

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J71H92000020011

S.O. PROGETTAZIONE FUNZIONALE ED ESERCIZIO

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO - GENOVA

QUADRUPPLICAMENTO TORTONA - VOGHERA

Relazione Tecnica di Esercizio

SCALA:

-

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

I Q 0 1 0 1 R 1 6 R G E S 0 0 0 1 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.E. Malorgio	Settembre 2021	M. Medda F.A. Marcianò	Settembre 2021	M. Berlingeri	Settembre 2021	A. Vitali
B	Rimissione per recepire richieste RFI e CSLPP	L.E. Malorgio <i>de Leo, E. Tognio</i>	Dicembre 2023	F.A. Marcianò <i>F.A. Marcianò</i>	Dicembre 2023	L. Martinelli	Dicembre 2023	Dicembre 2023 ITALFERR S.p.A. Dott. Ing. Alberto Vitali Ord. degli Ing. della Provincia di Roma n° 44/071 <i>Alberto Vitali</i>

File: IQ01.01.R.16.RG.ES0001.001.B.doc

n. Elab.: X

INDICE

1	PREMESSA	3
2	CONFIGURAZIONE ATTUALE.....	5
2.1	LINEA	5
2.2	STAZIONI.....	6
2.2.1	<i>Stazione di Tortona</i>	6
2.2.2	<i>Stazione di Voghera</i>	7
3	CONFIGURAZIONE DI RIFERIMENTO	8
4	CONFIGURAZIONE DI PROGETTO	10
5	MODELLO DI ESERCIZIO	11
5.1	MODELLO DI ESERCIZIO ATTUALE	11
5.2	MODELLO DI ESERCIZIO DI PROGETTO	13
6	ANALISI FUNZIONALI E DI ESERCIZIO	14
6.1	SIMULAZIONI MARCIA TRENO	14
6.1.1	<i>Simulazioni marcia treno nello scenario attuale</i>	14
6.1.2	<i>Simulazioni marcia treno nello scenario di progetto</i>	20
6.1.3	<i>Confronto dei tempi di percorrenza tra Scenario Attuale e Scenario di progetto</i>	24
6.2	ANALISI DI CAPACITÀ DELLA LINEA.....	25
6.2.1	<i>Analisi di confronto</i>	26
7	CONCLUSIONI.....	27

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

1 PREMESSA

Il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera si inserisce nel quadro complessivo degli interventi previsti nello scenario di potenziamento dell’offerta ferroviaria delle direttrici Milano-Genova e Torino-Alessandria-Piacenza.

Nell’ambito dei Progetti per il Piano Lombardia ed al fine di dare continuità all’attivazione del Terzo Valico dei Giovi (TVG), RFI ha valutato l’opportunità di effettuare un potenziamento infrastrutturale del corridoio Milano – Genova, includendo negli interventi da realizzare anche il quadruplicamento della tratta Tortona-Voghera.

Il quadruplicamento tra Tortona e Voghera permetterà di disporre della capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici. Il layout infrastrutturale di progetto consentirà una separazione dei flussi di traffico tra i collegamenti Torino/Alessandria - Piacenza e le relazioni Milano – Genova garantendo una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità di circolazione.

In particolare, è prevista in progetto un’opera di scavalco che consentirà di instradare i treni provenienti da Genova (via TVG)/Alessandria e diretti verso Piacenza sulla “linea Piacenza” senza interferire con i treni provenienti da Milano e diretti verso Genova (via TVG)/Alessandria, che costituiscono il flusso principale secondo il nuovo modello di esercizio. Con quest’opera, da un lato si eliminano le interferenze sulla “linea Milano” in stazione di Tortona, dall’altro si consente una più equa ripartizione dei flussi sui quattro binari.

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova coppia di binari tra la Stazione di Tortona e di Voghera, in affiancamento a quella esistente, per un’estesa di circa 16 km.

Le caratteristiche di progetto della linea sono le seguenti:

- Modulo di linea: 750 m;
- peso assiale: D4;
- Codifica per Trasporto Combinato: P/C 80;
- velocità di progetto: 200 km/h in rango C, salvo riduzioni puntuali;
- tipologia di traffico: misto (passeggeri e merci);
- profilo minimo degli ostacoli: PMO 5.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

È previsto un sistema di distanziamento a 5' tra due treni a seguito. La gestione ed il comando della circolazione dell'insieme della linea quadruplicata, avverrà dal Posto Centrale di Milano Greco Pirelli.

Il regime di circolazione previsto è ERTMS L2 sovrapposto al segnalamento laterale.

Il perimetro dell'intervento riguarda la tratta Tortona (esclusa) – Voghera (esclusa). Gli interventi previsti negli impianti di Tortona e Voghera sono minimali e atti ad accogliere i nuovi binari di quadruplicamento.

È previsto l'adeguamento della fermata di Pontecurone per l'inserimento dei due nuovi binari e di conseguenza saranno adeguati a STI i marciapiedi a servizio viaggiatori (altezza pari a H=55 cm e lunghezza utile di 250 m). Inoltre, il sottopasso dovrà essere opportunamente adeguato a garantire la piena accessibilità anche alle PRM. Le periferiche IaP installate nella fermata dovranno essere adeguate per caratteristiche e quantitativi allo standard RFI.

Il Piano di Committenza del progetto prevede un unico appalto multidisciplinare e trattative private singole per le riconfigurazioni tecnologiche degli apparati esistenti.

Scopo del presente documento è quello di fornire la descrizione dei principali interventi previsti dal progetto, fornendo un quadro funzionale, infrastrutturale e tecnologico della configurazione attuale e di progetto.

Vengono riportati, in particolare, i modelli di esercizio attuale e di progetto, e illustrati i risultati delle analisi prestazionali in termini di simulazioni di marcia. Sono, infine, riportati i risultati dell'analisi di capacità per la tratta di intervento nei due diversi scenari infrastrutturali.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

2 CONFIGURAZIONE ATTUALE

2.1 Linea

La tratta oggetto di intervento appartiene alla linea Milano Rogoredo – Arquata.

Il portale PIR (Prospetto Informativo di Rete) ne definisce le caratteristiche riportate nella tabella che segue:

Tabella 1 – Caratteristiche della linea Milano Rogoredo – Arquata (Fonte: PIR 2021)

Linea commerciale:	Milano Rogoredo – Arquata (compresa via Novi Ligure e via Bressana B. – Arena Po)
Tratta:	Tortona – Voghera
Numero binari:	Doppio
Sistema di trazione:	Linea elettrificata a 3 kV (c.c.)
Regime di circolazione (sistema di distanziamento treni):	Blocco Elettrico Automatico Banalizzato
Correnti del blocco automatico:	Correnti codificate
Sistema di esercizio (sistema di gestione della circolazione):	Dirigenza locale
Ascesa senso pari [%]:	6
Ascesa senso dispari [%]:	6
Masse assiali massime ammesse:	D4L (massa per asse 22,5 t, massa per metro corrente 8,0 t/m con limitazioni)
Codifica per traffico combinato delle CASSE MOBILI e dei SEMIRIMORCHI con codifica a due cifre:	P/C45
Modulo:	575
Annotazione modulo:	Limitazione per treni O/T ad Arena Po 535 m, con possibilità di elevare il valore a 550 m previa verifica di fattibilità da parte di RFI
RANGO A (MIN – MAX):	
	90-140
RANGO B (MIN – MAX):	
	160-160
RANGO C (MIN – MAX):	
	100-160

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

2.2 Stazioni

2.2.1 Stazione di Tortona

La stazione di Tortona è di diramazione tra le linee Alessandria – Piacenza e Milano Rogoredo – Arquata, e costituisce stazione di testa per la linea Tortona – Novi Ligure.

Oltre al fabbricato viaggiatori, si compone di un'ampia area merci, di molteplici edifici di servizio e di tre marciapiedi per il servizio viaggiatori dotati di pensilina.

Il piano del ferro è composto da 34 binari, di cui 6 passeggeri e 28 di scalo; i primi cinque sono provvisti di banchina, mentre il sesto è utilizzato per le precedenze.

Lato Piacenza e lato Alessandria sono presenti due raccordi per alcune aree industriali poste nelle vicinanze della stazione.

La circolazione è attualmente gestita da un impianto ACEI non telecomandabile, che integra anche la diramazione Alessandria/Novi Ligure dell'ex Bivio Tortona; tuttavia, ai fini della progettazione in oggetto, si assume che nella configurazione di partenza sia già attivato il nuovo ACC così come il nuovo bivio da/per il TVG.

