

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47I09000030009

U.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO - GENOVA QUADRUPLICAMENTO TRATTA MILANO ROGOREDO - PAVIA

Studio di Trasporto per il traffico metropolitano e regionale

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

N M 0 Z 0 0 D 1 6 R G E S 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	M. Medda	07/2018	F.A. Marcianò	07/2018	S. Rorelli	07/2018	

File: NM0Z-00-D-16-RG-ES00001-001-A

n. Elab.:

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	OBIETTIVI.....	6
3	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO FERROVIARIO	7
4	APPROCCIO METODOLOGICO	8
5	PIANO REGIONALE DELLA MOBILITÀ E DEI TRASPORTI (REGIONE LOMBARDIA, 2016)	9
6	ANALISI DI INQUADRAMENTO.....	13
6.1	TPL E TRASPORTO FERROVIARIO DI BREVE/MEDIA E LUNGA PERCORRENZA	13
6.2	FOCUS SU TRASPORTO MERCI.....	16
7	OFFERTA FERROVIARIA ATTUALE	18
8	COSTRUZIONE DEL MODELLO DI TRASPORTO “MILANO ROGOREDO-PIEVE EMANUELE-PAVIA”	19
8.1	MODELLO DI DOMANDA	19
8.2	MODELLO DI OFFERTA.....	21
8.3	MODELLO DI ASSEGNAZIONE	25
8.3.1	<i>Costo Generalizzato</i>	27
8.3.2	<i>Calcolo dei Percorsi</i>	29
8.3.3	<i>Individuazione degli Ipercammini</i>	30
8.3.4	<i>Calcolo della Probabilità di Scelta dei Percorsi</i>	31
9	APPLICAZIONE DEL MODELLO	34
9.1	SCENARI SIMULATI	34
9.1.1	<i>Analisi degli Scenari Esistenti</i>	34
9.1.2	<i>Scenario “Sc2020 Attuale”</i>	35
9.1.3	<i>Scenario “SC2025 Progetto”</i>	43
9.1.4	<i>Scenario “SC2030 Progetto”</i>	46

9.2	RISULTATI.....	49
9.2.1	<i>Risultati grafici</i>	49
9.2.2	<i>Risultati numerici</i>	54
10	CONCLUSIONI.....	67
11	PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE E SITI INTERNET.....	69

1 PREMESSA

Il presente documento descrive lo studio di trasporto eseguito nell'ambito del progetto di potenziamento della linea ferroviaria Milano - Genova ed, in particolare, della tratta Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia.

La linea, a doppio binario, è caratterizzata da un traffico diversificato composto da una componente di medio e lungo raggio passeggeri e merci, a servizio delle relazioni Milano – Tortona - Alessandria/Genova, cui si somma una rilevante componente di traffico metropolitana attestata a Pavia.

Attualmente la linea, nel tratto in approccio al nodo di Milano, si trova in condizioni prossime alla saturazione, pertanto non è in grado di assorbire significativi incrementi di traffico senza incidere sulla regolarità dei servizi già programmati in orario.

Al fine di consentire un incremento di capacità ed un miglioramento delle prestazioni coerenti con l'evoluzione dei traffici prevista per i prossimi anni, il progetto consiste nel quadruplicamento del collegamento ferroviario fra Milano Rogoredo e Pieve Emanuele e nella successiva estensione del quadruplicamento fino a Pavia.

Dal punto di vista trasportistico, in linea con i programmi nazionali e regionali, il nuovo collegamento a quattro binari tra Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia rappresenta lo strumento attuativo per l'incremento della mobilità ferroviaria di lunga percorrenza merci e passeggeri e di breve/medio raggio, attraverso il potenziamento del servizio regionale/suburbano, che in volume rappresenta la quota di traffico più rilevante. Già ad oggi, infatti, i collegamenti di tipo suburbano, regionale e regionale veloce rappresentano oltre il 60% dell'offerta commerciale in transito sulla tratta di progetto.

Con riferimento alla mobilità metropolitana e regionale, il progetto si integra perfettamente con gli obiettivi perseguiti a livello strategico e programmatico dalla Regione Lombardia e pubblicati recentemente nel Piano Regionale della Mobilità e Trasporti (PRMT) nel dicembre 2016. Questi possono essere così sintetizzati:

- riduzione della congestione stradale, specie nelle aree e lungo gli assi più trafficati;
- miglioramenti dei servizi del trasporto collettivo TPL su gomma e su ferro;
- incremento dell'offerta intermodale;

- riduzione degli impatti sull'ambiente ed in particolare del tasso di inquinamento dell'aria;
- riduzione dell'incidentalità stradale in linea con gli obiettivi posti dall'UE.

Il raggiungimento degli obiettivi di performance nel settore del TPL, sia su gomma sia su ferro, contribuirà al raggiungimento di quelli prefissati per il trasporto privato stradale, grazie alla diversione modale provocata all'incremento dell'attrattività del trasporto pubblico e la conseguente diminuzione dei flussi veicolari su strada.

Obiettivo del presente studio di trasporto è quello di stimare gli impatti sulla mobilità passeggeri di breve/medio raggio conseguenti alla realizzazione dell'intervento di quadruplicamento della tratta e al conseguente potenziamento dei servizi di trasporto. La scelta di limitare l'analisi alla sola componente di traffico suburbana/regionale dipende dalla volontà di simulare gli effetti "diretti" dell'intervento sulla domanda passeggeri. In prospettiva, infatti, l'intervento avrà degli effetti altrettanto rilevanti sul traffico di lunga percorrenza passeggeri e merci, se inquadrato nel sistema di progetti di potenziamento dell'intera relazione Milano – Genova. Gli effetti sui traffici di lungo raggio (passeggeri e merci) potranno essere valutati in uno studio successivo, pertanto, simulando nello stesso tempo le modifiche apportate all'offerta ferroviaria dall'intervento di quadruplicamento della Milano Rogoredo – Pavia con quelle degli altri interventi, in essere e programmati (per esempio potenziamento della Tortona – Voghera, Terzo Valico, ecc.), ed ampliando l'estensione territoriale del bacino di domanda ad un'area sovraregionale che interessa l'intero quadrante nord-occidentale dell'Italia.

Per la simulazione dell'interazione domanda-offerta a scala regionale, per coerenza e continuità con lo stato dell'arte, si è reso necessario eseguire un aggiornamento del modello di trasporto sviluppato dalla regione Lombardia per la redazione del PRMT (2016), modificando opportunamente gli scenari di offerta ferroviaria previsti agli orizzonti delle due attivazioni del quadruplicamento e lasciando invariate le altre condizioni.

Dal punto di vista applicativo, lo studio di trasporto ha ripreso modelli e procedure sviluppati nell'ambito del PRMT della Regione Lombardia per la realizzazione di un modello di trasporto multimodale implementato su software specialistico di simulazione Cube di Citilabs.

Dopo la condivisione ed organizzazione dei dati di base trasmessi dalla Regione Lombardia, quindi, sono state eseguite delle simulazioni di traffico utilizzando lo stesso software del modello PRMT. Le simulazioni hanno previsto l'implementazione di scenari di offerta ferroviaria più dettagliati e coerenti con il layout funzionale e le prestazioni che saranno consentite sulle tratte Milano Rogoredo – Pieve Emanuele e Pieve Emanuele – Pavia nella configurazione a quattro binari.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 6 di 69

2 OBIETTIVI

Al fine di quantificare gli impatti sulla mobilità a scala suburbana/regionale indotti dal progetto di quadruplicamento del collegamento ferroviario Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia, gli obiettivi dello studio possono essere così sintetizzati:

- fornire una stima dei flussi di traffico passeggeri sulle tratte Milano Rogoredo - Pieve Emanuele e Pieve Emanuele - Pavia, per i servizi di trasporto tipo suburbano/regionale;
- calcolare gli indicatori di prestazione per misurare le variazioni assolute del traffico ferroviario e per la comparazione con quello stradale al fine di analizzare gli effetti prodotti dalla diversione modale.

Come riportato in precedenza, ai fini dello studio di trasporto non sono state considerate la domanda passeggeri di lunga percorrenza e merci, poiché gli effetti su tali componenti di traffico potranno essere valutati, in uno studio successivo, solamente estendendo l'area di studio al quadrante nord-occidentale dell'Italia e simulando le modifiche dell'offerta ferroviaria connesse alla realizzazione dell'intero sistema di interventi previsti per il potenziamento della Milano – Genova.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 69

3 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO FERROVIARIO

La linea Milano – Tortona è caratterizzata da un traffico diversificato, composto da una componente a medio/lungo raggio passeggeri e merci a servizio delle relazioni Milano – Tortona - Alessandria/Genova, cui si aggiunge una rilevante componente a breve raggio di viaggiatori metropolitani.

Attualmente la linea, nel tratto in approccio al nodo di Milano, si trova in condizioni prossime alla saturazione per cui non è in grado di assorbire ulteriori incrementi di traffico.

Per tale motivo, l'intervento in fase di progettazione consiste nel quadruplicamento della tratta al fine di acquisire gli standard capacitivi e di performance coerenti con i modelli di esercizio previsti in futuro.

L'intervento di potenziamento sarà articolato in due fasi funzionali:

- **Fase 1** - quadruplicamento della linea in uscita da Milano fino alla nuova stazione di Pieve Emanuele, che consentirà l'istituzione di servizi regionali metropolitani con frequenza a 15' attestati nell'impianto di Pieve Emanuele, in accordo con i piani regionali in essere (PRMT 2016);
- **Fase 2** - quadruplicamento della tratta Pieve Emanuele – Pavia, che consentirà la completa separazione dei traffici metropolitani/regionali da quelli interregionali, lunga percorrenza e merci, dedicando i nuovi binari prevalentemente al trasporto regionale e ai servizi del passante ferroviario milanese.

Per quanto riguarda il servizio metropolitano, il modello di esercizio della Regione Lombardia prevede, a valle dell'attivazione del quadruplicamento tra Milano Rogoredo e Pieve Emanuele (prima fase funzionale), il prolungamento del servizio S2, che attualmente si attesta a Milano Rogoredo, fino a Pieve Emanuele. Sulla direttrice Milano-Genova si realizzeranno quindi i seguenti servizi:

- Servizio cadenzato ogni 30 minuti attestato nella stazione di Pieve Emanuele;
- Servizio cadenzato ogni 30 minuti attestato nella stazione di Pavia;

in modo tale che nella tratta comune tra Milano Rogoredo e Pieve Emanuele sia disponibile un servizio ogni 15 minuti.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 8 di 69

4 APPROCCIO METODOLOGICO

Di seguito si descrive l'approccio adottato per lo sviluppo dello studio di trasporto. Gli aspetti modellistici saranno trattati più in dettaglio nel capitolo 9.

La simulazione dell'interazione domanda/offerta, ossia l'assegnazione dei flussi di traffico passeggeri sulla rete ferroviaria rispetto a determinate configurazione di offerta (infrastruttura e servizi) e a determinati orizzonti temporali di riferimento, ha richiesto, la costruzione del modello di domanda, di quello di offerta e del modello di assegnazione.

La recente pubblicazione del PRMT della Regione Lombardia (dicembre 2016), è stata occasione per avere a disposizione una base dati consolidata ed attendibile per l'impostazione dello studio di trasporto da eseguire. Il PRMT, inoltre, nell'area di intervento descrive un'organizzazione del sistema ferroviario analoga a quella di progetto della tratta Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, per cui le stime di traffico in esso riportate (e i modelli implementati) si possono considerare attendibili anche rispetto a quelle che si potrebbero ottenere da uno studio di trasporto "ex-novo" limitato alla sola area di studio della tratta di intervento. Piuttosto, l'eventuale livello di dettaglio "perso" rispetto ad una calibrazione dei modelli di trasporto tarata sulle caratteristiche della mobilità nell'area di studio, si può considerare compensato dalla maggiore attendibilità di un'assegnazione su "area vasta" che simula non solo l'effetto di un intervento isolato su rete ferroviaria, ma anche "l'effetto di rete" generato dall'insieme di interventi programmati nel medio e breve periodo dalla Regione Lombardia sia sulla rete stradale, sia sulla rete ferroviaria e che comportano una variazione della distribuzione dei flussi fra i vari modi (per effetto della diversione modale), con ripercussioni anche sulla tratta di intervento oggetto dello studio. Sulla base di queste considerazioni e in accordo con la Committenza e con la Regione Lombardia, si è deciso, pertanto, di mutuare parte dei modelli di trasporto già sviluppati per il PRMT.

La costruzione degli scenari di offerta ferroviaria di progetto è stata eseguita attraverso la caratterizzazione dei servizi di trasporto offerti in termini di percorsi, fermate e frequenze. Sono stati ricostruiti sia i servizi attuali che rimangono inalterati nel tempo, sia quelli che subiranno delle modifiche in termini di percorso (prolungamenti) e/o frequenza e sia i nuovi servizi attestati a Pieve Emanuele.

Le matrici di domanda assegnate per la simulazione dell'interazione domanda/offerta al 2020 (assunta coincidente con quella attuale), 2025 e 2030, il modello di assegnazione e quello di scelta modale sono gli stessi di quelli sviluppati per il PRMT.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 69

5 PIANO REGIONALE DELLA MOBILITÀ E DEI TRASPORTI (REGIONE LOMBARDIA, 2016)

Lo studio di trasporto Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, come detto, condivide dati, procedure e modelli implementati per lo sviluppo del Programma Regionale della Mobilità e dei Trasporti (PRMT) del 2016, dal momento che con questo esistono diversi punti in comune tra cui ambito territoriale, caratterizzazione della domanda e scenari di progetto ipotizzati.

Il PRMT individua gli obiettivi, le strategie e le azioni per la mobilità ed i trasporti in Lombardia, rispetto ad un orizzonte temporale di riferimento di breve-medio periodo (circa 5 anni), ma secondo una pianificazione degli interventi che riguarda una prospettiva di medio-lungo termine. L'ambito geografico di riferimento è la Lombardia, considerata all'interno del complesso sistema di relazioni con l'esterno in cui essa si inserisce.

Il PRMT si caratterizza per un approccio integrato al tema dei trasporti e delle relazioni esistenti tra mobilità e territorio, ambiente e sistema economico per la volontà di mettere al centro dell'attenzione non il mezzo attraverso il quale avviene il movimento bensì il soggetto che lo compie: il cittadino che deve spostarsi per motivi di lavoro, di studio, di salute o nel suo tempo libero e le imprese che devono approvvigionarsi o distribuire merci.

È questa sensibilità e l'importanza riconosciuta alla domanda di trasporto che ha avviato l'attività per la definizione della Matrice regionale Origine/Destinazione 2014, strumento complesso e fondamentale di conoscenza della caratteristiche della domanda messo a disposizione di tutti in formato Open Data ad aprile 2015.

L'ampia e complessa base dati del PRMT si completa con il sistema di monitoraggio del trasporto pubblico locale e regionale e, per il trasporto merci, con le indagini condotte nell'ambito del progetto di ricerca Eupolis "Mobilità delle merci: azioni per lo sviluppo del trasporto intermodale e la competitività della logistica" (2012).

La matrice regionale Origine/Destinazione 2014 è il risultato di una complessa interazione tra modellazioni trasportistiche, questionari on-line, interviste vis-à-vis (anche al cordone), analisi di indagini disponibili e della domanda esistente rilevata. Questa è costituita da una serie di elementi disposti su più righe (origini) e su più colonne (destinazioni). Le origini/destinazioni degli spostamenti sono aggregate in zone di mobilità e possono essere sia interne al territorio della Lombardia sia esterne. Pertanto, la matrice è schematicamente suddivisibile in quattro sottomatrici:

- matrice degli spostamenti interni, tra una zona origine ed una zona destinazione che ricadono all'interno del territorio lombardo;
- matrice degli spostamenti di scambio esterni-interni, con origine all'esterno della Regione e diretti verso l'interno;
- matrice degli spostamenti di scambio interni-esterni, con origine all'interno del territorio regionale e destinazione all'esterno;
- matrice degli spostamenti di attraversamento, con origini e destinazioni esterne al territorio regionale.

Il processo di zonizzazione ha individuato 1.495 zone, di cui 1.450 interne alla Regione Lombardia e 45 esterne, corrispondenti alle Province delle Regioni confinanti, alle restanti Regioni italiane, agli stati esteri ed ai continenti extraeuropei. Diversi comuni della Regione (ad esempio Varese, Como, Milano, Bergamo, ecc.) sono suddivisi in più zone, per un totale di 78 zone.

Poiché ogni spostamento è caratterizzato sia da un motivo sia dal modo di trasporto utilizzato, al livello più disaggregato si hanno matrici specifiche per ciascuna combinazione di motivo e modo. In sintesi, la matrice regionale O/D 2014 include:

- 8 modalità (auto conducente, auto passeggero, TPL gomma, TPL ferro, moto, bici, piedi e altro);
- 5 motivi:
 - lavoro, in cui sono compresi gli spostamenti effettuati per recarsi alla sede di lavoro.
 - studio, in cui sono compresi gli spostamenti effettuati per recarsi a scuola o all'università.
 - occasionali, in cui sono compresi gli spostamenti effettuati per fare acquisti e/o commissioni personali, accompagnare o prendere qualcuno, per fare visite, per svago o turismo, visite mediche.
 - affari, in cui sono compresi gli spostamenti effettuati per riunioni di affari o la visita di clienti. La scelta di considerare separatamente tale motivo è basata sulla specificità del motivo affari, né puramente sistematico né esclusivamente occasionale.
 - rientri a casa, sia da scuola/ufficio sia dai luoghi di svago, visita, acquisti, ecc.

