

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE NORD

PROGETTO PRELIMINARE

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI TE

Considerazioni preliminari

SCALA:

-
---

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

I N O W 0 0 R 5 8 S D T E 0 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	<i>P. Gallorini</i> P. Gallorini P. Tutino	Maggio 2019	<i>M. Reggiani</i> M. Reggiani	Maggio 2019	<i>A. Campanella</i> A. Campanella	Maggio 2019	M. Gambaro Maggio 2019



File: IN0W00R58SDTE000001A.doc

n. Elab.:

CUP: F81H9100000008

## INDICE

1	ABBREVIAZIONI.....	3
2	SCOPO .....	4
3	NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	4
3.2	RIFERIMENTI TECNICI.....	5
4	DATI DI BASE.....	6
4.1	INTERVENTI A PROGETTO.....	6
4.2	ATTUALE ARCHITETTURA DI SISTEMA.....	6
4.3	CARATTERISTICHE DEL TRACCIATO .....	7
4.4	CARATTERISTICHE DELLA LINEA DI CONTATTO .....	10
4.5	CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI FISSI DI ALIMENTAZIONE.....	10
4.6	MODELLO DI ESERCIZIO .....	10
	4.6.1 <i>Traffico nell'ora di punta e caratteristiche del materiale rotabile</i> .....	11
5	VERIFICA DEL SISTEMA ELETTRICO DI ALIMENTAZIONE.....	14
5.1	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI MARCIA .....	15
5.2	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI SISTEMA .....	17
	5.2.1 <i>Tensioni</i> .....	17
	5.2.2 <i>Correnti, potenze e sovratemperature</i> .....	18
6	CONCLUSIONI.....	19

## 1 ABBREVIAZIONI

Ai fini della presente Relazione Tecnica, valgono gli acronimi di Tabella 1:

<b>ACRONIMO</b>	<b><i>Esplicitazione</i></b>
<b>TE</b>	Trazione Elettrica
<b>LdC</b>	Linea di Contatto
<b>FC</b>	Filo di Contatto
<b>CP</b>	Corda Portante
<b>CPR</b>	Corda Portante Regolata
<b>CPF</b>	Corda Portante Fissa
<b>Pf</b>	Piano Ferro
<b>Pk</b>	Progressiva chilometrica
<b>CdT</b>	Circuito di Terra di protezione
<b>FV</b>	Fabbricato Viaggiatori
<b>SSE</b>	Sottostazione Elettrica
<b>TS</b>	Tronco di Sezionamento
<b>RA</b>	Regolazione Automatica
<b>P/D</b>	Pari Dispari
<b>AV/AC</b>	Alta Velocità/Alta Capacità
<b>LS</b>	Linea Storica
<b>AT</b>	Alta Tensione

**Tabella 1: Acronimi.**

## 2 SCOPO

In previsione del quadruplicamento della linea che parte dall'uscita est della stazione di Brescia Centrale verso Verona, e della variazione dell'esercizio sulla stessa, la presente nota tecnica illustra l'analisi della potenzialità degli impianti di alimentazione della trazione elettrica nella nuova configurazione impiantistica di progetto e del nuovo modello di esercizio.

Nell'analisi presentata sono incluse:

- lo schema dell'attuale architettura di sistema;
- lo studio elettroenergetico della nuova architettura elettrica con la nuova linea AV/AC a doppio binario in uscita da Brescia Est equipaggiata con LdC pari a 540 mm<sup>2</sup> e soggetta al modello di esercizio previsionale a regime.

L'idoneità del sistema elettrico è stata analizzata con particolare riferimento ai valori di tensione (media, media utile e minima) e alla compatibilità del carico elettrico con le apparecchiature degli impianti fissi di trazione.

Lo studio è stato realizzato tramite programmi dedicati che eseguono le simulazioni di marcia dei treni fornendo le seguenti prestazioni del sistema:

- qualità della tensione al pantografo;
- carico elettrico riferito alla linea;
- carico elettrico delle apparecchiature di sottostazione.

## 3 NORME E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Riferimenti normativi

L'analisi oggetto della presente relazione tecnica è stata eseguita facendo riferimento alla versione più aggiornata della seguente normativa:

- |                     |  |
|---------------------|--|
| <b>2014/1301/UE</b> | Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione Europea;                       |
| <b>EN 50119</b>     | Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Impianti fissi<br>- Linee aeree di contatto per trazione elettrica; |

**EN 50163** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;

**EN 50388** Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane - Alimentazione elettrica e materiale rotabile - Criteri tecnici per il coordinamento tra l'alimentazione elettrica (sottostazione) e materiale rotabile per ottenere l'interoperabilità.

### 3.2 Riferimenti tecnici

L'analisi è stata svolta avvalendosi della seguente documentazione tecnica:

<b>RFIDTSTMAIS00002A</b>	Piano tecnologico di rete RFI;
<b>RFIDTCSTSENEPIFSTE210A</b>	Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kVcc;
<b>RFIDTCSTESPIFSSS193A</b>	Trasformatore trifase in AT per l'alimentazione di raddrizzatori da 3,6/5,4 MW a 3 kVcc con telai in parallelo;
<b>IE.TE.194 Ed. 1980</b>	Raddrizzatori al silicio (a giorno);
<b>IN0500DE2DXLC0000K04F001</b>	Linea AV/AC Torino-Venezia, tratta Milano-Verona, Lotto funzionale Brescia-Verona dal km 67+508 al km 134+900 – Impianti TE – Linea di contatto 2x25 kV c.a. – Schema elettrico di alimentazione;
<b>IN0W00R58DXLC0000001A</b>	Lotto funzionale Quadruplicamento Est in uscita da Brescia – Schema di alimentazione TE;
<b>RFIDPRDPTMIINGA0011P 20180003909_1</b>	Fiancata di linea Milano – Brescia/Bergamo;
<b>IN0500R26F8IF0000001A</b>	Lotto funzionale Quadruplicamento Est in uscita da Brescia - Tracciamento ferroviario – Profilo di progetto;
<b>IN0002EZZF5IF0001001B</b>	Ingresso urbano dell'interconnessione di Brescia Ovest – Profilo longitudinale binario pari.