La stazione è servita da treni regionali Trenord nella tratta Alessandria – Pavia in direzione Milano, e da treni Trenitalia per tutte le altre direzioni.

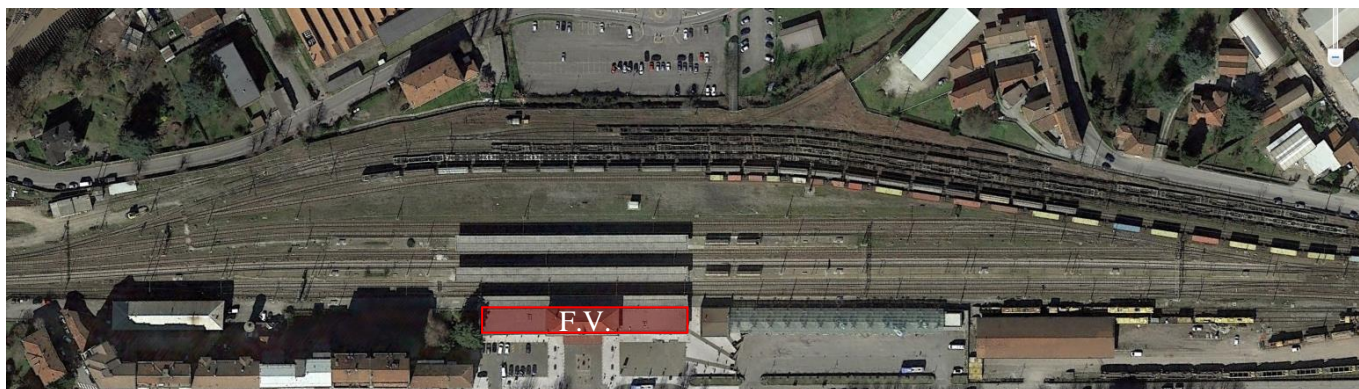


Figura 1 – Stazione di Tortona (Fonte: Google Earth)

2.2.2 Stazione di Voghera

La stazione di Voghera, di diramazione tra le linee Alessandria – Piacenza e Milano – Genova, per la sua posizione strategica è un importante nodo di scambio ferroviario dell'Italia nord – occidentale.

I primi cinque binari sono adibiti al servizio viaggiatori e sono dotati di marciapiede e pensilina; i restanti sono utilizzati per il traffico merci. È, inoltre, presente un binario tronco in direzione est da cui partono saltuariamente i treni regionali per Piacenza.

La stazione è servita da treni regionali Trenord e da servizi regionali e lunga percorrenza Trenitalia.

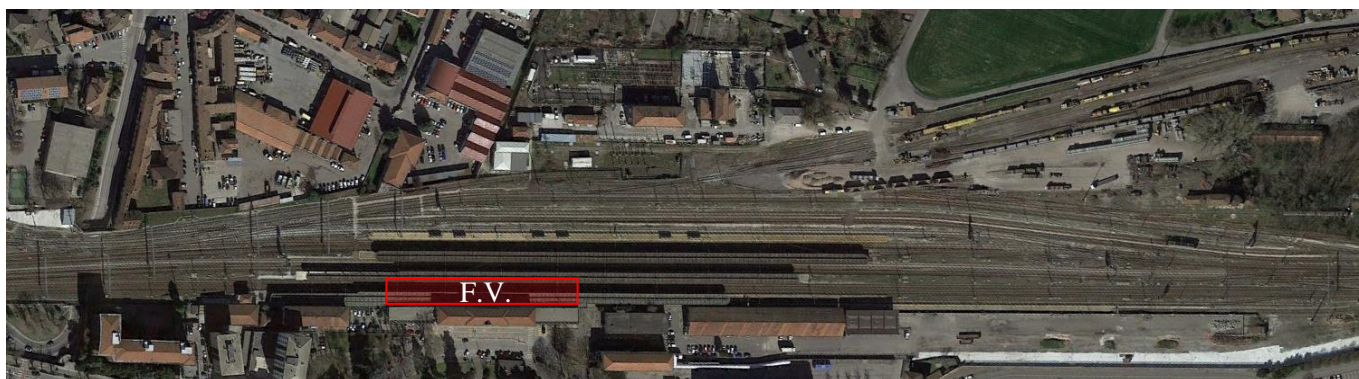


Figura 2 - Stazione di Voghera (Fonte: Google Earth)

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

3 CONFIGURAZIONE DI RIFERIMENTO

Gli interventi previsti dal progetto si inseriscono in un più ampio quadro di interventi, una parte dei quali si considera già realizzata nel periodo appena precedente l’inizio dei lavori.

Nello specifico, bisognerà considerare la stazione di Tortona in una configurazione di riferimento, diversa da quella attuale e definita *inerziale*, in seguito alle modifiche al PRG previste nell’ambito del progetto di “Messa a PRG della Stazione di Tortona e conseguente intervento di adeguamento Trazione Elettrica. RED e ACC da conseguirsi per fasi realizzative, nonché interventi a marciapiedi e sottopassi esistenti”, propedeutico al presente progetto che garantirà la separazione totale dei flussi.

Attualmente, infatti, i treni provenienti dalle linee Alessandria – Piacenza, Novi Ligure – Tortona e Alessandria – Arquata Scrivia convergono sui binari II e III mediante un bivio a raso, per poi immettersi sulla linea a doppio binario in direzione Voghera/Milano. Gli interventi di messa a PRG, che in questo caso si considerano già realizzati, consentono di riorganizzare e razionalizzare il piano del ferro, creando un ingresso indipendente fra i diversi itinerari. La configurazione di riferimento, infatti, prevede il collegamento in corretto tracciato della linea Terzo Valico dei Giovi, e in deviate per la linea Alessandria, sugli attuali binari IV e V di stazione, e il collegamento in corretto tracciato dei binari della linea Alessandria – Arquata S. sui binari II e III. Successivamente, i binari di corsa provenienti da Arquata si ricollegano alla linea Tortona – Voghera/Milano attraverso un itinerario in deviate sulla radice lato Voghera.

Interventi precedenti a quelli appena descritti hanno permesso di attivare il bivio per il Terzo Valico e l’ACC su ferro esistente.

Lo schematico funzionale riportato di seguito illustra la configurazione di riferimento per l’impianto di Tortona, in cui i tratti segnati in celeste individuano gli interventi che si considerano realizzati nella configurazione di riferimento.

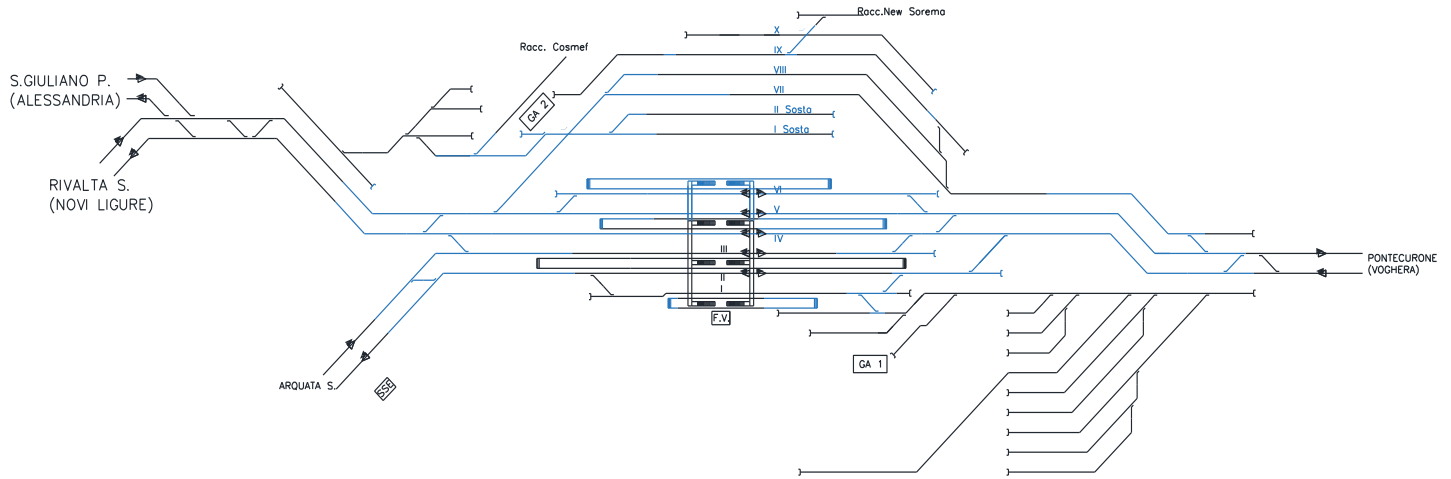


Figura 3 – Configurazione di riferimento della stazione di Tortona

4 CONFIGURAZIONE DI PROGETTO

Gli interventi previsti riguardano il quadruplicamento dei binari compresi tra le stazioni di Tortona e di Voghera, l'adeguamento della fermata in località Pontecurone e la modifica delle radici delle due stazioni estreme.