In sintesi, i risultati derivanti dall'analisi della matrice regionale Origine-Destinazione 2014 hanno decretato:

- gli spostamenti che quotidianamente interessano la Lombardia sono pari a 16,40 milioni e sono cresciuti, rispetto al 2002, del 5,7%;
- chi si sposta compie mediamente 2,5 spostamenti al giorno, per i quali spende circa 1 ora e 6 minuti;
- gli spostamenti non sistematici (non attribuibili a lavoro e a studio) costituiscono circa il 50% del totale, escludendo i rientri;
- il Comune di Milano si conferma come il più importante attrattore della mobilità rispetto alla domanda dell'intera Lombardia, con una quota pari a circa il 21% (esclusi i rientri a casa);
- il Comune di Milano si conferma la città con il maggior utilizzo dei mezzi pubblici: complessivamente il trasporto collettivo (metropolitana, mezzo di superficie, treno e autobus extraurbano) assorbe circa il 41% del totale degli spostamenti interni al Comune Capoluogo motorizzati e non;
- nel segmento extraurbano che gravita su Milano, in termini di spostamenti tra il Comune di Milano e i restanti Comuni della Provincia, torna a prevalere l'auto privata, con circa il 55% di quota modale contro il 37% del Trasporto Pubblico Locale;
- il ruolo di attrattori della domanda di mobilità è esercitato prevalentemente dai Capoluoghi di Provincia, ma anche da alcuni centri di riferimento sub-provinciale (per esempio: Vigevano, Voghera, Crema, e l'area della direttrice del Sempione);
- i centri con ruolo prevalente di generatori di domanda sono ubicati principalmente nella cintura di Milano e nelle aree a ridosso degli altri capoluoghi e dei centri attrattori di mobilità;
- l'indice di mobilità è cresciuto dal 70% del 2002 al 74% del 2014. Il numero medio di spostamenti pro capite è invece sceso da 2,65 a 2,54;
- il numero di passeggeri*km ha subito una contrazione del 16%, dai circa 164 milioni del 2002 ai circa 137 milioni del 2014, anche in ragione della riduzione della distanza media degli spostamenti passata dai 10,6 km del 2002 agli 8,7 km del 2014;

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	12 di 69

- da una prima analisi dei motivi di spostamento, emerge la diminuzione, seppur contenuta (circa 3%), degli spostamenti per lavoro e il contestuale incremento degli spostamenti per affari, che riflette anche l'evoluzione del mercato del lavoro nel periodo di crisi economica. L'aumento degli spostamenti occasionali è in linea con le tendenze della mobilità a tutti i livelli territoriali.

Questa sintesi sul PRMT è stata estratta dall'ampia documentazione disponibile sul sito della Regione Lombardia cui si rimanda per maggiori approfondimenti (fonte: <http://www.regione.lombardia.it>).

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 13 di 69

6 ANALISI DI INQUADRAMENTO

Le analisi sulla mobilità eseguite nel PRMT forniscono un chiaro inquadramento sullo stato del trasporto pubblico locale, su gomma e su ferro, e merci in ambito regionale con dettagli interessanti sul trasporto ferroviario.

6.1 TPL e trasporto ferroviario di breve/media e lunga percorrenza

Le analisi sulla mobilità eseguite nel PRMT forniscono un inquadramento esaustivo sullo stato del trasporto pubblico locale in ambito regionale ed, più in particolare, sul trasporto ferroviario.

La domanda di trasporto collettivo ammonta complessivamente a circa 968 mln pax/anno ed è aumentata con un trend in crescita medio annuo superiore al 4% nel corso degli ultimi anni. La domanda ferroviaria regionale è cresciuta in modo rilevante, passando dai circa 400 mila pax/giorno nei primi anni 2000 ai circa 700 mila nel 2014 con incrementi particolarmente significativi su alcune direttrici: sulla Milano-Chiasso (linee S9+S11) è quasi triplicata in 10 anni; l'utenza della linea S6 Novara-Milano è raddoppiata dal 2005 al 2011; la domanda sulla relazione Regio Express Milano-Bergamo è cresciuta del 44% in 6 anni.

Con riferimento al trasporto collettivo, la Lombardia presenta elementi di assoluta peculiarità nel contesto di riferimento nazionale. In relazione al trasporto ferroviario e al TPL su gomma, ad esempio, la Lombardia rappresenta, a livello nazionale, circa il 14% dell'offerta in termini di autobus*km e circa il 19% in termini di treni*km. Ciò è dovuto anche alla presenza di più di 6.000 autobus e di circa 2.300 corse ferroviarie al giorno.

La rete ferroviaria si estende in Lombardia per circa 2.000 km con un totale di 421 stazioni. Di tale rete:

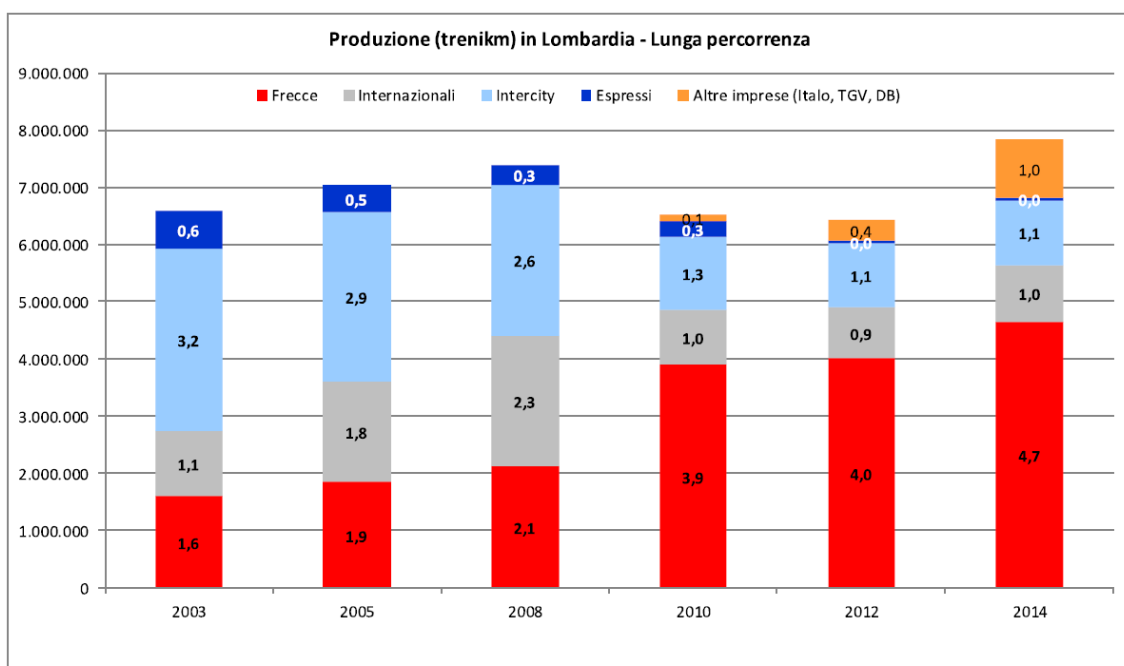
- circa 320 km con 120 stazioni costituiscono la rete regionale in concessione a Ferrovienord SpA;
- la restante parte appartiene alla rete nazionale in concessione a RFI S.p.A. ed è suddivisa fra rete AV/AC (linea Milano - Bologna, linea Milano - Torino), rete fondamentale, rete complementare e linee nodo.

La rete regionale in concessione è esclusivamente dedicata ai servizi regionali e pertanto vede un traffico mediamente minore e molto omogeneo, mentre sulla rete nazionale c'è la coesistenza di servizi sovraregionali e regionali, che interagiscono tra loro in modo estremamente complesso e che determinano un traffico spesso maggiore e fortemente disomogeneo (alta velocità, lunga percorrenza,

merci, interregionali, internazionali e regionali). Le due reti sono interconnesse in numerosi punti, tra cui il più importante è il Passante Ferroviario di Milano, attraverso il quale ogni giorno centinaia di corse passano da una rete all'altra.

Il servizio ferroviario di carattere nazionale e internazionale - assicurato attualmente da Trenitalia Spa e da NTV Spa (Italo), TGV e DB AG - ha visto nell'ultimo decennio una sostanziale invarianza dei volumi d'offerta prodotti, nonostante l'apertura dei nuovi assi AV/AC. La ripartizione dei volumi tra le differenti tipologie di servizio è però cambiata radicalmente. Tutti gli aumenti sono stati concentrati sui nuovi assi AV/AC (Milano-Bologna-Roma e Milano-Torino) e in buona parte sull'asse Milano – Venezia che ha vissuto la trasformazione del precedente sistema Intercity nel sistema semiorario Frecciabianca. Le altre direttrici hanno visto una sostanziale invarianza di servizio (Milano – Genova) o una diminuzione del servizio prodotto (Milano-Bologna storica, Milano – Chiasso - Zurigo e Milano – Domodossola - Ginevra/Basilea).

Il servizio di tipo interregionale tra Lombardia e Ticino (relazioni transfrontaliere) ha avuto negli ultimi anni un interessante sviluppo, dal momento che il vicino Cantone Ticino costituisce per la Lombardia un interessante bacino di traffico e di scambio di relazioni correlate per diversi motivi (spostamenti di tipo pendolare, transfrontalieri di lavoro e di studio, per relazioni d'affari, ecc.).



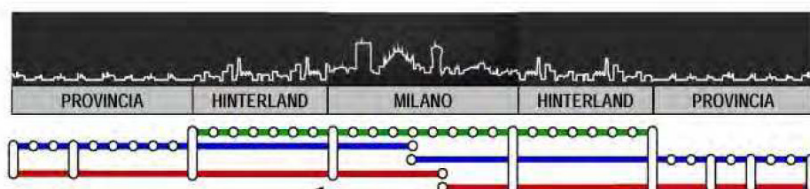
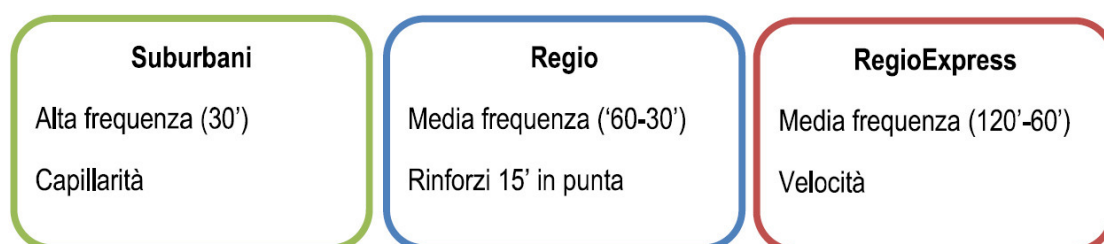
Fonte: elaborazione Regione Lombardia

Figura – Produzione (treni*km) di servizi ferroviari lunga percorrenza in Lombardia (fonte PRMT, 2016)

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 15 di 69

I servizi regionali svolti da Trenord sono strutturati secondo tre tipologie di offerta:

- **servizio suburbano (linee S)** ad alta frequenza (30'), per la mobilità interna all'area metropolitana di Milano (Milano e comuni fino a circa 30 km) e per alcuni collegamenti tra i capoluoghi e la relativa conurbazione, con frequenza costante ed ampi archi di servizio (dalle 5.00 alle 0.30 circa);
- **servizio interpolo (linee RE, RegioExpress)** a media frequenza (30'-60'), per il collegamento veloce delle principali centralità urbane tra loro e con Milano;
- **servizio regionale (linee R)** a media frequenza (60'-120'), per i restanti collegamenti locali o per i servizi velocizzati in ambito suburbano.



Fonte: elaborazione Regione Lombardia

Figura – Organizzazione del servizio ferroviario regionale della Lombardia (fonte PRMT, 2016)

Il progetto d'offerta in Lombardia è strutturato su due piani sovrapposti di domanda prevalente. Un primo livello è quello che interessa i principali nodi metropolitani (in particolare il nodo di Milano) caratterizzati da una domanda prevalentemente di tipo radiale. Nell'intorno di queste aree anche l'offerta di servizi è stata organizzata secondo una struttura radiale su tre livelli di servizi (S+R+RE). Nei territori regionali più lontani dalla gravitazione urbana, il piano d'offerta è invece strutturato secondo il più consueto modello policentrico a due livelli (R+RE).

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 16 di 69

Nel 2011, la domanda complessiva, stimata sui dati del venduto, era pari a 630.000 passeggeri/giorno. Una stima odierna dei passeggeri sulla base dei dati di frequentazione dei soli servizi di Trenord (novembre 2014) porta invece a 700.000 passeggeri/giorno (cui vanno aggiunti circa 100.000 passeggeri dei servizi regionali gestiti dalle regioni confinanti e circa 50.000 passeggeri che usufruiscono dei servizi di lunga percorrenza). Come in tutti i sistemi di trasporto con forte componente lavorativa/studentesca, la domanda era in passato significativamente concentrata nelle ore di punta. Negli anni è invece progressivamente aumentata la quota di utenti nelle fasce tradizionalmente di morbida grazie a un'offerta che ha seguito la tendenza a una maggiore flessibilità nelle esigenze degli spostamenti e la massima estensione degli archi di servizio a disposizione dei cittadini. La domanda servita dal trasporto ferroviario è comunque ancora in larga misura sistematica piuttosto che occasionale, infatti:

- il 36% dei viaggi è effettuato per motivi di lavoro e il 37% per motivi di studio, mentre solo il 21% dei viaggi è effettuato per motivi non sistematici;
- il 46% degli utenti utilizza il treno quotidianamente;
- circa il 50% degli utenti utilizza abbonamenti (annuale, mensile o settimanale), a cui si aggiunge il 12% che utilizza abbonamenti integrati.

La domanda servita dal sistema ferroviario mostra una localizzazione geografica coerente con i dati complessivi della mobilità su scala regionale e tali da confermare i punti di forza dell'attuale sistema ferroviario regionale:

- circa tre quarti degli utenti effettua spostamenti da e per Milano;
- le percorrenze medie sono basse, con il 75% degli utenti che viaggia su percorsi inferiori a 40 km (percorrenza che scende ulteriormente per viaggi non da e per Milano);
- la quota di utenti occasionali supera la quota di utenti sistematici su distanze superiori ai 60-70 km.

6.2 Focus su trasporto merci

Le statistiche del PRMT evidenziano che per quanto concerne il trasporto delle merci rimane preponderante l'uso della modalità "strada", con quasi il 93% del volume totale di merce movimentata. Nel 2011 in totale si sono movimentate su ferro circa 28 milioni di tonnellate di merce, di cui circa 4 milioni destinate al traffico nazionale e circa 24 milioni destinate al traffico internazionale.

Il ruolo della ferrovia è più significativo se ci si focalizza sulla ripartizione modale della componente internazionale del traffico merci. Su queste relazioni, infatti, la ferrovia rappresenta il 67,4% del traffico totale internazionale. La maggior parte del traffico ferroviario internazionale è costituito dai trasporti intermodali (circa il 62%), favoriti anche dal ruolo svolto dal sistema Sempione/Gottardo che con 24 mln ton./anno copre il 56% dei traffici ferroviari complessivi nazionali contro il 33,6% dei valichi austriaci e il 10,5% di quelli francesi. Negli ultimi anni, inoltre, la quota di traffico ferroviario intermodale in Lombardia è rimasta sostanzialmente costante a fronte di una significativa diminuzione del traffico ferroviario registrata a livello nazionale (fonte: <http://www.regione.lombardia.it>).

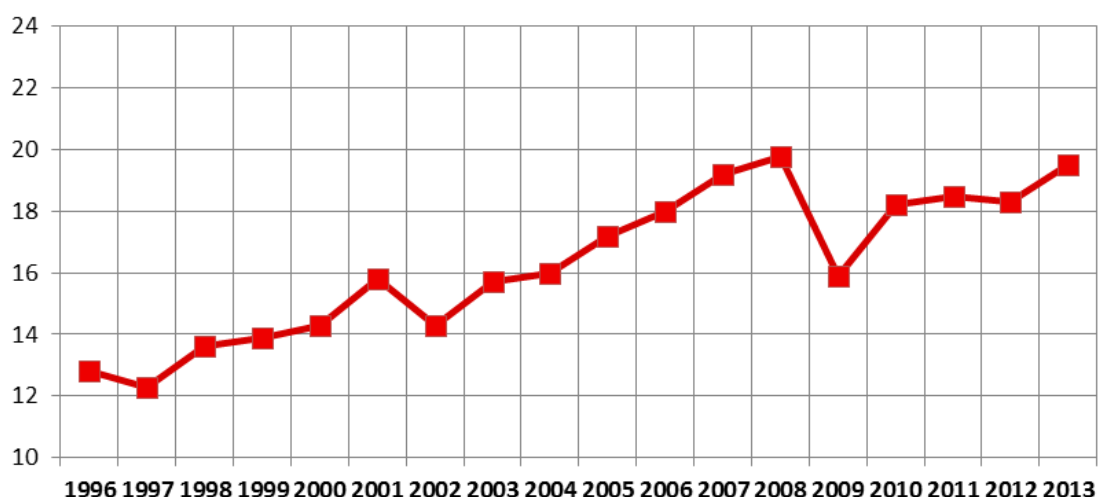


Figura - Traffico intermodale in Lombardia. Andamento nel periodo 1996-2013 (fonte PRMT, 2016)

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 18 di 69

7 OFFERTA FERROVIARIA ATTUALE

Limitando l'analisi sul trasporto ferroviario alla sola tratta di intervento Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, oggetto del progetto di quadruplicamento, si osserva che il traffico è attualmente composto da servizi passeggeri di tipo metropolitano/regionale e lunga percorrenza e treni merci.

A seguito di una serie di estrazioni da PIC (Piattaforma Integrata Circolazione) di RFI in più giorni feriali (periodo aprile 2018), si è ricostruito che il modello di esercizio giornaliero è mediamente così strutturato:

- Lunga Percorrenza, 32 treni/giorno;
- Regionali, 70 treni/giorno;
- Suburbani, 72 treni/giorno;
- Merci, 39 treni/giorno;
- Totali, 213 treni/giorno.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 19 di 69

8 COSTRUZIONE DEL MODELLO DI TRASPORTO “MILANO ROGOREDO-PIEVE EMANUELE-PAVIA”

Il modello di trasporto è composto da tre sotto-modelli, il modello di domanda, il modello di offerta ed il modello di assegnazione del trasporto pubblico, le cui caratteristiche saranno descritte nel seguito del capitolo.

8.1 Modello di Domanda

Come già detto, il modello di domanda elaborato per lo studio di trasporto Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia deriva dal modello sviluppato nell’ambito degli studi PRMT.

In relazione al contributo proveniente dal modello di domanda implementato nel PRMT, si riporta un estratto dalla documentazione di riferimento che ne descrive le caratteristiche.

“Al fine di rappresentare al meglio la mobilità del territorio lombardo, l’area di studio è stata suddivisa in 1.450 zone di mobilità:

- *1.264 zone costituite da singoli Comuni lombardi*
- *108 zone costituite dall’aggregazione di Comuni*
- *78 zone costituite dalla disaggregazione di grossi Comuni: Milano, Monza, Sesto S. Giovanni, Rho, Cinisello Balsamo, Cremona, Bergamo, Como, Mantova, Brescia, Lodi, Pavia, Varese, Busto Arsizio, Legnano e Vigevano.*

Ulteriori 3 zone corrispondono agli aeroporti di Malpensa, Linate ed Orio al Serio.

