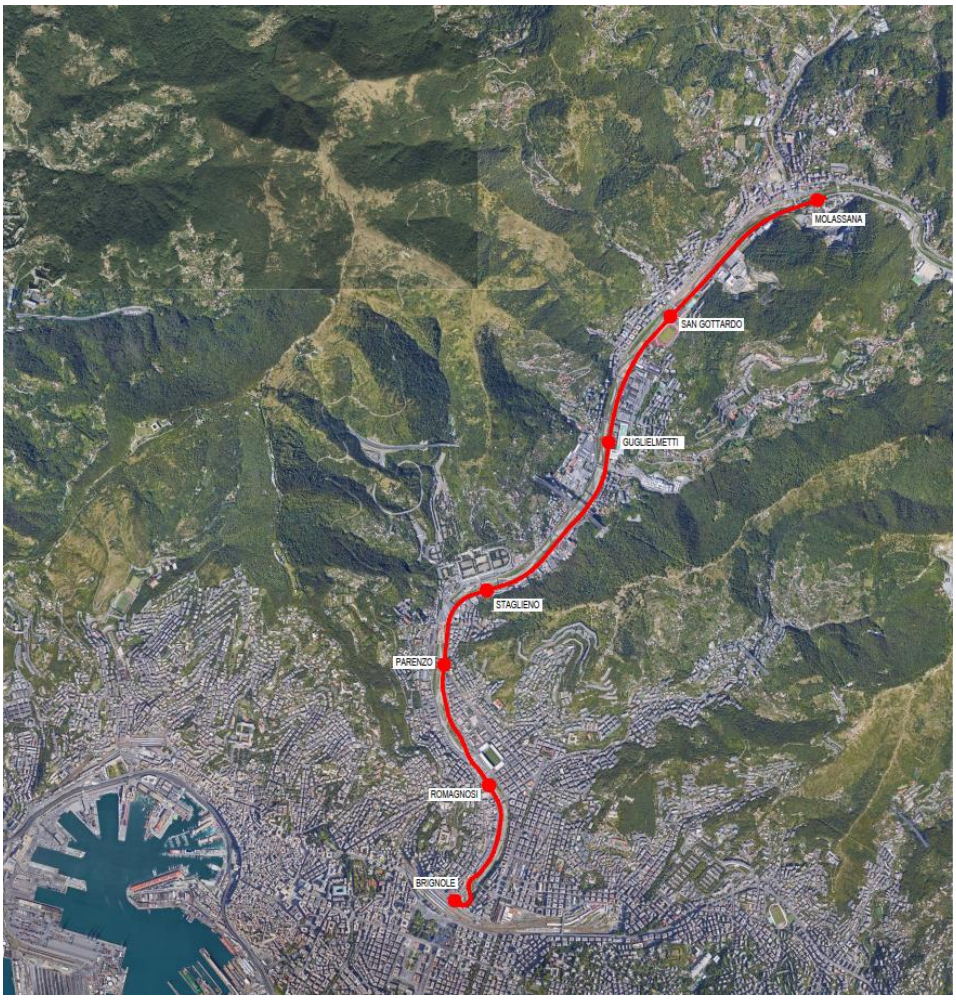
Comune di Genova

SKYMETRO

PROLUNGAMENTO DELLA METROPOLITANA IN VALBISAGNO

CUP B39J22001360001 CIG 9262977270

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA
(D.lgs. n. 36 / 2023)



ESERCIZIO
RELAZIONE TECNICA

Commessa	Fase	Lotto	Disciplina	WBS	Tipo	Numero	Foglio	Rev.
MGE1	PR	LV	ESE	COM	R	001	00	A

SYSTRA SOTECNI SYSTRA SYSTRA SWS ITALFERR architecna LAND

Rev.	Descrizione	Nome		Data
A	Emissione	Redatto	A. Sanna	10/10/2023
		Verificato	D. Canestrelli	10/10/2023
		Approvato	D. Canestrelli	10/10/2023
		Autorizzato	P. Marchetti	10/10/2023
B		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
C		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		
D		Redatto		
		Verificato		
		Approvato		
		Autorizzato		

INDICE

1.	**INTRODUZIONE**	**6**
2.	**MODELLO DI ESERCIZIO E OFFERTA DI TRASPORTO**	**6**
3.	**CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI**	**7**
4.	**DATI DI TRACCIATO E DI VEICOLO**	**7**
4.1	**DATI DI TRACCIATO**	**7**
4.1.1	TIPO DI SEDE	7
4.1.2	LIMITI DI VELOCITÀ	8
4.1.3	FERMATE E TEMPI DI SOSTA	8
4.1.4	PENDENZE LONGITUDINALI	9
4.1.5	ANDAMENTO PLANIMETRICO	9
4.2	**DATI DI VEICOLO**	**10**
4.2.1	CURVA CARATTERISTICA DI TRAZIONE	10
4.2.2	CURVA CARATTERISTICA DI FRENATURA	11
5.	**CALCOLO DEL TEMPO DI PERCORRENZA**	**11**
5.1	**PERCORRENZA IN MARCIA TESA**	**11**
5.2	**ULTERIORI CONTRIBUTI DI ESERCIZIO**	**14**
5.2.1	TEMPI DI SOSTA ALLE FERMATE	14
5.2.2	MARGINE DI RECUPERO IN LINEA	14
5.2.3	TEMPO DI INVERSIONE AI TERMINALI	14
5.2.4	INCREMENTO DEI TEMPI AI CAPOLINEA	14
6.	**CALCOLO DEL TEMPO DI GIRO**	**15**
6.1	**CAPACITÀ DI TRASPORTO E DIMENSIONAMENTO PARCO ROTABILI**	**16**
7.	**ORARIO GRAFICO**	**16**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Variazione di r_c con **R** e raffronto tra le diverse formulazioni 10
Figura 2. Curva caratteristica di trazione 11
Figura 3. Binario dispari – Diagramma spazio-velocità Brignole-Molassana 12
Figura 4. Binario dispari – Diagramma spazio-velocità Molassana-Brignole 13

