paragonando questa situazione al caso in cui l'unica variazione sia quello del materiale rotabile e invece un altro caso in cui in cui oltre al materiale rotabile vengano snellite le procedure di fermata in modo da ridurre fino alla metà l'attuale tempo di fermata.

La simulazione viene effettuata sulla tratta di cintura che comprende le fermate come in Figura 10.4
 Fermate di cintura considerate per la simulazione:

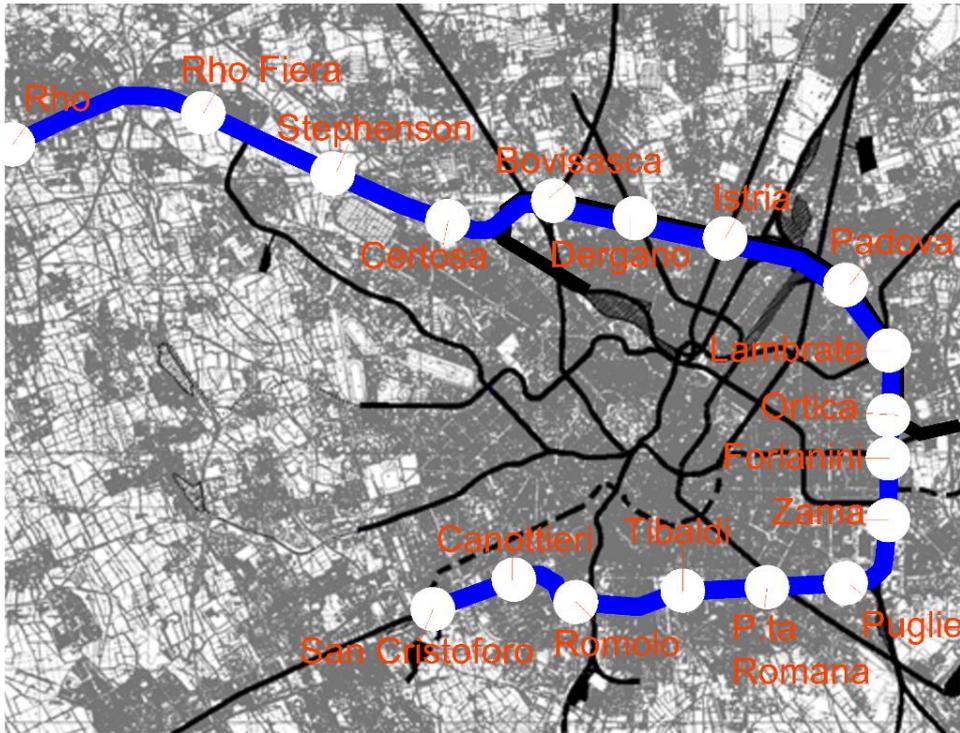
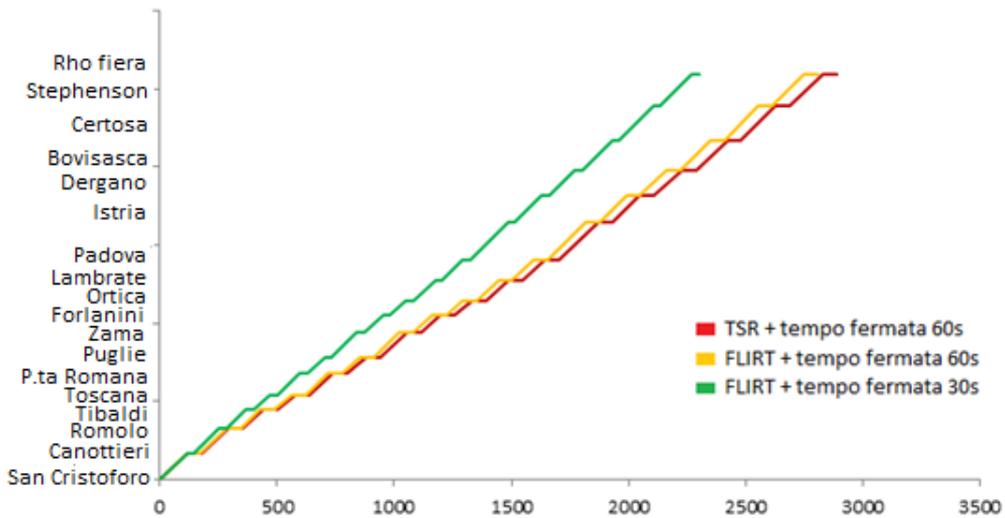


Figura 10.4 Fermate di cintura considerate per la simulazione

I risultati della simulazione su questa tratta forniscono i seguenti grafici orari teorici:



10.5 Orario grafico TSR e FLIRT

Dal grafico 10.5 si evidenzia come il solo cambio del rotabile migliori, non in modo così netto, le prestazioni della linea, invece l'adozione dello snellimento delle procedure di fermata possa far ridurre considerevolmente le prestazioni:

	Velocità commerciale [Km/h]
TSR + 60s	25,8
FLIRT + 60s	26,5
FLIRT + 30s	32,4

Tabella 10.2 Velocità commerciali

Si evidenzia un netto miglioramento per quanto riguarda l'orario grafico del treno FLIRT con il tempo di fermata di 30 secondi, arrivando ad avere una prestazione paragonabile a quella dei migliori sistemi europei.