## 4 DATI DI BASE

### 4.1 Interventi a progetto

L'intervento di quadruplicamento Est in uscita da Brescia prevede:

- il quadruplicamento della linea tra Brescia e Verona a partire dal lato Est della stazione di Brescia Centrale con la realizzazione di un nuovo doppio binario AV/AC a sud dell'attuale LS;
- l'introduzione della nuova sottostazione "SSE Brescia Centrale" alimentata dall'esistente SSE di Brescia attraverso un cavidotto in corrente alternata a 20 kV;
- l'adeguamento dell'esistente SSE di Brescia consistente nella sostituzione dei gruppi attualmente installati con due da 3,6 MW e l'introduzione di due trasformatori (25 MVA ognuno) 132/20 kV in conseguenza del punto precedente;
- la realizzazione della LdC dei nuovi binari AV/AC con sezione equivalente a 540 mm<sup>2</sup>;
- la naturale realizzazione dell'impiantistica tecnologica necessaria al quadruplicamento;
- opportuni interventi infrastrutturali e di mitigazione acustica.

### 4.2 Attuale architettura di sistema

In *Figura 1* si riporta lo schema della situazione attuale della linea oggetto di quadruplicamento.

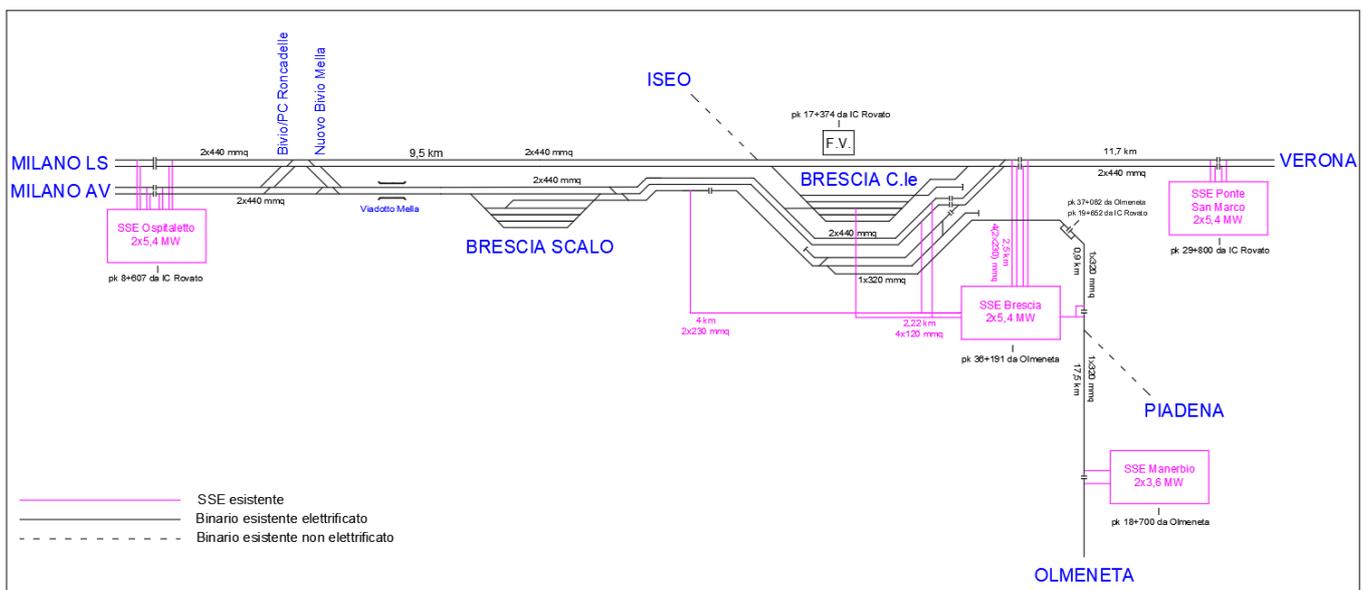
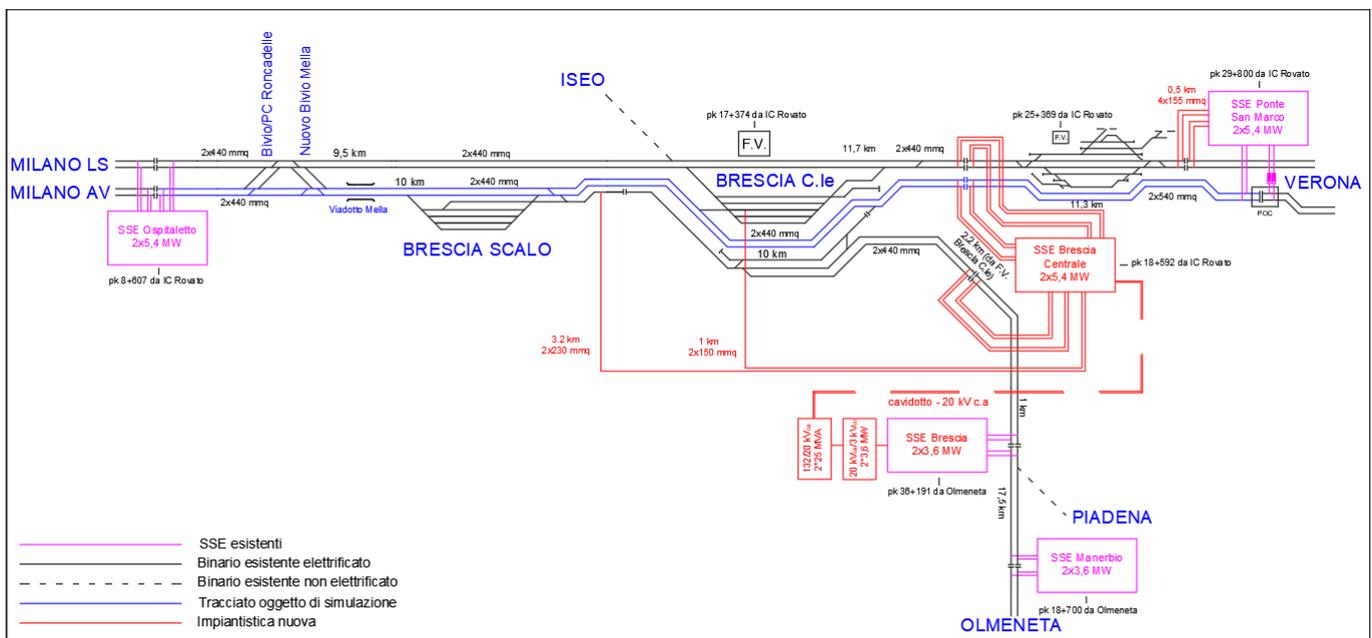


