

# LIASON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
 Traité du 29/01/2001

Tratta comune italo-francese  
 Trattato del 29/01/2001

## NUOVA LINEA TORINO LIONE

### PARTE COMUNE ITALO FRANCESE - TRATTA IN TERRITORIO ITALIANO

CUP C11J05000030001

*Tecnimont*  
 Dott. Ing. Aldo Mancarella  
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

### PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE

### INSTALLATIONS FIXES DE TRACTION ELECTRIQUE – IMPIANTI FISSI DI TRAZIONE ELETTRICA

### SSE – CABINE TE / SSE – CABINE TE

*Tecnimont*  
 Dott. Ing. Aldo Mancarella  
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

### RELAZIONE TECNICA DI DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRAZIONE NOTE TECHNIQUE DE DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE TRACTION

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	23/04/2010	EMISSIONE PER COMMENTI	A. COLLA (ITALFERR)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MANCARELLA
A	25/06/2010	REVISIONE IN SEGUITO A COMMENTI LFT	A. COLLA (ITALFERR)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MANCARELLA

Cod Doc	P	P	2	C	2	B	T	S	3	0	0	3	3	A	A	P	N	O	T
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero				Indice	Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	C2B	//	//	30	01	00	11	01
--------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse BP 80361 F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
 Tél.: +33 (0) 4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0) 4.79.68.56.59  
 RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
 Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

## INDICE

<b>SINTESI DEL DOCUMENTO</b>	<b>4</b>
<b>1. GENERALITA'</b>	<b>5</b>
<b>2. NORME DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>4. DATI DI BASE</b>	<b>7</b>
4.1 CARATTERISTICHE DI TRACCIATO	7
4.2 MATERIALE ROTABILE	10
4.3 IPOTESI DI TRAFFICO	11
<b>5. SIMULAZIONI DI MARCIA</b>	<b>12</b>
5.1 TIPOLOGIA DI TRENO SIMULATO – AF	12
5.2 TIPOLOGIA DI TRENO SIMULATO – MERCI 1600 t	15
<b>6. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE 2x25 kV<sub>ca</sub></b>	<b>18</b>
6.1 DEFINIZIONE DELLE SCELTE DI BASE	19
6.2 ARCHITETTURA DI SISTEMA	21
6.3 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI	23
6.3.1 NORMALE SERVIZIO DI TUTTE LE SSE CON ALIMENTAZIONE INDIPENDENTE DEI DUE SENSI DI PERCORRENZA – TRATTI NEUTRI ATTIVI IN SSE	24
6.3.2 NORMALE SERVIZIO DI TUTTE LE SSE CON ALIMENTAZIONE INDIPENDENTE DEI DUE SENSI DI PERCORRENZA – TRATTI NEUTRI ATTIVI NEI PATD	33
6.3.3 NORMALE SERVIZIO DI TUTTE LE SSE CON ALIMENTAZIONE CHE PREVEDA LA MESSA IN PARALLELO ELETTRICO DEI DUE SENSI DI PERCORRENZA - TRATTI NEUTRI ATTIVI IN SSE	42
6.3.4 NORMALE SERVIZIO DI TUTTE LE SSE CON ALIMENTAZIONE CHE PREVEDA LA MESSA IN PARALLELO ELETTRICO DEI DUE SENSI DI PERCORRENZA - TRATTI NEUTRI ATTIVI NEI PATD	47
6.3.5 CONDIZIONE DI DEGRADO COMPLETO DI UNA SSE	52
6.3.6 CONDIZIONE DI DEGRADO COMPLETO DI UN PATS	61

6.4	ANALISI TERMICA CATENARIA	63
6.4	CONSIDERAZIONE SUGLI SQUILIBRI DI CARICO PER LA SSE DI SJ DE MAURIENNE	63
7.	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>68</b>
	<b>ALLEGATO</b>	<b>69</b>

## SINTESI DEL DOCUMENTO

Il presente documento illustra i risultati dello studio tecnico di dimensionamento degli impianti fissi di trazione della tratta internazionale della linea ferroviaria Lione-Torino.

Il sistema d'alimentazione previsto è il 2x25 kV<sub>ca</sub>. L'architettura di tale sistema è il risultato dell'analisi comparativa tra due configurazioni distinte che prevedono, rispettivamente, la presenza di 2 e 3 Sottostazioni Elettriche di trazione (SSE) lungo la linea.

La potenzialità del sistema di alimentazione è verificata in relazione al carico elettrico costituito dal traffico ferroviario nell'ora di punta, sia in condizione di normale funzionamento degli impianti e sia in condizione di regime degradato.