10.3.2 Sovrapposizione dei servizi nella cintura

Si fa una considerazione per quanto riguarda la promiscuità della sede e dei servizi regionali che sfruttano la stessa cintura, come già detto questi serviziregionali che si sovrappongono il servizio S16 sono il Bergamo-Garibaldi e il Cremona-Garibaldi:

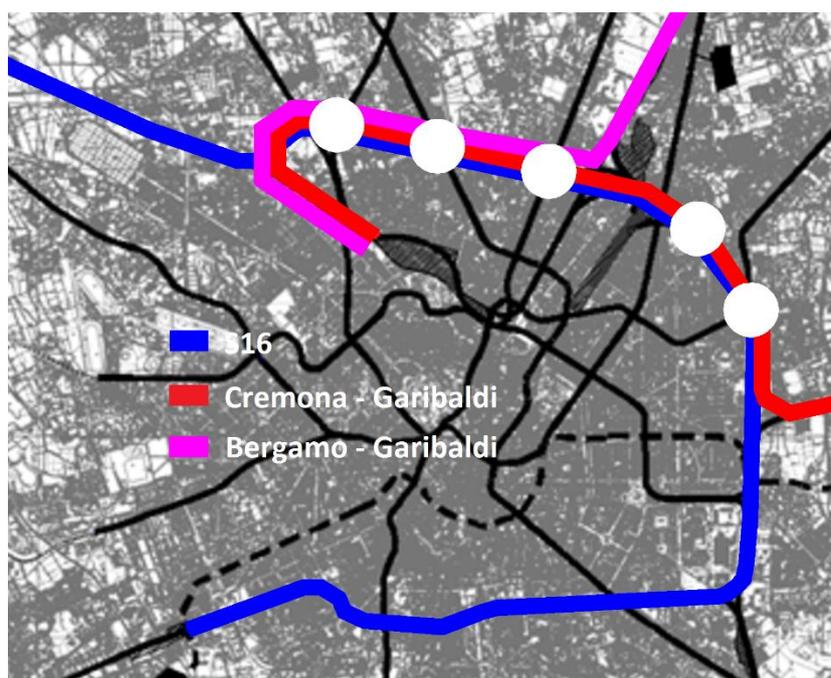


Figura 10.6 sovrapposizione tra Linea S16 e servizi Regionali

Dalla Figura 10.6 sovrapposizione tra Linea S16 e servizi Regionali evidenziano i tratti di infrastruttura in cui i servizi sono sovrapposti. Per le simulazioni si è preso il caso di sovrapposizione maggiore, ovvero l'S16 con il regionale Cremona – P.ta Garibaldi:

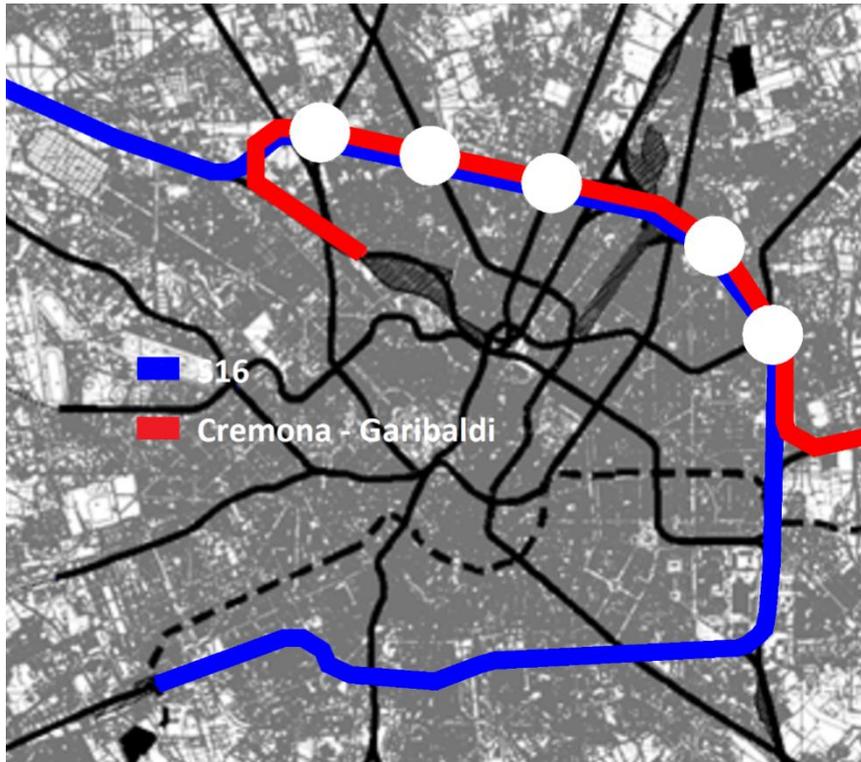


Figura 10.7 Sovrapposizione tra S16 e regionale Cremona – P.ta Garibaldi

In effetti è questa sovrapposizione che viene considerata per le simulazioni dei seguenti paragrafi.

Inoltre le caratteristiche dei treni a confronto saranno le seguenti:

	accelerazione/decelerazione [m/s ²]
TSR	0,9
FLIRT	1,2
REGIONALE	0,7

Tabella 10.3: Accelerazioni dei treni considerati

Si effettueranno anche variazioni sul tempo di fermata passando da 60s a 30s per vedere gli effetti sui tempi.

10.3.3 Simulazione di traffico a frequenza 15 min

Si ipotizza che il servizio S16 funzioni con le modalità di fermata non ottimizzate, pertanto il tempo di fermata è in questo caso di 60 secondi ed il rotabile usato è il TSR.