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.	Dati di servizio	6
Tabella 2.	Binario dispari - Stazioni, fermate, punti notevoli e tempi di fermata	8
Tabella 3.	Binario pari - Stazioni, fermate, punti notevoli e tempi di fermata	9
Tabella 4.	Parametri di calcolo di r_c secondo la formulazione di Won Röckl	10
Tabella 5.	Valori di r_c secondo tabella F.S. Italiane	10
Tabella 6.	Accelerazione del rotabile in funzione della velocità	11
Tabella 7.	Binario dispari - Tempi intertratta in marcia tesa	13
Tabella 8.	Binario pari - Tempi intertratta in marcia tesa	14
Tabella 9.	Binario pari - Sintesi delle componenti per il calcolo del tempo di giro	15
Tabella 10.	Binario dispari - Sintesi delle componenti per il calcolo del tempo di giro	16

1. INTRODUZIONE

Scopo del presente documento è quantificare, in base al calcolo dei tempi di percorrenza nelle varie tratte, i requisiti di velocità commerciale e di consistenza del parco del materiale rotabile. Nell'ambito dei seguenti capitoli sono quindi analizzati i seguenti aspetti:

- calcolo dei tempi netti di percorrenza della linea;
- analisi e quantificazione dei parametri di esercizio e verifica della velocità commerciale;
- dimensionamento della flotta.

2. MODELLO DI ESERCIZIO E OFFERTA DI TRASPORTO

Il modello di esercizio, sviluppato con riferimento ad un anno "tipo" e previsto in funzione della domanda stimata, si basa, per quanto riguarda le diverse tipologie di giornata su quanto già attualmente programmato per la linea metropolitana di Genova:

- feriale;
- sabato;
- festivo.

Intervallo di passaggio [minuti]	**FERIALE**	**SABATO**	**FESTIVO**
05:00-06:00	15	15	20
06:00-07:00	5	10	20
07:00-08:30	5	8	20
08:30-14:00	5	8	13
14:00-19:30	5	8	8
19:30-20:30	7	8	10
20:30-24:00	13	13	13
Corse a orario per direzione	191	128	100
Corse carico/scarico linea	4	4	4
Totale corse/giorno	386	260	204
Totale km prodotti/giorno	2663,4	1794	1407,6
Giorni equivalenti	249	52	64
km in linea annui	663187	93288	90086

Tabella 1. Dati di servizio

Nella Tabella 1 sono riportati i dati relativi ad ogni livello di servizio:

- frequenza di passaggio del tram nelle diverse fasce orarie;
- numero di corse totali giornaliere per senso di marcia;
- numero di corse necessarie per effettuare i cambi di frequenza;
- giorni equivalenti;

- numero di km percorsi giornalmente e annualmente.

La lunghezza della linea risulta pari a circa 6,9 km.

L'orario di esercizio è di 19 ore giornaliere con inizio alle ore 5:00 e fine alle ore 24:00. Si stima un totale di 101.932 corse annuali. La produzione totale espressa in veicoli*km/anno è pari a 417.243.

3. CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI

I parametri di esercizio sono stati configurati tenendo conto che:

- la marcia dei veicoli è "a vista", assistita da impianto di segnalamento;
- i tratti a binario unico richiederanno soste preventivate e/o aggiuntive, principalmente in stazione, per garantire l'alternanza con i treni provenienti dal senso opposto;
- il raggiungimento delle prestazioni della linea dipende quindi, oltre che dalle sue caratteristiche intrinseche (tracciato, accelerazioni, decelerazioni, velocità massima, ecc.), anche dal modo con cui è organizzata la circolazione veicolare ed in particolare dalla regolarità dei treni provenienti dalla linea esistente e dal loro alternarsi tra la diramazione di Martinez e quella in Val Bisagno.

I principali dati di input attraverso i quali sono stati implementati i modelli del tracciato, dei veicoli e della loro reciproca interazione, sono sinteticamente riepilogati nel seguente capitolo.

4. DATI DI TRACCIATO E DI VEICOLO

4.1 Dati di tracciato

Il modello del tracciato è schematizzato attraverso l'individuazione dei seguenti parametri di linea:

- Tipo di sede (singolo / doppio binario).
- Limiti di velocità.
- Stazioni.
- Pendenze longitudinali.
- Andamento planimetrico.

descritti in dettaglio nei paragrafi seguenti.

4.1.1 Tipo di sede

Il tracciato è interamente a doppio binario, pertanto dal punto di vista dell'esercizio si faranno le valutazioni che garantiscono l'intervallo di 5 minuti richiesto dalla Stazione Appaltante.

Al fine di ridurre l'infrastruttura in viadotto, e quindi il suo impatto sul contesto, lo schema di capolinea prevede due comunicazioni semplici opposte in avanstazione a Molassana. Per permettere una flessibilità di esercizio è stata considerata anche una comunicazione aggiuntiva a valle della stazione di Staglieno. Lo spazio dove poter inserire tali comunicazioni è fortemente vincolato dalla configurazione del tracciato, che, dovendo seguire l'andamento del Bisagno, presenta un andamento frequentemente

in curva con rettilinei di sviluppo spesso limitato. Questo ha portato a dover inserire le comunicazioni relativamente distanti dalle stazioni, distanze comunque compatibili con la minima frequenza di esercizio di 5 minuti richiesta.