Figura 1: Attuale architettura di sistema.

### 4.3 Caratteristiche del tracciato

Alla base del presente studio vi è l'implementazione del profilo plano-altimetrico della linea, completo delle informazioni relative alla velocità massima di tracciato.

Il tracciato simulato nel software usato per coadiuvare l'analisi sull'idoneità elettrica del sistema in cui lo stesso ricade è quello evidenziato in rosso nella sottostante *Figura 2*.



**Figura 2: Schematizzazione della rete in cui si inserisce la tratta oggetto di simulazione.**

Il tracciato simulato si sviluppa interamente all'aperto tra la "SSE di Ospitaletto" la "SSE di Ponte San Marco", ed è caratterizzato da una lunghezza complessiva di circa 21,3 km. In *Figura 3* è riportato l'andamento schematizzato del piano del ferro, i cui dati dettagliati di pk, livellette e raggi di curvatura inseriti nel software di simulazione sono riportati in *Tabella 2*.

"Quadruplicamento Est in uscita da Brescia"					
da pk [m]	a pk [m]	Xi-Xi-1	Pendenza <sup>1</sup> ‰	Raggio curva	Scoperto/ Galleria
+0,00	+0,00	+0,00	-3,30	0	S
+0,00	1+800,00	1+800,00	-3,30	800	S
1+800,00	2+580,00	+780,00	-0,06	0	S
2+580,00	3+641,16	1+061,16	3,70	0	S
3+641,16	4+830,84	1+189,68	2,65	0	S
4+830,84	5+653,00	+822,16	2,65	904	S
5+653,00	5+703,18	+50,17	-5,70	904	S
5+703,18	5+753,00	+49,83	-5,70	0	S
5+753,00	5+857,49	+104,49	-4,69	0	S
5+857,49	6+125,39	+267,90	-2,68	0	S
6+125,39	6+173,00	+47,61	-2,68	750	S
6+173,00	6+248,48	+75,48	-0,65	750	S
6+248,48	6+433,00	+184,52	-0,65	0	S
6+433,00	6+474,38	+41,38	-0,30	0	S
6+474,38	6+737,57	+263,20	-0,30	0	S
6+737,57	6+737,57	+0,00	0,48	0	S
6+737,57	6+841,88	+104,31	0,65	1500	S
6+841,88	6+953,00	+111,12	0,65	0	S
6+953,00	7+086,46	+133,46	0,79	0	S
7+086,46	7+133,00	+46,54	0,79	804	S
7+133,00	7+200,46	+67,46	6,09	804	S
7+200,46	7+253,00	+52,54	6,09	0	S
7+253,00	7+786,29	+533,29	0,00	0	S
7+786,29	8+077,42	+291,13	1,26	0	S
8+077,42	8+202,00	+124,58	1,26	926	S
8+202,00	8+303,00	+101,00	1,26	610	S
8+303,00	8+356,15	+53,15	0,43	610	S
8+356,15	8+413,00	+56,85	0,43	504	S
8+413,00	8+525,35	+112,35	0,00	504	S
8+525,35	8+600,95	+75,60	-0,60	840	S
8+600,95	8+647,95	+47,00	0,00	840	S
8+647,95	8+780,00	+132,05	0,00	840	S
8+780,00	8+780,00	+0,00	0,00	0	S
8+780,00	9+185,00	+405,00	0,00	420	S
9+185,00	9+302,20	+117,20	-1,45	750	S
9+302,20	9+405,95	+103,75	-1,35	550	S
9+405,95	9+517,44	+111,49	-4,50	550	S
9+517,44	9+692,48	+175,04	-4,96	0	S
9+692,48	10+327,32	+634,84	-4,20	0	S
10+327,32	11+300,77	+973,45	-3,20	0	S