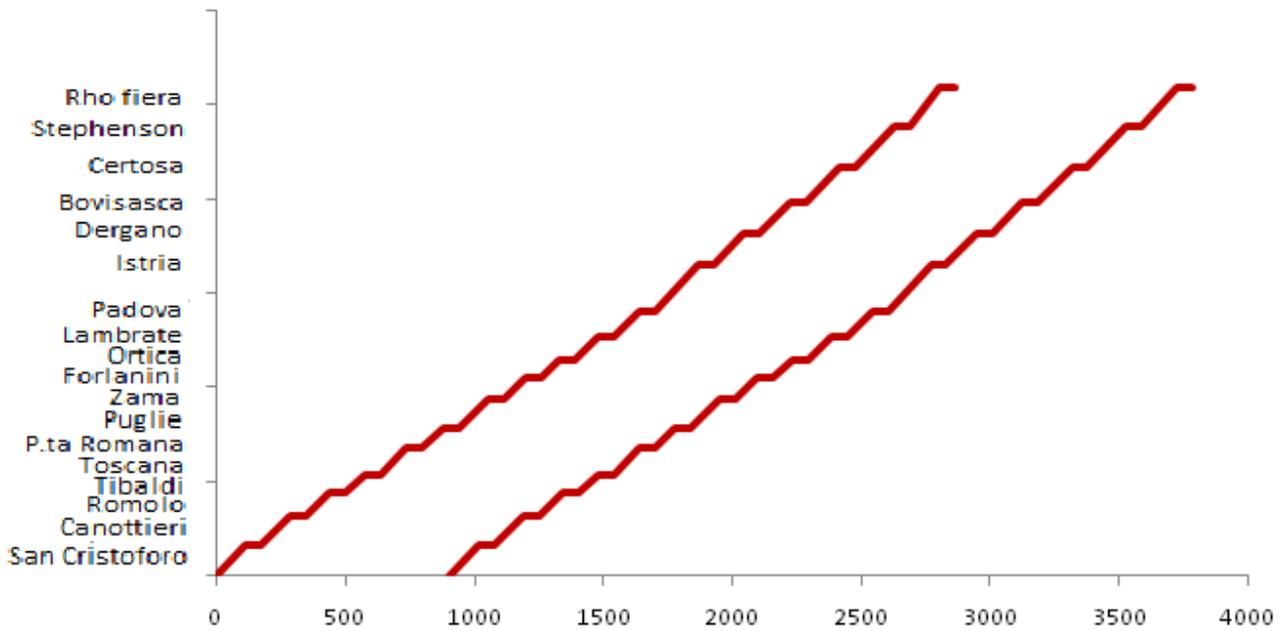


Figura 10.8: tracce orarie di due treni TSR, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 60 secondi

Il distanziamento spaziale tra i due TSR dovuto alla distanza temporale di 15 minuti è oltre i 7 Km, pertanto non ci sono rilevanti problemi da segnalare per quanto riguarda la gestione della circolazione.

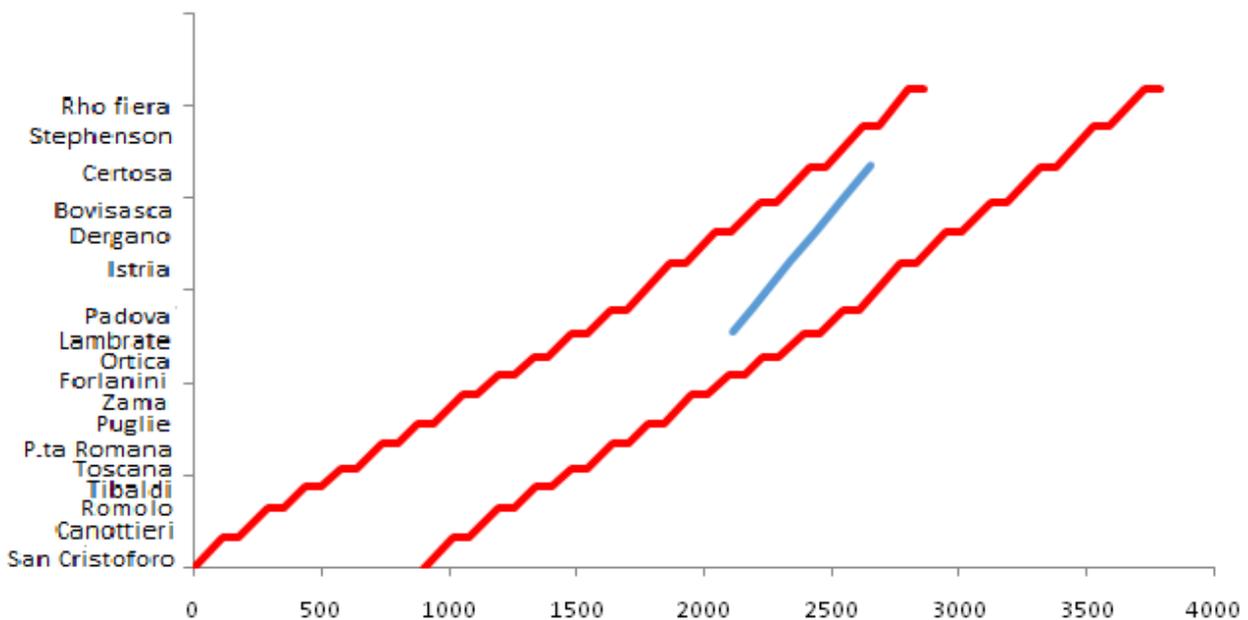


Figura 10.9: inserimento della traccia oraria del treno regionale Cremona - Garibaldi tra due treni S 16, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 60 sec e che il regionale non effettua fermate

In questo caso la distanza minima tra i due treni è di 2000m: il treno regionale, pur avendo una velocità commerciale maggiore rispetto la linea S 16, si riesce teoricamente ad inserire tra due treni successivi, ma di difficoltà dal punto di vista della gestione effettiva, essendo presente tra i due almeno una sezione di blocco.