4.1.2 Limiti di velocità

Per quanto riguarda la velocità di esercizio si è considerata conservativamente una velocità massima di percorrenza di 70km/h, contro i 75km/h circa raggiungibili dai rotabili.

Nella parte iniziale del tracciato, subito dopo la diramazione da Brignole, è stato necessario imporre dei limiti di velocità di 20km/h per percorrere le prime due curve. Queste presentano, infatti, dei raggi di curvatura al limite eccezionale dettato da normativa per metropolitane leggere (R = 50m), resosi necessario per permettere la fattibilità dell'opera visti i numerosi vincoli esistenti nella parte iniziale del tracciato.

Sul resto della linea, si sono dovuti prevedere tre limitazioni a 50 km/h dettate dalle geometrie di tracciato in corrispondenza della curva appena a sud della stazione Romagnosi e nell'attraversamento del Bisagno a Marassi.

Al fine di limitare gli allargamenti dei due binari necessari all'accoglimento della banchina centrale, in entrata ed uscita dalle stazioni sono state adottate delle curve con raggi più stretti, che richiedono una limitazione a 35, 50 o 60 km/h. Queste limitazioni, essendo in prossimità delle stazioni, non comportano significative conseguenze sull'esercizio.

4.1.3 Fermate e tempi di sosta

Si individuano poi la posizione delle stazioni e la durata dei relativi tempi di sosta per salita/discesa dei passeggeri, sia per il binario pari che per quello dispari.

BINARIO DISPARI (Sud -> Nord)		
pk m	Fermate	sosta s
-53.84	**BRIGNOLE**	20
1072.81	**ROMAGNOSI**	20
2114.75	**PARENZO**	20
2834.53	**STAGLIENOI**	20
4268.83	**GUGIELMETTI**	20
5284.48	**SAN GOTTARDO**	20
6680.15	**MOLASSANA**	20

Tabella 2. Binario dispari - Stazioni, fermate, punti notevoli e tempi di fermata

BINARIO PARI (Nord -> Sud)		
pk m	Fermate	sosta S

6680.15	**MOLASSANA**	20
5284.48	**SAN GOTTARDO**	20
4268.83	**GUGIELMETTI**	20
2834.53	**STAGLIENOI**	20
2114.75	**PARENZO**	20
1072.81	**ROMAGNOSI**	20
-53.84	**BRIGNOLE**	20

Tabella 3. Binario pari - Stazioni, fermate, punti notevoli e tempi di fermata

4.1.4 Pendenze longitudinali

Il modello fa uso anche del profilo longitudinale tramite la posizione dei vertici altimetrici e le pendenze delle livellette adiacenti.

Per il binario dispari si sono assunte le stesse pendenze e gli stessi vertici altimetrici ma, ovviamente, da leggere nel verso di percorrenza opposto.

La presenza di una pendenza longitudinale $i = \tan(\alpha)$ comporta una variazione del valore di accelerazione e frenatura pari alla componente dell'accelerazione di gravità **g** lungo la livelletta.

Ne risulta che l'accelerazione e la frenatura varieranno di: $\Delta\mathbf{a}_i = -\mathbf{g}\ \mathrm{sen}(\alpha) \approx -\mathbf{g}\ \tan(\alpha) = -\mathbf{g}\ i$ avendo convenzionalmente assunto il segno positivo per le livellette in salita e negativo per quelle in discesa.

Ovviamente $\Delta\mathbf{a}_i$ potrà assumere segno sia negativo, in salita, che positivo, in discesa, e quindi potrà aumentare o diminuire l'accelerazione e la frenatura del rotabile.

4.1.5 Andamento planimetrico

Altra limitazione alla velocità di percorrenza della linea è data, indipendentemente da tutti gli altri vincoli, dal soddisfacimento dei parametri di comfort passeggeri.

A tal fine si è individuata, per ogni curva planimetrica e sui tracciamenti di entrambe le vie, la massima velocità, arrotondata ai multipli di 5 km/h, che soddisfa contemporaneamente le due condizioni:

- $\mathbf{a}_q = \mathbf{v}^2 / \mathbf{R} \leq 1.0\ \mathrm{m/s^2}$ lungo la curva a raggio costante **R**;
- $d\mathbf{a}_q/d\mathbf{t} = \mathbf{a}_q / (\mathbf{L}_K / \mathbf{v}) \leq 0.40\ \mathrm{m/s^3}$ lungo i raccordi orizzontali di lunghezza $\mathbf{L}_K$.

La velocità così calcolata è stata imposta come massima lungo gli elementi di curva a raggio **R** costante.

La presenza delle curve planimetriche influenza anche i valori di accelerazione e frenata del rotabile dato che comporta un incremento della resistenza al moto.

Per il calcolo della resistenza r_c al moto offerta dalle curve planimetriche si adotta la formulazione di Desdonits: $r_c = 0.500\ \mathbf{s} / \mathbf{R}$, con **s** e **R** espressi in m.

In questo caso lo scartamento vale **s** = 1435 mm e si utilizza, per generalizzare l'espressione, la "forma" di Won Röckl: $r_c = \mathbf{a} / (\mathbf{R} - \mathbf{b})$ avendo posto:

- $\mathbf{a} = 0.500\ \mathbf{s} = 0.7175$ m

- **b** = 0.000 m

scartamento	raggio (m)	*a*	*b*
1435	≥ 850	0.650	55
	250 ÷ 350	0.650	65
	150 ÷ 250	0.650	30
1000	≥ 60	0.500	30
900	≥ 60	0.380	17
750	≥ 40	0.350	10

Tabella 4. Parametri di calcolo di r_c secondo la formulazione di Won Röckl

Raggio di curva R =	1000	900	800	700	600	500	450	400	350	300	250	200	180
r_c in kg/tonn =	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,4	2,8	3,4	4,2	4,5

Tabella 5. Valori di r_c secondo tabella F.S. Italiane

La resistenza r_c così calcolata equivale ad un incremento equivalente di pendenza in salita e quindi, come per la resistenza lungo le livellette, sia l'accelerazione che la frenatura varieranno di $\Delta \mathbf{a}_c = -\mathbf{g}\, r_c$, sempre in decremento.