Gli schematici funzionali riportati di seguito illustrano il piano di interventi previsti nel presente progetto: in particolare, la prima immagine (Figura 4) riporta la sovrapposizione tra le demolizioni (in giallo) e le nuove costruzioni (in rosso); l'immagine che segue (Figura 5) rappresenta, invece, la configurazione finale, con indicazione degli interventi realizzati in blu.

Per un dettaglio maggiore si rimanda al documento contenente la descrizione degli schematici di fase (doc. IQ01.00.R.16.RG.ES0002.001.B_ALL01).

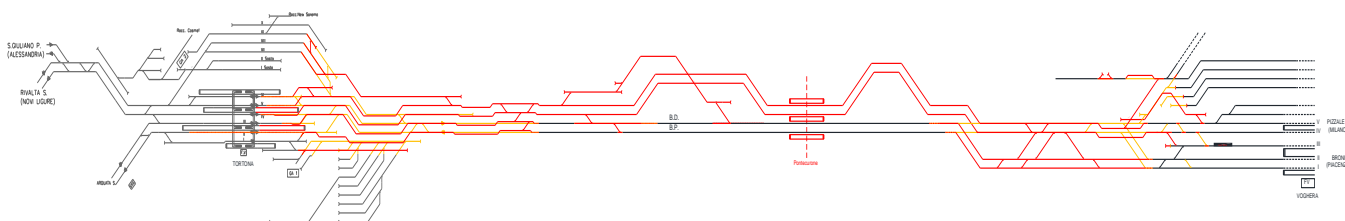


Figura 4 – Schematico funzionale della tratta Tortona – Voghera, stato sovrapposto

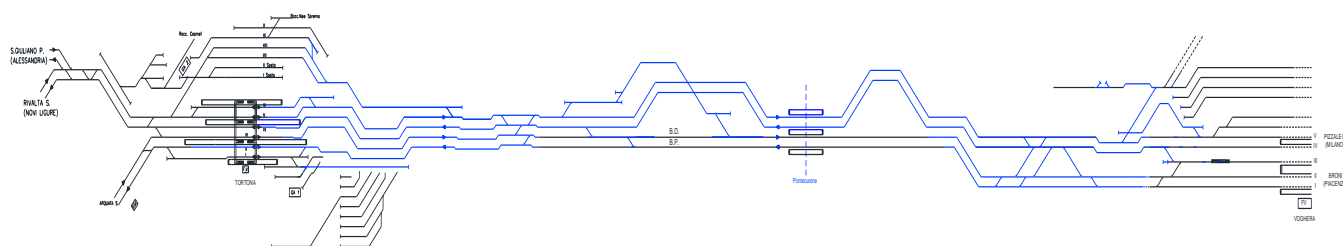


Figura 5 - Schematico funzionale della tratta Tortona – Voghera, configurazione di progetto

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

5 MODELLO DI ESERCIZIO

5.1 Modello di esercizio attuale

Il modello di esercizio attuale è stato ricavato mediante estrazioni da PIC (Piattaforma Integrata della Circolazione) in un giorno feriale medio del mese di Dicembre 2023.

Si riporta di seguito un prospetto con l'indicazione dei volumi di traffico in transito nella tratta compresa tra le stazioni di Tortona e Voghera, suddivisi per servizio (Merci, Lunga Percorrenza e Regionali), itinerario e per fascia oraria diurna e notturna.

Tabella 2 – Modello di esercizio attuale nella tratta Tortona - Voghera

CATEGORIA	ITINERARIO	FASCIA DIURNA (06:00 – 22:00)	FASCIA NOTTURNA (22:00 – 06:00)	TOTALE
EN	La Spezia C. – Tarvisio B.	2	-	2
ES*	Roma Termini – Milano C.le	2	-	2
	Genova Brignole – Venezia S.L.	2	-	2
IC	Napoli C.le – Genova Brignole	1	1	2
	Ventimiglia – Milano C.le	12	-	12
	Milano C.le – Livorno C.le	10	-	10
	La Spezia C. – Milano C.le	4	-	4
	Grosseto – Milano C.le	2	-	2
Totale L.P.		35	1	36
REG	Ravenna – Genova Brignole	1	-	1
	Genova Brignole – Piacenza	2	-	2
	Genova Brignole – Rimini	1	-	1
	Tortona – Milano C.le	16	-	16
	Tortona – Milano Certosa	1	-	1
	Milano C.le – Genova Brignole	6	-	6
	Milano C.le – Sestri Levante	2	-	2
	Savona – Milano C.le	2	-	2
	Ventimiglia – Milano C.le	1	-	1
	Albenga – Milano C.le	1	1	2
	Milano C.le – Alassio	1	-	1
	Genova P.P. – Milano C.le	2	-	2
	Milano C.le – Arquata S.	2	-	2
	Asti – Milano P. Garibaldi	2	-	2
Asti – Milano C.le	2	-	2	
Totale REG		42	1	43
MRI	Villa Opicina – Cassano Spinola	1	-	1
	Ventimiglia – Quattro Ville Z.I.	1	1	2
	Ventimiglia – Cittadella	2	-	2

	Roma Sm. – Chiasso Sm.	2	-	2
	Sannazzaro – Chiasso Sm.	2	-	2
	Alessandria Sm. – Chignolo Po	1	-	1
MRS	Scarlino – Rho	-	1	1
	Marcianise – Brennero	1	-	1
	Lecco Maggianico – Marcianise	1	-	1
	S. Giuseppe di C. – Brescia	1	-	1
	Ventimiglia – S. Zeno Folzano	1	-	1
MRV	Marcianise – Lecco Maggianico	-	1	1
	Cava Tigozzi – Livorno Cal.	1	-	1
	Rho – Scarlino	1	-	1
	Chignolo Po – Alessandria Sm.	1	-	1
MT	Villanova – Bologna S. Donato	1	-	1
TC	PD Interporto – Savona P.D.	1	1	2
	Nola Interporto – Milano Sm.	1	-	1
	Milano Sm. – Spezia Marittima	2	-	2
	Milano Sm. – Savona P.D.	1	-	1
	PD Interporto – Genova Voltri FM	2	1	3
	Verona P.N. Scalo – Savona P.D.	1	-	1
	PD Interporto – Genova Marittima	2	-	2
	Rubiera – Genova Voltri FM	3	-	3
	Genova Voltri FM – Marzaglia	1	-	1
	Alessandria Sm. – Rubiera	1	-	1
	Rubiera – Savona P.D.	1	-	1
	Vicenza – Genova Marittima	1	-	1
	Savona P.D. – Piacenza	1	-	1
	TCS	Pied.-VSL-Aquino – Fiorenzuola	-	1
Villa S. G. Bolano – Milano Sm.		-	1	1
V. Arluno – Genova Marittima		1	-	1
Melzo Scalo – Genova Voltri FM		1	1	2
Genova Marittima – Reggio Emilia		1	-	1
La Spezia Migl. – Melzo Scalo		-	1	1
Melzo Scalo – SP Marittima		1	-	1
TEC	Ventimiglia – Castelguelfo	4	-	4
TME	Livorno Cal. – Tarvisio B.	1	-	1
Totale MERCI		44	9	53
TOTALE		121	11	132

L'esercizio giornaliero della linea è di circa 19 ore (il primo treno in partenza da Tortona è alle 04:32 e l'ultimo treno in transito presso Voghera è alle 23:17).

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

Il traffico merci è prevalente rispetto al trasporto passeggeri ed è principalmente di tipo passante: su 53 treni merci circolanti tra Tortona e Voghera, soltanto 6 fermano a Tortona e 8 fermano a Voghera. Si tratta di treni del tipo MRI, MRS, MRV, TC, TEC e TCS, la cui sosta varia da un minimo di 2' (MRI, stazione di Tortona) a un massimo di 40' (TCS, stazione di Voghera).

Dei treni a lunga percorrenza, circa un terzo degli IC ed ES* effettua fermata, mentre tutti gli altri sono passanti. Per quanto riguarda i treni di tipo Regionale, al contrario, effettuano tutti fermata presso le due stazioni tranne 9 treni che non fermano a Tortona.

Tutti i treni che effettuano servizio passeggeri, ad eccezione di un solo treno di tipo REG e un treno ES*, circolano in fascia diurna.