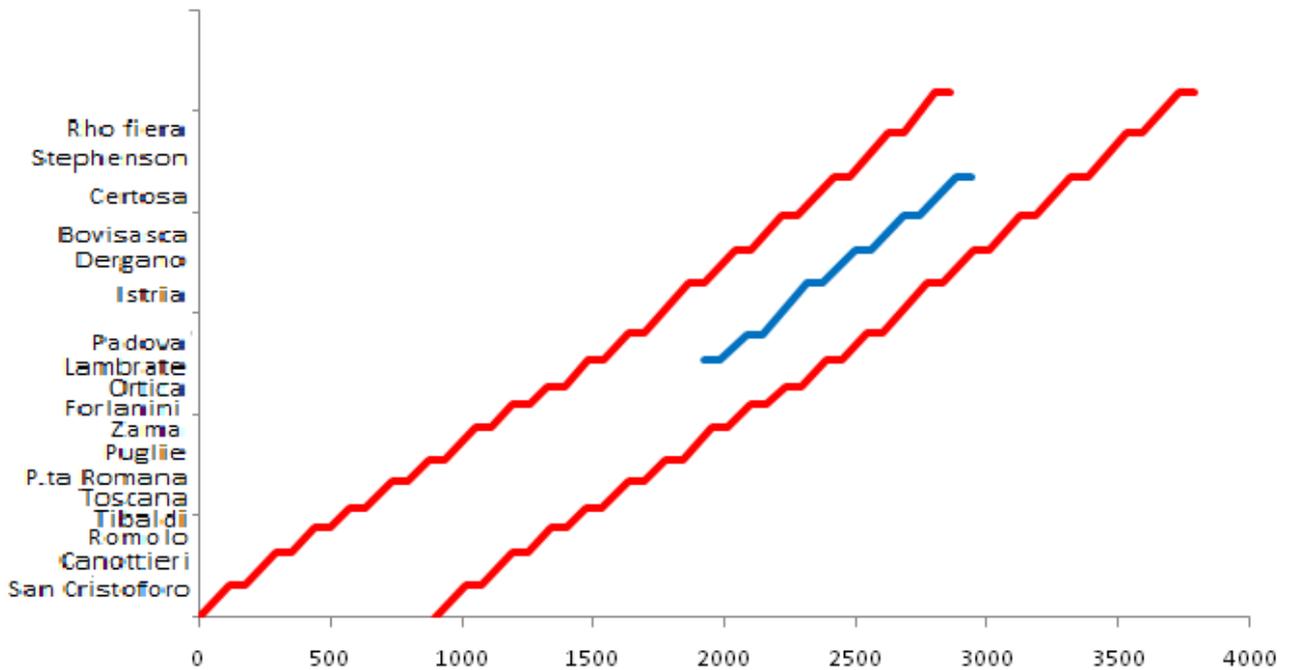


Figura 10.10: inserimento della traccia oraria del treno regionale Cremona - Garibaldi tra due treni S 16, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 60 sec e che i regionale effettua tutte le fermate di cintura

Questo caso è meno problematico per quanto riguarda la circolazione in quanto la velocità commerciale è simile a quella della S16 e quindi le tracce orarie dei due servizi sono parallele: la distanza minima tra il regionale e il suburbano è di 4800m, equivalente a più di tre sezioni di blocco.

10.3.3.1 Simulazione di traffico, alte prestazioni

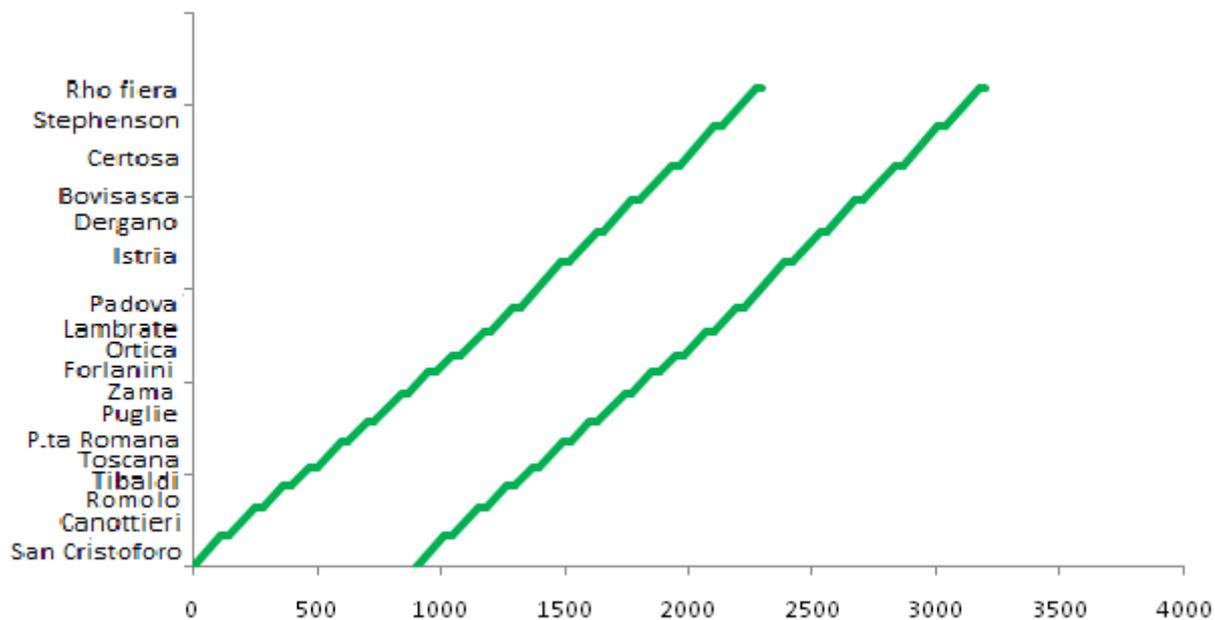


Figura 10.11: tracce orarie di due treni FLIRT, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 30 secondi

Si nota che il servizio S16 ottimizzato occupa l'infrastruttura in modo minore rispetto quello non ottimizzato. La distanza minima tra due treni successivi, pari a 9,5 Km, lascia un enorme spazio di inserimento del servizio regionale, come è evidenziato in Figura 10.12.