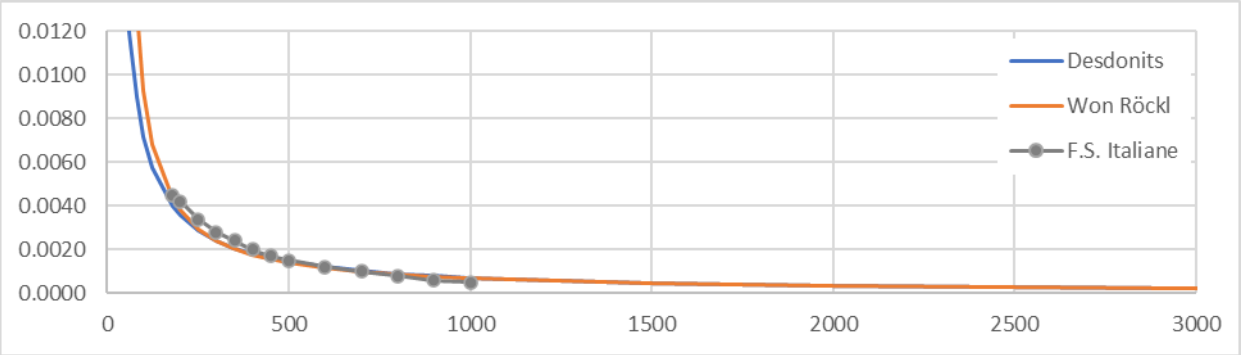


Figura 1. Variazione di r_c con **R** e raffronto tra le diverse formulazioni

La resistenza r_c dovuta alle curve è ovviamente sempre negativa e si oppone sempre al moto.

4.2 Dati di veicolo

Il rotabile di progetto è stato modellato attraverso i parametri propri dei rotabili attualmente in esercizio, definendo così la curva caratteristica di trazione.

4.2.1 Curva caratteristica di trazione

L'accelerazione del rotabile a carico normale viene assunta pari al valore medio $\mathbf{a}_{m,1}$ fino alla velocità $\mathbf{V}_1$ dopo la quale diminuisce gradualmente arrivando al valore $\mathbf{a}_{r,2}$ alla velocità $\mathbf{V}_2$ ed al valore residuo $\mathbf{a}_{r,3}$ alla velocità massima $\mathbf{V}_3$:

$\mathbf{V}_0$ = 0 km/h = 0.00 m/s	$\mathbf{a}_0 = \mathbf{a}_{m,1}$ = 1.00 m/s^2
$\mathbf{V}_1$ = 30 km/h = 8.33 m/s	$\mathbf{a}_1 = \mathbf{a}_{m,1}$ = 1.00 m/s^2
$\mathbf{V}_2$ = 45 km/h = 16.67 m/s	$\mathbf{a}_2 = \mathbf{a}_{r,2}$ = 0.50 m/s^2
$\mathbf{V}_3$ = 70 km/h = 25.00 m/s	$\mathbf{a}_3 = \mathbf{a}_{r,3}$ = 0.27 m/s^2

Tabella 6. Accelerazione del rotabile in funzione della velocità

Approssimando il tratto discendente con una funzione $\beta_a(\mathbf{v})$ quadratica normalizzata rispetto all'accelerazione $\mathbf{a}_{m,1}$, si può esprimere l'accelerazione $\mathbf{a}_d(_v)$ di progetto del rotabile come:

$$\mathbf{a}_d(\mathbf{v}) = \beta_a(\mathbf{v})\ \mathbf{a}_{m,1}$$

dove $\beta_a(\mathbf{v}) = \mathbf{a}_\beta\ \mathbf{v}^2 + \mathbf{b}_\beta\ \mathbf{v} + \mathbf{c}_\beta$ con $\mathbf{a}_\beta = 0.0019636\ (m/s)^{-2}$, $\mathbf{b}_\beta = -0.10909\ (m/s)^{-1}$, $\mathbf{c}_\beta = 1.7727\ (m/s)^0$

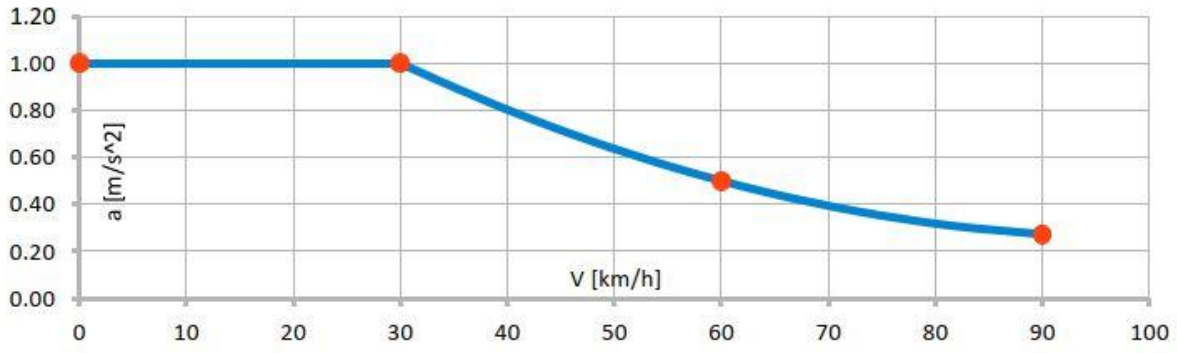


Figura 2. Curva caratteristica di trazione

L'accelerazione di calcolo $\mathbf{a}_r$ viene ricavata, punto per punto, in base alla velocità del rotabile, della pendenza longitudinale i e della resistenza in curva r_c:

$$\mathbf{a}_r = \beta_a(\mathbf{v})\ \mathbf{a}_{m,1} - (i + r_c)\ \mathbf{g}$$

4.2.2 Curva caratteristica di frenatura

La frenatura è stata assunta costante in ogni condizione di velocità e pari a $\mathbf{f}_m$ = 1.00 m/s^2.