L'idoneità del sistema elettrico all'alimentazione di tale traffico ferroviario è analizzata in relazione ai valori di tensione (media utile e minima) al pantografo e alla compatibilità del carico elettrico sulle apparecchiature degli impianti fissi di trazione.

Ce document illustre les résultats de l'étude technique de dimensionnement des installations fixes de traction électrique (IFTE) de la ligne ferroviaire internationale Lyon - Turin.

Le système d'alimentation adopté est le 2x25 kV<sub>ca</sub>. L'architecture de ce système est le résultat de l'analyse comparative entre deux configurations différentes, qui prévoient, chacune, la présence de 2 et 3 sous-stations de traction électrique (SSE) le long de la ligne.

La potentialité du système d'alimentation est vérifiée par rapport au trafic ferroviaire pendant l'heure de pointe ; cela soit en condition de normal fonctionnement des installations et soit en condition de fonctionnement dégradé.

Le dimensionnement du système électrique d'alimentation est réalisé par rapport à ce trafic ferroviaire et aux valeurs de tension (moyenne utile et minimale) au pantographe. On a considéré aussi la compatibilité entre la puissance électrique demandée et les équipements des IFTE (transformateurs).

## 1. GENERALITA'

La presente relazione tecnica illustra i risultati dell'analisi del dimensionamento delle installazioni fisse di trazione elettrica destinate all'alimentazione della tratta internazionale della linea ferroviaria Lione-Torino realizzando un sistema di alimentazione  $2 \times 25 \text{ kV}_{ca}$ .

Sulla base del carico costituito dal traffico ferroviario nell'ora di punta è verificata la potenzialità del sistema di alimentazione in condizione di normale servizio di tutte le sottostazioni elettriche di trazione, in condizione di completo degrado di una SSE, e in condizione di degrado di un posto di autotrasformazione semplice.

L'analisi è stata eseguita considerando in condizioni di regime elettrico sia la possibilità di alimentare i due tunnel ferroviari e quindi i due sensi di percorrenza in maniera indipendente tra loro, sia realizzando la condizione di parallelo elettrico tra le linee di contatto e i feeders dei due binari; in modo da beneficiare della suddivisione delle correnti sui conduttori (catenaria e feeder) dei binari ascendenti e discendenti da uno stesso tronco ferroviario limitando le cadute di tensione in linea. La condizione di degrado elettrico di una SSE prevede la messa in parallelo dei due sensi di percorrenza, al fine di garantire le prestazioni in termini di qualità al pantografo e carico compatibile con le installazioni fisse per entrambi i sensi di marcia.

Lo studio di dimensionamento è realizzato tramite programmi dedicati che eseguono le simulazioni di marcia dei treni e forniscono le prestazioni di sistema quali la qualità della tensione al pantografo e il carico della linea e delle apparecchiature di sottostazione.

## 2. NORME DI RIFERIMENTO

Nel corso dello sviluppo del presente documento, si è fatto riferimento alle Consegne Funzionali:

- Consegna 43 Rev I                      Specifiche Normative Funzionali
- Consegna 44 Rev H                    Norme tecniche – Quadro Normativo
- Consegna 69 Rev E                    Dossier guida del progetto preliminare

Inoltre le norme di riferimento alla base di questa analisi sono quelle che definiscono la qualità della tensione al pantografo da garantire sia in condizione di normale funzionamento sia in condizioni di degrado e la specifica tecnica d'interoperabilità per il sottosistema energia del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità:

- Specifica Tecnica di Interoperabilità (STI), Direttiva 96/48/CE Interoperabilità del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità (2008/284/CE);
- EN 50119, Anno 2002, Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
- EN 50163, Anno 2005, Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;
- EN 50388, Anno 2005-08, Applicazione 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. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i documenti progettuali di riferimento alla base della seguente analisi:

- Profilo longitudinale BP/BD da pk 0+000 a pk 84+000, PP2C3ATS3----0;
- Sezioni tipologiche, C2B30050040010036 0;
- Studio aeraulico e termico/raffreddamento, PP2C1TS30006 D;
- Ipotesi di modello di Esercizio per le simulazioni del sottosistema Energia, PP2C2BTS30004 0.

## 4. DATI DI BASE

### 4.1 Caratteristiche di tracciato

Alla base delle simulazioni eseguite vi è la definizione e la relativa implementazione del profilo altimetrico della linea completo delle velocità massime di tracciato e dei tratti in galleria.