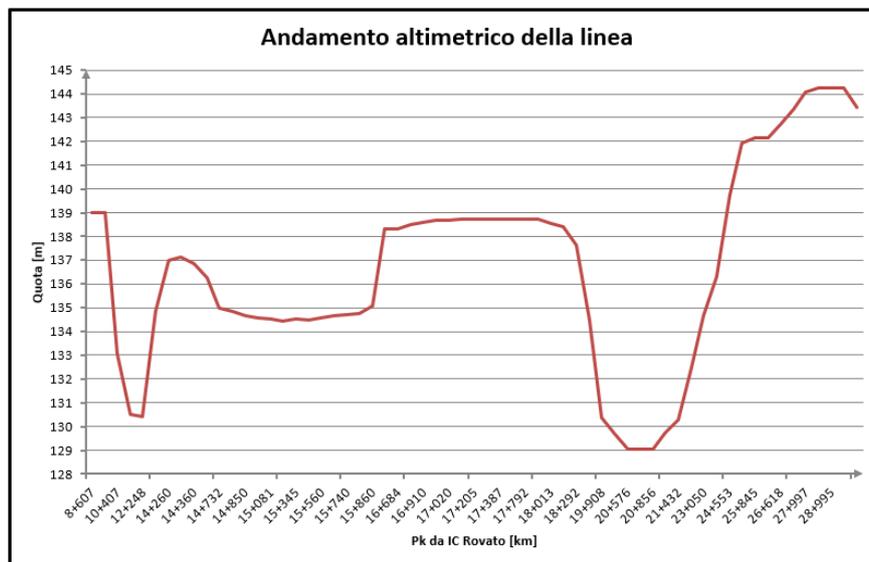
<sup>1</sup> La pendenza positiva (ascesa) è da considerarsi tale nel verso del binario dispari (verso di percorrenza da Milano a Venezia).

DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI TE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 58 SD	TE 00 00 001	A	9 di 19

11+300,77	11+521,41	+220,64	-1,37	1519	S
11+521,41	11+969,40	+447,99	0,00	1519	S
11+969,40	12+149,03	+179,63	0,00	0	S
12+149,03	12+249,03	+100,00	1,80	0	S
12+249,03	12+621,74	+372,71	2,80	0	S
12+621,74	12+825,25	+203,51	3,77	0	S
12+825,25	13+407,30	+582,05	2,10	0	S
13+407,30	14+442,73	1+035,43	3,10	0	S
14+442,73	14+982,45	+539,72	3,55	0	S
14+982,45	15+945,71	+963,26	3,30	0	S
15+945,71	16+599,09	+653,38	0,40	0	S
16+599,09	17+237,63	+638,54	0,40	0	S
17+237,63	17+237,63	+0,00	0,70	0	S
17+237,63	18+011,14	+773,51	1,27	0	S
18+011,14	18+521,12	+509,98	0,79	0	S
18+521,12	19+396,93	+875,81	0,47	0	S
19+396,93	19+862,93	+466,00	0,00	0	S
19+862,93	20+388,37	+525,44	0,00	0	S
20+388,37	21+262,40	+874,03	-1,55	0	S
21+262,40	21+262,40	+0,00	-1,55	0	S

**Tabella 2: Caratteristiche del tracciato.**



**Figura 3: Andamento altimetrico del piano di ferro.**

#### 4.4 Caratteristiche della linea di contatto

Come indicato in *Figura 2* la sezione della linea di contatto della tratta oggetto di studio è così composta:

- linea AV/AC oggetto di simulazione: 440 mm<sup>2</sup> per i primi 9,7 km (circa) a doppio binario (sostanzialmente fino alla stazione di Brescia C.le) e di 540 mm<sup>2</sup> per i restanti 11.6 km (circa) a doppio binario;
- linea Storica interferente con la linea simulta: 440 mm<sup>2</sup> per tutta la tratta studiata.

#### 4.5 Caratteristiche degli impianti fissi di alimentazione

La linea oggetto di simulazione è attualmente energizzata dagli impianti fissi elencati in *Tabella 3* e caratterizzati dai dati riportati in *Tabella 4*.

N.	SSE	pk SIMULAZIONE	N. GRUPPI IN SERVIZIO
1	SSE Ospitaletto	0+000	2x5,4 MW
2	SSE Brescia	11+045	2x5,4 MW
3	SSE Ponte San Marco	21+262	2x5,4 MW

**Tabella 3: Impianti fissi di alimentazione elettrica.**

DATI SINGOLO GRUPPO	DA 5,4 kW
Potenza nominale trasformatore [kVA]	5750/2x2875
Potenza nominale raddrizzatore [kW]	5400
Caratteristiche di sovraccarico in "Potenza"	200% P <sub>n</sub> per 2h 233% P <sub>n</sub> per 5'
Tensione nominale [V]	3600
Corrente nominale [A]	1500
Corrente Ammissibile per 2h [A]	3000
Corrente Ammissibile per 5min [A]	3500
Resistenza interna equivalente [Ω]	0,2

**Tabella 4: Principali dati di targa del singolo gruppo.**

#### 4.6 Modello di esercizio

Il modello di esercizio ipotizzato per questo studio è riassunto in due tabelle (*Tabella 5* e *Tabella 6*) che prevedono una velocità massima di percorrenza della linea di 200 km/h per il servizio passeggeri e di 100 km/h per il traffico merci (Rango A).

Modello di esercizio previsionale – LINEA AV					
Tipologia treno	Tipologia materiale	n° di treni in servizio		velocità	Totale treni
		Diurni (06:00-22:00)	Notturmi (22:00-06:00)	km/h (rango)	
LP	ETR500	52	0	Rango C	78
	ETR675	18	0	Rango C	
	E402A	0	8	Rango C	
REG	-	-	-	-	-
MERCI	E483 DT	0	40	Rango A	40
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>70</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>118</b>

Tabella 5: Modello di esercizio previsionale per la linea AV.

Modello di esercizio previsionale – LINEA STORICA					
Tipologia treno	Tipologia materiale	n° di treni in servizio		velocità	Totale treni
		Diurni (06:00-22:00)	Notturmi (22:00-06:00)	km/h (rango)	
LP	-	-	-	-	78
REG	ETR425	120	6	Rango B	126
MERCI	E483 DT	32	44	Rango A	76
<b>Totale</b>	<b>-</b>	<b>152</b>	<b>50</b>	<b>-</b>	<b>202</b>

Tabella 6: Modello di esercizio previsionale per la linea storica.