Il valore della frenatura di calcolo $\mathbf{f}_r$ si ricava, poi, tenendo conto della pendenza longitudinale i e della resistenza in curva r_c:

$$\mathbf{f}_r = \mathbf{f}_m + (i + r_c)\ \mathbf{g}$$

5. CALCOLO DEL TEMPO DI PERCORRENZA

5.1 Percorrenza in marcia tesa

La marcia tesa è il diagramma spazio-velocità che mostra l'andamento della percorrenza del veicolo considerato, dati i vincoli plano-altimetrici e di esercizio, i limiti di velocità che ne conseguono e le caratteristiche meccaniche del mezzo. Non corrisponde al tempo effettivo del servizio offerto agli utenti, ma al minimo tempo teorico di percorrenza del tracciato in assenza di servizio passeggeri (quindi con arresto alle fermate ma senza sosta alle stesse) e di interferenze esterne.

Ai fini del calcolo della velocità reale $\mathbf{v}_r$, punto per punto vengono innanzitutto calcolate le velocità ipotizzando i tre possibili modi in cui può trovarsi il rotabile:

1. in movimento a velocità costante $\mathbf{v}_c$ pari alla massima consentita nel tratto;
2. in fase di accelerazione $\mathbf{a}_r(\mathbf{v})$, velocità puntuale pari a $\mathbf{v}_a$;
3. rotabile in fase di frenatura $\mathbf{f}_r$, velocità puntuale pari a $\mathbf{v}_f$;
4. rotabile fermo, in stop, con $\mathbf{v}_r = 0$.

I punti di stop vengono forniti come dati di INPUT e corrispondono ai punti di fermata obbligatoria quali fermate, stazioni, inizio e fine tracciato, passaggi a livello.

Anche le velocità massime vengono fornite, tratto per tratto, come dati di INPUT e possono dipendere dalla presenza di deviatoi o dall'attraversamento di aree urbane che richiedano limitazioni della velocità.

Altra limitazione alla velocità deriva dalle caratteristiche del tracciato e dai parametri di comfort richiesti.

Tra le tre velocità $\mathbf{v}_c$, $\mathbf{v}_a$ e $\mathbf{v}_f$ si individua la minore come velocità reale $\mathbf{v}_r$ e quindi anche il modo in cui si trova il rotabile in quel punto, di velocità costante, in accelerazione o in frenatura, e quindi il tempo necessario a percorrere lo spazio tra due punti successivi.