5.2 Modello di esercizio di progetto

Il modello di offerta nello scenario di progetto è stato condiviso da RFI con nota RFI-DIN-DINE.MIA0011P20200000094_3. Questo è rappresentato nello schematico che segue.

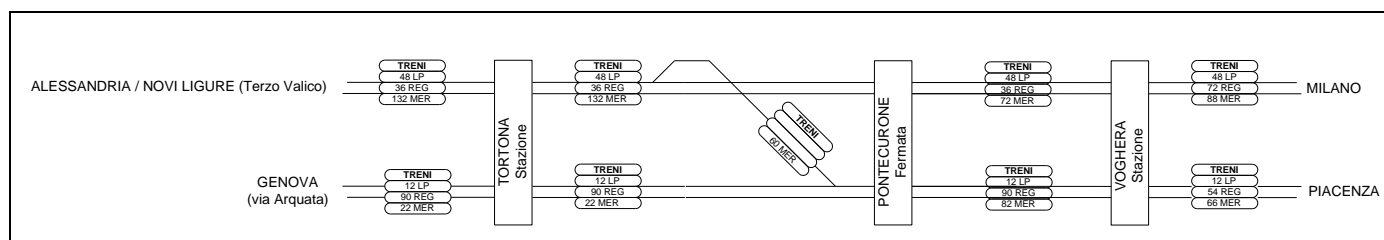


Figura 6 – Modello di esercizio di progetto

Il materiale rotabile preso a riferimento per lo scenario di progetto è il seguente:

- servizio Regionale: E464^[1];
- servizio IC: E414^[2];
- servizio Lunga Percorrenza (LP): ETR1000 (Frecciarossa), ETR500 (Frecciabianca)^[3];
- servizio Merci: E652, D445, E483, ecc.^[4]

[1] Fonte: Accordo Quadro RFI – Regione Lombardia, 4 marzo 2020.

[2] Fonte: “Analisi della mobilità passeggeri interessata ai servizi di Lunga Percorrenza sugli assi ferroviari Genova – Milano e Genova – Torino”, RFI, Gennaio 2020.

[3] Fonte: “Analisi della mobilità passeggeri interessata ai servizi di Lunga Percorrenza sugli assi ferroviari Genova – Milano e Genova – Torino”, RFI, Gennaio 2020.

[4] Riferimento all’attuale materiale rotabile utilizzato sulla tratta in oggetto, variabile con la tipologia di servizio merci.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

6 ANALISI FUNZIONALI E DI ESERCIZIO

6.1 Simulazioni marcia treno

Al fine di confrontare i tempi di percorrenza dei servizi nello scenario attuale e di progetto, sono state eseguite simulazioni di marcia attraverso il software proprietario IF-SIM.

Le simulazioni sono state effettuate con riferimento alle differenti tipologie di materiale rotabile utilizzate nello scenario attuale e previste nella configurazione di progetto. I risultati sono riportati nei paragrafi che seguono.

6.1.1 Simulazioni marcia treno nello scenario attuale

Attualmente, la tratta in oggetto è percorsa da treni di tipo Regionale, Lunga Percorrenza (IC, EC, ES*) e Merci (cfr. Par. 5.1). Tuttavia, ad eccezione dei servizi ES*, il materiale rotabile utilizzato nell'ambito della stessa categoria non consiste in un'unica tipologia di convogli: è il caso, ad esempio, dei treni Regionali per i quali, ad oggi, vengono utilizzati ETR421 e E464 in composizioni diversificate nel numero di carrozze trainate, così come dei treni IC, EC e Merci. Le simulazioni di marcia nello scenario attuale, pertanto, sono state effettuate, in cautela, facendo riferimento, per ogni tipologia di servizio (Reg, IC, LP e Merci), alla composizione dei convogli che, fra tutte, rappresenta quella meno performante, mostrando una caratteristica meccanica con i più alti valori di resistenza e la minore forza di trazione.

La tabella che segue riporta le differenti tipologie di materiale rotabile e composizioni ad oggi utilizzate per le diverse categorie di servizio, con l'indicazione del materiale preso a riferimento nelle simulazioni.

Tabella 3 – Materiale rotabile per categoria di servizio (Fonte: PIC)

Categoria	Tipologia del servizio	Materiale rotabile ad oggi utilizzato	Materiale rotabile preso a riferimento
REG	-	2 ETR421 + 2 carr. 1 E464 + 5 carr. 1 E464 + 8 carr.	1 E464 + 8 carr.
EC, IC	EC	1 E402 + 7 carr. 2 EC250 + 9 carr.	1 E402 + 7 carr.
	IC	1 E403 + 7 carr. 2 E414 + 8 carr. 2 E464 + 10 carr.	
LP	ES*	2 ETR1000 AV	2 ETR1000 AV
MERCİ	MRI	1 E464 + 21 carri 1 E652 + 16 carri	1 D445 + 19 carri
	MRS	1 E191 + 17 carri 1 E484 + 14 carri 1 E494 + 17 carri	

	MRV	1 E191 + 14 carri	
	MT	1 D445 + 19 carri	
	TC	1 E652 + 18 carri	
	TCS	1 E483 + 15 carri	
	TEC	3 E652 + 23 carri 1 E191 + 22 carri 2 E191 + 13 carri	
	TME	1 E652 + 37 carri 1 E652 + 13 carri 2 E652 + 1 E494 + 20 carri	

Lo scenario attuale, inoltre, considera le velocità di fiancata contenute nel FL 33 per la tratta Tortona – Pontecurone – Voghera.

▪ Servizio Regionale

Gli attuali tempi di percorrenza dei servizi regionali prevedono fermate presso le località di Tortona, Pontecurone (1') e Voghera, e un margine di recupero di 5 minuti ogni 100 km (come da orario in vigore).

Le velocità di rango B utilizzate per la tratta oggetto di studio sono le seguenti:

Tabella 4 – Velocità di rango B per lo scenario attuale

Località	Progressiva [km]	Rango B [km/h]
F.V. Tortona	0,000	150
Cippo km. 36,000	14,088	95

Il materiale rotabile utilizzato nella simulazione è E464 con 8 carrozze.

Simulando la marcia del treno, si ottiene il seguente grafico spazio – tempo, con annesso il profilo altimetrico:

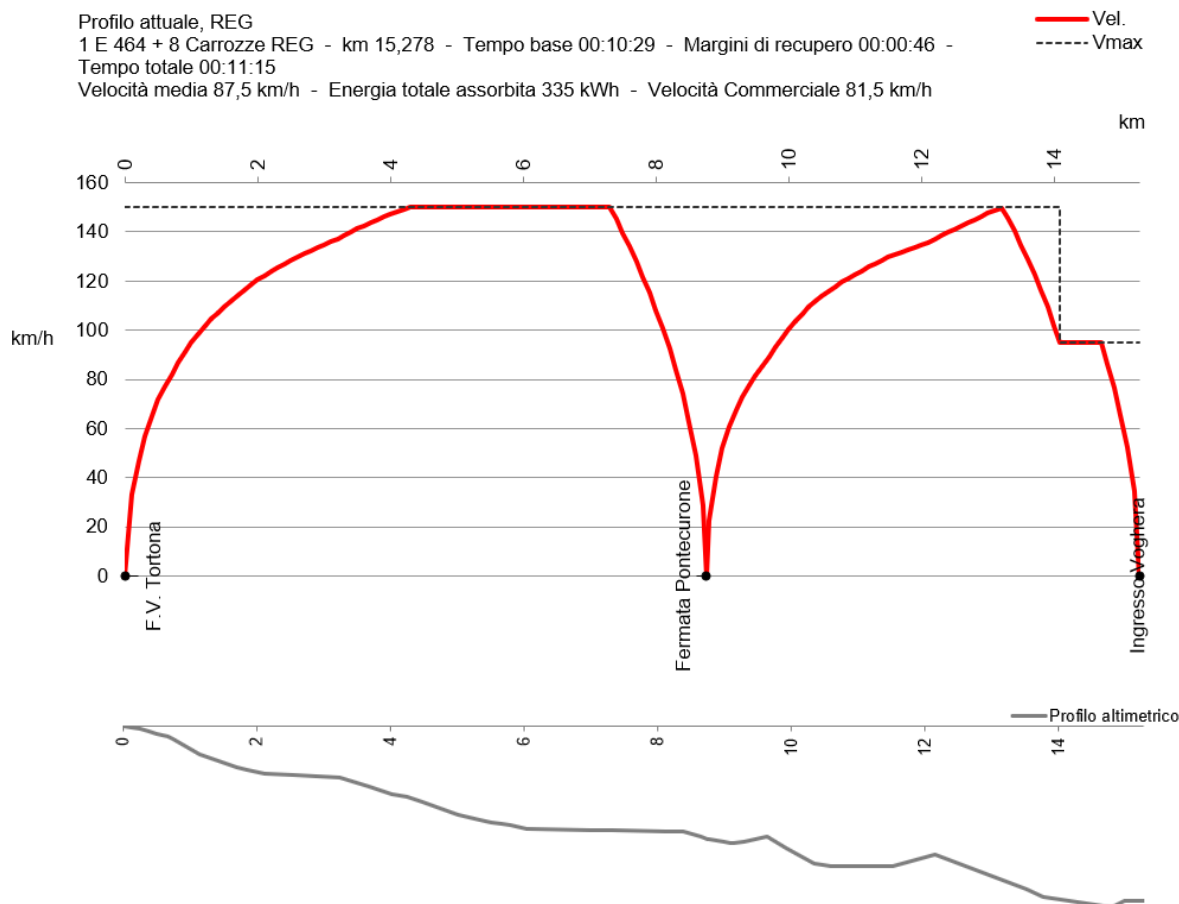


Figura 7 – Simulazione di marcia, servizio REG, scenario attuale

Sulla base di tale impostazione, si ottiene un **tempo base di marcia di 11'15"**.

▪ **Servizio Intercity**

I tempi di percorrenza attuali sono stati ricavati considerando un servizio con fermata a Tortona e a Voghera, e un margine di recupero di 5 minuti ogni 100 km (come da orario in vigore).

Le velocità di rango C utilizzate per la tratta oggetto di studio sono le seguenti:

Tabella 5 – Velocità di rango C per lo scenario attuale

Località	Progressiva [km]	Rango C [km/h]
F.V. Tortona	0,000	160
Cippo km. 34,000	12,090	140
Cippo km. 36,00	14,090	100

Il materiale rotabile utilizzato nella simulazione è E402A con 7 carrozze trainate.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

Simulando la marcia del treno, si ottiene il seguente grafico spazio – tempo, con annesso il profilo altimetrico:

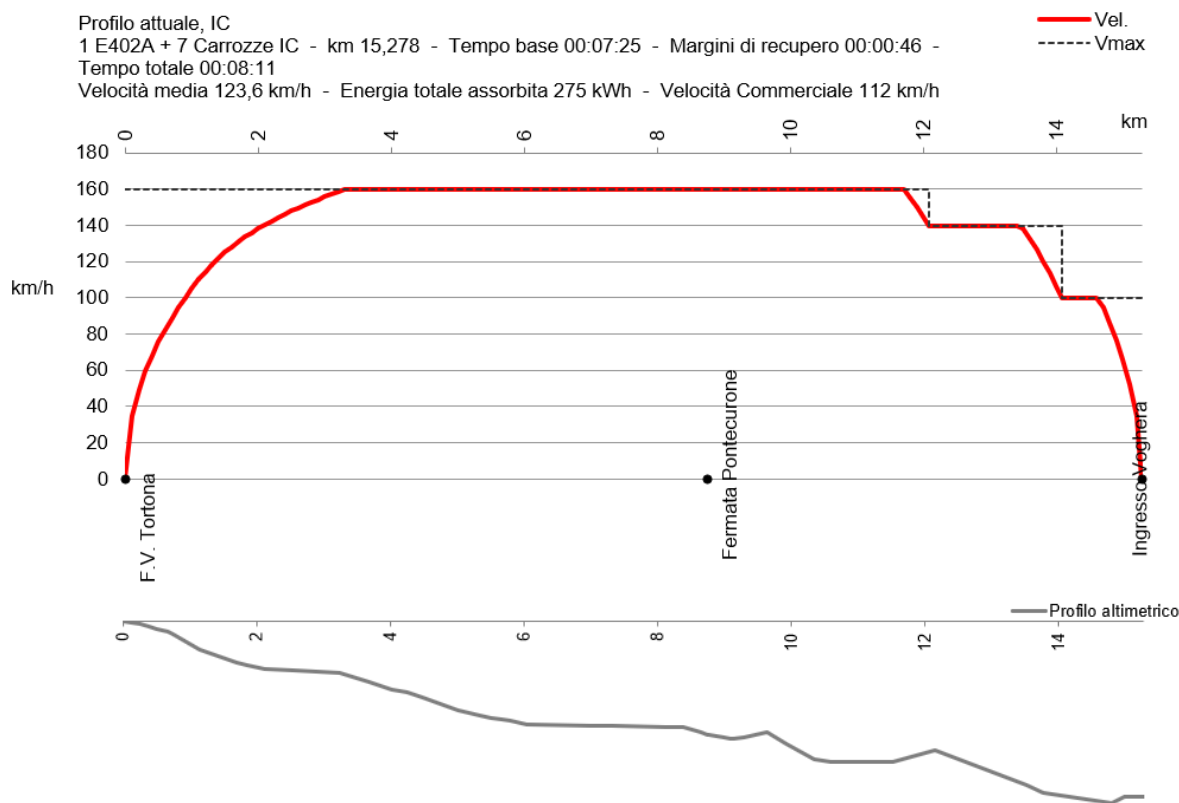


Figura 8 – Simulazione di marcia, servizio IC, scenario attuale

Sulla base di tale impostazione, si ottiene un **tempo base di marcia di 8'11"**.

▪ Servizio Lunga Percorrenza

I tempi di percorrenza attuali sono stati ricavati considerando un servizio senza fermate e con un margine di recupero di 5 minuti ogni 100 km (come da orario in vigore).

Le velocità di rango C utilizzate per la tratta oggetto di studio sono le stesse utilizzate nel caso del servizio IC, mentre il materiale rotabile utilizzato nella simulazione è costituito da due ETR1000 AV.

Simulando la marcia del treno, si ottiene il seguente grafico spazio – tempo, con annesso il profilo altimetrico:

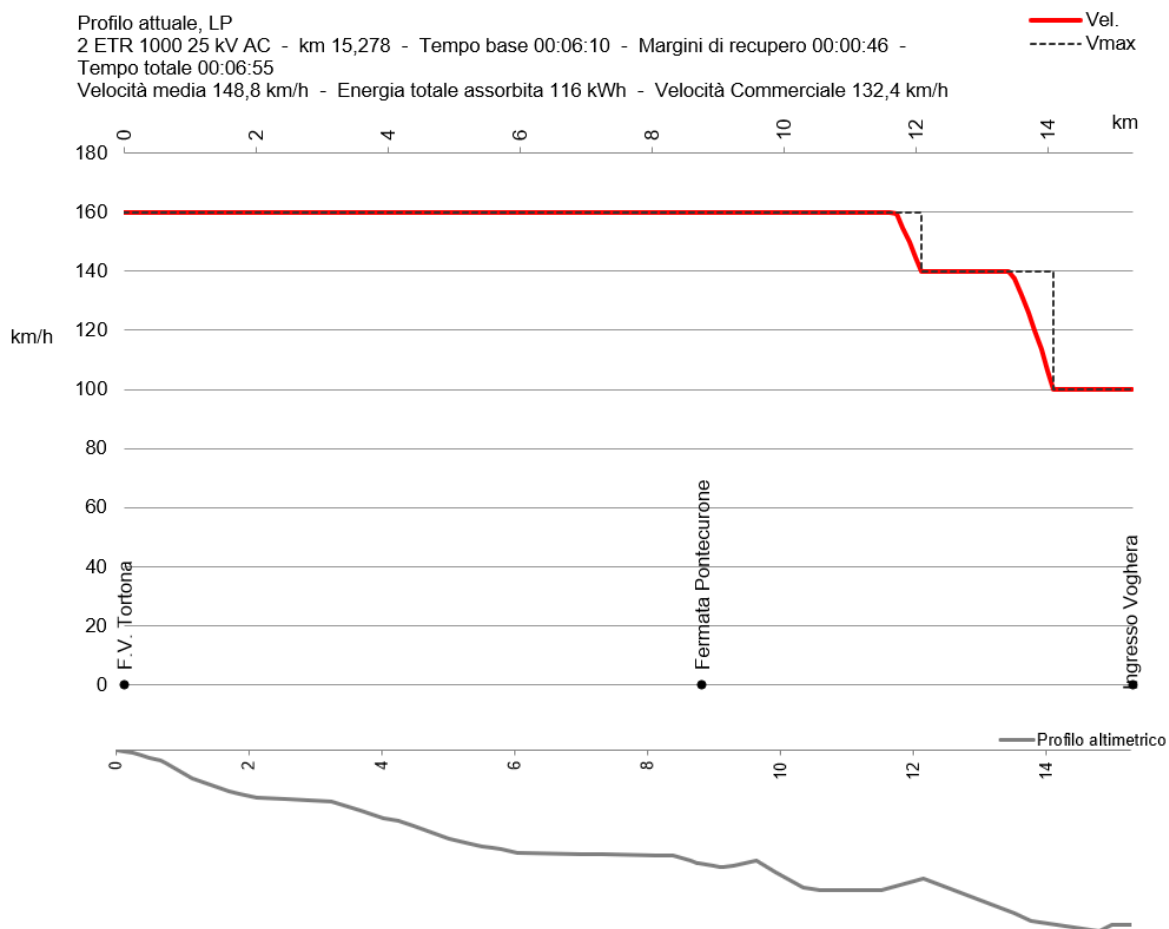


Figura 9 – Simulazione di marcia, servizio LP, scenario attuale

Sulla base di tale impostazione, si ottiene un **tempo base di marcia di 6'55"**.