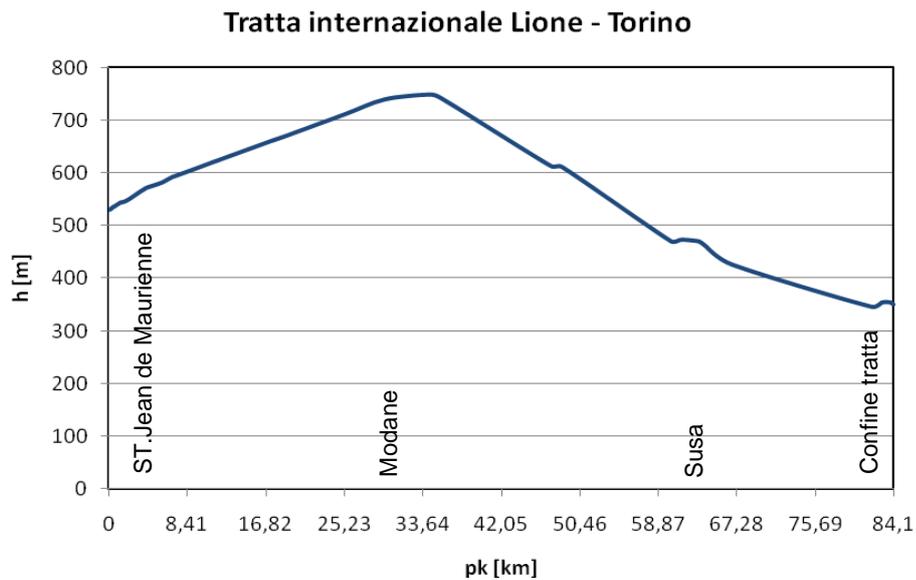
Nella seguente tabella (Tab.1) sono riportate le progressive chilometriche e le relative quote del piano ferro.

Località	pk [km + m]	Quota piano ferro [m]
ST.Jean de Maurienne	0 + 000	529,82
	0 + 129	531,24
	0 + 230	531,24
	0 + 360	533,88
	0 + 600	536,53
	1 + 066	541,67
	1 + 293	544,16
	1 + 790	546,48
	2 + 335	552,04
	2 + 540	554,51
	2 + 728	556,82
	3 + 465	565,69
	4 + 083	572,37
	5 + 676	581,92
	6 + 715	591,7
	7 + 578	597,4
	9 + 056	607,03
	10 + 658	617,57
	11 + 583	623,57
	12 + 948	632,37
	17 + 374	661,05
	18 + 830	669,78
	20 + 266	679,25
	25 + 410	712,81
	29 + 585	740,48
Modane	32 + 000	745,31

	34 + 170	749,65
	35 + 417	745,3
	47 + 370	614,19
	48 + 626	611,68
	60 + 252	470,83
	61 + 598	473,52
Susa	62 + 500	471,81
	63 + 298	470,12
	66 + 846	425,93
	81 + 766	345,81
	82 + 865	354
	83 + 791	354
Fine Tratta Internazionale	84 + 100	350,29

**Tab.1 – Località Lione – Torino Tratta Internazionale**

Di seguito si riporta quindi, il profilo altimetrico simulato della linea in esame.



**Fig. 1 – Lione – Torino tratta internazionale, Profilo altimetrico**

La seguente tabella riassume invece i tratti in galleria presenti per la linea in esame.

Gallerie	pk [km + m]	Lunghezza Tratto [km + m]
Imbocco Tunnel di Base	3 + 855	57 + 065
	60 + 920	
Imbocco Tunnel dell'Orsiera	63 + 760	19 + 210
	82 + 970	

**Tab.2 – Tratti in Galleria**

La lunghezza della tratta è quindi di circa 84,1 km di cui gran parte sviluppati in galleria a singola canna.

## 4.2 Materiale Rotabile

Per la verifica della potenzialità del sistema di trazione elettrica, si è fatto riferimento al traffico previsto nell'ora di punta composto da entrambi i sensi di marcia dal seguente materiale rotabile:

- “Autostrada Ferroviaria” AF 2050 t in doppia trazione;
- “Merici” M 1600 t in doppia trazione.

Per entrambe le tipologie è utilizzata la caratteristica di trazione del locomotore E402B.

Le tipologie di materiale rotabile sono caratterizzate dai parametri riassunti nelle seguenti tabelle.