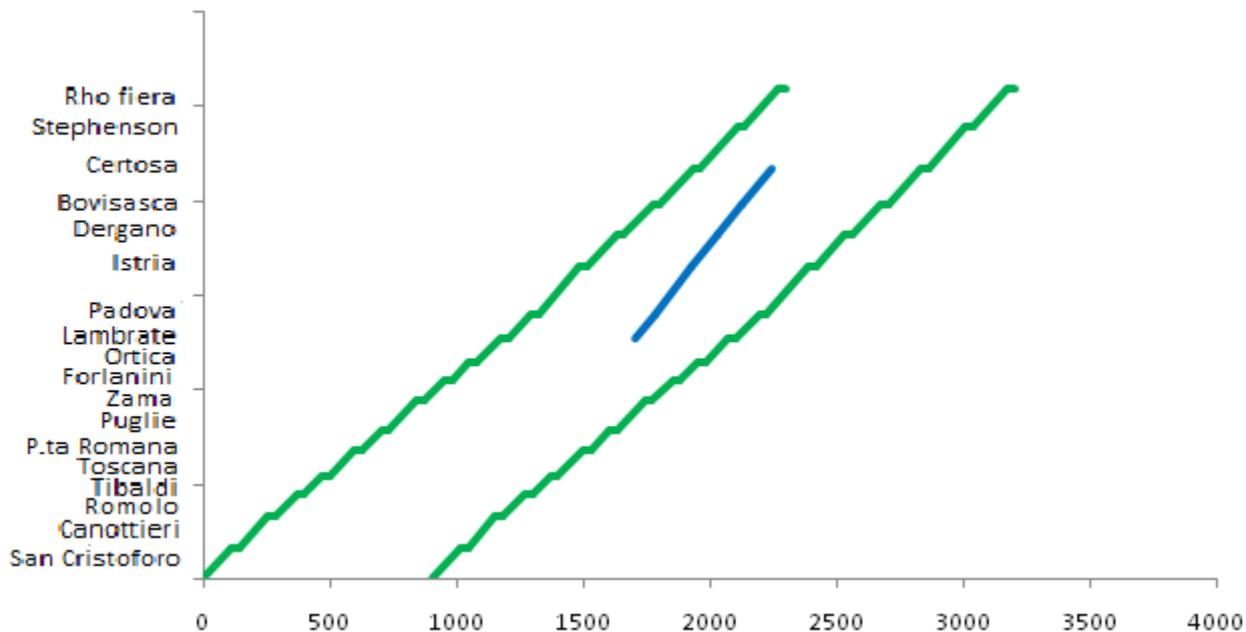


Figura 10.12: inserimento della traccia oraria del treno regionale Cremona - Garibaldi tra due treni S 16, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 30 sec e che li regionale non effettua fermate

Anche dopo l'inserimento del regionale, in questo caso, la distanza tra treni è pari a 3500m. questo equivale a dire che tra il treno S16 e il regionale rimane sono presenti almeno due sezioni di blocco, situazione molto più gestibile rispetto il caso precedente.

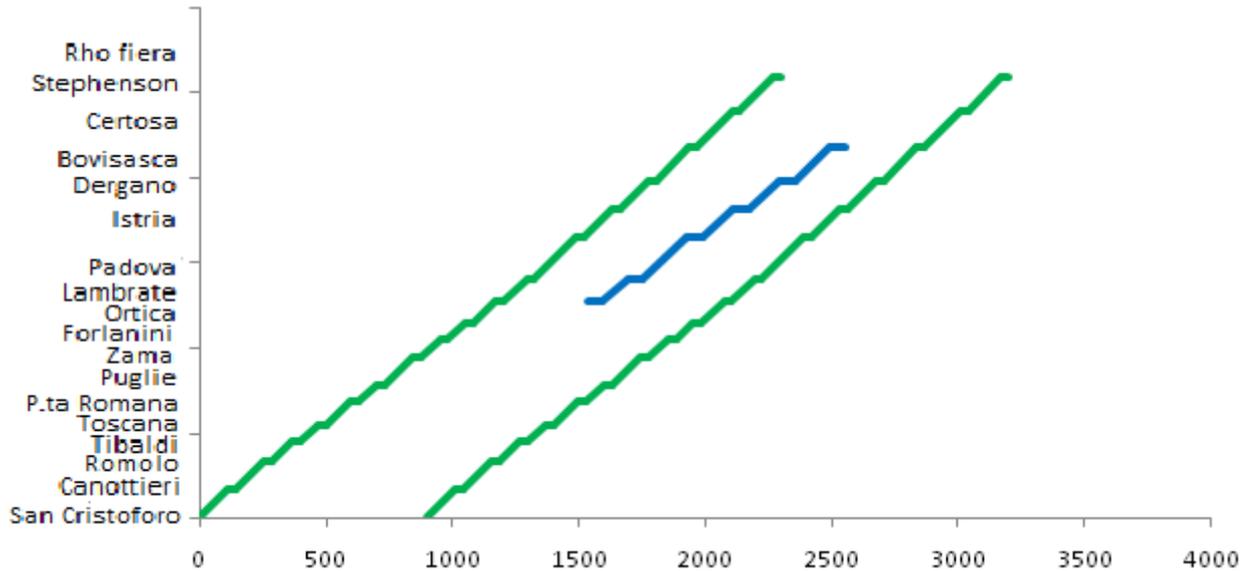


Figura 10.13: inserimento della traccia oraria del treno regionale Cremona - Garibaldi tra due treni S 16, nell'ipotesi di tempo di fermata pari a 30 sec e che il regionale effettua tutte le fermate di cintura

In questo caso il treno regionale si inserisce largamente tra i due suburbani: la distanza è 4500m.