▪ **Servizio Mercè**

I tempi di percorrenza attuali sono stati ricavati considerando un servizio con sosta a Tortona e a Voghera, e con un margine di recupero di 5 minuti ogni 100 km (come da orario in vigore).

Le velocità utilizzate per la tratta oggetto di studio appartengono al rango A, prevedendo una velocità massima di 120 km/h:

Tabella 6 - Velocità di rango A (merci) per lo scenario attuale

Località	Progressiva [km]	Rango A [km/h]
F.V. Tortona	0,000	120
Cippo km. 36,000	14,088	90

Il materiale rotabile utilizzato nella simulazione è costituito da una motrice di tipo D445 e da 19 carri container del tipo R1F (4 assi) e una prestazione di circa 1400 ton.

Simulando la marcia del treno, si ottiene il seguente grafico spazio – tempo, con annesso il profilo altimetrico:

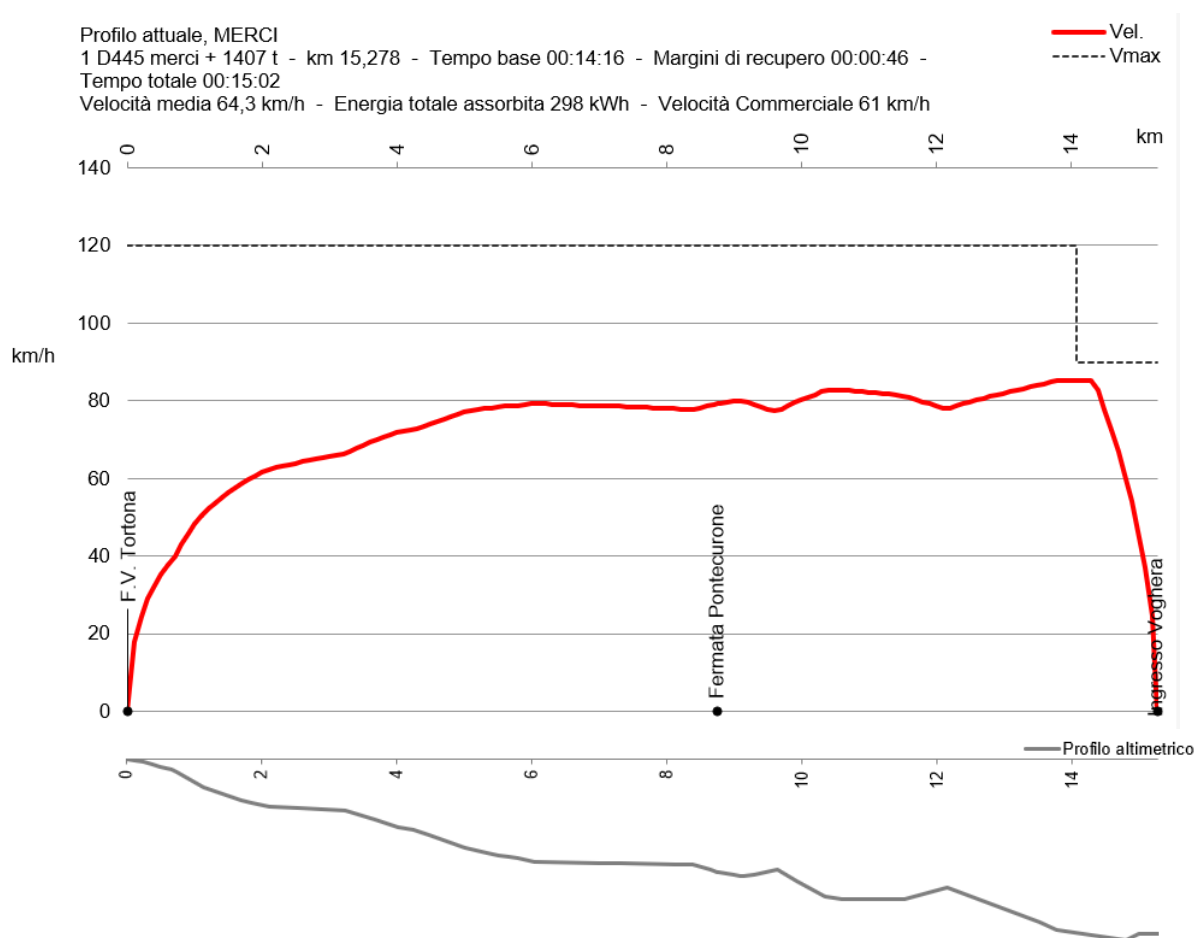


Figura 10 – Simulazione di marcia, servizio Merci, scenario attuale

Sulla base di tale impostazione, si ottiene un **tempo base di marcia di 15'02"**.

La tabella che segue fornisce un riepilogo dei risultati ottenuti dalle simulazioni nello scenario attuale.

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

Tabella 7 – Riepilogo dei risultati delle simulazioni nello scenario attuale

Categoria	Tempo totale [min:sec]	V_{media} [km/h]	V_{commerciale} [km/h]	V_{max} raggiunta [km/h]	Energia tot. assorbita [kWh]
REG	11:15	87,5	81,5	150	335
IC	08:11	123,6	112	160	275
LP	06:55	148,8	132,4	160	116
MERCI	15:02	64,3	61	85	298

6.1.2 Simulazioni marcia treno nello scenario di progetto

Le simulazioni di marcia effettuate nello scenario di progetto si riferiscono alla sola nuova linea Genova – Milano, oggetto del presente progetto di quadruplicamento.

L'analisi effettuata ipotizza lo stesso materiale rotabile assunto per lo scenario attuale; nel caso del servizio regionale, l'utilizzo di treni E464 è ulteriormente confermato nell'ambito dell'Accordo Quadro RFI – Regione Lombardia del 4 marzo 2020.

La variazione della velocità di tracciato presa a riferimento nelle simulazioni è riportata in tabella 10, e rispetta le due seguenti regole fondamentali:

1. mantenimento dello stesso valore di velocità per una distanza di almeno 2 km (ad eccezione delle velocità in ingresso e uscita dalle stazioni);
2. salti massimi in diminuzione pari a 60 km/h.

Tabella 8 – Variazione delle velocità di tracciato

Progressiva [km]	Velocità di tracciato [km/h]
0+000 (F.V. Tortona) – 1+072	100
1+072 – 3+072	120
3+072 – 12+652	180
12+652 – 14+652	160
14+652 – 16+308 (F.V. Voghera)	100

▪ Servizio Regionale

I tempi di percorrenza di progetto dei servizi regionali considerano, analogamente al caso attuale, fermate presso le località di Tortona, Pontecurone (1') e Voghera, e un margine di recupero di 5 minuti ogni 100 km.