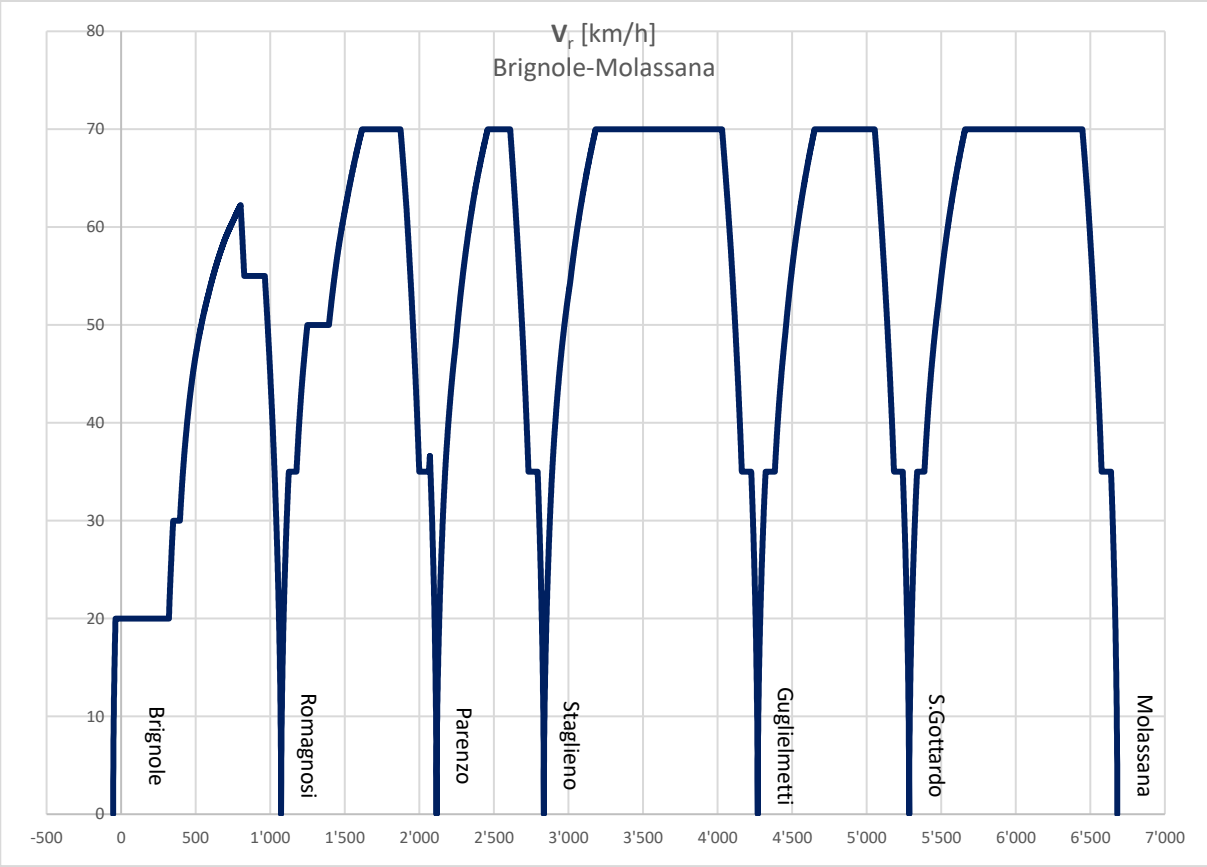


Figura 3. Binario dispari – Diagramma spazio-velocità Brignole-Molassana

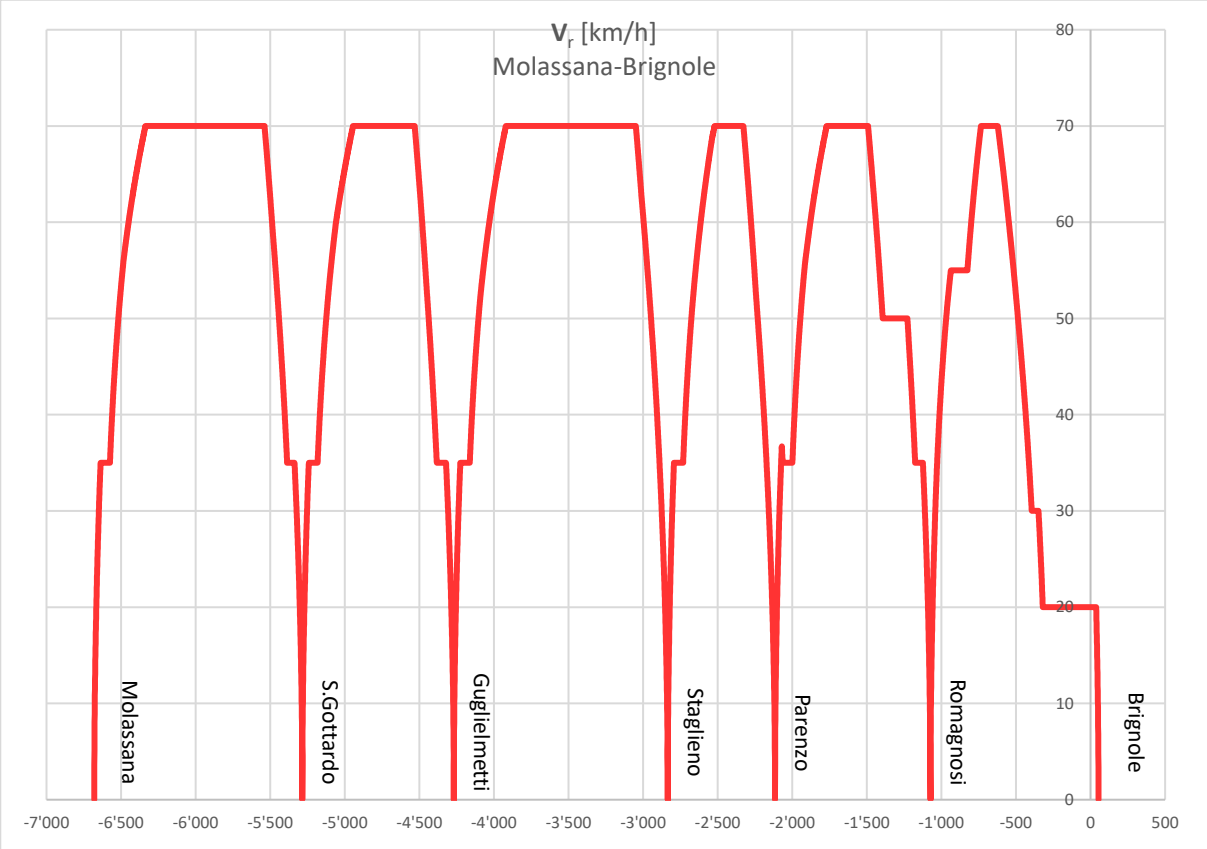


Figura 4. Binario dispari – Diagramma spazio-velocità Molassana-Brignole

Il tempo netto di percorrenza della linea in marcia tesa è pari a 1394 s (23'14") in direzione Sud-Nord (binario pari) e 1357 secondi (22'37") in direzione Nord-Sud.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i tempi di percorrenza in marcia tesa per ogni intertratta, con la distanza percorsa, il tempo impiegato in condizioni ideali e la velocità media risultante.

DIREZIONE BRIGNOLE - MOLASSANA BINARIO DISPARI			
TRATTA da - a	**DISTANZA** km	**TEMPO** hh:mm:ss	**VELOCITÀ** km/h
BRIGNOLE – ROMAGNOSI	1.127	0:02:14	30.3
ROMAGNOSI - PARENZO	1.042	0:01:24	44.9
PARENZO - STAGLIENO	0.720	0:01:01	42.3
STAGLIENO - GUGLIELMETTI	1.434	0:01:40	51.8
GUGLIELMETTI – SAN GOTTARDO	1.016	0:01:20	46.0
SAN GOTTARDO - MOLASSANA	1.340	0:01:39	50.8