A partire dai dati riportati nelle tabelle precedenti, è stata ipotizzata l'ora di punta maggiormente gravosa in termini energetici; tale ipotesi è stata sviluppata in assoluta autonomia poiché il suddetto documento non fornisce le indicazioni necessarie a soddisfare le richieste del software di simulazione.

Per quanto detto, i dati richiesti dal software, non ricavabili da documenti ufficiali e quindi ipotizzati, consistono in:

1. ora del giorno più gravosa in termini di assorbimenti energetici;
2. ora di partenza, località delle fermate e loro durata, per ogni tipologia di convoglio circolante nell'ora di punta;
3. distinzione tra convogli circolanti nel binario pari e in quello dispari.

#### 4.6.1 Traffico nell'ora di punta e caratteristiche del materiale rotabile

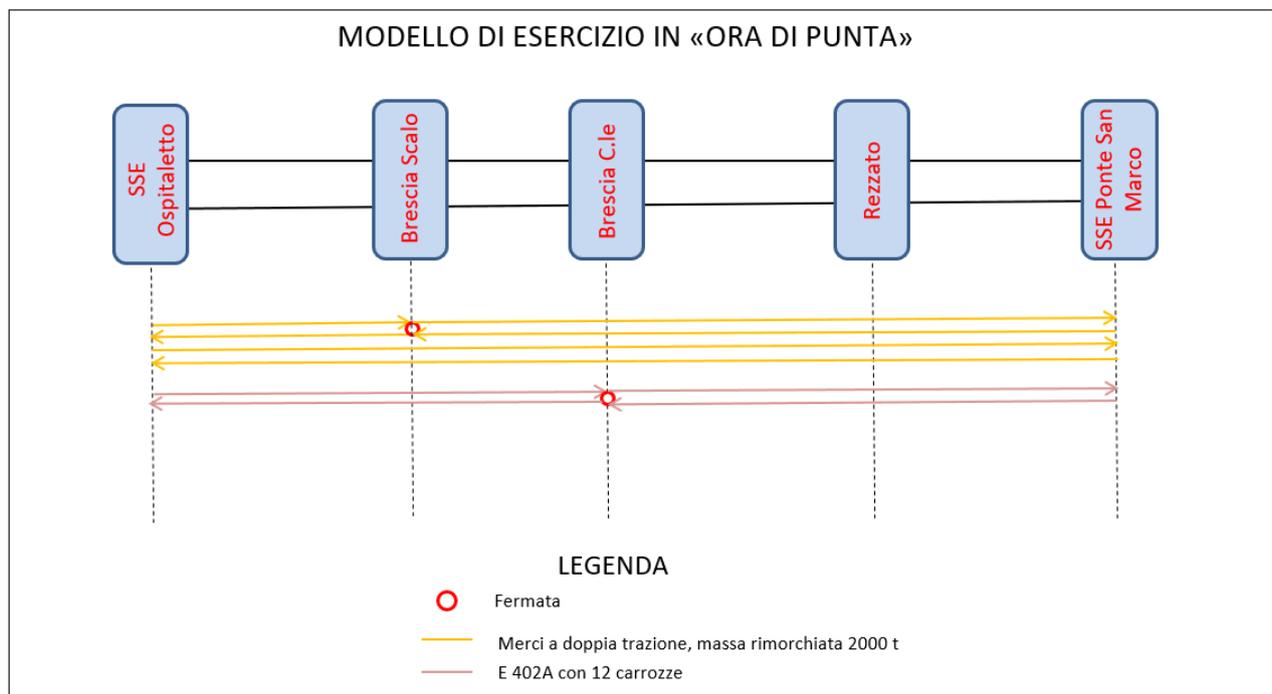
In base al modello di esercizio delle due tabelle sopra riportate, per la linea in oggetto sono stati eseguiti due tipi di simulazione considerando:

- l'ora di punta diurna;
- l'ora di punta notturna.

E' risultato che l'ora di punta notturna è la situazione più gravosa in termini di carico rispetto all'ora di punta diurna, dovuta dalla maggiore presenza di treni merci a doppia trazione che assorbono una potenza molto elevata rispetto ad altri tipi di treno che circolano nella stessa tratta.

Per questa ragione, la simulazione che verrà analizzata e riportata successivamente sarà quella relativa all'ora di punta notturna.

Il modello di esercizio in "ora di punta" notturna è schematizzato nella sottostante *Figura 4*.