Per quanto riguarda la zonizzazione esterna, si hanno in tutto 45 zone:

- *26 corrispondenti a Province delle regioni confinanti;*
- *15 corrispondenti a regioni non confinanti;*
- *14 corrispondenti a Stati esteri europei;*
- *3 corrispondenti a Stati extraeuropei.*

La definizione della matrice regionale 2014 è basata su un modello di domanda di trasporto, ovvero uno strumento che, alimentato con dati rappresentativi della popolazione e del territorio regionale e calibrato con informazioni rilevate direttamente sul campo, ha lo scopo di rappresentare nel migliore dei modi la realtà. Tali indicazioni devono essere tenute in considerazione nel momento dell'utilizzo dei dati

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 20 di 69

in quanto richiedono specifiche competenze per l'interpretazione degli stessi, che sono riferiti ad una scala territoriale regionale.

Per poter procedere alla determinazione della matrice origine-destinazione, si è utilizzato un approccio a stadi successivi mediante opportuni modelli di:

- *emissione ed attrazione degli spostamenti;*
- *distribuzione degli spostamenti;*
- *ripartizione modale;*
- *assegnazione alla rete (grafo).*

(fonte: <http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524/Presentazione+Matrice+OD.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524>)

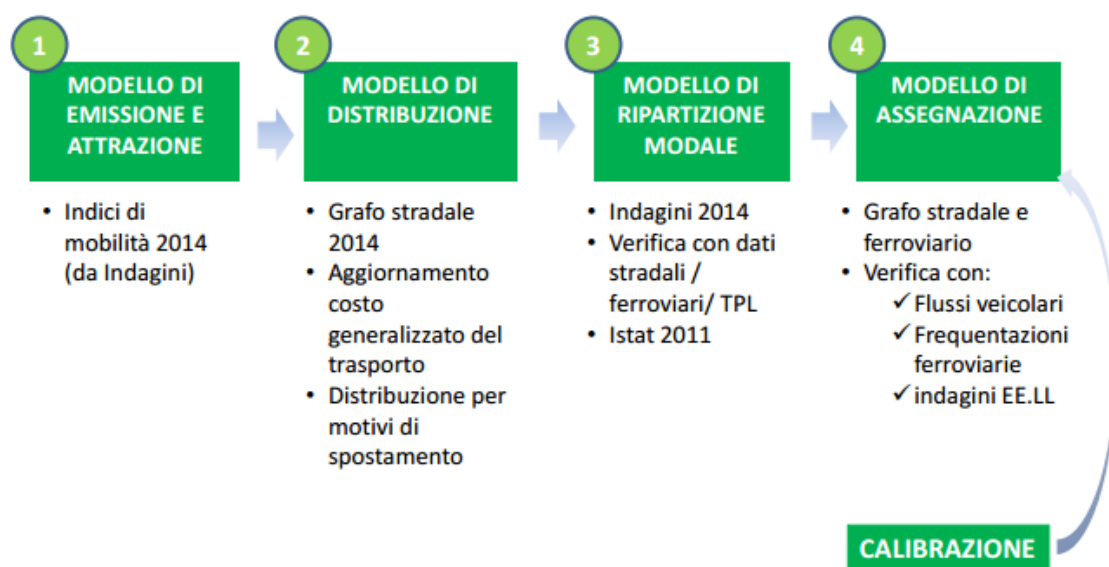


Figura - Struttura del modello a 4 stadi implementato nel PRMT (fonte, PTRMT 2016)

Rimandando alla documentazione specifica del PRMT per ulteriori dettagli ed informazioni relative al modello di emissione/attrazione ed al modello di distribuzione utilizzati per il PRMT, è opportuno riportare alcune note specifiche relativamente al modello di scelta modale ed alla costruzione delle matrici esterne.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 21 di 69

In merito al modello di scelta modale, *“per ogni spostamento, effettuato tra le zone origine e destinazione, per ogni motivo, è stata ricavata l’aliquota di spostamenti che utilizza un certo modo di trasporto. Nello specifico, è stato utilizzato un approccio “kite” considerando separatamente:*

- *ripartizione modale degli spostamenti aventi origine in un singolo Comune/aggregazione di Comuni e destinazione in altro Comune/aggregazione di Comuni - modello LOGIT;*
- *ripartizione modale all’interno della diagonale della matrice (spostamenti con origine e destinazione all’interno dello stesso Comune/aggregazione di Comuni) e, nelle sottomatrici, spostamenti con origine e destinazione all’interno dello stesso Comune (per i Comuni disaggregati in più zone) – approccio deterministico;”* (fonte: <http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524/Presentazione+Matrice+OD.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524>)

In merito alle matrici esterne, *“La matrice esterna è data dall’unione delle sottomatrici di scambio (I^*E ed E^*I) e di attraversamento (E^*E) relative all’analisi sia delle interviste al cordone (spostamenti dei non residenti in ingresso/uscita dalla Lombardia) sia degli spostamenti di scambio relativi ai residenti in Lombardia.*

In particolare si fa riferimento alle seguenti sottomatrici:

- *cordone stradale;*
- *cordone ferroviario;*
- *cordone aeroportuale;*
- *di scambio dei residenti.”*

(fonte: <http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524/Presentazione+Matrice+OD.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=d93b792f-0f1a-49ac-b9e1-d3bfd7511524>).

8.2 Modello di Offerta

Il modello di offerta del modello Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, implementato sul software di simulazione Cube, è composto fondamentalmente da due database distinti, che contengono:

- il grafo della rete stradale, relativo all’anno 2014;
- l’insieme dei servizi di trasporto pubblico, relativi agli anni 2015 e 2025.

Il grafo di rete è composto da circa 80.000 archi direzionali e circa 50.000 nodi, ognuno dei quali caratterizzati da attributi specifici. Di seguito si riporta un'immagine del grafo di rete dell'intera regione Lombardia, estratta dal modello Cube (la diversa colorazione è rappresentativa delle varie categorie d'arco).

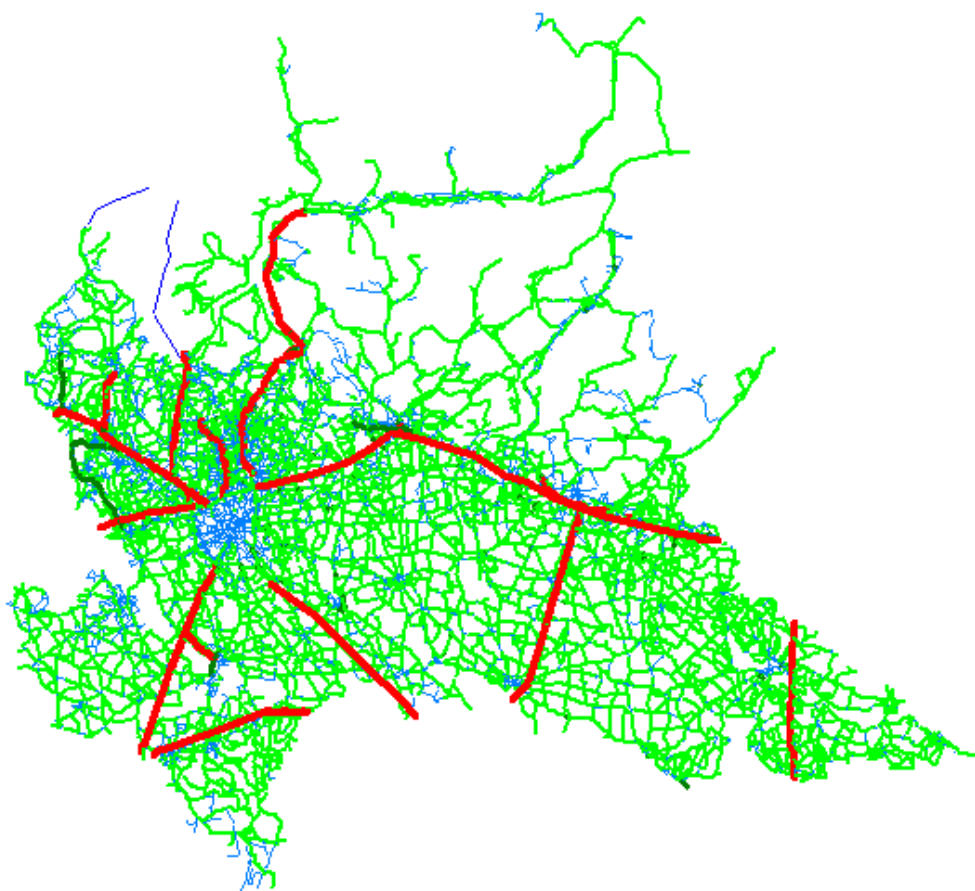


Figura – Grafo di rete della regione Lombardia

In relazione ai servizi di trasporto pubblico, ogni linea descritta all'interno del modello è caratterizzata da alcuni attributi base, funzionali per l'esecuzione di modelli Cube. Gli attributi fondamentali sono:

- Nodi Fermata o Nodi transito;
- Tempo di viaggio tra i Nodi Fermata;
- Frequenza della linea;

- Nome della linea;
- Operatore del servizio;
- Modo.

Si riportano di seguito alcune immagini relative ai servizi descritti ed estratte dal modello Cube.

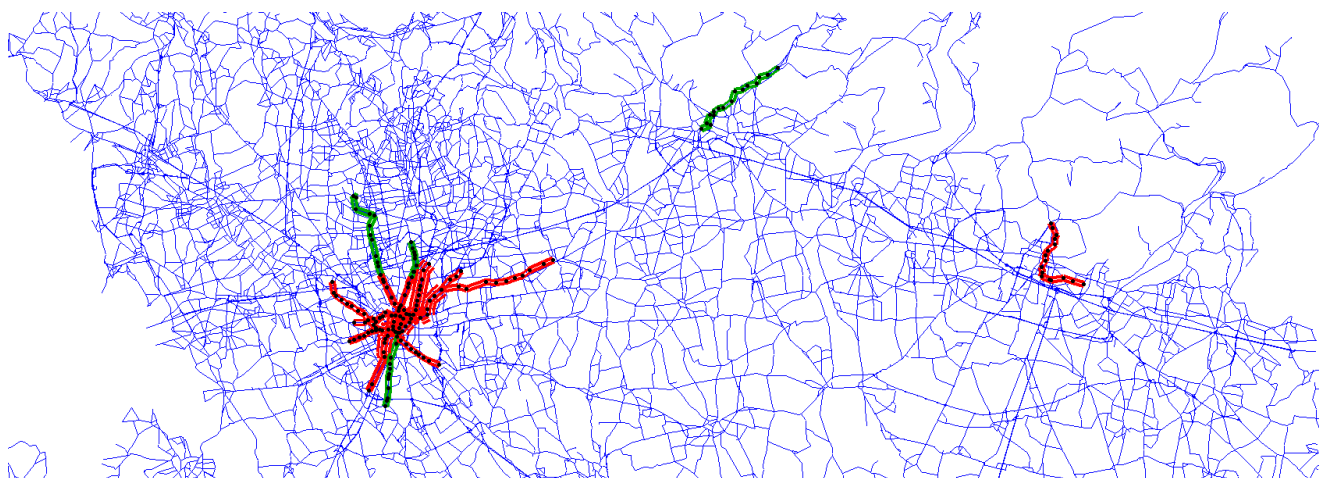


Figura – Servizi Urbani, anno 2015

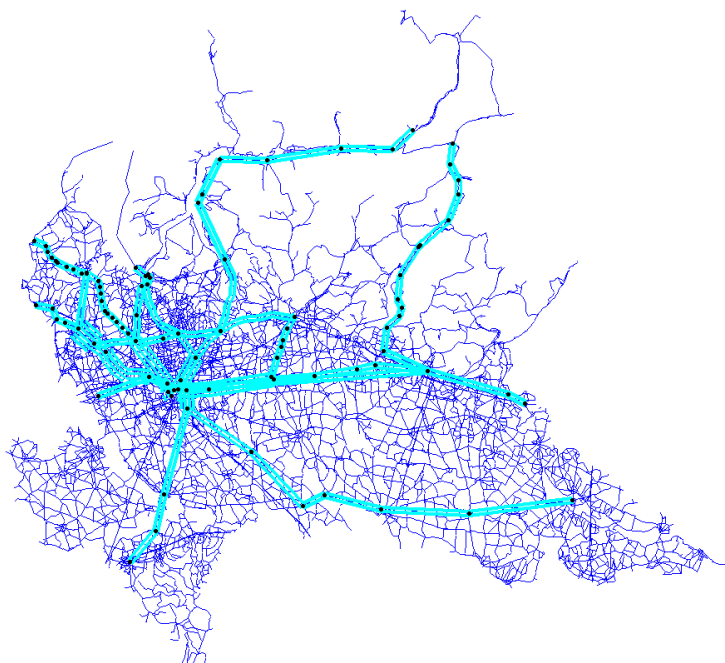


Figura – Servizi Regionali Espressi, anno 2015

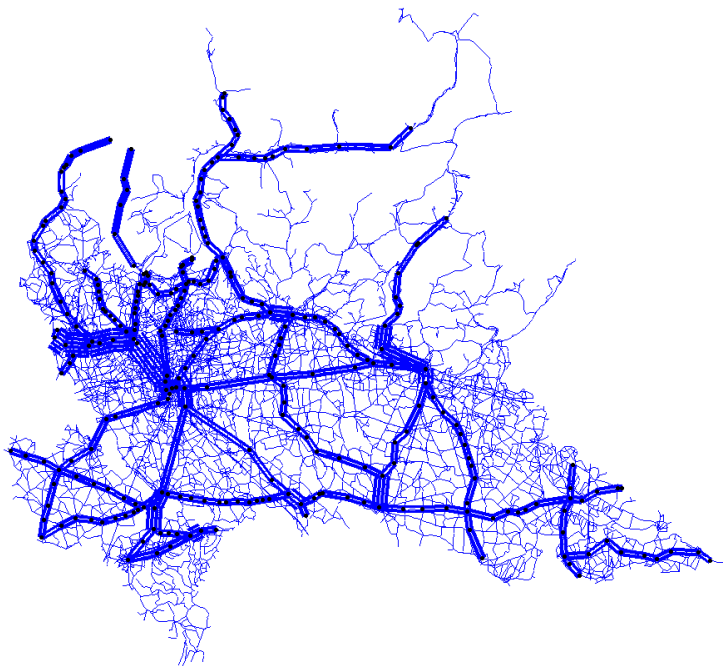


Figura – Servizi Regionali, anno 2015

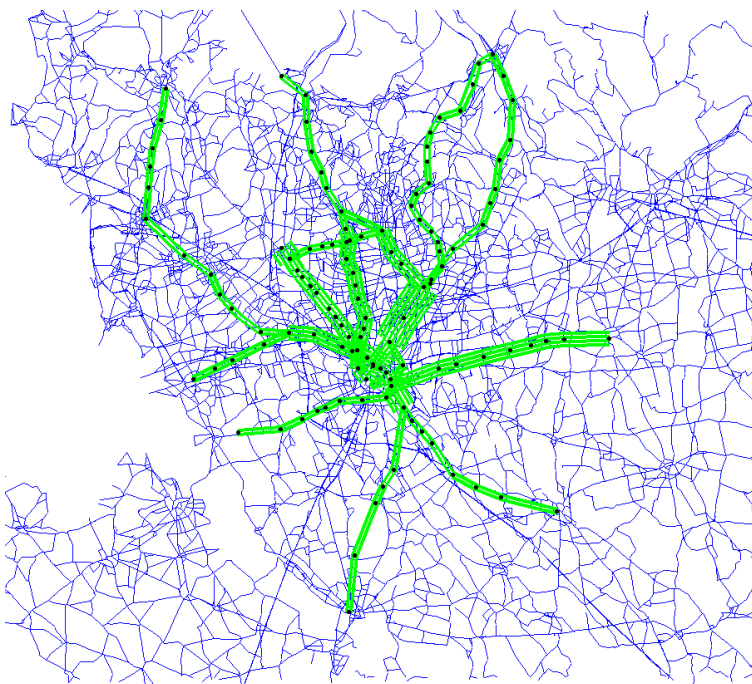


Figura – Linee Suburbane, anno 2015

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 25 di 69

Nel modello sono state costruite, a seconda degli scenari implementati, oltre 150 linee. In particolare relativamente agli scenari oggetto di simulazione (descritti in dettaglio al paragrafo 8.1), si sono ricostruiti i servizi per come previsti dalle diverse fasi di attivazione del quadruplicamento.

8.3 Modello di Assegnazione

In riferimento a quanto riportato in letteratura, in relazione alle finalità dello studio ed in coerenza con quanto sviluppato nel modello PRMT, l'approccio utilizzato per l'implementazione del modello di assegnazione si è basato sulle seguenti assunzioni:

- **Comportamento Preventivo/Adattivo** – In un sistema di trasporto collettivo un utente può avere due diversi comportamenti di scelta del percorso:
 - Comportamento di scelta “adattivo”: durante il viaggio l'utente si adatta a eventi casuali o non prevedibili all'inizio del viaggio
 - Comportamento di scelta “preventivo”: prima di iniziare il viaggio l'utente confronta le possibili alternative scegliendone una sulla base di caratteristiche o attributi attesi¹

In un sistema di trasporto collettivo come quello ferroviario qui simulato, il comportamento di scelta del percorso è di tipo fondamentalmente preventivo, in quanto all'inizio del viaggio l'utente possiede le informazioni necessarie per definire il percorso da seguire. Per questo motivo, all'inizio l'utente identifica una strategia di viaggio con un costo medio ritenuto inferiore (comportamento preventivo). L'impostazione modellistica seguita permette comunque, durante il viaggio, di scegliere una delle alternative in funzione di variabili non prevedibili a priori (comportamento adattivo).

- **Approccio per Ipercammini** – A seguito dell'ipotesi introdotta al punto precedente, l'algoritmo di scelta del percorso utilizzato nel presente modello si basa sul concetto di ipercammino, definito come *una collezione di percorsi possibili ciascuno dei quali è caratterizzato da un peso che rappresenta la probabilità di realizzazione del percorso*². In altre parole, l'ipercammino è una sorta di “sottografo” che identifica la strategia di viaggio data da un insieme di possibili alternative, mentre i nodi fermata in esso contenuti rappresentano i punti di scelta dove

¹ Cascetta Ennio, “Teoria e metodi dell'ingegneria dei sistemi di trasporto”, UTET, Torino, 1998.

² Russo F., “Modelli e metodi per la programmazione dei servizi di trasporto pubblico locale: uno stato dell'arte: progetto di rilevante interesse nazionale, 2000: Linee guida per la programmazione dei servizi di trasporto pubblico locale”, Franco Angeli, Milano, 2002.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 26 di 69

successivamente l'utente può decidere quali linee utilizzare a seconda della disponibilità dell'offerta (frequenza, ecc.)