Tabella 7. Binario dispari - Tempi intertratta in marcia tesa

DIREZIONE MOLASSANA - BRIGNOLE BINARIO PARI			
TRATTA da - a	**DISTANZA** km	**TEMPO** hh:mm:ss	**VELOCITA'** km/h
MOLASSANA - SAN GOTTARDO	1.396	0:01:39	50.8
SAN GOTTARDO - GUGLIELMETTI	1.016	0:01:20	46.2
GUGLIELMETTI - STAGLIENO	1.434	0:01:39	52.0
STAGLIENO - PARENZO	0.720	0:01:01	42.7
PARENZO - ROMAGNOSI	1.042	0:01:24	44.9
ROMAGNOSI - BRIGNOLE	1.127	0:02:11	31.0

Tabella 8. Binario pari - Tempi intertratta in marcia tesa

5.2 Ulteriori contributi di esercizio

5.2.1 Tempi di sosta alle fermate

Il tempo di sosta alle fermate (capolinea esclusi) è inteso come l'intervallo di tempo che intercorre fra il momento in cui il veicolo è completamente fermo ed il momento in cui avviene la ripartenza del veicolo stesso, intervallo necessario per l'incarrozzamento dei passeggeri.

Come tempo di sosta è stato considerato quello standard di 20 s.

Al paragrafo 4.1.3, in Tabella 2 e Tabella 3 è riportato l'elenco di tutte le fermate con le relative progressive e i tempi di sosta assunti.

5.2.2 Margine di recupero in linea

Si considera un tempo aggiuntivo per garantire la regolarità del servizio e recuperare eventuali ritardi corrispondente a **2 s per km** di linea percorso per un totale di circa 14 s per verso di marcia. Anche questo tempo contribuisce a garantire l'incrocio dei rotabili in esercizio in corrispondenza delle tratte a doppio binario e/o in stazione, vista la presenza di tratti a binario singolo.

5.2.3 Tempo di inversione ai terminali

Per il terminale, il tempo minimo di sosta deve prevedere la discesa dei passeggeri, l'inversione della cabina, la salita passeggeri (**30 s**).

5.2.4 Incremento dei tempi ai capolinea

É necessario inoltre aumentare i tempi di sosta al capolinea, per poter garantire un necessario polmone di secondi atto ad assicurare la possibilità per il rotabile di ripartire in orario, anche se arrivato in lieve ritardo al capolinea. In questo caso si è ipotizzato un incremento di tempo al capolinea non inferiore a **90 s**, pena un eccessivo propagarsi dei ritardi e conseguenti irregolarità di servizio.

6. CALCOLO DEL TEMPO DI GIRO

Il tempo di giro è stato calcolato come la somma dei contributi presentati ai paragrafi precedenti:

- Tempo di marcia tesa;
- Tempi di sosta alle fermate;
- Margine di recupero in linea;
- Tempi di inversione ai terminali;
- Allungamento di regolarità in linea ed ai capolinea.

I tempi di percorrenza fino al capolinea da considerare sono riportati nelle seguenti Tabella 9 e Tabella 10:

DIREZIONE Brignole-Molassana - Direzione Monte				
Lunghezza totale percorsa	L_{TOT} =	6'734	m	
Tempi parziali				
Tempo di marcia tesa	t_{id} =	539	s	08:59
Allungamento di regolarità in linea	t_{rit} =	13,5	s	00:13
Perditempo agli incroci semaforizzati	t_{sem} =	0	s	00:00
Tempi di sosta alle fermate e capilinea	t_{ferm} =	100	s	01:40
Tempo aggiuntivo di inversione	$t_{cl,1}$ =	30	s	00:30
Allungamento di regolarità al capolinea	$t_{cl,2}$ =	90	s	01:30
Tempi totali	$t_{TOT,n} = t_{id} + t_{ferm} + t_{rit}$ =	657	s	10:57
Tempo ideale	$t_{TOT,id} = t_{id} + t_{ferm} + t_{cl,1}$ =	674	s	11:14
Tempo effettivo	$t_{TOT,eff} = t_{TOT,id} + t_{rit} + t_{sem} + t_{cl,2}$ =	777	s	12:57
Velocità media (commerciale)				
Commerciale ideale lungo direzione monte		$V_{comm,id}$ =	**36.0**	km/h

Tabella 9. Binario pari - Sintesi delle componenti per il calcolo del tempo di giro

DIREZIONE Molassana-Brignole - Direzione Valle				
Lunghezza totale percorsa	L_{TOT} =	6'734	m	
Tempi parziali				
Tempo di marcia tesa	t_{id} =	539	s	08:59
Allungamento di regolarità in linea	t_{rit} =	13,5	s	00:13
Perditempo agli incroci semaforizzati	t_{sem} =	0	s	00:00
Tempi di sosta alle fermate e capilinea	t_{ferm} =	100	s	01:40
Tempo aggiuntivo di inversione	$t_{cl,1}$ =	30	s	00:30
Allungamento di regolarità al capolinea	$t_{cl,2}$ =	90	s	01:30
Tempi totali	$t_{TOT,n} = t_{id} + t_{ferm} + t_{rit}$ =	652	s	10:52
Tempo ideale	$t_{TOT,id} = t_{id} + t_{ferm} + t_{cl,1}$ =	669	s	11:09

Tempo effettivo	$t_{TOT,eff} = t_{TOT,id} + t_{rit} + t_{sem} + t_{cl,2} =$	772 s	12:52
Velocità media (commerciale)			
Commerciale ideale lungo direzione valle	$V_{comm,id} =$	**36.2** km/h	

Tabella 10. Binario dispari - Sintesi delle componenti per il calcolo del tempo di giro

Quindi il **tempo di giro** totale, che include i tempi di sosta ed inversione ai capolinea vale:

657 s + 652 s + 90 s = 1399 s, pari a 23 minuti e 19 secondi.