Questo lascia intuire la possibilità di incrementare ulteriormente il servizio suburbano, come verrà dimostrato al paragrafo Simulazione di traffico con aumento di frequenza a 7,5 minuti:

10.3.4 Simulazione di traffico con aumento di frequenza a 7,5 minuti:

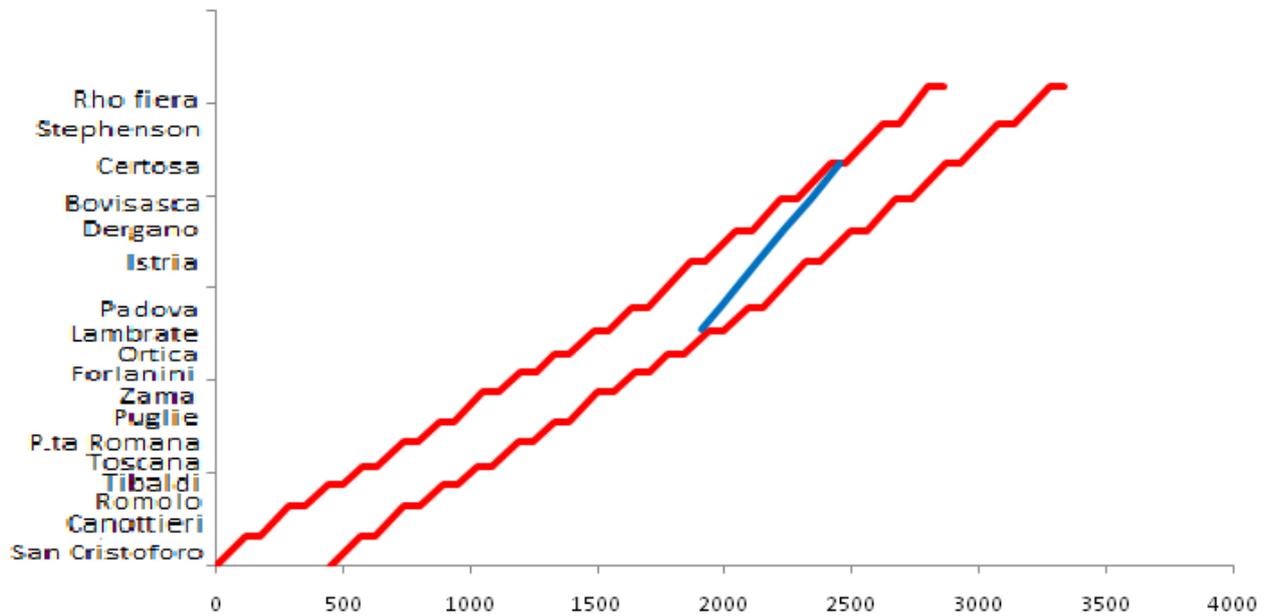


Figura 10.14: simulazione del traffico del TSR con frequenza S16 di 7,5 min e tempo di fermata 60 sec, con inserimento del regionale Cremona Garibaldi che non effettua fermate sulla cintura

Distanza praticamente nulla: in questo caso è impossibile l'inserimento del regionale.

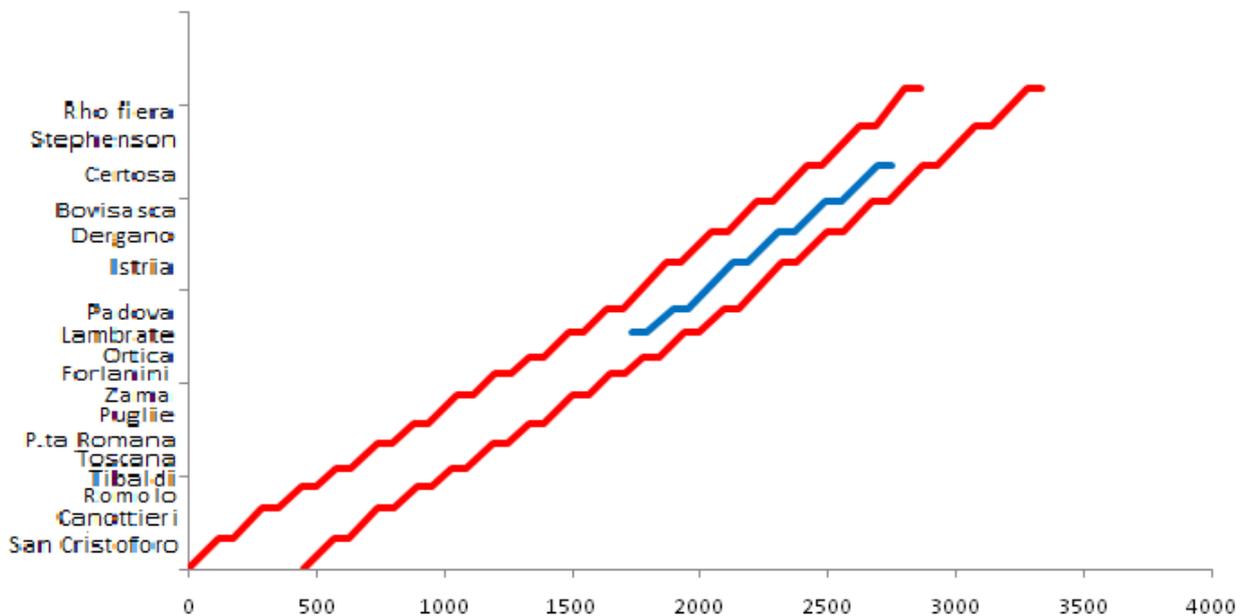


Figura 10.15: simulazione del traffico del TSR con frequenza S16 di 7,5 min e tempo di fermata 60 sec, con inserimento del regionale Cremona Garibaldi che effettua tutte le fermate sulla cintura

Distanza minima: 2000m. l'inserimento del regionale è possibile teoricamente, pur risultando di fatto molto problematica per quanto riguarda la gestione effettiva della circolazione.