- **Modellazione delle Linee di Trasporto Collettivo** – La descrizione del servizio offerto dalle linee di un sistema di trasporto collettivo può avvenire seguendo una delle seguenti metodologie:
 - Modellazione a Frequenza: le linee sono descritte in base alla frequenza del passaggio dei mezzi. Questo approccio è solitamente utilizzato per i sistemi di trasporto caratterizzati da una frequenza elevata, dove gli utenti non conoscono necessariamente l'orario del passaggio dei mezzi e si recano indistintamente alla fermata, consapevoli che il tempo di attesa non sarà elevato;
 - Modellazione ad Orario: le linee sono descritte in base all'orario del passaggio dei mezzi. Questo approccio è solitamente utilizzato per i sistemi di trasporto caratterizzati da una bassa frequenza (generalmente oltre 1 ora tra un servizio e il successivo), dove gli utenti conoscono l'orario di passaggio dei mezzi e si recano alla fermata poco prima dell'arrivo del veicolo;
- Per il modello Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, in coerenza con quanto già sviluppato per il modello PRMT, si è deciso di utilizzare l'approccio di modellazione a frequenza.
- **Assegnazione a Costi Costanti** – Nel processo di assegnazione non si considerano vincoli di capacità dei mezzi e delle linee di trasporto, quindi i costi (tempi di percorrenza) non dipendono dai flussi assegnati e pertanto restano costanti. L'introduzione di questa ipotesi è giustificata dalla finalità del modello.
- **Carico Stocastico della Rete** – Si considera un comportamento per il quale la scelta del percorso è di tipo probabilistico in funzione dei costi del percorso stesso. Questa ipotesi è molto importante. Infatti non considerando vincoli di capacità (vedi punto precedente), se si utilizzasse un approccio deterministico, si otterrebbe un'assegnazione del tipo "tutto o niente", che potrebbe generare risultati poco realistici. Se, per esempio, ci fossero due percorsi con costi molto simili, un modello deterministico caricherebbe tutta la domanda solo su una delle due alternative, mentre un modello stocastico (probabilistico) suddivide la domanda sulle due alternative in funzione dei relativi costi, come verosimilmente accadrebbe nella realtà.
- **Assegnazione multi-classe** – Per le finalità del presente studio ed in coerenza con quanto fatto nel "modello PRMT" nel processo di assegnazione sono state considerate cinque classi di utenti in base al motivo che genera lo spostamento:
 - spostamenti "Lavoro";

- spostamenti “Studio”;
- spostamenti “Occasionali”;
- spostamenti “Affari”;
- spostamenti “Ritorno”.

8.3.1 Costo Generalizzato

Il costo generalizzato può essere definito come la somma dei costi monetari e non monetari percepiti dall'utente per effettuare un certo spostamento. In un modello di assegnazione il costo generalizzato ha un ruolo fondamentale e quindi deve essere opportunamente specificato. Infatti il calcolo dei percorsi e la relativa assegnazione della domanda avviene in funzione del costo associato ad ogni alternativa. In particolare per ogni coppia Origine-Destinazione un modello di calcolo dei percorsi determina il percorso o un insieme di percorsi a costo minimo sui quali assegnare la domanda.

Nel modello PRMT il costo generalizzato è rappresentato dal tempo di viaggio e da un modello semplificato delle tariffe, dove il costo monetario è rappresentato secondo una “tariffazione a distanza”. Per coerenza di analisi, anche nel modello Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia si è usata la stessa funzione di costo generalizzato.

Il tempo di viaggio in un sistema di trasporto collettivo è dato dalla combinazione lineare delle seguenti componenti:

- **Tempo a Piedi (t_p)** – È il tempo di viaggio necessario per effettuare gli spostamenti pedonali. Gli spostamenti pedonali possono essere di tre tipologie:
 - Accesso/Egresso;
 - Trasferimento;
 - Collegamenti diretti tra origine e destinazione.
- **Tempo di Attesa (t_a)** – È il tempo trascorso ai nodi fermata in attesa dell'arrivo del mezzo di trasporto collettivo. Esso è direttamente proporzionale all'intervallo tra il passaggio dei veicoli di una linea. Nel caso in cui ad una fermata transitino più linee equivalenti, cioè linee che l'utente può scegliere indifferentemente per raggiungere la propria destinazione, si considera un intervallo combinato. In particolare indicando con I_i l'intervallo temporale tra il passaggio dei

veicoli della i -esima linea, l'intervallo combinato I_L delle n linee transanti ad una fermata è dato dalla seguente relazione:

$$I_L = \sum_{i=1}^n \frac{1}{1/I_i}$$

Successivamente, il tempo di attesa ad ogni nodo di salita è determinato utilizzando specifiche "curve di attesa". Queste curve calcolano il tempo di attesa al nodo fermata in funzione della frequenza (intervallo combinato) dei servizi presenti a quel nodo.

Nel presente modello, in coerenza con quanto presentato nel "Modello PRMT", è stata utilizzata una tipologia di curva di attesa valida sia come "Attesa iniziale" sia come "Attesa di Trasferimento". Concettualmente esse rappresentano:

- Curva di Attesa Iniziale: il tempo di attesa al nodo iniziale di salita a bordo del mezzo di trasporto pubblico. Il profilo della curva di attesa iniziale non è costante, ma è caratterizzato da un andamento suddivisibile in settori. Concettualmente significa che l'utente è a conoscenza dell'orario del treno e non attenderà in stazione un tempo eccessivo.
- Curva di Attesa di Trasferimento: è utilizzata per calcolare il tempo di attesa ai nodi di trasferimento da una linea a un'altra lungo il percorso.
- **Tempo a Bordo (t_b)** – È il tempo totale di viaggio speso a bordo dei veicoli di un sistema di trasporto pubblico. Esso dipende dalle velocità commerciali delle linee utilizzate lungo il percorso.
- **Penalità di Incarrozzamento (t_i^{inc})** – È una penalità espressa in termini temporali che rappresenta un tempo addizionale necessario per salire a bordo di un determinato mezzo appartenente alla i -esima modalità di trasporto. Questa penalità si applica sia ai nodi di salita iniziali (all'inizio del viaggio) sia ai successivi nodi di interscambio.
- **Penalità di Trasferimento (t_{ij}^{tras})** – È una penalità espressa in termini temporali che rappresenta un tempo addizionale necessario per effettuare il trasbordo dalla i -esima alla j -esima modalità di trasporto. Inoltre questa penalità può essere utilizzata anche per considerare il disturbo correlato al cambio di mezzo di trasporto, simulando la propensione di un utente a limitare il numero di trasbordi per giungere alla propria destinazione

In base a quanto sopra esposto il tempo totale di viaggio T^k relativo al k -esimo percorso può essere rappresentato dalla seguente relazione:

$$T^k = \beta_p t_p^k + \beta_a t_a^k + \beta_b t_b^k + \beta_{inc} \sum_{i \in I} (n_i^k t_i^{inc}) + \beta_{tras} \sum_{i,j \in I} (m_{ij}^k t_{ij}^{tras})$$

dove:

t_p^k è il tempo totale a piedi per il k -esimo percorso;

t_a^k è il tempo totale di attesa per il k -esimo percorso;

t_b^k è il tempo totale a bordo per il k -esimo percorso;

$\sum_{i \in I} (n_i^k t_i^{inc})$ è la penalità totale di imbarco per il k -esimo percorso, con n_i^k numero di imbarcamenti effettuati sull' i -esima modalità di trasporto nel k -esimo percorso e t_i^{inc} penalità di imbarco sull' i -esima modalità di trasporto;

$\sum_{i,j \in I} (m_{ij}^k t_{ij}^{tras})$ è la penalità totale di trasferimento per il k -esimo percorso, con m_{ij}^k numero di trasferimenti effettuati dall' i -esima alla j -esima modalità di trasporto nel k -esimo percorso e t_{ij}^{tras} penalità di trasferimento dall' i -esima alla j -esima modalità di trasporto;

$\beta_p, \beta_a, \beta_b, \beta_{inc}, \beta_{tras}$ sono coefficienti di pesatura delle componenti del tempo di viaggio.

Si noti che i coefficienti β_i consentono di considerare la diversa percezione del tempo delle varie componenti di costo. Per esempio, un utente può percepire maggiormente il tempo di attesa rispetto al tempo speso a bordo del mezzo, pertanto potrebbe scegliere percorsi più lunghi ma che comportino tempi di attesa ridotti.

8.3.2 Calcolo dei Percorsi

Durante il processo di calcolo dei percorsi, per ogni coppia Origine-Destinazione il modello individua possibili alternative di viaggio e calcola la probabilità di scelta di ciascuna di esse. I principi su cui si fonda l'intero processo sono i seguenti:

- Il viaggio procede progressivamente dall'origine alla destinazione;

- Gli utenti tendono a scegliere strategie di viaggio “semplici” e che siano il più possibile dirette implicando pochi interscambi;
- Gli utenti non sono disposti a percorrere a piedi distanze eccessivamente elevate.

In particolare, il processo di calcolo dei percorsi è costituito da due fasi principali:

- Fase 1 – Individuazione degli ipercammini;
- Fase 2 – Calcolo della probabilità di scelta di ogni singolo percorso.

8.3.3 Individuazione degli Ipercammini

Durante la fase di individuazione degli ipercammini il modello identifica un insieme discreto di possibili percorsi per ogni coppia Origine-Destinazione. In questa prima fase si esegue una semplificazione della rete, in cui i percorsi simili sono raggruppati in un'unica strategia di viaggio per la quale si calcola un costo semplificato dato dalla combinazione dei costi dei percorsi che vi appartengono.

Il processo di definizione degli ipercammini è un processo euristico ed è controllato dalla specificazione di opportuni parametri definiti all'interno del modello. I possibili percorsi da una origine O a una destinazione D vengono individuati nel modo seguente:

- Si identificano i punti di accesso al sistema di trasporto pubblico dall'origine O alle possibili linee (percorsi pedonali di accesso);
- Si identificano le connessioni fra le linee individuate in precedenza e altre possibili linee (punti di interscambio e percorsi pedonali di trasferimento);
- Si identificano i punti di uscita dal sistema di trasporto pubblico verso la destinazione D (percorsi pedonali di egresso).

In teoria il processo di identificazione dei percorsi sopra esposto può generare un numero infinito di ipercammini. Per evitare ciò e considerare solo insiemi di percorsi ragionevoli e verosimili, l'algoritmo di calcolo utilizzato è caratterizzato dalle seguenti fasi:

- Per ogni coppia Origine-Destinazione si identifica l'ipercammino a costo minimo;
- Successivamente si individuano ulteriori possibili ipercammini che abbiano un costo inferiore a un valore limite $\bar{C}$ dato dalla seguente equazione:

$$\bar{C} = Costo_{Min} + SPREAD$$

dove:

$Costo_{Min}$ è il costo dell'ipercammino "migliore" (a costo minimo) per la coppia O-D considerata;

$SPREAD$ è il valore massimo di discostamento dal costo minimo.

L'idea alla base è che un'alternativa di percorso è ritenuta ragionevole se il relativo costo non si discosta eccessivamente da quello associato al percorso migliore.

In particolare, il valore dello $SPREAD$ non è un valore assoluto, ma dipende dal costo minimo secondo la seguente relazione:

$$SPREAD = (Costo_{Min} \times F + C)$$

dove:

$Costo_{Min}$ è il costo dell'ipercammino "migliore" (a costo minimo) per la coppia O-D considerata;

F è un fattore moltiplicativo del costo minimo;

C è una costante additiva del costo minimo.

Nel "modello PRMT", e conseguentemente nel modello Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia, sono stati usati i valori: $F = 1$; $C = 2$

- Infine, all'interno dell'insieme di percorsi finora identificati si eliminano quei percorsi che presentano un numero di interscambi superiore a un valore massimo specificato. Questa operazione consente di non considerare come ragionevoli quegli ipercammini costituiti da percorsi con un eccessivo numero di interscambi.

8.3.4 Calcolo della Probabilità di Scelta dei Percorsi

Nella seconda fase del processo di calcolo dei percorsi, per ogni coppia Origine-Destinazione, il modello determina la probabilità di scelta dei percorsi, attraverso i seguenti passaggi logici:

- Analisi dei percorsi identificati nella fase precedente;
- Eliminazione di eventuali percorsi ritenuti non realistici;
- Calcolo della probabilità di scelta di ogni singolo percorso.

L'algoritmo implementato per il calcolo delle probabilità di scelta del percorso, prevede l'applicazione in sequenza dei seguenti modelli:

- Modello di Scelta Pedonale;

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 32 di 69

- Modello di Scelta delle Linee TPL;
- Modello di Scelta del Punto di Discesa dalle Linee TPL.

Rimandando alla lettura del manuale del software Cube³ per ulteriori dettagli e le formulazioni matematiche alla base dei tre modelli di scelta sopra citati, si specifica che:

- Modello di Scelta Pedonale: determina la probabilità di utilizzo dei percorsi pedonali quando sono disponibili più alternative ai punti di accesso, egresso e di interscambio. Per esempio, quando un utente parte dalla propria zona di origine o scende da una linea di trasporto pubblico, può decidere di camminare fino alla propria destinazione, salire su un'altra linea presente alla stessa fermata, oppure dirigersi a piedi verso un'altra fermata e salire su un'altra linea.
- Modello di Scelta delle Linee TPL: viene applicato ad ogni nodo fermata e determina la probabilità di scelta delle alternative di trasporto pubblico disponibili al nodo. Esso considera non solo la frequenza delle linee ma anche il costo associato a ciascuna di esse, assumendo che gli utenti conoscano il tempo di viaggio di ogni alternativa e che siano meno propensi a scegliere alternative più lente.
- Modello di Scelta del Punto di Discesa dalle Linee TPL: determina la probabilità che un utente utilizzi una determinata fermata per scendere dalla linea di trasporto pubblico. Esso si applica alle linee che hanno due o più punti di discesa validi.

Come specificato il modello Cube implementato per lo studio Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia replica le impostazioni metodologiche del modello PRMT predisponendo un modello di calcolo dei percorsi e di assegnazione per le componenti del trasporto pubblico così da poter avere coerenza con quanto sviluppato nel PMRT.

È opportuno descrivere brevemente le caratteristiche alla base del modello di simulazione del trasporto pubblico in Cube, effettuato con il programma "Public Transport". Tale programma è usato per preparare i dati e modellizzare il trasporto pubblico. Le principali caratteristiche sono:

- controllo da parte dell'utente di tutti gli aspetti del modello di trasporto pubblico;
- stratificazione della domanda per classi di utenti con una serie di comportamenti che rappresentano differenti funzioni di costo;

³ Manuale Cube 6.4, Citilabs – "Public Transport Program > Theory > Route-evaluation process > Models applied at decision points"

- modellazione delle tariffe;
- definizione degli elementi di connessione con la rete di trasporto pubblico (archi di accesso-egresso, archi di trasferimento, ecc.).

I file tipicamente utilizzati in input sono:

- Rete di Supporto:
 - definisce l'infrastruttura;
 - contiene informazioni relative alle caratteristiche delle zone e dei nodi e archi sui quali opera il sistema di trasporto pubblico;
- Linee Trasporto Pubblico (Transit Line Data), contenente le caratteristiche del servizio offerto attraverso
 - attributi delle linee di trasporto pubblico;
 - attributi degli archi delle linee di trasporto pubblico;
 - attributi dei nodi delle linee di trasporto pubblico;
- File Dati di Sistema, contenente le informazioni utilizzate per descrivere le caratteristiche del Sistema di trasporto pubblico:
 - Operatori;
 - Modi;
 - Veicoli;
 - Curve di Attesa;
 - Curve di Affollamento;
- File delle Tariffe, contenente informazioni sul Sistema delle Tariffe;
- File dei Fattori, contenente i fattori utilizzati dai processi del programma. In pratica in tali file si rappresentano i parametri alla base della funzione di costo generalizzato e le caratteristiche dell'utenza;
- Matrice OD della domanda di trasporto pubblico.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 34 di 69

9 APPLICAZIONE DEL MODELLO

9.1 Scenari simulati

Sono stati sviluppati e simulati tre diversi scenari caratterizzati da diverse configurazioni del modello di offerta del trasporto pubblico, corrispondenti al modello di esercizio previsto nelle diverse fasi di potenziamento del corridoio Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia, attraverso l'introduzione di nuovi servizi e l'innalzamento della frequenza sui servizi già esistenti.

Gli scenari sviluppati possono essere programmati nel tempo come descritto di seguito:

- Anno 2020, corrispondente al modello di esercizio regionale attuale;
- Anno 2025, corrispondente al modello di esercizio regionale futuro per lo scenario funzionale di prima fase (quadruplicamento Milano Rogoredo – Pieve Emanuele);
- Anno 2030, corrispondente al modello di esercizio regionale futuro per lo scenario funzionale di seconda fase (quadruplicamento Pieve Emanuele – Pavia).

Per gli anni 2025 e 2030 sono stati implementati sia gli scenari di progetto, sia gli scenari denominati “Do Nothing” (non intervento), aventi le stesse caratteristiche in termini di domanda e rete stradale, ma offerta di trasporto pubblico invariata rispetto all'attuale. Questi scenari sono stati implementati per permettere di distinguere il contributo su l'aumento dei traffici conseguenti a una variazione dell'offerta da quello dovuto alla naturale crescita socio-demografica.

Nei paragrafi successivi si descriveranno gli scenari di base utilizzati per lo sviluppo di quelli del modello Milano Rogoredo – Pieve Emanuele -Pavia e le modifiche fatte sulle linee di trasporto pubblico esistenti.

9.1.1 Analisi degli Scenari Esistenti

Il modello PRMT usato come base di partenza per la definizione degli scenari è così composto:

- Scenario 2020, caratterizzato da:
 - due diverse reti stradali (denominate “A” e “B”);
 - due diverse reti di offerta di trasporto pubblico (denominate “1” e “2”);
 - due diverse matrici di domanda (dato di Input “Originali” e “Ottimali”);

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 35 di 69

- Scenario 2030, caratterizzato da:
 - due diverse reti stradali (denominate “A” e “B”);
 - un unico scenario di offerta di trasporto pubblico;
 - due diverse matrici (dato di Input “Originali” e “Ottimali”).

Consultando la definizione delle reti stradali e delle offerte di trasporto pubblico presenti nella documentazione PRMT si è ritenuto opportuno utilizzare l’ipotesi che fa sì che le risorse pubbliche e private a disposizione consentano la realizzazione delle opere funzionali per lo sviluppo dei trasporti regionali, ovvero per l’anno 2020 la combinazione “2B, e per lo scenario 2030, essendoci un unico scenario di trasporto pubblico, l’utilizzo della rete stradale B.