Pertanto la **velocità media** dei treni sul tempo giro è pari a 2 x 6734 m / 1399 s = 9,62 m/s.

6.1 Capacità di trasporto e dimensionamento parco rotabili

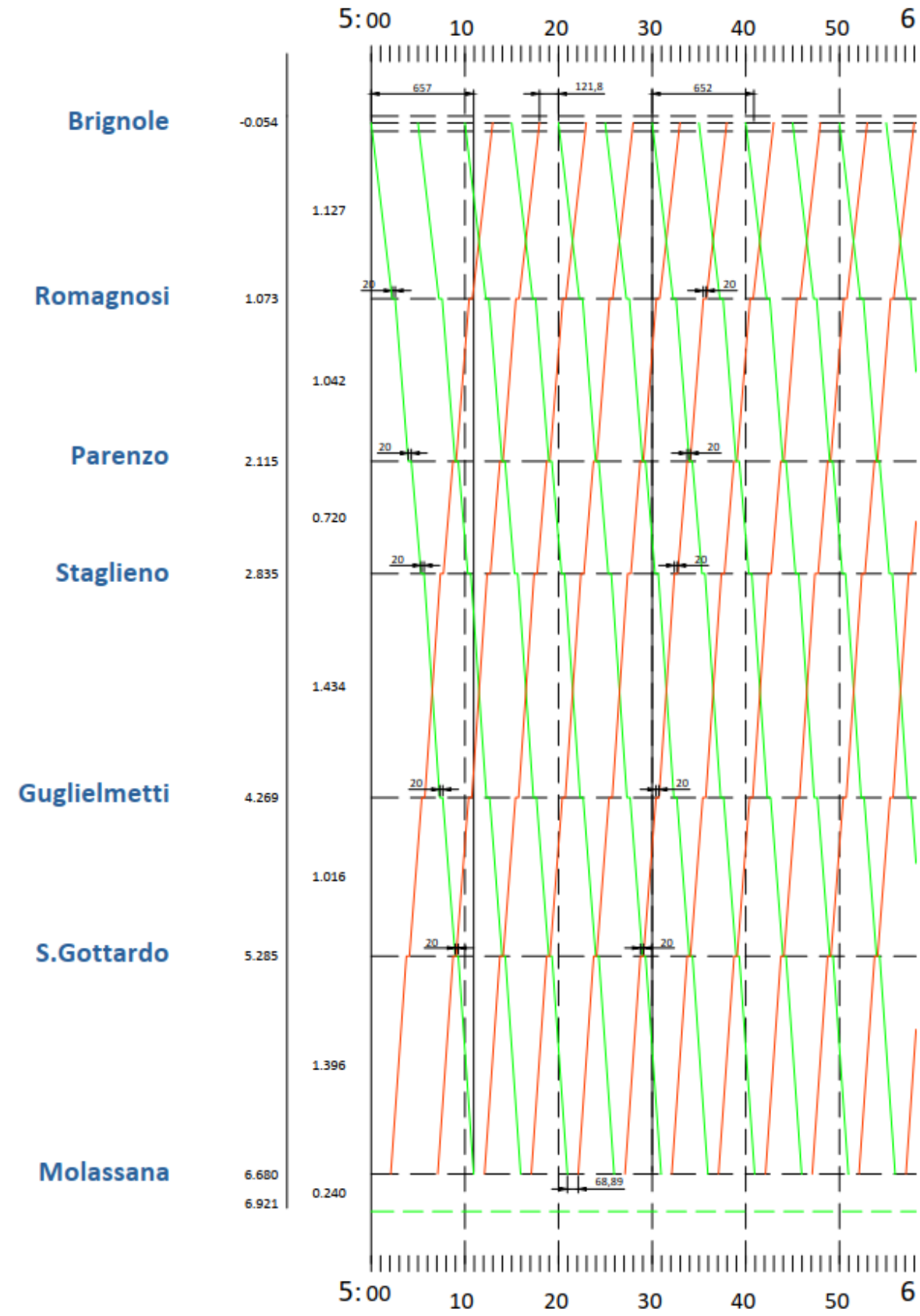
La stima della flotta necessaria per poter operare il servizio è basata sul tempo di giro e sul cadenzamento minimo previsto dal servizio (5 minuti). Sulla base dei risultati ottenuti, sono stati stimati necessari per effettuare il servizio a 5 minuti nell'ora di punta 6 treni in linea, che rappresenta quindi la flotta aggiuntiva minima necessaria.

7. ORARIO GRAFICO

Sono stati riportate le ipotesi su un orario grafico che dimostrano la congruenza dell'intervallo di 5 minuti richiesto. Si riporta pertanto lo studio fatto, in base alle ipotesi sopra descritte.

Ovviamente, come anticipato in precedenza, il funzionamento riportato relativo al prolungamento in esame è strettamente collegato con quanto previsto sulla tratta esistente e per il funzionamento della futura diramazione di Martinez. Infatti le frequenze e i tempi di percorrenza della linea esistente e della diramazione Martinez e/o gli eventuali ritardi su queste tratte andranno ad influenzare significativamente le tempistiche di esercizio della tratta in Val Bisagno.

Visto l'attraversamento a raso per la diramazione da Brignole, per il momento nell'orario grafico si è ipotizzato un distacco (121 secondi) sufficiente a garantire l'inserimento tra loro del passaggio dei treni da/per Martinez.


5:00
10
20
30
40
50
6
Brignole
Romagnosi
Parenzo
Staglieno
Guglielmetti
S.Gottardo
Molassana
-0.054
1.073
2.115
2.835
4.269
5.285
6.680
6.921
1.127
1.042
0.720
1.434
1.016
1.396
0.240
657
121,8
652
68,89
20