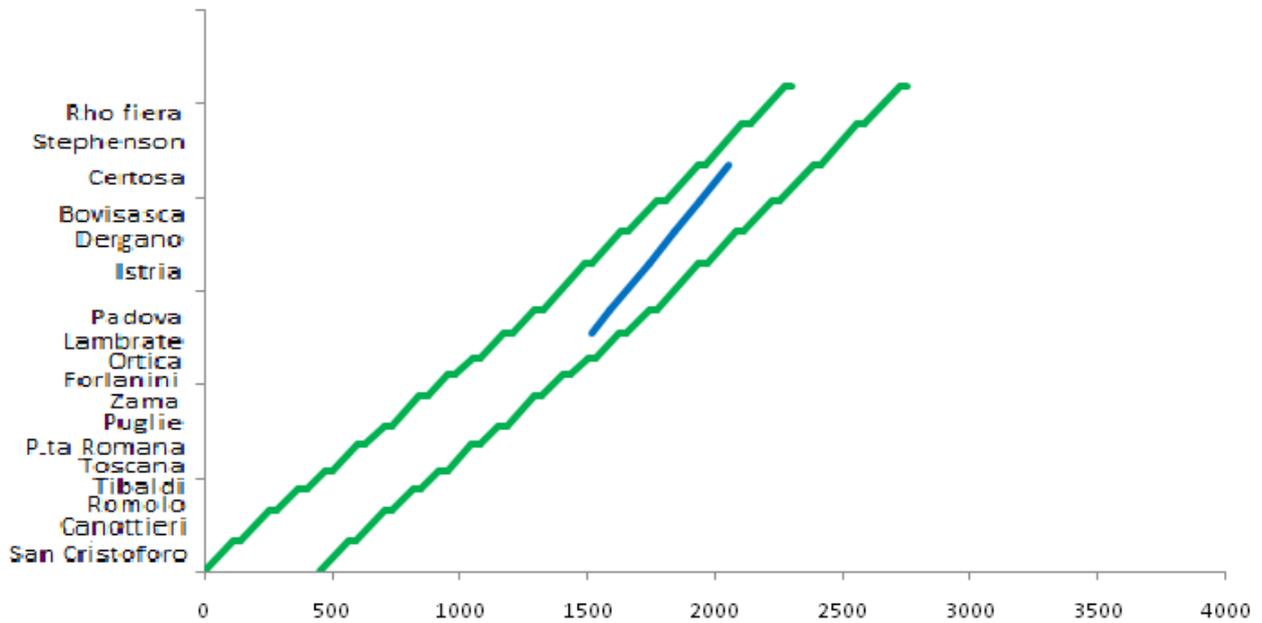


Figura 10.16: simulazione del traffico del FLIRT con frequenza S16 di 7,5 min e tempo di fermata 30 sec, con inserimento del regionale Cremona Garibaldi che non effettua le fermate sulla cintura

La distanza di 900m non lascia la possibilità di inserimento del regionale, essendo minore rispetto alla lunghezza di una sezione di blocco.

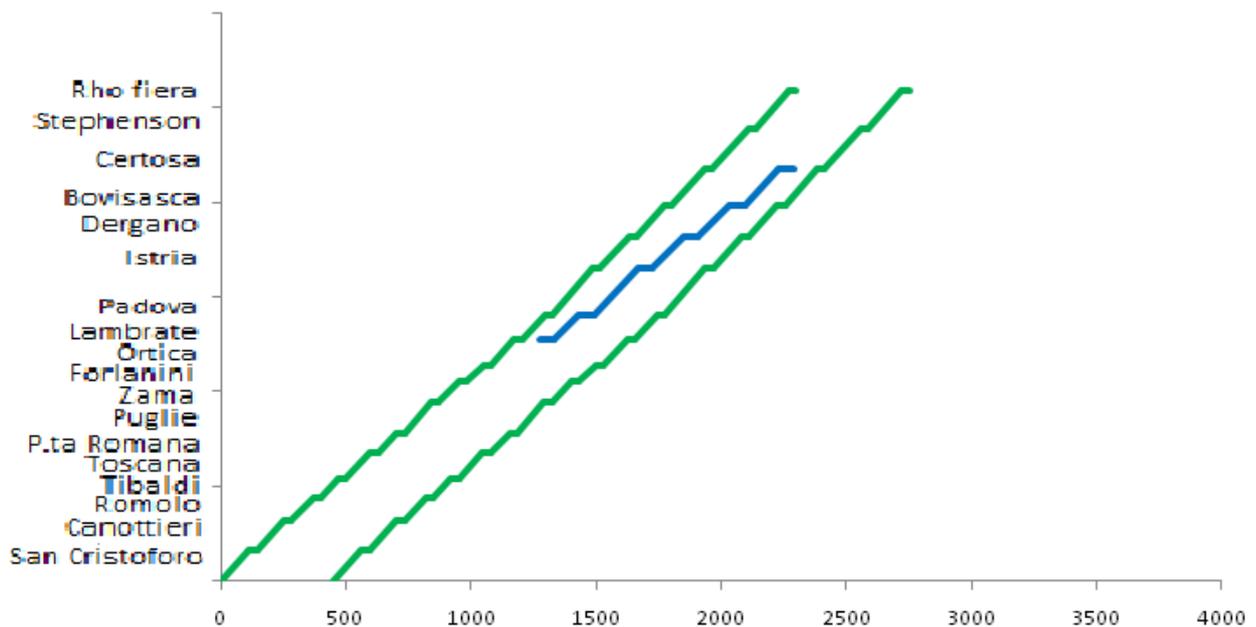


Figura 10.17: simulazione del traffico FLIRT con frequenza S16 di 7,5 min e tempo di fermata 30 sec, con inserimento del regionale Cremona Garibaldi che effettua tutte le fermate sulla cintura

Distanza minima: 700m. anche qui si riscontra l'impossibilità di sovrapporre i servizi regionale e suburbano. Tuttavia sarebbe possibile raggiungere un livello di servizio maggiore se si introducesse un sistema di distanziamento che consenta la gestione di un traffico ad alta densità

11. Conclusioni

Per dare un resoconto globale sulle considerazioni e sui suggerimenti prodotti durante questo elaborato, si riassumono ora le principali tematiche analizzate.