Per entrambi gli scenari, si è scelto di utilizzare le matrici Originali invece di quelle ottimali, in quanto le prime contengono anche una domanda ferroviaria da e verso le zone esterne all’area di studio, che può utilizzare anche i servizi di lunga percorrenza per spostarsi.

A partire da tali scenari (“Sc2020B2_Orig” e “Sc2030B_Orig”) sono stati costruiti quelli oggetto di studio, come descritto nei paragrafi successivi. Diversamente, lo scenario 2025, non essendo già stato modellato nel PRMT, è stato costruito utilizzando come base lo scenario al 2020 modificandone l’offerta del trasporto pubblico per rispecchiare il modello di esercizio regionale futuro previsto nello scenario prima fase. La domanda, invece, è stata calcolata attraverso un tasso cumulativo di crescita ricavato per ogni coppia di zone tra le matrici del 2020 e le matrici del 2030, applicato successivamente in maniera incrementale alle matrici del 2020 per ottenere le matrici del 2025. Il processo è stato implementato sia sulle matrici stradali (sia per l’ora di picco sia per il giornaliero), sia sulle matrici ferro di picco, in output al processo di shift modale e prima del processo di assegnazione.

9.1.2 Scenario “Sc2020 Attuale”

Questo scenario è stato costruito a partire dallo scenario “Sc2020B2_Orig” modificando l’offerta in termini di linee del trasporto pubblico coerentemente ai servizi e alle frequenze previsti secondo il modello di esercizio attuale, illustrato nella seguente figura:

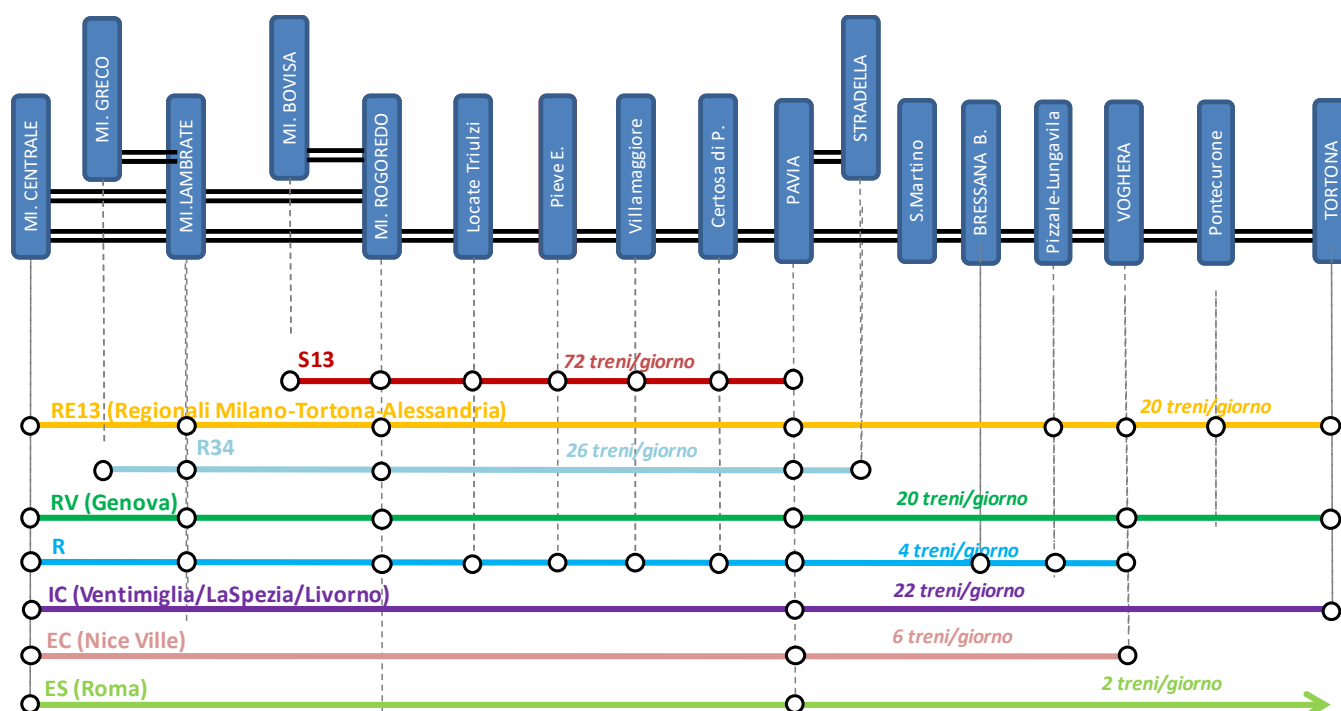


Figura – Offerta ferroviaria attuale per lo scenario SC2020 Attuale

In particolare sono state apportate le seguenti modifiche:

- LINEA R34 tra Milano Greco e Stradella: la linea era già presente nel modello di offerta di base ma era limitata tra Pavia e Stradella. La linea perciò è stata prolungata tra Milano Greco e Pavia;
- LINEA RV tra Milano e Genova: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA R tra Milano e Voghera: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA IC tra Milano e La Spezia: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA EC tra Milano e Nizza: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;

- LINEA ES tra Milano e Roma: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- Inoltre il modello di offerta di base era già stata implementata la linea S2, ma diversamente da quanto descritto nel modello di esercizio attuale si estendeva tra Mariano e Pieve Emanuele, perciò è stata modificata limitando il servizio tra Pieve Emanuele e Milano Rogoredo.

Le linee che interessano il corridoio Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia nello scenario 2020 hanno le seguenti caratteristiche:

- LINEA S13: Milano Bovisa – Pavia
 - *Headway* = 30 minuti (1 treno ogni trenta minuti)
 - *Fermate*: tutte le stazioni tra Milano Bovisa e Pavia
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Bovisa – Milano Lancetti: 7 minuti
 - Milano Lancetti – Milano Garibaldi: 2 minuti
 - Milano Garibaldi – Milano Repubblica: 2 minuti
 - Milano Repubblica – Milano Porta Venezia: 2 minuti
 - Milano Porta Venezia – Milano Dateo: 3 minuti
 - Milano Dateo – Milano Porta Vittoria: 2 minuti
 - Milano Porta Vittoria – Milano Rogoredo: 8 minuti
 - Milano Rogoredo – Locate Triulzi: 7 minuti
 - Locate Triulzi – Pieve Emanuele: 3 minuti
 - Pieve Emanuele – Villamaggiore: 3 minuti
 - Villamaggiore – Certosa di Pavia: 4 minuti
 - Certosa di Pavia – Pavia: 7 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Bovisa a Pavia: 61 minuti
- LINEA S13: Pavia – Milano Bovisa
 - *Headway* = 30 minuti
 - *Fermate*: tutte le stazioni tra Pavia e Milano Bovisa
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):

- Pavia – Certosa di Pavia: 8 minuti
- Certosa di Pavia - Villamaggiore: 4 minuti
- Villamaggiore – Pieve Emanuele: 2 minuti
- Pieve Emanuele – Locate Triulzi: 2 minuti
- Locate Triulzi – Milano Rogoredo: 8 minuti
- Milano Rogoredo – Milano Porta Vittoria: 7 minuti
- Milano Porta Vittoria – Milano Dateo: 2 minuti
- Milano Dateo – Milano Porta Venezia: 2 minuti
- Milano Porta Venezia – Milano Repubblica: 2 minuti
- Milano Repubblica – Milano Garibaldi: 3 minuti
- Milano Garibaldi – Milano Lancetti: 4 minuti
- Milano Lancetti – Milano Bovisa: 8 minuti
- Tempo di percorrenza totale da Pavia a Milano Bovisa: 63 minuti
- LINEA RE13: Milano Centrale – Tortona (limitata a Voghera nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Milano Centrale, Milano Lambrate, Milano Rogoredo, Pavia, Pizzale, Voghera;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Centrale – Milano Lambrate: 6 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Rogoredo: 6 minuti
 - Milano Rogoredo – Pavia: 20 minuti + 1 minuto extra di sosta a Pavia
 - Pavia – Pizzale: 10 minuti
 - Pizzale – Voghera: 6 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Voghera 53 minuti
- LINEA RE13: Tortona – Milano Centrale (limitata a Voghera nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Voghera, Pizzale, Pavia, Milano Rogoredo, Milano Lambrate, Milano Centrale;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Voghera - Pizzale: 8 minuti

- Pizzale - Pavia: 12 minuti
- Pavia – Milano Rogoredo: 18 minuti + 1 minuto extra di sosta a Pavia
- Milano Rogoredo – Milano Lambrate: 5 minuti
- Milano Lambrate – Milano Centrale: 8 minuti
- Tempo di percorrenza totale da Voghera a Milano Centrale 56 minuti
- LINEA R34: Milano Greco – Stradella (descrizione limitata a Pavia)
 - *Headway* = 60 minuti
 - *Fermate*: Milano Greco, Milano Lambrate, Milano Rogoredo, Pavia;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Greco – Milano Lambrate: 6 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Rogoredo: 9 minuti
 - Milano Rogoredo – Pavia: 20 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Greco a Pavia 37 minuti
- LINEA R34: Stradella – Milano greco (descrizione limitata a Pavia)
 - *Headway* = 60 minuti
 - *Fermate*: Pavia, Milano Rogoredo, Milano Lambrate, Milano Greco;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Pavia – Milano Rogoredo: 21 minuti
 - Milano Rogoredo – Milano Lambrate: 13 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Greco: 7 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Voghera a Milano Centrale 43 minuti
- LINEA RV: Milano Centrale - Genova (limitata a Voghera nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Milano Centrale, Milano Lambrate, Milano Rogoredo, Pavia, Voghera;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Centrale – Milano Lambrate: 4 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Rogoredo: 7 minuti
 - Milano Rogoredo – Pavia: 14 minuti

- Pavia – Voghera: 14 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Voghera 42 minuti
- LINEA RV: Genova – Milano Centrale (limitata a Voghera nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Voghera, Pavia, Milano Rogoredo, Milano Lambrate, Milano Centrale;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Voghera – Pavia: 14 minuti
 - Pavia – Milano Rogoredo: 14 minuti
 - Milano Rogoredo – Milano Lambrate: 7 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Centrale: 4 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Voghera a Milano Centrale 42 minuti
- LINEA R: Milano Centrale - Voghera
 - *Headway* = 540 minuti
 - *Fermate*: Milano Centrale, Milano Lambrate, Milano Rogoredo, Locate Triulzi, Pieve Emanuele, Villamaggiore, Certosa di Pavia, Pavia, Bressana B., Pizzale, Voghera;
 - *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Centrale – Milano Lambrate: 6 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Rogoredo: 5 minuti
 - Milano Rogoredo – Locate Triulzi: 7 minuti
 - Locate Triulzi – Pieve Emanuele: 3 minuti
 - Pieve Emanuele – Villamaggiore: 2 minuti
 - Villamaggiore – Certosa di Pavia: 4 minuti
 - Certosa di Pavia – Pavia: 8 minuti
 - Pavia – Bressana B: 8 minuti
 - Bressana B – Pizzale: 9 minuti
 - Pizzale - Voghera: 5 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Voghera 66 minuti
- LINEA R: Voghera – Milano Centrale

- *Headway* = 540 minuti
- *Fermate*: Voghera, Pizzale, Bressana B. Pavia, Certosa di Pavia, Villamaggiore, Pieve Emanuele, Locate Triulzi, Milano Rogoredo, Milano Lambrate, Milano Centrale;
- *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Voghera – Pizzale: 5 minuti
 - Pizzale – Bressana B: 9 minuti
 - Bressana B – Pavia: 8 minuti
 - Pavia – Certosa di Pavia: 8 minuti
 - Certosa di Pavia – Villamaggiore: 4 minuti
 - Villamaggiore – Pieve Emanuele: 3 minuti
 - Pieve Emanuele – Locate Triulzi: 2 minuti
 - Locate Triulzi – Milano Rogoredo: 7 minuti
 - Milano Rogoredo – Milano Lambrate: 5 minuti
 - Milano Lambrate – Milano Centrale: 6 minuti
- Tempo di percorrenza totale da Voghera a Milano Centrale 66 minuti
- LINEA IC: Milano Centrale – La Spezia (limitata a Pavia nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Milano Centrale, Pavia;
 - *Tempi di percorrenza*
 - Milano Centrale – Pavia: 28 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Pavia 28 minuti
- LINEA IC: La Spezia – Milano Centrale (limitata a Pavia nel modello)
 - *Headway* = 120 minuti
 - *Fermate*: Pavia, Milano Centrale;
 - *Tempi di percorrenza*
 - Pavia – Milano Centrale: 28 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Pavia a Milano Centrale 28 minuti
- LINEA EC: Milano Centrale – Nizza (limitata a Voghera nel modello)

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	42 di 69

- *Headway* = 360 minuti
- *Fermate*: Milano Centrale, Pavia, Voghera;
- *Tempi di percorrenza* (da aggiungere 1 minuti di sosta per ogni fermata):
 - Milano Centrale – Pavia: 25 minuti
 - Pavia – Voghera: 21 minuti
- Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Voghera 47 minuti
- LINEA EC: Nizza – Milano Centrale (limitata a Voghera nel modello)
 - *Headway* = 360 minuti
 - *Fermate*: Voghera, Pavia, Milano Centrale;
 - *Tempi di percorrenza*
 - Voghera – Pavia: 15 minuti
 - Pavia – Milano Centrale: 25 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Pavia a Milano Centrale 41 minuti
- LINEA ES: Milano Centrale – Roma (limitata a Pavia nel modello)
 - *Headway* = 1080 minuti
 - *Fermate*: Milano Centrale, Pavia;
 - *Tempi di percorrenza*
 - Milano Centrale – Pavia: 25 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Milano Centrale a Pavia 25 minuti
- LINEA ES: Roma – Milano Centrale (limitata a Pavia nel modello)
 - *Headway* = 1080 minuti
 - *Fermate*: Pavia, Milano Centrale;
 - *Tempi di percorrenza*
 - Pavia – Milano Centrale: 25 minuti

Tempo di percorrenza totale da Pavia a Milano Centrale 25 minuti.

9.1.3 Scenario "SC2025 Progetto"

Questo scenario è stato a partire dallo scenario "Sc2020B2_Orig" con le seguenti modifiche:

- Domanda definita a partire dalle matrici dello scenario "Sc2020 Attuale" e dello scenario "Sc2030 Progetto", applicando il tasso di crescita cumulato calcolato per ogni coppia origine/destinazione;
- Rete stradale come da scenario "Sc2020 Attuale";
- Offerta in termini di linee del trasporto pubblico come da scenario "Sc2020 Attuale" con servizi e frequenze nell'area di studio modificate secondo il modello di esercizio futuro – scenario prima fase, illustrato nella seguente figura:

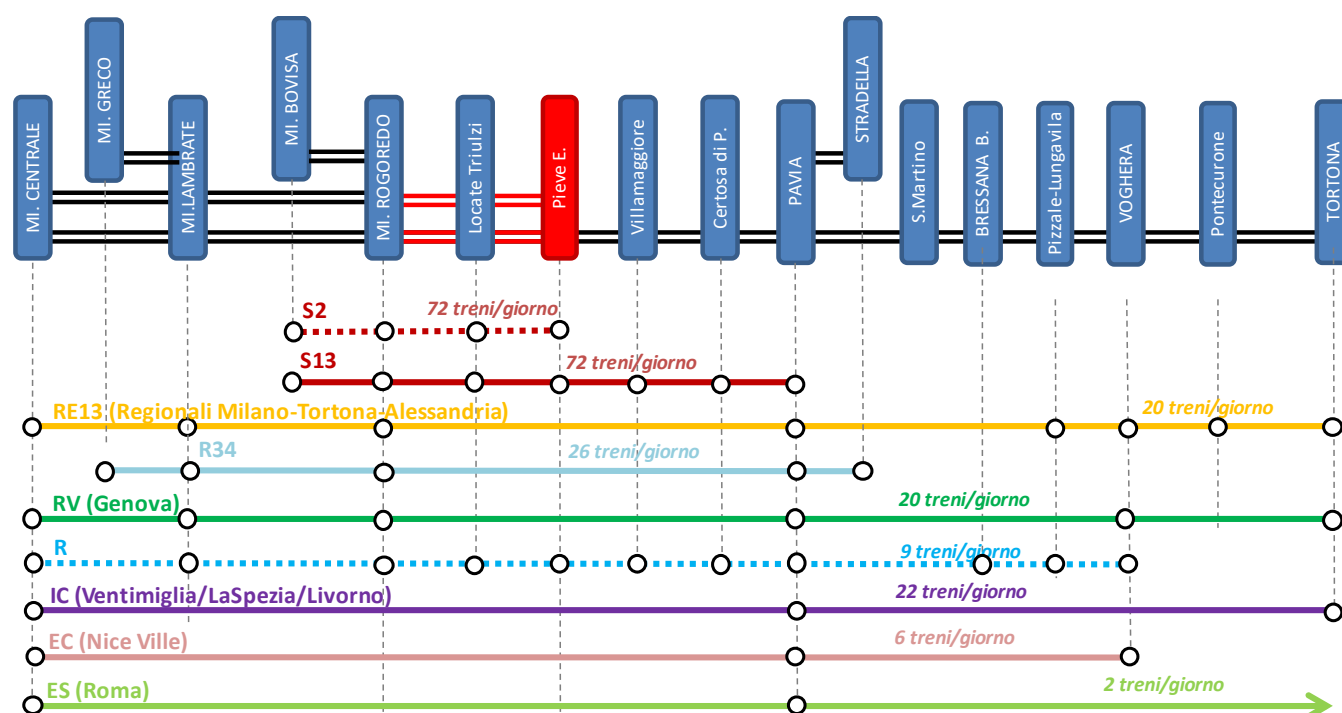


Figura - Offerta ferroviaria futura per lo scenario SC2025 Progetto

Lo scenario "Sc2025 DoNothing" è stato costruito in modo analogo allo scenario "Sc2025 Progetto", ma utilizzando come rete di offerta del trasporto pubblico quella presente nello scenario "Sc2020 Attuale".

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 44 di 69

Per quanto riguarda l'offerta, rispetto allo scenario "Sc2020 Attuale" sono state apportate le seguenti modifiche:

- Modifica dalla linea S2 con estensione tra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele.
- Modifica della frequenza per la linea R Milano Centrale – Voghera.