Caratteristiche Materiale Rotabile - AF	
Velocità di impostazione	120 km/h
Tensione nominale	25000 V
Potenza max al pantografo	15 MW
Potenza Ausiliari	200 kW
Massa complessiva	2050 t
Rendimento Locomotiva	0,85
Coefficiente di inerzia masse rotanti	1,05
Fattore di potenza treno	0,95

**Tab.3 – Materiale Rotabile: AF**

Caratteristiche Materiale Rotabile – Merici 1600 t	
Velocità di impostazione	120 km/h
Tensione nominale	25000 V
Potenza max al pantografo	14,5 MW
Potenza Ausiliari	200 kW
Massa complessiva	1600 t
Rendimento Locomotiva	0,85
Coefficiente di inerzia masse rotanti	1,05
Fattore di potenza treno	0,95

**Tab.4 – Materiale Rotabile: Merici 1600 t**

Si è inoltre impostata, per entrambe le tipologie di materiale rotabile, una decelerazione costante di frenatura in piano pari a  $0,3 \text{ m/s}^2$ .

### 4.3 Ipotesi di traffico

Le ipotesi di traffico sono state realizzate conformemente a quanto indicato nel documento di riferimento “Ipotesi di modello di Esercizio per le simulazioni del sottosistema Energia” (PP2C2BTS30004 0).

Il dimensionamento elettrico si basa sulla definizione di un'ora di punta e la verifica della conformità dei parametri elettrici di maggiore interesse (tensione al pantografo, carico SSE, riscaldamento conduttori) nelle condizioni di regime elettrico e di completo degrado di una SSE.

In figura 2 è riportato il diagramma orario simulato che prevede la presenza in un'ora di 12 tracce nel verso dispari (ST.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) e 10 nel verso pari (Confine tratta internazionale → ST.Jean de Maurienne).

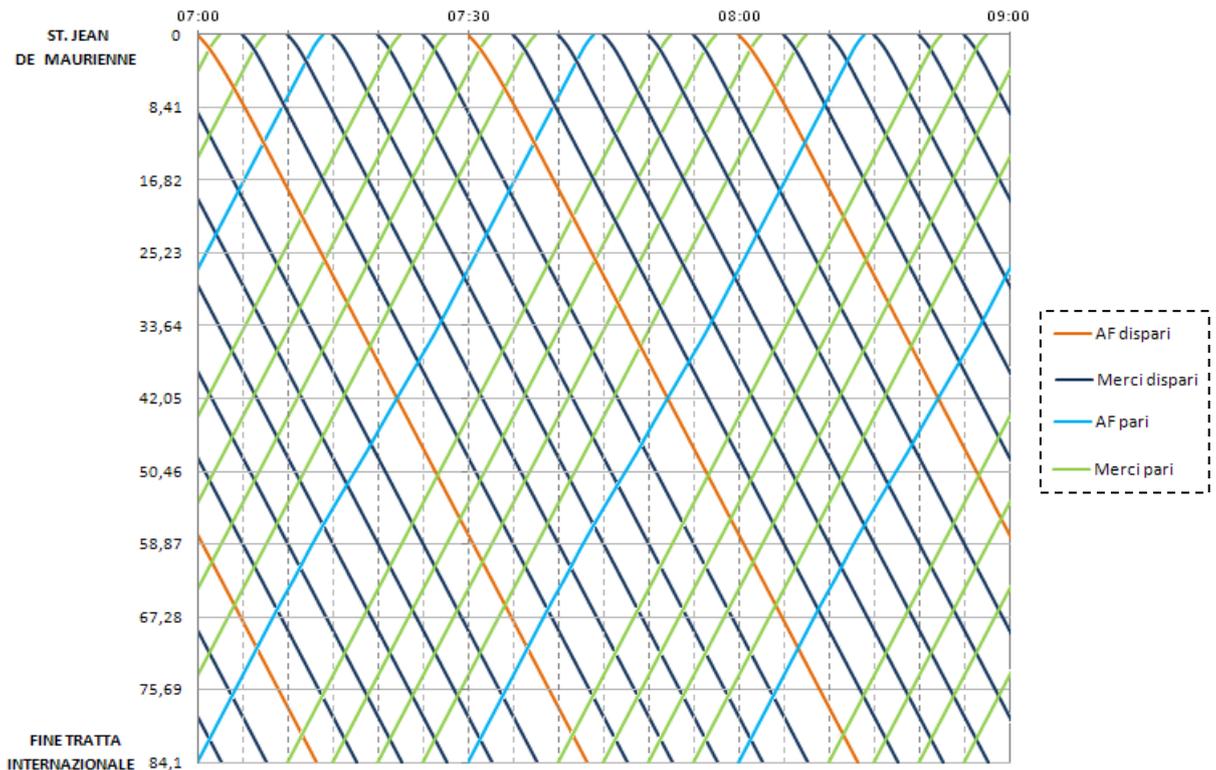


Fig.2 – Orario di dimensionamento

## 5. SIMULAZIONI DI MARCIA

### 5.1 Tipologia di treno simulato – AF

Sono state eseguite le simulazioni di marcia per determinare l'andamento della velocità e i relativi assorbimenti di ogni singola categoria di materiale rotabile analizzata per entrambi i sensi di marcia (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale / Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne); tali andamenti in funzione dello spazio sono riportati nelle figure seguenti (fig.3 – fig.4 – fig.5 – fig.6).