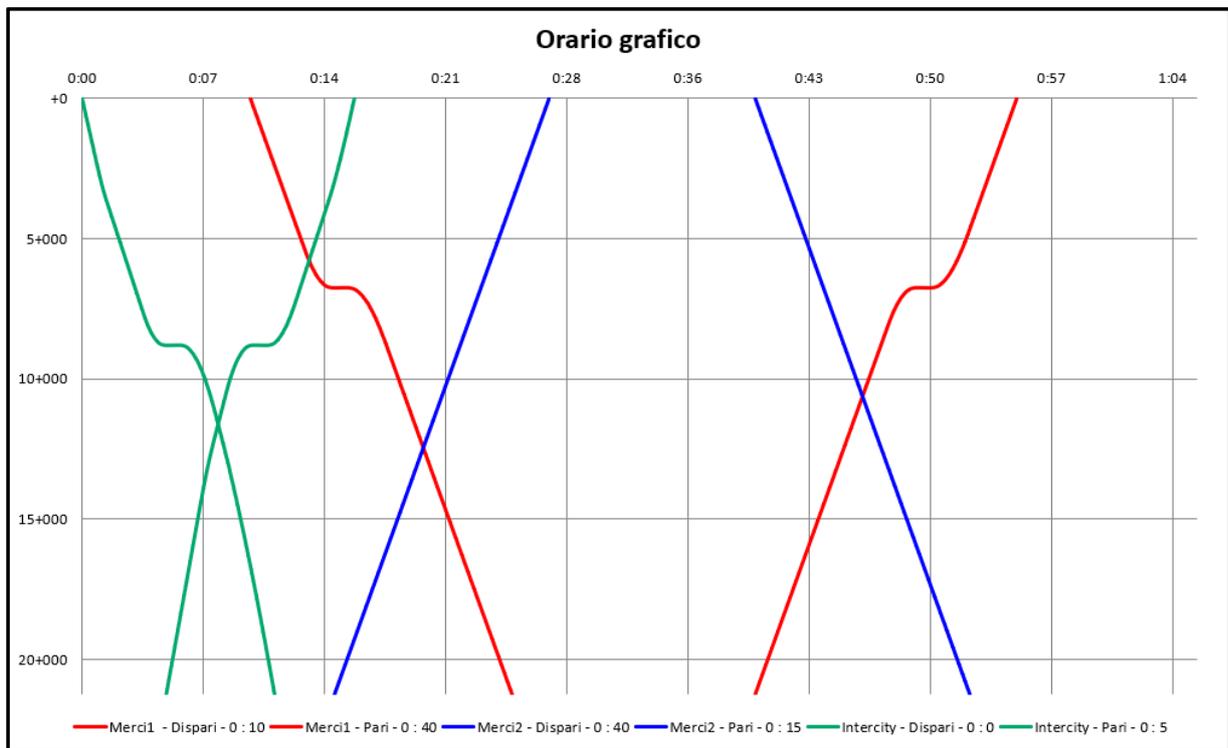
**Figura 4: Modello di esercizio in ora di punta notturna.**

In *Figura 5* si riporta l'orario grafico schematizzante, per l'ora di punta, il numero di treni, l'orario di partenza di ognuno e il tempo impiegato per percorrere la tratta lungo la quale il materiale rotabile effettua il servizio. Come visibile dalla suddetta figura la simulazione del sistema elettrico di trazione è stata eseguita considerando:

- a) N° 3 treni sul BINARIO DISPARI:
- 1 Merchi TRAXX E483DT che si ferma a Brescia Scalo;
  - 1 Merchi TRAXX E483DT che non si ferma a Brescia Scalo;
  - 1 Intercity E402A a 12 carrozze.

b) N° 3 treni sul BINARIO PARI:

- 1 Mercci TRAXX E483DT che si ferma a Brescia Scalo;
- 1 Mercci TRAXX E483DT che non si ferma a Brescia Scalo;
- 1 Intercity E402A a 12 carrozze.



**Figura 5: Orario grafico dell'ora di punta.**

Per i dati di marcia con il dettaglio delle caratteristiche spazio/velocità e spazio/potenza per ognuno dei convogli succitati si faccia riferimento alla sezione 5.1.

Nella seguente *Tabella 7* si riportano invece le caratteristiche del materiale rotabile impiegato nella simulazione del traffico ferroviario.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE ROTABILE		
Categoria treno	Merci	Lunga percorrenza
Tipo di treno	Locomotore TRAXX E483 (in doppia trazione)	Locomotore E 402A (12 carrozze)
Massa trainata	2000 t	540 t
Velocità massima nel tratto analizzato	100 km/h	200 km/h
Tensione nominale linea	3000 V	3000 V
Potenza servizi Ausiliari	300 kW	250 kW
Massa Complessiva in servizio	2162 t	622 t
Rendimento Locomotiva	0,85	0,85
Coefficiente d'inerzia masse rotanti	1,05	1,05
Decelerazione costante in piano	0,3 m/s <sup>2</sup>	0,4 m/s <sup>2</sup>

**Tabella 7: Caratteristiche del material rotabile.**

## 5 VERIFICA DEL SISTEMA ELETTRICO DI ALIMENTAZIONE

L' idoneità del sistema elettrico a 3 kVcc è stata analizzata con riferimento ai valori di tensione (media, utile e minima) al pantografo e alla compatibilità del carico elettrico con gli impianti fissi di trazione, nelle condizioni di normale funzionamento.

Lo studio della potenzialità del sistema elettrico è stato realizzato tramite programmi dedicati che eseguono le simulazioni di marcia dei treni fornendo i seguenti dati di output:

- qualità della tensione al pantografo;
- carico elettrico riferito alla linea;
- carico elettrico delle apparecchiature di sottostazione.

La simulazione della linea oggetto della seguente relazione è stata eseguita tenendo conto dei carichi interessanti le linee/impianti elettrificati con essa interferenti, ovvero:

- la Linea Storica Milano-Verona;
- l'impianto di Brescia Scalo.

Per la LS Milano-Verona sono stati considerati i traffici (carichi) medi nella stessa ora ipotizzata come "di punta" per la linea AV/AC simulata, estrapolati dai dati previsionali di traffico riportati in *Tabella 6*: Modello di esercizio previsionale per la linea storica.; similmente sono stati considerati treni in stazionamento/movimento in "Brescia Scalo". L'aggravio di tali carichi sulla rete elettrica è stato considerato come abbassamento della tensione a vuoto della nuova SSE di Brescia Centrale. Inoltre, si è ipotizzato che la linea Brescia – Olmeneta sia a doppio binario (come ipotizzato in apposito progetto) e che l'attuale sottostazione di Brescia sia totalmente ad essa asservita.