Riepilogando, le linee che interessano il corridoio Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia nello scenario "Sc2025 progetto" hanno le seguenti caratteristiche:

- LINEA S13 Milano Bovisa - Pavia: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA S13 Pavia – Milano Bovisa: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA RE13 Milano Centrale – Tortona: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA RE13 Tortona – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA R34 Milano Greco – Stradella: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA R34 Stradella – Milano Greco: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA RV Milano Centrale – Genova: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA RV Genova – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA R Milano Centrale – Voghera: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale", ma con Headway pari a 240 minuti;
- LINEA R Voghera – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale", ma con Headway pari a 240 minuti;
- LINEA IC Milano Centrale – La Spezia: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA IC La Spezia – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA EC Milano Centrale – Nizza: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA EC Nizza – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA ES Milano Centrale – Roma: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA ES Roma – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2020 Attuale".
- LINEA S2 Mariano – Pieve Emanuele (estesa da Rogoredo a Pieve Emanuele)
 - Headway = 30
 - Fermate: tutte le stazioni tra Milano Bovisa e Pieve Emanuele
 - Tempi di percorrenza:

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	45 di 69

- Milano Bovisa – Milano Lancetti: 7 minuti
- Milano Lancetti – Milano Garibaldi: 2 minuti
- Milano Garibaldi – Milano Repubblica: 2 minuti
- Milano Repubblica – Milano Porta Venezia: 2 minuti
- Milano Porta Venezia – Milano Dateo: 3 minuti
- Milano Dateo – Milano Porta Vittoria: 2 minuti
- Milano Porta Vittoria – Milano Rogoredo: 8 minuti
- Milano Rogoredo – Locate Triulzi: 7 minuti
- Locate Triulzi – Pieve Emanuele: 3 minuti
- Tempo di percorrenza totale da Milano Bovisa a Pieve Emanuele: 44 minuti
- LINEA S2 Pieve Emanuele – Mariano (estesa da Rogoredo a Pieve Emanuele)
 - *Headway* = 30
 - *Fermate*: tutte le stazioni tra Milano Bovisa e Pieve Emanuele
 - *Tempi di percorrenza*:
 - Pieve Emanuele – Locate Triulzi: 2 minuti
 - Locate Triulzi – Milano Rogoredo: 8 minuti
 - Milano Rogoredo – Milano Porta Vittoria: 7 minuti
 - Milano Porta Vittoria – Milano Dateo: 2 minuti
 - Milano Dateo – Milano Porta Venezia: 2 minuti
 - Milano Porta Venezia – Milano Repubblica: 2 minuti
 - Milano Repubblica – Milano Garibaldi: 3 minuti
 - Milano Garibaldi – Milano Lancetti: 4 minuti
 - Milano Lancetti – Milano Bovisa: 8 minuti
 - Tempo di percorrenza totale da Pieve Emanuele a Milano Bovisa: 47 minuti

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 46 di 69

9.1.4 Scenario "SC2030 Progetto"

Questo scenario è stato costruito a partire dallo scenario "Sc2030B_Orig", con la seguente modifica:

- Offerta in termini di linee del trasporto pubblico come da scenario "Sc2030B_Orig" con servizi e frequenze nell'area di studio modificate secondo il modello di esercizio futuro – scenario seconda fase, illustrato nella seguente figura:

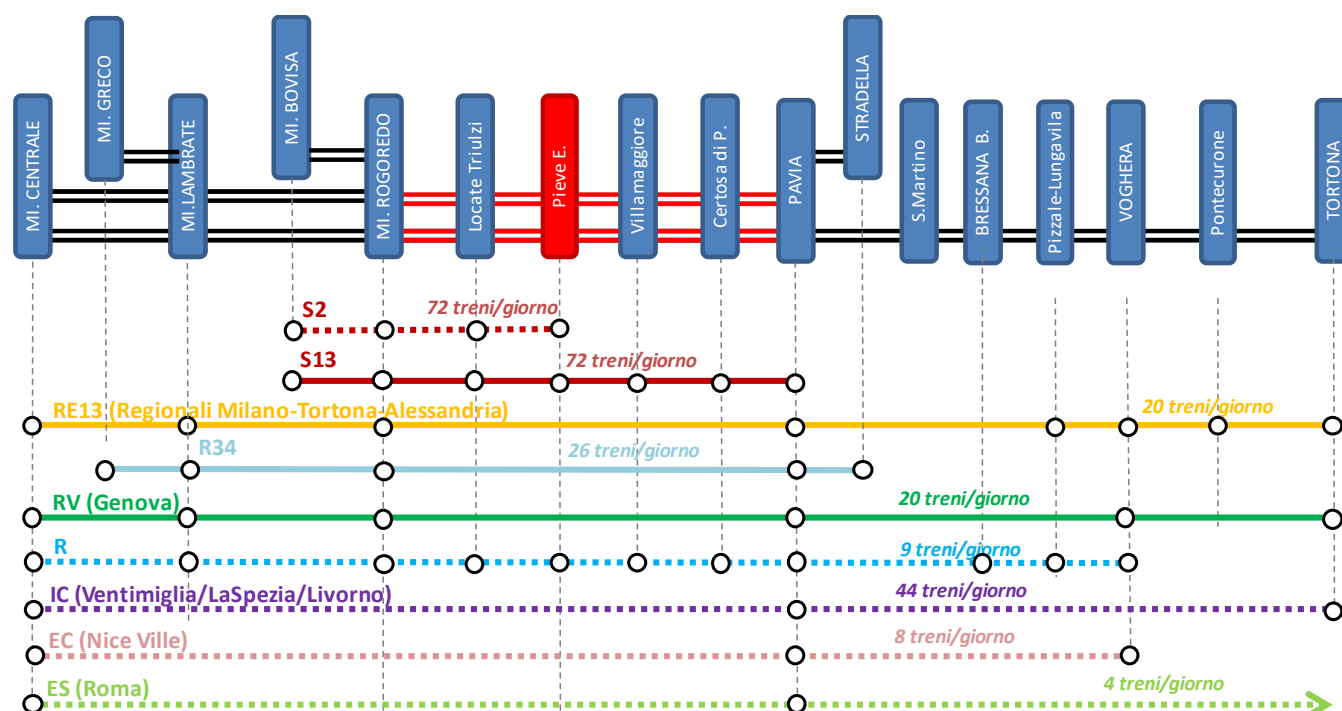


Figura - Offerta ferroviaria futura per lo scenario SC2030 Progetto

Lo scenario "Sc2030 DoNothing" presenta la stessa domanda dello scenario "Sc2030 Progetto", la stessa rete stradale ma linee di trasporto pubblico così come nello scenario "Sc2025 Progetto".

Per quanto riguarda l'offerta, rispetto allo scenario "Sc2030B_Orig" sono state apportate le seguenti modifiche:

- LINEA R34 tra Milano Greco e Stradella: la linea era presente ma limitata tra Pavia e Stradella. La linea è stata estesa tra Milano Greco e Pavia;
- LINEA RV tra Milano e Genova: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;

- LINEA R tra Milano e Voghera: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA IC tra Milano e La Spezia: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA EC tra Milano e Nizza: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;
- LINEA ES tra Milano e Roma: è stata creata ex novo secondo lo schema sopra riportato, in quanto non contemplata nel modello di base;

Riepilogando, le linee che interessano il corridoio Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia nello scenario "Sc2030 Progetto" hanno le seguenti caratteristiche:

- LINEA S2 Milano Bovisa - Pavia: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA S2 Pavia – Milano Bovisa: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA S13 Pavia – Milano Bovisa: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA S13 Milano Bovisa - Pavia: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA S13 Pavia – Milano Bovisa: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA RE13 Milano Centrale – Tortona: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA RE13 Tortona – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA R34 Milano Greco – Stradella: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA R34 Stradella – Milano Greco: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA RV Milano Centrale – Genova: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA RV Genova – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto".
- LINEA R Milano Centrale – Voghera: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto";
- LINEA R Voghera – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto";
- LINEA IC Milano Centrale – La Spezia: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto" ma con headway uguale a 60 minuti;
- LINEA IC La Spezia – Milano Centrale: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto", ma con headway uguale a 60 minuti;
- LINEA EC Milano Centrale – Nizza: Come descritta nello scenario "Sc2025 Progetto", ma con headway uguale a 270 minuti;

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	48 di 69

- LINEA EC Nizza – Milano Centrale: Come descritta nello scenario “Sc2025 Progetto”, ma con headway uguale a 270 minuti;
- LINEA ES Milano Centrale – Roma: Come descritta nello scenario “Sc2025 Progetto”, ma con headway uguale a 540 minuti;
- LINEA ES Roma – Milano Centrale: Come descritta nello scenario “Sc2025 Progetto”, ma con headway uguale a 540 minuti.

9.2 Risultati

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dalla simulazione dell'interazione domanda/offerta per gli scenari descritti in precedenza.

I risultati sono presentati sia in forma grafica, sotto forma di flussogrammi caricati su mappa, sia numerica per le analisi quantitative.

9.2.1 Risultati grafici

I flussogrammi tracciati sulla mappa dell'area di studio, rappresentano il flusso totale, nelle due direzioni, dei passeggeri trasportati giornalmente dai servizi ferroviari oggetto di simulazione per il corridoio Milano Rogoredo-Pieve Emanuele-Pavia.

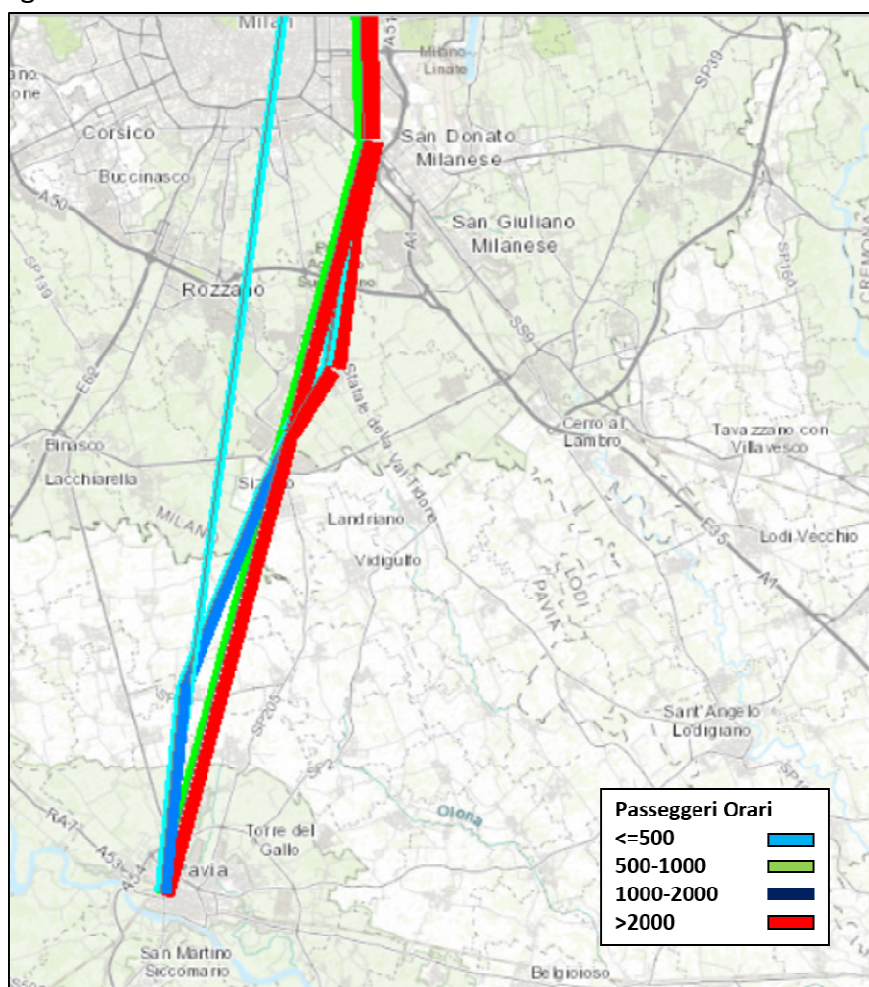


Figura – Flussogramma scenario “Sc2020 Attuale”

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	50 di 69

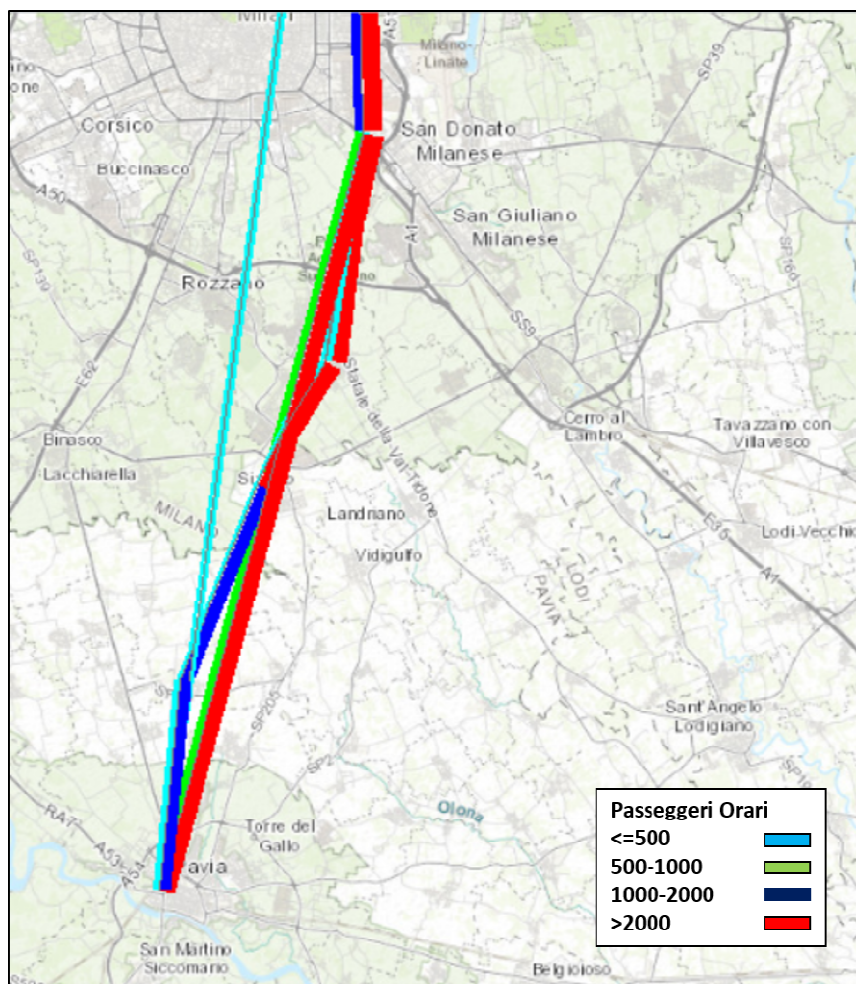
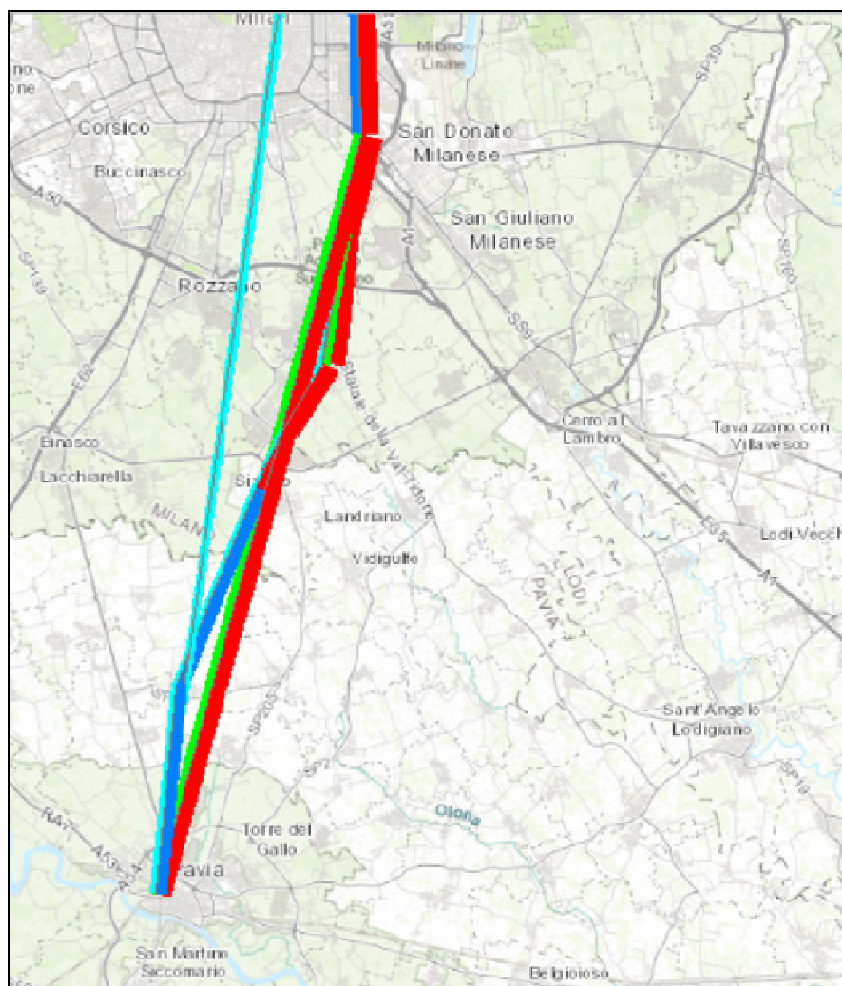


Figura – Flussogramma scenario “Sc2025 Do Nothing”



Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	52 di 69

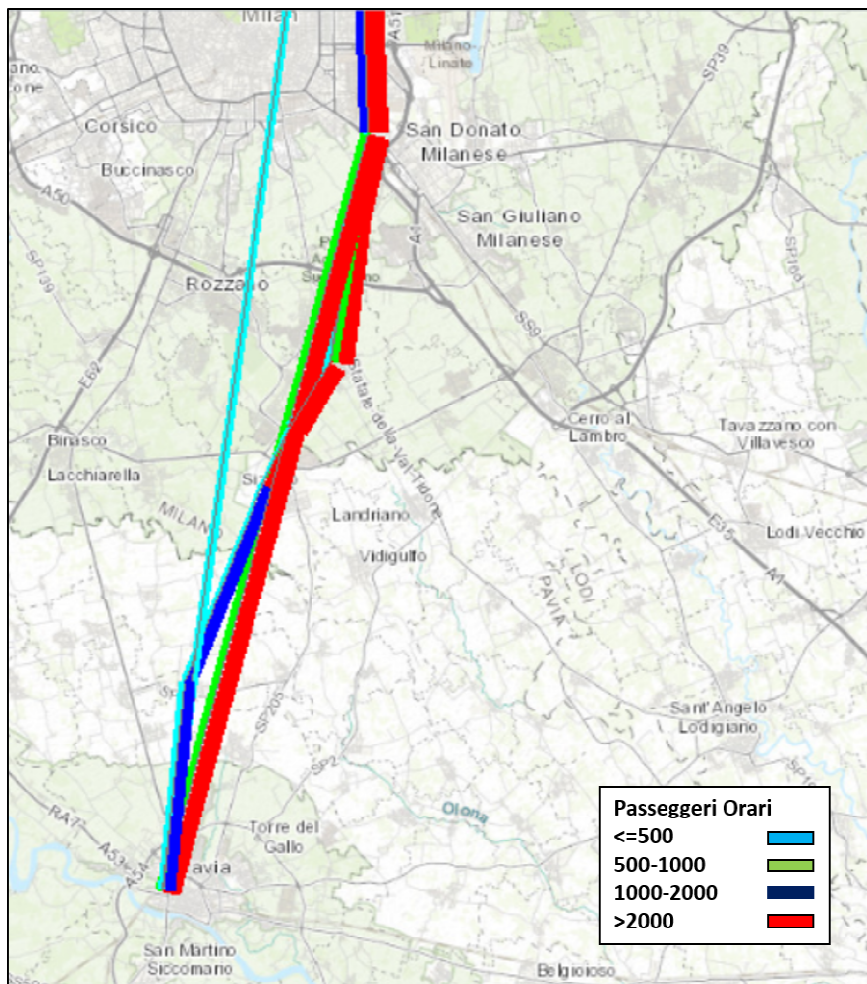


Figura – Flussogramma scenario "Sc20230 DoNothing"

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	53 di 69

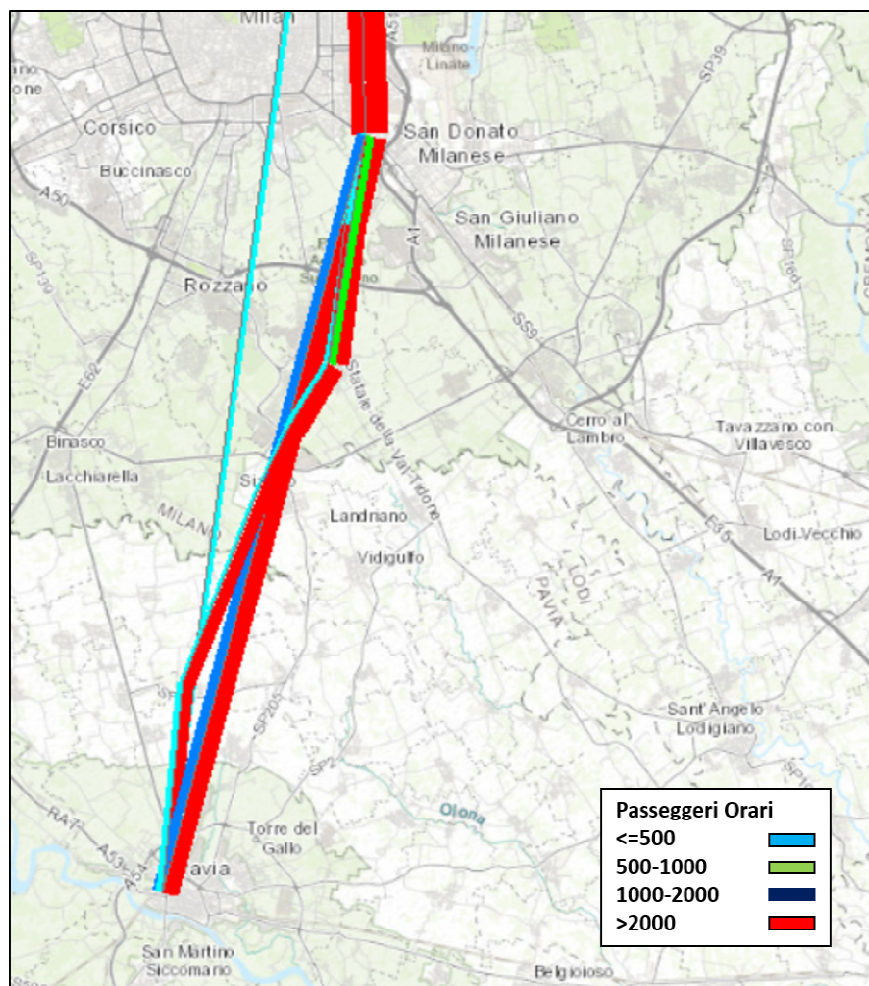


Figura – Flussogramma scenario “Sc20230 Progetto”

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 54 di 69

9.2.2 Risultati numerici

Di seguito vengono riportati i principali indicatori numerici ottenuti dalla simulazione degli scenari “SC2020 Attuale”, “SC2025 Do Nothing”, “SC2025 Progetto”, “SC2030 Do Nothing” e “SC2030 Progetto”:

- Saliti e discesi alle principali località di servizio (Locate Triulzi, Pieve Emanuele, Villamaggiore, Certosa di Pavia, Pavia);
- Dati di sintesi “di sistema” relativi alle linee
 - Nome della linea;
 - Numero di fermate (da modello);
 - Distanza (in chilometri, da modello);
 - Tempo di Viaggio (in minuti);
 - Passeggeri trasportati (ora di picco);
 - Passeggeri - km trasportati;
 - Passeggeri – ora trasportati;
 - Numero di treni/giorno;
 - Numero di treni/km prodotti.

Saliti e Discesi alle principali località di servizio

Il numero di saliti e discesi è stato calcolato sulle stazioni e fermate di interesse del corridoio Milano Rogoredo - Pieve Emanuele - Pavia. Il numero si riferisce alla domanda che può essere soddisfatta considerando i vincoli di capacità del treno sulla linea e la relativa frequenza. Si noti che questi valori rappresentano il totale dei saliti e dei discesi, e nel caso della stazione di Pavia coinvolgono anche il traffico passeggeri generato da altre linee passanti per la stazione ma non appartenenti al corridoio di studio. I valori sono intesi come persone/h nell'ora di picco e sono riportati nella seguente tabella:

Persone (Picco)	2020 Attuale		2025 DoNothing		2025 Progetto		2030 DoNothing		2030 Progetto	
	Saliti	Discesi	Saliti	Discesi	Saliti	Discesi	Saliti	Discesi	Saliti	Discesi
Locate	58	284	70	295	95	358	105	363	112	342
Pieve	85	180	94	183	141	202	139	208	168	227
Villamaggiore	273	66	126	70	203	71	82	75	205	71
Cartosa	519	60	563	63	564	64	583	68	592	65
Pavia	2997	4782	3239	5107	3236	5109	3486	5420	3544	5619
TOTALI	3932	5372	4092	5718	4239	5804	4395	6134	4621	6324

È possibile notare un aumento nel numero di saliti e discesi sui diversi anni, in accordo sia con l'incremento della domanda dovuto all'aumento demografico che con l'aumento dell'offerta di trasporto pubblico.

**Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	56 di 69

Caratteristiche globali delle linee oggetto di studio
Scenario 2020 Attuale

Nome	Fermate	Distanza (km)	Tempo (minuti)	Passeggeri picco	Pass.km picco	Pass.hr picco	Treni-giorno	Treni*km-giorno
EC_Mi_Nizza	3	61.38	47	59.74	2,006.71	25.01	3	184.14
EC_Nizza_Mi	3	61.38	41	137.04	4,801.31	52.18	3	184.14
ES_Mi_Roma	2	35.85	25	11.89	426.26	4.95	1	35.85
ES_Roma_Mi	2	35.85	25	12.36	443.11	5.15	1	35.85
IC_LaSpezia_Mi	2	35.85	28	111.28	3,989.39	51.93	11	394.35
IC_Mi_LaSpezia	2	35.85	28	106.95	3,834.16	49.91	11	394.35
R_Mi_Voghera_Locale	11	65.73	66	171.40	2,318.82	37.47	2	131.46
R_Voghera_Mi_Locale	11	65.73	66	535.62	10,992.05	173.96	2	131.46
R34_MI-STRADELLA	11	70.04	77	1,018.15	15,081.08	222.73	13	910.52
R34_STRADELLA-MI	11	70.04	83	1,525.02	29,782.00	461.29	13	910.52
RE13_MI-VOGHERA	6	65.36	53	529.82	8,110.46	88.49	10	653.6
RE13_VOghERA-MI	6	65.36	56	1,045.95	49,452.18	607.61	10	653.6
RV_Genova_Mi	5	64.69	42	1,103.99	49,780.92	465.48	10	646.9
RV_Mi_Genova	5	64.69	42	453.2	14,306.93	136.6	10	646.9
S13_BOVISA-PV	13	41.7	61	1,102.77	8,918.15	169.23	36	1501.2
S13_PV-BOVISA	13	41.7	63	4,254.92	69,365.68	1,181.05	36	1501.2
S2_MARIANO-ROGOREDO	18	29.29	70	2,797.24	17,704.07	653.45	36	1054.44
S2_ROGOREDO-MARIANO	18	29.29	71	1,388.27	5,315.36	197.96	36	1054.44

**Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	57 di 69

Scenario 2025 DoNothing

Nome	Fermate	Distanza (km)	Tempo (minuti)	Passeggeri picco	Pass.km picco	Pass.hr picco	Treni-giorno	Treni*km-giorno
EC_Mi_Nizza	3	61.38	47	81.4	2,599.72	33.2	3	184.14
EC_Nizza_Mi	3	61.38	41	151.93	5,320.46	57.9	3	184.14
ES_Mi_Roma	2	35.85	25	12.88	461.75	5.37	1	35.85
ES_Roma_Mi	2	35.85	25	14.2	509.07	5.92	1	35.85
IC_LaSpezia_Mi	2	35.85	28	127.72	4,578.76	59.6	11	394.35
IC_Mi_LaSpezia	2	35.85	28	115.98	4,157.88	54.12	11	394.35
R_Mi_Voghera_Locale	11	65.73	66	193.89	2,619.86	42.86	2	131.46
R_Voghera_Mi_Locale	11	65.73	66	573.34	11,786.51	186.62	2	131.46
R34_MI-STRADELLA	11	70.04	77	1,121.06	16,406.13	243.09	13	910.52
R34_STRADELLA-MI	11	70.04	83	1,646.23	32,080.95	497.13	13	910.52
RE13_MI-VOGHERA	6	65.36	53	212.24	3,000.37	40.05	10	653.6
RE13_VOGHERA-MI	6	65.36	56	1,129.43	53,584.01	658.26	10	653.6
RV_Genova_Mi	5	64.69	42	1,184.64	53,515.59	500.55	10	646.9
RV_Mi_Genova	5	64.69	42	539.69	16,699.16	159.8	10	646.9
S13_BOVISA-PV	13	41.7	61	1,219.24	9,724.06	186.13	36	1501.2
S13_PV-BOVISA	13	41.7	63	4,619.24	75,347.15	1,282.72	36	1501.2
S2_MARIANO-ROGOREDO	18	29.29	70	2,897.56	18,613.79	682.62	36	1054.44
S2_ROGOREDO-MARIANO	18	29.29	71	1,505.54	5,763.50	214.65	36	1054.44

**Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	58 di 69

Scenario 2025 Progetto

Nome	Fermate	Distanza (km)	Tempo (minuti)	Passeggeri picco	Pass.km picco	Pass.hr picco	Treni-giorno	Treni*km-giorno
EC_Mi_Nizza	3	61.38	47	81.28	2,595.93	33.16	3	184.14
EC_Nizza_Mi	3	61.38	41	142.39	4,933.10	53.63	3	184.14
ES_Mi_Roma	2.00	35.85	25	12.87	461.39	5.36	1	35.85
ES_Roma_Mi	2.00	35.85	25	13.35	478.6	5.56	1	35.85
IC_LaSpezia_Mi	2.00	35.85	28	120.08	4,304.87	56.04	11	394.35
IC_Mi_LaSpezia	2.00	35.85	28	115.81	4,151.79	54.04	11	394.35
R_Mi_Voghera_Locale	11.00	65.73	66	299.41	3,481.67	57.49	4	262.92
R_Voghera_Mi_Locale	11.00	65.73	66	801.08	18,066.71	287.11	5	328.65
R34_MI-STRADELLA	11.00	70.04	77	1,011.18	11,980.38	190.6	13	910.52
R34_STRADELLA-MI	11	70.04	83	1,606.98	31,170.71	483.87	13	910.52
RE13_MI-VOGHERA	6.00	65.36	53	396.96	8,363.66	105.06	10	653.6
RE13_VOGHERA-MI	6.00	65.36	56	1,116.92	53,180.13	653.17	10	653.6
RV_Genova_Mi	5.00	64.69	42	1,158.61	52,435.17	488.98	10	646.9
RV_Mi_Genova	5.00	64.69	42	550.14	16,544.53	163.61	10	646.9
S13_BOVISA-PV	13.00	41.7	61	976.15	7,391.89	147.62	36	1501.2
S13_PV-BOVISA	13.00	41.7	63	3,175.34	60,929.62	1,035.12	36	1501.2
S2_MARIANO-PIEVE	21.00	41.17	85	3,130.24	20,511.52	716.41	36	1482.12
S2_PIEVE-MARIANO	21.00	41.17	86	2,953.70	18,516.10	483.36	36	1482.12

**Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	59 di 69

Scenario 2030 DoNothing

Nome	Fermate	Distanza (Km)	Tempo (minuti)	Passeggeri picco	Pass.km picco	Pass.hr picco	Treni-giorno	Treni*km-giorno
EC_Mi_Nizza	3	61.38	47	45.27	1,707.43	20.08	3	184.14
EC_Nizza_Mi	3	61.38	41	153.56	5,212.56	56.68	3	184.14
ES_Mi_Roma	2	35.85	25	13.99	501.54	5.83	1	35.85
ES_Roma_Mi	2	35.85	25	15.19	544.56	6.33	1	35.85
IC_LaSpezia_Mi	2	35.85	28	136.77	4,903.20	63.83	11	394.35
IC_Mi_LaSpezia	2	35.85	28	125.89	4,513.16	58.75	11	394.35
R_Mi_Voghera_Locale	11	65.73	66	320.65	4,023.19	63.69	4	262.92
R_Voghera_Mi_Locale	11	65.73	66	881.38	19,357.51	308.14	5	328.65
R34_MI-STRADELLA	11	70.04	77	1,110.19	13,003.53	207.62	13	910.52
R34_STRADELLA-MI	11	70.04	83	1,721.19	33,272.88	517.24	13	910.52
RE13_MI-VOGHERA	6	65.36	53	843.96	15,707.11	178	10	653.6
RE13_VOGHERA-MI	6	65.36	56	1,201.93	57,362.13	704.25	10	653.6
RV_Genova_Mi	5	64.69	42	1,259.71	57,329.51	535.05	10	646.9
RV_Mi_Genova	5	64.69	42	543.27	16,509.97	163.45	10	646.9
S13_BOVISA-PV	13	41.7	61	1,043.27	7,531.85	153.67	36	1501.2
S13_PV-BOVISA	13	41.7	63	3,422.68	66,187.07	1,123.53	36	1501.2
S2_MARIANO-PIEVE	21	41.17	85	3,375.95	21,246.86	746.3	36	1482.12
S2_PIEVE-MARIANO	21	41.17	86	3,190.98	20,057.96	523.6	36	1482.12

**Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	60 di 69

Scenario 2030 Progetto

Nome	Fermate	Distanza (km)	Tempo (minuti)	Passeggeri picco	Pass.km picco	Pass.hr picco	Treni-giorno	Treni*km-giorno
EC_Mi_Nizza	3	61.38	47	--	--	--	4	245.52
EC_Nizza_Mi	3	61.38	47	187.52	6,130.94	79.62	4	245.52
ES_Mi_Roma	2	35.85	25	--	--	--	2	71.7
ES_Roma_Mi	2	35.85	25	27.21	975.48	11.34	2	71.7
IC_LaSpezia_Mi	2	35.85	28	244.78	8,775.36	114.23	22	788.7
IC_Mi_LaSpezia	2	35.85	28	--	--	--	22	788.7
R_Mi_Voghera_Locale	11	65.73	59	397.63	6,405.62	86.95	4	262.92
R_Voghera_Mi_Locale	11	65.73	60	1,214.50	25,414.96	382.1	5	328.65
R34_MI-STRADELLA	11	70.04	77	1,076.34	17,852.91	264.44	13	910.52
R34_STRADELLA-MI	11	70.04	83	1,680.35	32,612.36	506.21	13	910.52
RE13_MI-VOGHERA	6	65.36	53	1,009.15	16,261.04	192.47	10	653.6
RE13_VOGHERA-MI	6	65.36	56	1,232.09	58,387.55	718.31	10	653.6
RV_Genova_Mi	5	64.69	42	1,315.35	58,300.46	547.56	10	646.9
RV_Mi_Genova	5	64.69	42	727.65	18,025.36	183.02	10	646.9
S13_BOVISA-PV	13	41.7	61	1,199.74	7,497.79	163.93	36	1501.2
S13_PV-BOVISA	13	41.7	63	3,212.34	60,826.03	1,019.02	36	1501.2
S2_MARIANO-PIEVE	21	41.17	85	3,244.72	18,134.43	658.01	36	1482.12
S2_PIEVE-MARIANO	21	41.17	86	2,767.72	16,985.51	447.11	36	1482.12

Analisi degli Indicatori di valutazione

Dall'analisi delle linee di trasporto pubblico nel corridoio di interesse sono stati estratti i seguenti indici:

- N° passeggeri all'anno sulle linee interessate dall'intervento, nei diversi scenari;
- Passeggeri.km all'anno sulle linee interessate dall'intervento, nei diversi scenari.

La tabella nella pagina seguente mostra i valori estratti per i diversi scenari, sulle diverse linee. Una rappresentazione grafica della comparazione fra i diversi anni è fornita nei seguenti grafici.