Le velocità di rango B utilizzate per il servizio regionale prevedono una velocità massima di 160 km/h, e il materiale rotabile preso a riferimento è composto da 1 locomotore E 464 con 8 carrozze trainate. Simulando la marcia del treno, si ottiene il seguente grafico spazio – tempo, con annesso il profilo altimetrico:

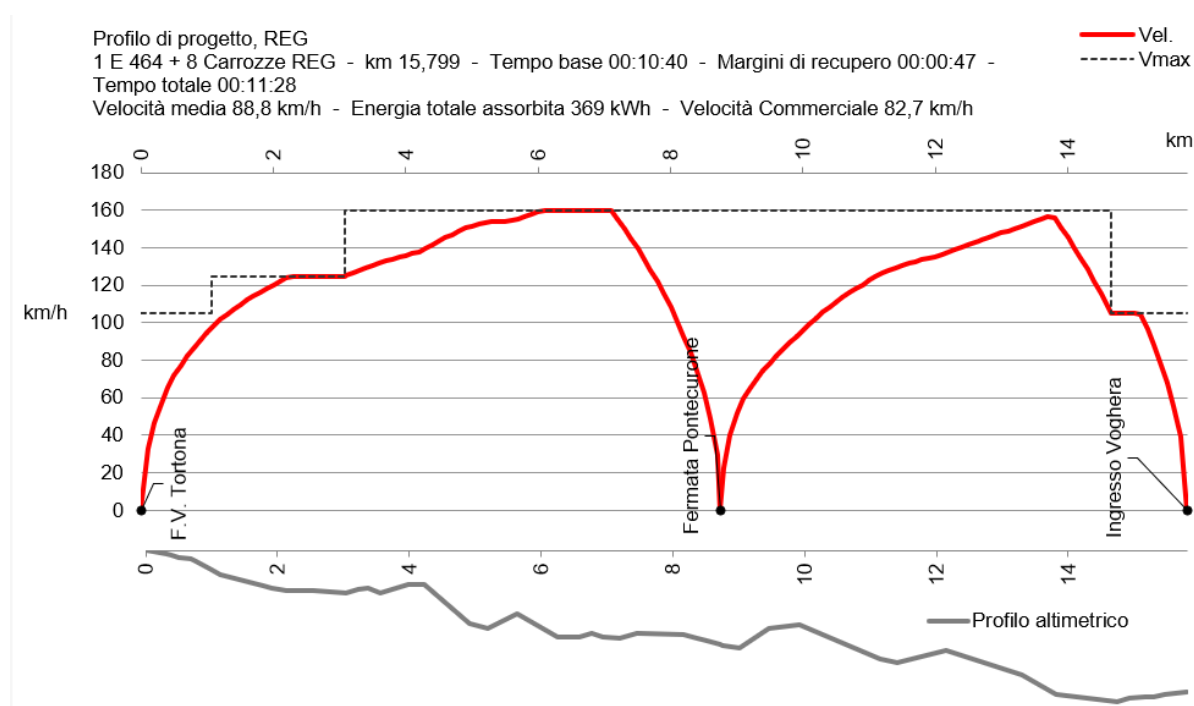


Figura 11 – Simulazione di marcia, servizio Regionale, scenario di progetto

Sulla base di tale impostazione, si ottiene un **tempo base di marcia di 11'28"**, superiore di 13 secondi rispetto alla percorrenza attuale per via della maggiore lunghezza del nuovo tracciato.

▪ Servizio Intercity

Ad oggi, i servizi IC ed EC non effettuano fermate intermedie a Pontecurone e tale assunzione, insieme alla tipologia di convogli utilizzata, è stata mantenuta anche in seguito alla realizzazione degli interventi di quadruplicamento.

Assumendo i valori delle velocità di tracciato riportati in tabella 10 e impostando una velocità di Rango C (il cui valore massimo è pari a 200 km/h), si ottiene il seguente grafico spazio – tempo:

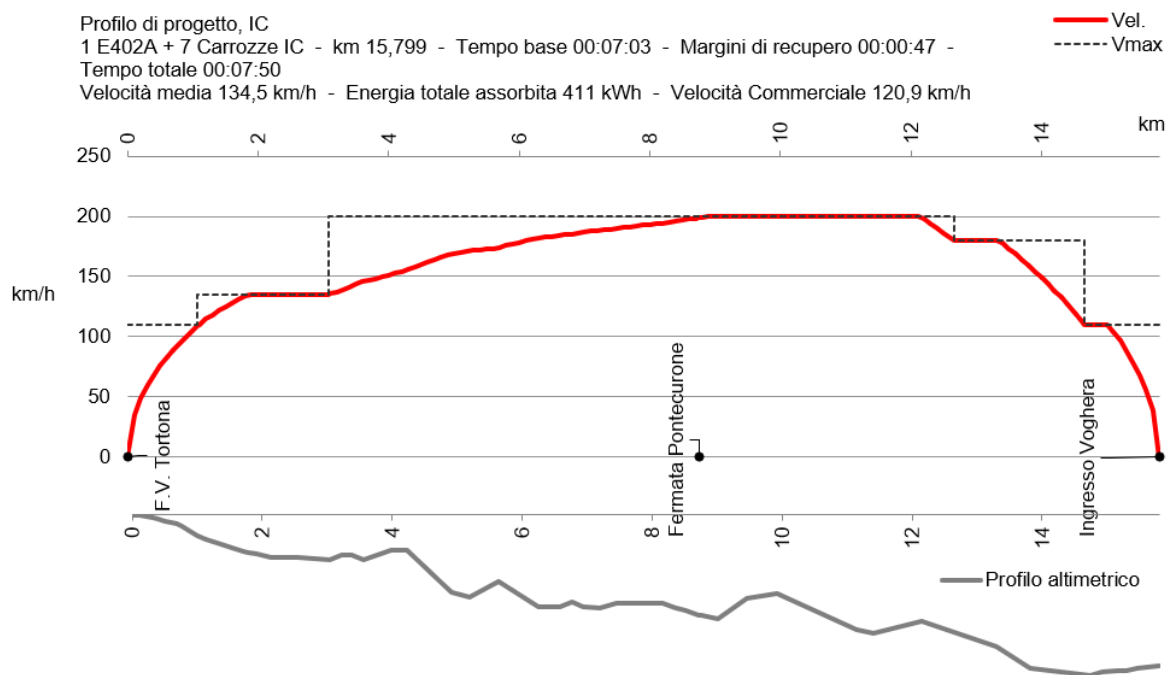


Figura 12 – Simulazione di marcia, servizio IC, scenario di progetto

Sulla base di tali assunzioni, si ottiene un **tempo di base di marcia pari a 7'50"**.

▪ **Servizio Lunga Percorrenza**

Come nei casi precedenti, anche per i servizi a Lunga Percorrenza sono stati utilizzati gli stessi convogli presenti ad oggi sulla linea in oggetto, con i valori di velocità, in rango C, precedentemente definiti.

La curva spazio – tempo ottenuta restituisce un **tempo base di marcia di 6'41"**, ed è riportata di seguito:

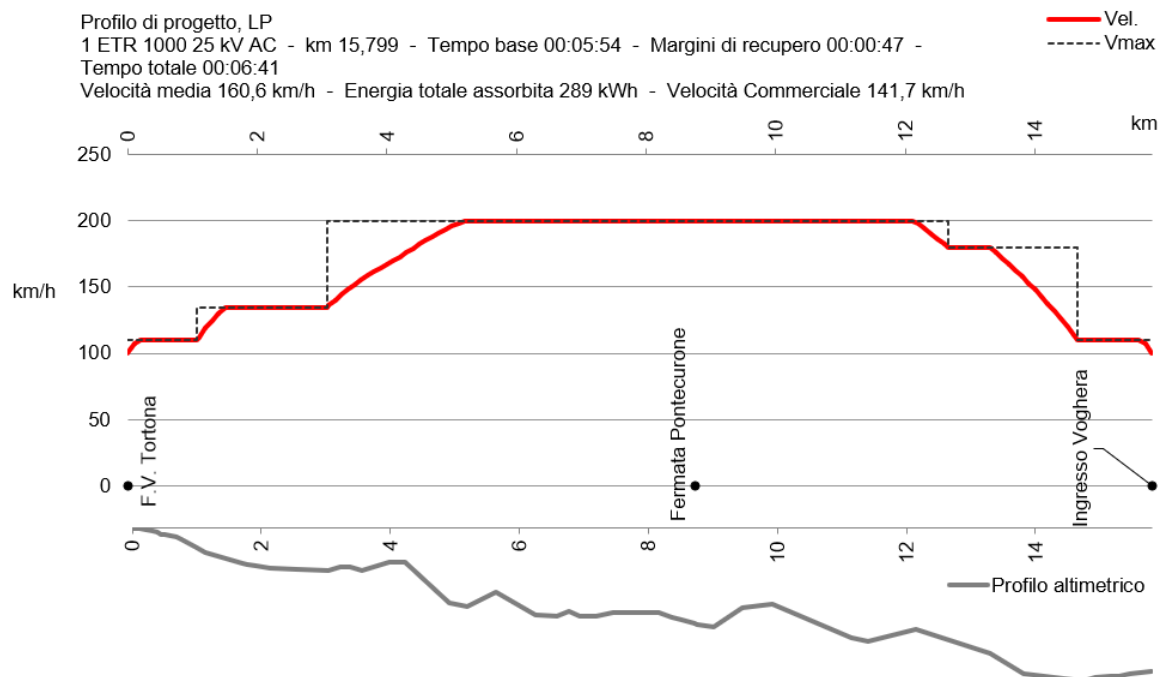


Figura 13 – Simulazione di marcia, servizi LP, scenario di progetto

▪ Servizio Merci

La simulazione effettuata per il servizio merci nello scenario di progetto, pur assumendo la stessa tipologia di convogli e la stessa velocità di tracciato precedentemente definita, fa riferimento ad una velocità in Rango A, con un valore massimo che non supera i 120 km/h.