## 5.1 Risultati delle simulazioni di marcia

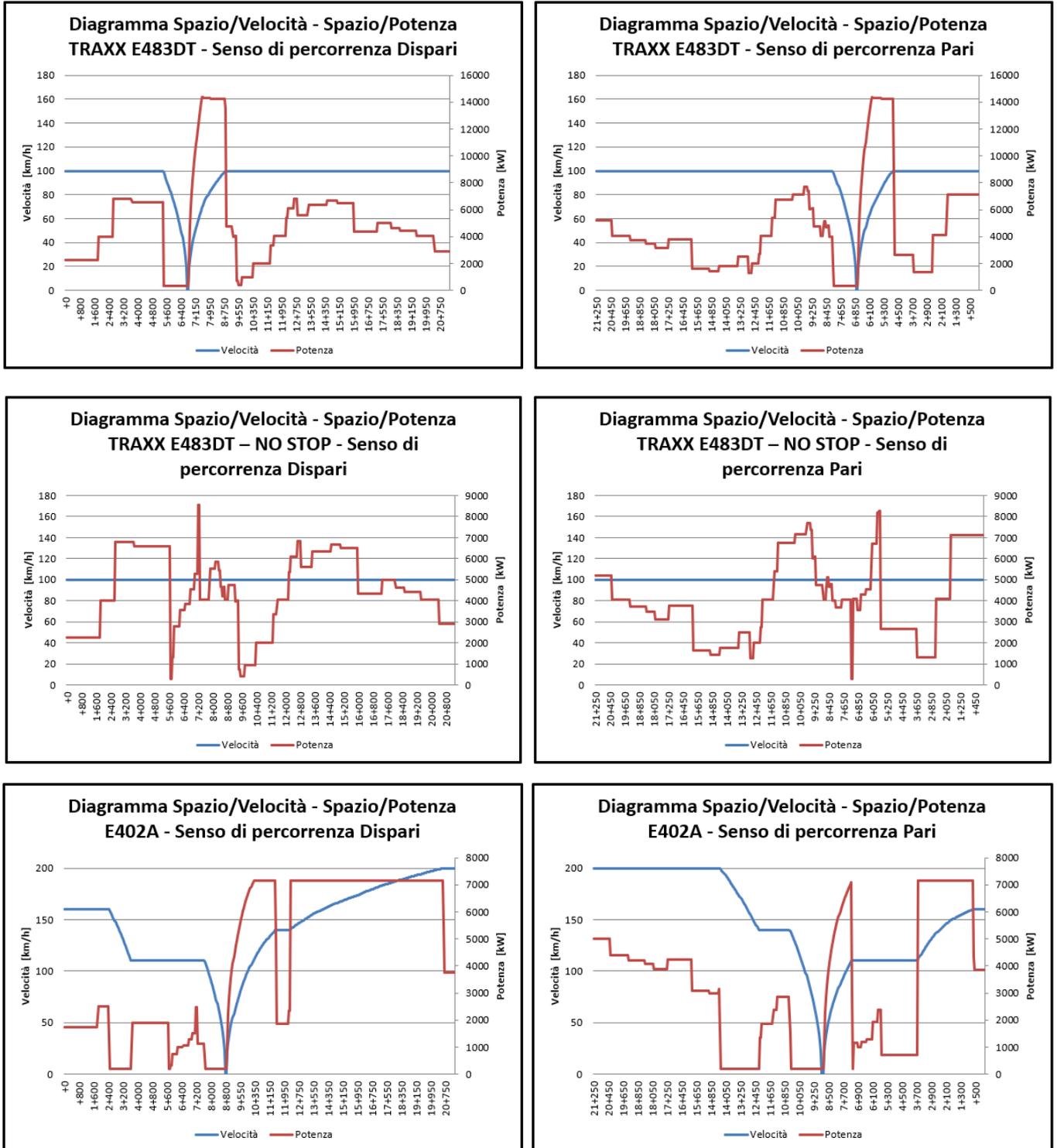
La simulazione è stata eseguita applicando il modello di esercizio descritto al paragrafo 4.6.1 alla tratta in rosso dell'architettura di sistema di cui alla *Figura 2*.

Nella seguente *Tabella 8* sono riportati i risultati ottenuti dalle simulazioni di marcia suddivisi in base alle singole tipologie di materiale rotabile.

	TRAXX E483 + 2000 t (fermata a B.Scalo)		TRAXX E483 + 2000 t (NO stop)		E402A 12 carrozze	
	<i>Senso di percorrenza</i>		<i>Senso di percorrenza</i>		<i>Senso di percorrenza</i>	
	Dispari	Pari	Dispari	Pari	Dispari	Pari
<b>Energia totale assorbita [kWh]</b>	1206,15	1099,59	956,94	849,67	636,32	493,99
<b>Energia specifica media assorbita per treno [kWh/tr.km]</b>	56,76	51,74	45,03	39,98	29,94	23,24
<b>Energia specifica media assorbita per kt [kWh/1000t.km]</b>	26,25	23,93	20,82	18,49	48,14	37,37
<b>Potenza media per treno [kW]</b>	4653,80	4245,38	4503,24	3998,44	3338,21	2651,30
<b>Velocità media [km/h]</b>	81,99	82,04	100,00	100,00	111,48	114,05

**Tabella 8: Grandezze caratteristiche per tipo di materiale rotabile e per senso di marcia.**

In *Figura 6* sono invece riportate le caratteristiche spazio/velocità e spazio/potenza.



**Figura 6:** Caratteristiche Spazio/Velocità e Spazio/Potenza per ogni tipo di materiale in entrambi sensi di marcia.

## 5.2 Risultati delle simulazioni di sistema

### 5.2.1 Tensioni

In *Tabella 9* vengono riportati, distinti per binario, i valori caratteristici delle tensioni all'archetto e i rispettivi limiti normativi desunti dalle norme CEI EN 50163 e CEI EN 50388.