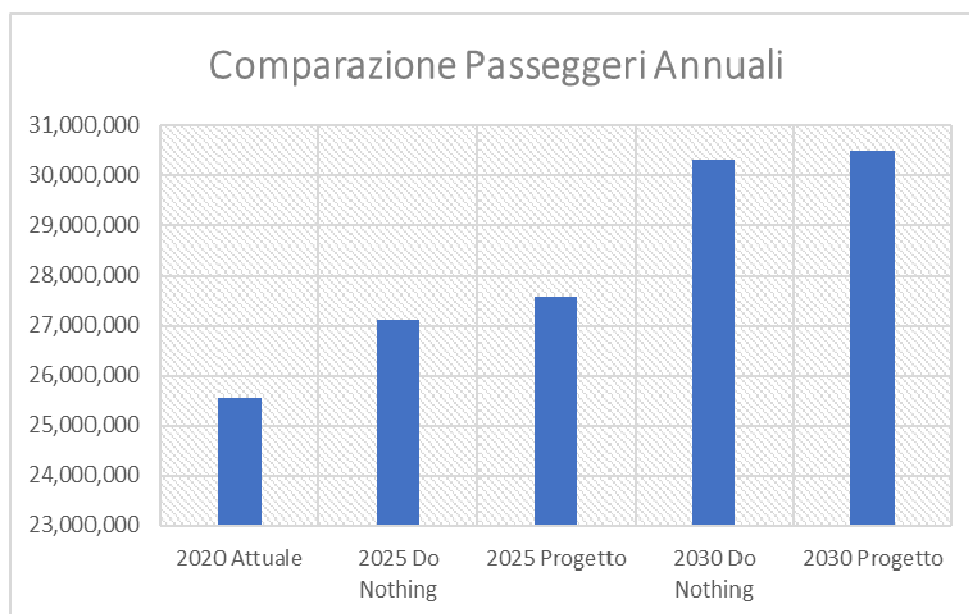


Figura – Comparazione numero di Passeggeri Annuali

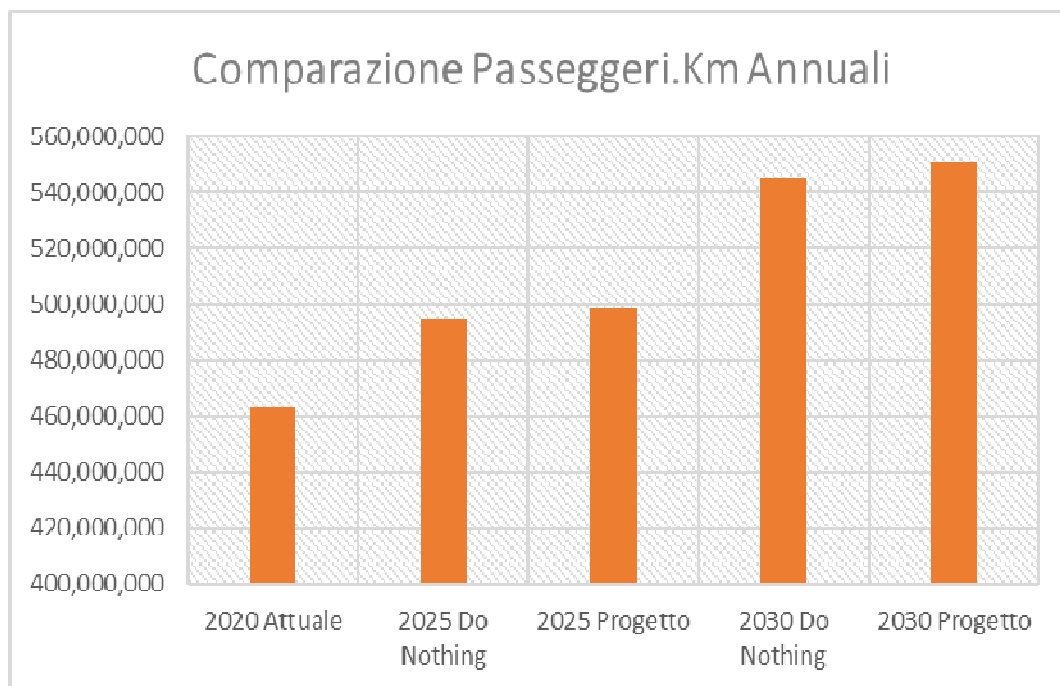


Figura – Comparazione Passeggeri.km Annuali

Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NMOZ	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	63 di 69

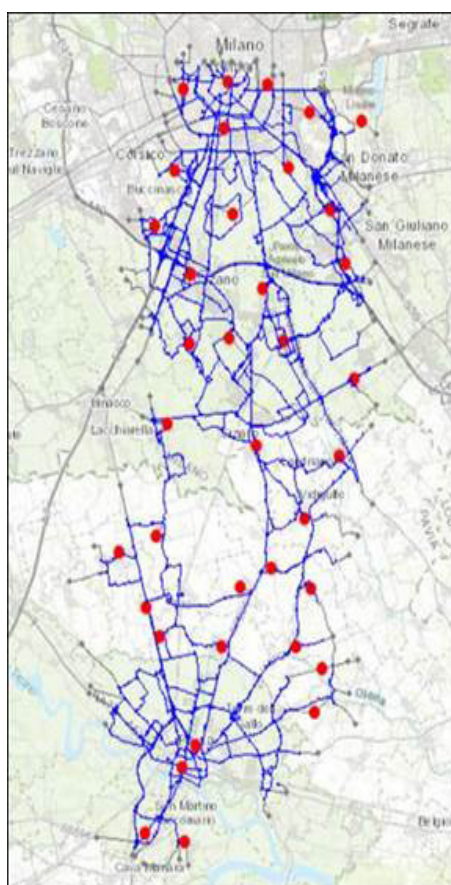
Linea	2020 Attuale		2025 Do Nothing		2025 Progetto		2030 Do Nothing		2030 Progetto	
	Pass annuali	Pass.km annuali	Pass annuali	Pass.km annuali	Pass annuali	Pass.km annuali	Pass annuali	Pass.km annuali	Pass annuali	Pass.km annuali
EC_Mi_Nizza	93,290	3,133,678	127,114	4,059,723	126,927	4,053,804	70,694	2,666,323	0	0
EC_Nizza_Mi	214,002	7,497,726	237,254	8,308,430	222,356	7,703,529	239,799	8,139,934	292,831	9,574,076
ES_Mi_Roma	18,567	665,648	20,113	721,069	20,098	720,507	21,847	783,205	0	0
ES_Roma_Mi	19,301	691,961	22,175	794,964	20,847	747,382	23,721	850,385	42,491	1,523,310
IC_LaSpezia_Mi	173,775	6,229,831	199,448	7,150,192	187,517	6,722,485	213,580	7,656,837	382,248	13,703,602
IC_Mi_LaSpezia	167,013	5,987,424	181,114	6,492,945	180,849	6,483,435	196,590	7,047,751	0	0
R_Mi_Voghera_Locale	267,658	3,621,069	302,779	4,091,173	467,559	5,436,976	500,727	6,282,614	620,939	10,003,016
R_Voghera_Mi_Locale	836,424	17,165,185	895,328	18,405,814	1,250,967	28,212,974	1,376,363	30,228,688	1,896,563	39,688,002
R34_MI-STRADELLA	1,589,943	23,550,615	1,750,647	25,619,813	1,579,059	18,708,561	1,733,673	20,306,312	1,680,813	27,879,104
R34_STRADELLA-MI	2,381,471	46,507,571	2,570,753	50,097,612	2,509,460	48,676,181	2,687,810	51,958,929	2,624,035	50,927,461
RE13_MI-VOGHERA	827,367	12,665,294	331,434	4,685,378	619,893	13,060,691	1,317,928	24,528,223	1,575,889	25,393,240
RE13_VOGHERA-MI	1,633,356	77,224,524	1,763,718	83,676,790	1,744,182	83,046,091	1,876,934	89,576,702	1,924,032	91,177,998
RV_Genova_Mi	1,723,991	77,737,885	1,849,934	83,569,945	1,809,285	81,882,761	1,967,163	89,525,763	2,054,051	91,041,998
RV_Mi_Genova	707,717	22,341,702	842,780	26,077,408	859,099	25,835,938	848,370	25,781,969	1,136,298	28,148,402
S13_BOVISA-PV	1,722,086	13,926,583	1,903,965	15,185,092	1,524,356	11,543,175	1,629,170	11,761,737	1,873,514	11,708,549
S13_PV-BOVISA	6,644,483	108,321,446	7,213,405	117,662,109	4,958,611	95,147,695	5,344,857	103,357,729	5,016,390	94,985,928
S2_MARIANO-PIEVE	4,368,170 ⁴	27,646,676 ¹	4,524,830 ¹	29,067,294 ¹	4,888,183	32,030,790	5,271,884	33,179,097	5,066,955	28,318,726
S2_PIEVE-MARIANO	2,167,922 ¹	8,300,466 ¹	2,351,051 ¹	9,000,282 ¹	4,612,498	28,914,742	4,983,034	31,322,510	4,322,072	26,524,572
TOTALE	25,556,537	463,215,284	27,087,842	494,666,033	27,581,744	498,927,718	30,304,144	544,954,706	30,509,120	550,597,985

⁴ S2 limitata a Rogoredo

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	64 di 69

Per quanto concerne il trasporto stradale, poiché il modello copre l'intera regione Lombardia, si è scelto di procedere con delle analisi specifiche calcolando gli indicatori di prestazione solamente su una sub-area corrispondente all'area che si ipotizza contenga le infrastrutture "concorrenti" alla tratta ferroviaria oggetto degli interventi di potenziamento. La sub-area considerata è descritta nell'immagine qui sotto.



Gli indicatori calcolati sono i seguenti:

- N° utenti su strada, nella sub-area interessata, nei diversi scenari;
- Utenti.km, nella sub-area interessata, nei diversi scenari.

Le seguenti tabelle riportano i dati estratti nella sub-area di interesse (orari, giornalieri e annuali).

Totale utenti su strada	Picco	Giorno	Anno
2020 Attuale	56,764	388,638	118,534,634
2025 DoNothing	57,326	392,486	119,708,203
2025 Progetto	57,188	391,541	119,420,031
2030 DoNothing	57,865	396,176	120,833,743
2030 Progetto	57,736	395,293	120,564,365

Totale Utenti.km	Picco	Giorno	Anno
2020 Attuale	469,233	2,804,952	855,510,467
2025 DoNothing	473,450	2,818,038	859,501,508
2025 Progetto	472,843	2,814,428	858,400,412
2030 DoNothing	479,595	2,832,029	863,768,938
2030 Progetto	478,704	2,826,769	862,164,572

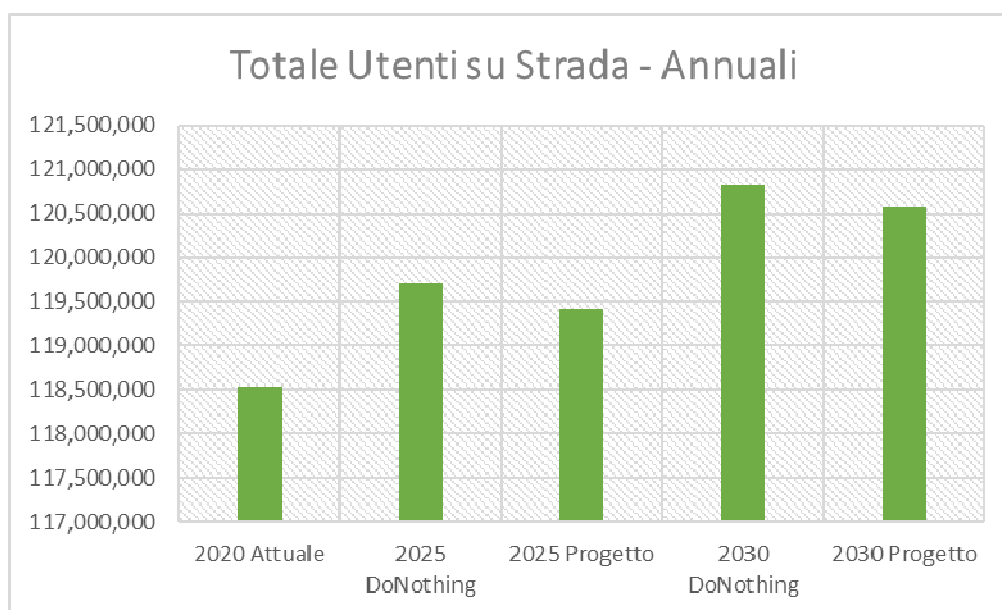


Figura – Totale Utenti su Strada Annuali nella sub-area di interesse

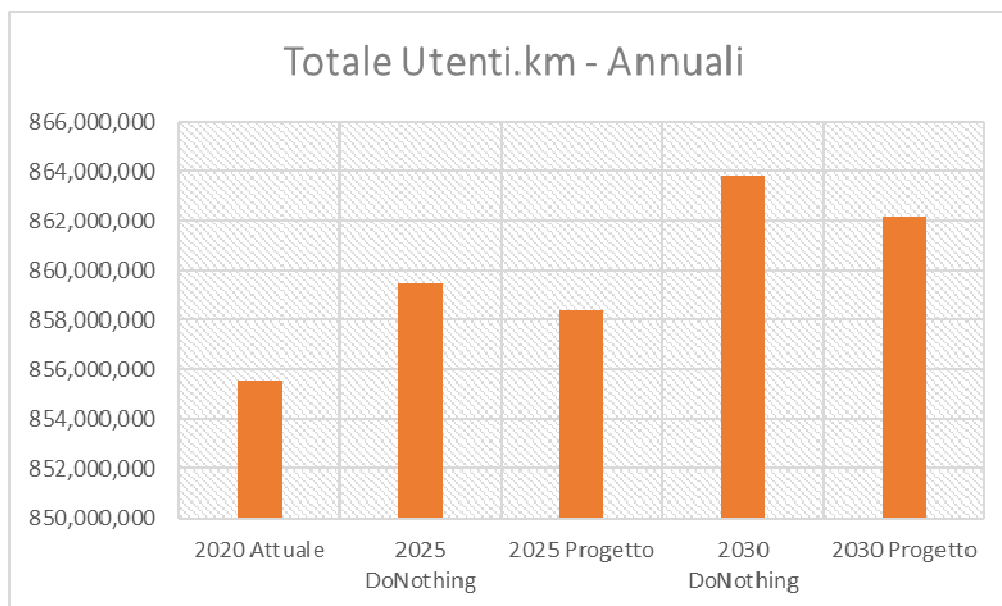


Figura – Totale Utenti .km Annuali nella sub-area di interesse

Dal confronto tra gli indicatori di prestazione calcolati per il trasporto ferroviario e quello stradale si evince come il potenziamento dell'offerta ferroviaria connessa al quadruplicamento della tratta Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia sia responsabile di un impatto positivo sul sistema della mobilità locale.

Ciò si evidenzia col fatto che, nel passare dallo scenario Do Nothing a quello di Progetto, sia per il 2025 sia per il 2030, il numero di passeggeri annuali su ferro aumenta. Di contro, eseguendo lo stesso tipo di verifica per la strada, nel passare dallo scenario Do Nothing a quello di Progetto, sia per il 2025 sia per il 2030, il numero di passeggeri annuali su strada diminuisce.

Ciò significa che l'incremento dei flussi su ferrovia non è solamente legato al fisiologico incremento dell'indice di mobilità a causa delle variazioni dell'assetto socio-economico del territorio, ma anche per la diversione di parte della domanda di trasporto dalla gomma al ferro.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 67 di 69

10 CONCLUSIONI

Nel documento si è descritto lo studio di trasporto eseguito nell'ambito del progetto di potenziamento della linea ferroviaria Milano - Genova e, in particolare, della tratta Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia.

Attualmente la linea, nel tratto in approccio al nodo di Milano, si trova in condizioni prossime alla saturazione, pertanto, per consentire un incremento di capacità ed un miglioramento delle prestazioni coerenti con l'evoluzione dei traffici prevista per i prossimi anni, il progetto prevede il quadruplicamento del collegamento ferroviario fra Milano Rogoredo e Pieve Emanuele e la successiva estensione del quadruplicamento fino a Pavia.

Dal punto di vista trasportistico, in linea con i programmi nazionali e regionali, il nuovo collegamento a quattro binari tra Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia rappresenta lo strumento attuativo per l'incremento della mobilità ferroviaria di lunga percorrenza, merci e passeggeri, e di medio/breve raggio, attraverso il potenziamento del servizio regionale/suburbano, che in volume rappresenta la quota di traffico più rilevante.

Obiettivo del studio di trasporto è stato quello di stimare gli impatti sulla mobilità passeggeri di breve/medio raggio conseguenti alla realizzazione dell'intervento di quadruplicamento della tratta e al potenziamento dei servizi di trasporto. Gli effetti sui traffici di lungo raggio (passeggeri e merci) potranno essere valutati in uno studio successivo, simulando nello stesso tempo le modifiche apportate all'offerta ferroviaria dall'intervento di quadruplicamento della Milano Rogoredo – Pavia con quelle legate agli altri interventi, in essere e programmati (per esempio potenziamento Tortona – Voghera, Terzo Valico, ecc.), sulla linea Milano – Genova ed ampliando l'estensione territoriale del bacino di domanda ad un'area sovraregionale che interessa l'intero quadrante nord-occidentale dell'Italia.

Ai fini della simulazione dell'interazione domanda-offerta, per coerenza e continuità con lo stato dell'arte, è stato necessario eseguire un aggiornamento dello modello di trasporto realizzato dalla regione Lombardia per la redazione del PRMT (2016) modificando gli scenari di offerta ferroviaria previsti agli orizzonti delle due attivazioni del quadruplicamento e lasciando invariate le altre condizioni.

I risultati ottenuti hanno dimostrato come il potenziamento dell'offerta ferroviaria connessa al quadruplicamento della tratta Milano Rogoredo – Pieve Emanuele – Pavia sia responsabile di un impatto positivo sul sistema della mobilità locale.

Studio di trasporto per il traffico
metropolitano e regionale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	00	D 16 RG	ES 0001 001	A	68 di 69

Quanto detto si dimostra col fatto che, ad ogni orizzonte temporale di riferimento (2025 e 2030), nel passare dallo scenario di “non intervento” a quello “di progetto”, il numero di passeggeri annuali previsti su ferrovia aumenta, mentre l’analogo numero di passeggeri annuali su strada diminuisce. Ciò significa che l’incremento dei flussi su ferrovia non è solamente legato al fisiologico incremento dell’indice di mobilità per effetto delle variazioni dell’assetto socio-economico del territorio, ma anche alla diversione di parte della domanda di trasporto dalla gomma al ferro.

	Potenziamento della linea Milano - Genova Quadruplicamento tratta Milano Rogoredo - Pavia					
Studio di trasporto per il traffico metropolitano e regionale	COMMESSA NM0Z	LOTTO 00	CODIFICA D 16 RG	DOCUMENTO ES 0001 001	REV. A	FOGLIO 69 di 69

11 PRINCIPALI FONTI BIBLIOGRAFICHE E SITI INTERNET

- Il Programma Regionale della Mobilità e dei Trasporti – PRMT. Regione Lombardia, Dicembre 2016. (<http://www.regione.lombardia.it>)
- <https://dati.lombardia.it/>
- www.trenitalia.it
- <http://www.trenord.it>
- <http://www.e656.net/>
- <https://portalerfi.rfi.it>
- <http://www.istat.it>