Per migliorare il sistema ferroviario del nodo di Milano in modo da conferirgli attrattività anche per gli spostamenti di tipo urbano, si è intervenuto su due aspetti generali. Il primo riguarda le modalità di gestione della circolazione dei treni; si sono messi in luce sia gli aspetti da migliorare per rendere gestibile il traffico ferroviario in caso di infittimento dei servizi, sia le procedure che consentono di incrementare la velocità commerciale degli stessi. Il secondo aspetto riguarda invece l'accessibilità delle stazioni e delle fermate. Si è fatta notare la necessità di dare il giusto peso anche al movimento di approccio alle infrastrutture di servizio, che devono essere concepite in modo integrato nell'ambiente circostante, anziché come sistemi a sé stanti.

Nella prima parte, per quanto riguarda il dimensionamento delle stazioni, si è dedotto come gli standard di progettazione attuali del servizio non siano ottimali, per cui si sono date delle linee guida in cui si considerano suggerimenti da adottare in modo da ottimizzare la progettazione delle fermate stesse. Per esempio: adattamento delle banchine ai treni, inserimento di sistemi che facilitino la circolazione a ciclisti e persone con ridotta capacità motoria.

Si è inoltre considerato un nuovo strumento semplice per la valutazione del livello funzionale in base al numero di moduli confrontandoli al numero di persone che salgono e scendono dai treni.

Per quanto riguarda la parte finale dalle simulazioni effettuate, anche se sono considerazioni teoriche, sono evidenti i miglioramenti dovuti sia al cambio rotabile ma soprattutto alla riduzione del tempo di fermata. C'è da aggiungere che la possibilità di avvicinamento dei treni a una distanza temporale di 7,5 minuti è praticamente impossibile a causa delle prestazioni attuali e delle caratteristiche del sistema, sommate al fatto che le attuali sezioni di blocco sono di 1350 m, il che rende ancora più difficoltoso un eventuale avvicinamento.

Per quanto riguarda invece la simulazione considerando la riduzione del tempo di fermata a 30s grazie allo snellimento delle procedure di fermata, si vede come le prestazioni aumentino rispetto al TSR utilizzati attualmente:

	Vcomm [Km/h]
TSR (tempo di fermata 60s)	25,8
FLIRT (tempo di fermata 30s)	32,4

11.1: Velocità commerciali teoriche nella cintura dalle simulazioni

Come si vede la velocità commerciale teorica raggiunta con l'adozione degli adeguamenti fatti è simile ai servizi suburbano dello stesso tipo che coprono distanze simili in alcune delle principali città europee:

	Vcomm [Km/h]
Monaco	34
Zurigo	31

11.2 Velocità commerciale servizi suburbano di Monaco di Baviera e Zurigo

Per quanto riguarda la simulazione effettuata con il modello CUBE, si era considerato un aumento di frequenza che poteva in via teorica raggiungere 1 treno ogni 7,5 minuti per direzione. Questo ipotesi è poco realistica con le caratteristiche prestazionali attuali ed è raggiungibile solo con un accoglimento totale delle considerazioni fatte nei precedenti capitoli.

Si ricorda che l'analisi costo beneficio effettuata dal documento PUMS da' un risultato negativo alla linea S16, analisi che teneva in considerazione i costi di esercizio dei treni usati attualmente dalle linee suburbane che non sono infatti adatti per questo tipo di servizio caratterizzato da frequenti start & stop soprattutto in ambito urbano.

Alla luce delle considerazioni fatte sul materiale rotabile e sulla gestione del servizio sarebbe opportuno rieseguire l'analisi costi benefici considerando treni capaci di eseguire frequenti start & stop, come quello proposto, in modo più efficiente, e la modalità di gestione della circolazione e delle fermate che incrementano l'efficacia del servizio, riducendo i tempi di fermata con le conseguenze viste nelle simulazioni. Facendo un breve riassunto dei suggerimenti introdotti per effettuare le simulazioni si hanno:

- Passare dal TSR al FLIRT
- Gestione delle procedure di fermata passando dagli attuali 60 secondi ai 30 secondi di fermata
- Aumento del numero delle porte

Questi ultimi incidono sul aumento della velocità commerciale rendendo più attrattivo questo servizio.

Per aumentare la capacità invece è possibile in via teorica, con un buon margine spaziale tra un treno e l'altro, aumentare la frequenza fino a 7,5 minuti grazie all'introduzione di un sistema ad alta capacità che diminuisca le sezioni di blocco passando dalle attuali 1350 m per treno a oltre 4 treni ogni sezione di blocco attuale.

L'analisi così eseguita sarebbe davvero in grado di evidenziare l'impatto socio-economico che avrebbe un servizio ferroviario urbano adeguatamente dimensionato.

Bibliografia:

- DGR 2014 - Deliberazione della giunta regionale
- PRMT - programma regionale della mobilità e trasporti
- PUMS - piano urbano della mobilità sostenibile
- STADLER opuscolo di presentazione FLIRT
- Brochure TSR
- Piano strategico triennale del territorio metropolitano (città metropolitana di Milano)
- Programmazione delle reti infrastrutturali e servizi di trasporto pubblico (PIM)
- legge regionale 4 aprile 2012
- linee guida: progettazione di piccole stazioni e fermate, dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali
- Norma Italiana UNI 7744