		Valori ricavati dalla simulazione	Limiti Normativi	ESITO
Tensione media [V]	Binario dispari	3132	-	positivo
	Binario pari	3136		positivo
Tensione media utile [V]	Binario dispari	2949	2700	positivo
	Binario pari	2982		positivo
Tensione minima [V]	Binario dispari	2390	2000	positivo
	Binario pari	2272		positivo

**Tabella 9: Confronto tra le tensioni ottenute dalla simulazione e limiti normativi.**

Risulta in generale di particolare importanza la “tensione media utile” al pantografo che, come riportato nella tabella C.1 - Appendice C della STI 2014/1301/UE, per linee con velocità  $v \leq 200$  km/h ha un limite di 2700 V; come si nota dai valori riportati in *Tabella 9*, tale tensione risulta essere superiore al citato valore limite e pertanto non introducendo limitazioni nell'assorbimento di potenza non si registrano perditempo nella marcia dei treni. Anche la “tensione media” e la “tensione minima” risultano essere superiori ai limiti normativi fornendo esito positivo alla verifica.

La distribuzione percentuale complessiva delle tensioni di linea è riassunta in *Figura 7*.

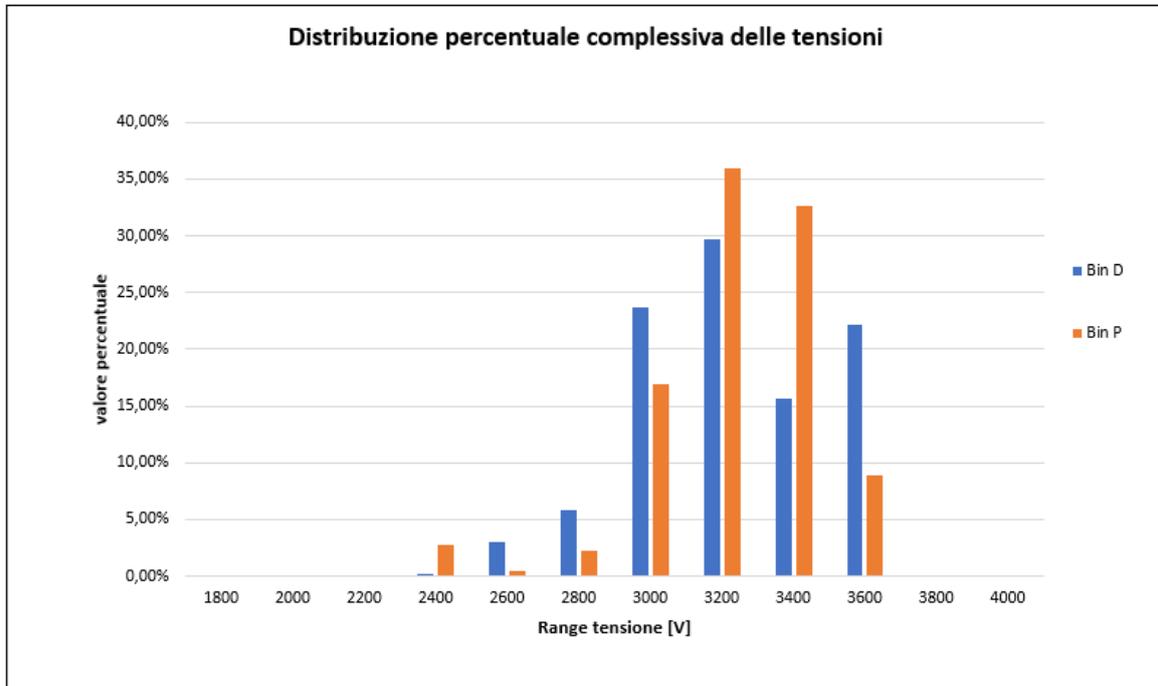


Figura 7: Distribuzione percentuale complessiva delle tensioni per il binario dispari (blu) e quello pari (arancione).

## 5.2.2 Correnti

In *Tabella 10* si riportano i valori delle correnti erogate sulla linea simulata dalla “SSE Brescia Centrale”, dalla “SSE Ospitaletto” e dalla “SSE Ponte San Marco”, considerando i carichi della linea AV e della LS in orario di punta notturna.

	Corrente media quadratica [A]	Corrente media aritmetica [A]	Corrente massima [A]	Esito verifica
<b>SSE Brescia Centrale</b>	1950	1245	4942	positivo
<b>SSE Ospitaletto</b>	1829	1233	4052	positivo
<b>SSE Ponte San Marco</b>	1697	1197	3526	positivo

Tabella 10: Correnti erogate dalle SSE.

## 6 CONCLUSIONI

In vista del quadruplicamento della linea che parte dall'uscita est della stazione di Brescia Centrale verso Verona e dell'incremento di carico previsto, dopo aver ipotizzato il modello di esercizio nell'ora di punta di cui al paragrafo 0 e considerando inoltre un eventuale raddoppio della linea Brescia-Olmeneta (non oggetto di questo progetto), si è ritenuta necessaria una nuova architettura elettrica (*Figura 2*) consistente nella realizzazione della nuova "SSE Brescia Centrale" alimentata dall'esistente SSE di Brescia (rinnovata nel piazzale di AT e nei gruppi di conversione) attraverso un cavidotto in corrente alternata a 20 kV.

Alla nuova architettura proposta si associa l'inevitabile adeguamento della sottostazione esistente di Brescia con l'introduzione di uno stadio intermedio di trasformazione della tensione (132/20 kV) e la sostituzione dei gruppi di conversione con due da 3,6 MW, trasformandola di fatto in sottostazione di tratta asservita alla linea Brescia - Olmeneta ipotizzata a doppio binario.

I risultati delle simulazioni sulla qualità della tensione al pantografo e sui carichi energetici delle sottostazioni rispettano i limiti normativi desunti dalle norme CEI EN 50163 e CEI EN 50388 e danno soddisfacimento ai requisiti STI Energia.