Di seguito è riportata la curva spazio – tempo ottenuta, che fornisce un **tempo base di marcia pari a 15'31"**.

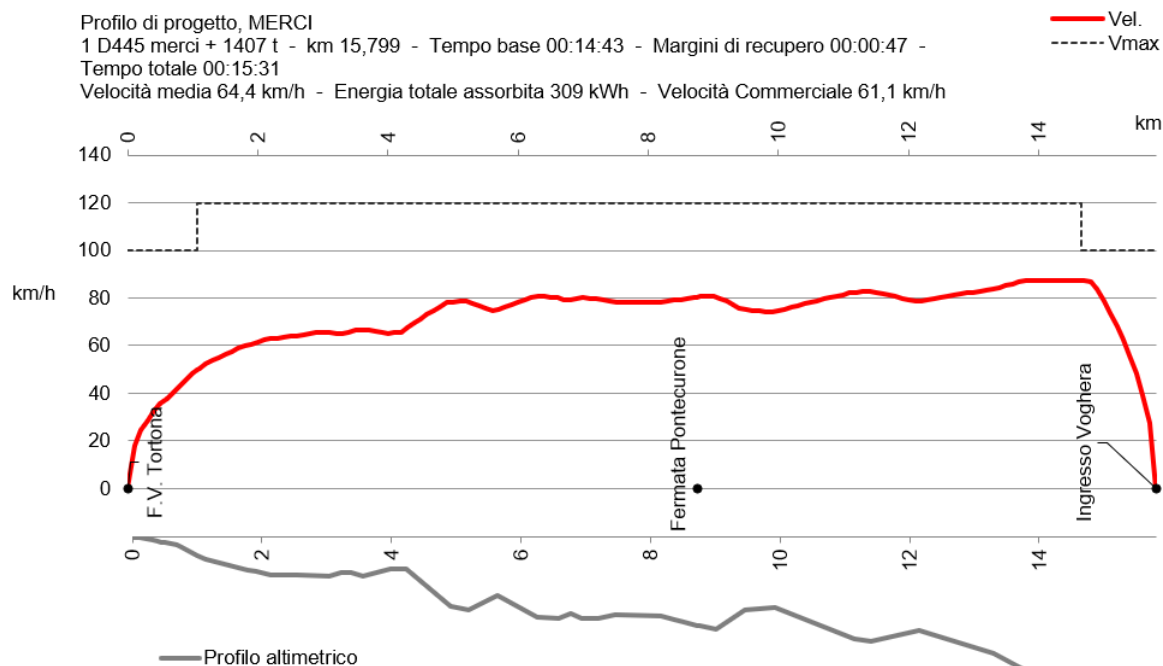


Figura 14 – Simulazione di marcia, servizio Mercati, scenario di progetto

Un riepilogo dei risultati ottenuti dalle simulazioni nello scenario di progetto è riportato in tabella 11.

Tabella 9 – Riepilogo dei risultati delle simulazioni nello scenario di progetto

Categoria	Tempo totale [min:sec]	V _{media} [km/h]	V _{commerciale} [km/h]	V _{max} raggiunta [km/h]	Energia tot. assorbita [kWh]
REG	11:28	88,8	82,7	160	369
IC	07:50	134,5	120,9	200	411
LP	06:41	160,6	141,7	200	289
MERCI	15:31	64,4	61,1	87	309

6.1.3 Confronto dei tempi di percorrenza tra Scenario Attuale e Scenario di progetto

Le simulazioni effettuate per i diversi servizi (REG, IC, LP e Mercati) per lo scenario attuale e di progetto, hanno restituito i tempi di percorrenza riportati nella tabella che segue, i quali sono stati confrontati con le percorrenze attuali.

Servizio	Scenario Attuale	Scenario di Progetto	Δ
REG	11:15	11:28	+ 00:13
IC	08:11	07:50	- 00:21
LP	06:55	06:41	- 00:14
Merchi	15:02	15:31	+ 00:29

I risultati delle simulazioni di marcia dimostrano un sostanziale mantenimento delle attuali performance a parità di materiale rotabile con variazioni di pochi secondi, in eccesso o in difetto, fra le varie categorie di servizi. Lo scenario di progetto, infatti, consente un risparmio nel tempo di percorrenza dei treni di tipo IC e LP, ma rappresenta un allungamento nei tempi per i treni regionali e merci, determinati dall'effetto combinato delle maggiori velocità di esercizio consentite dalla nuova infrastruttura e dalla maggiore lunghezza del tracciato rispetto all'attuale.

6.2 Analisi di capacità della linea

Al fine di poter eseguire un confronto tra le prestazioni della linea nei due scenari attuale e di progetto, è stata eseguita un'analisi di capacità della linea applicando la procedura di calcolo riportata nella normativa interna di RFI "Determinazione della capacità di infrastruttura ferroviaria: linee" (cod. RFI COM NI ORG 001 A).

Secondo tale disposizione, la capacità commerciale per i binari utilizzati con flussi unidirezionali e bidirezionali è fornita dalla seguente espressione:

$$C_{comm. giornaliera} = C_{teorica giornaliera} / k$$

Il parametro k può assumere orientativamente i seguenti valori:

- $k = 1,2$ in presenza di un solo livello significativo di velocità commerciale;
- $k = 1,4 - 1,5$ in presenza rispettivamente di due – tre livelli di velocità commerciale;
- $k = 1,8 - 1,9$ in presenza rispettivamente di quattro – cinque livelli di velocità commerciale.

La capacità teorica giornaliera, a sua volta, è così calcolata:

- binari utilizzati con **flussi bidirezionali**:

$$C_{teorica giornaliera} = h \cdot 60 / (T_d + z)$$

- binari utilizzati con **flussi unidirezionali**:

	VELOCIZZAZIONE DELLA LINEA MILANO – GENOVA QUADRUPPLICAMENTO TORTONA – VOGHERA PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
	RELAZIONE TECNICA DI ESERCIZIO	COMMESSA IQ01	LOTTO 01	CODIFICA R 16 RG	DOCUMENTO ES0001 001	REV. B

$$C_{teorica\ giornaliera} = N \cdot (h \cdot 60 / D_n)$$

In cui:

- h = numero ore in esercizio;
- N = numero di binari;
- D_n = tempo di distanziamento in linea indicato come “normale” nello Scenario Tecnico;
- T_d = tempo necessario a percorrere la sezione rilevante;
- z = tempo di incrocio da Scenario Tecnico.

6.2.1 Analisi di confronto

Ai fini del calcolo della capacità nello scenario attuale, la procedura è stata applicata nella tratta compresa tra Tortona e Voghera considerando 19 ore di servizio giornaliere e un distanziamento di 5 minuti.

Assimilando i quattro binari del quadruplicamento a due linee a doppio binario “indipendenti”, la capacità nella configurazione di progetto può essere considerata pari al doppio di quella attuale. Secondo i dati di riferimento suddetti e considerando quattro livelli di velocità commerciale ($k=1,8$), si ricava che la capacità attuale della linea è di circa 250 treni/g e, quindi, di circa 500 treni/g nella configurazione di quadruplicamento.

Dal punto di vista dell’esercizio, la capacità futura della linea non solo è adeguata rispetto ai volumi di traffico attesi, ma consente di garantire:

- maggiore regolarità dell’esercizio ferroviario;
- migliore gestione di eventuali situazioni di degrado;
- possibilità di gestire eventuali incrementi di traffico futuri sulla tratta.

7 CONCLUSIONI

Il quadruplicamento della tratta Tortona – Voghera si inserisce nel quadro complessivo degli interventi di potenziamento dell'offerta ferroviaria delle direttrici Milano – Genova e Torino – Alessandria – Piacenza. Esso ha lo scopo di garantire la capacità necessaria per soddisfare gli incrementi di traffico sulle due direttrici, consentendo una separazione dei flussi e assicurando una riduzione delle interferenze negli impianti, a beneficio di un incremento complessivo della regolarità della circolazione.

Le analisi funzionali e di esercizio eseguite hanno evidenziato come l'intervento comporti miglioramenti, rispetto allo scenario attuale, in termini di riduzione dei tempi di percorrenza e di incremento della capacità.