Sulla base dei dati forniti da esercizio, il materiale rotabile analizzato si considera passante nella stazione di St.Jean de Maurienne alla velocità di 60 km/h, e passante il confine di tratta internazionale alla velocità massima di 120 km/h.

La seguente tabella (Tab.5) riassume inoltre le principali grandezze risultanti dalle simulazioni per entrambi i sensi di marcia.

	<b>Binario Dispari</b>	<b>Binario Pari</b>
Tempo di percorrenza	0:43:08	0:43:57
Energia totale assorbita [kWh]	2613	3516
Energia specifica media assorbita per treno [kWh/tr.km]	31,1	41,8
Energia specifica media assorbita per kt [kWh/kt.km]	30,3	40,8
Potenza media per treno [kW]	3633,9	4799,5
Velocità media [km/h]	116,9	114,8

**Tab.5 – Grandezze per senso di marcia To-Li tratta internazionale**

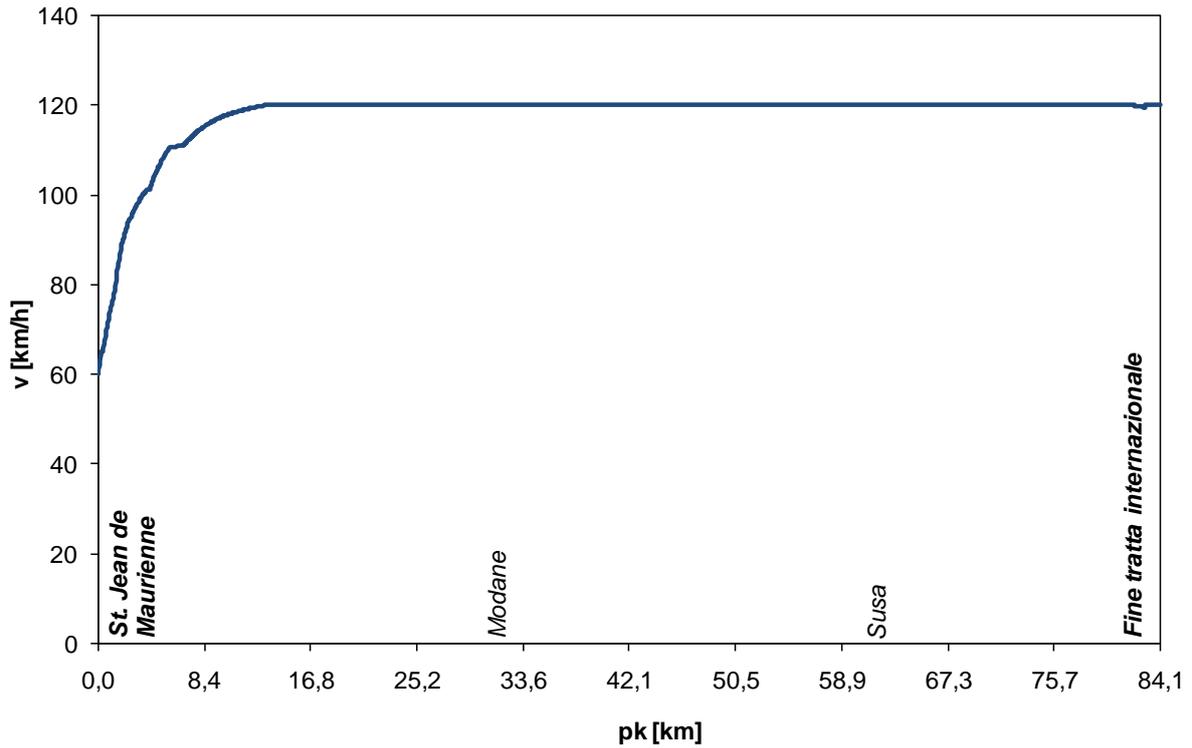


Fig. 3 – Marcia AF senso di percorrenza dispari

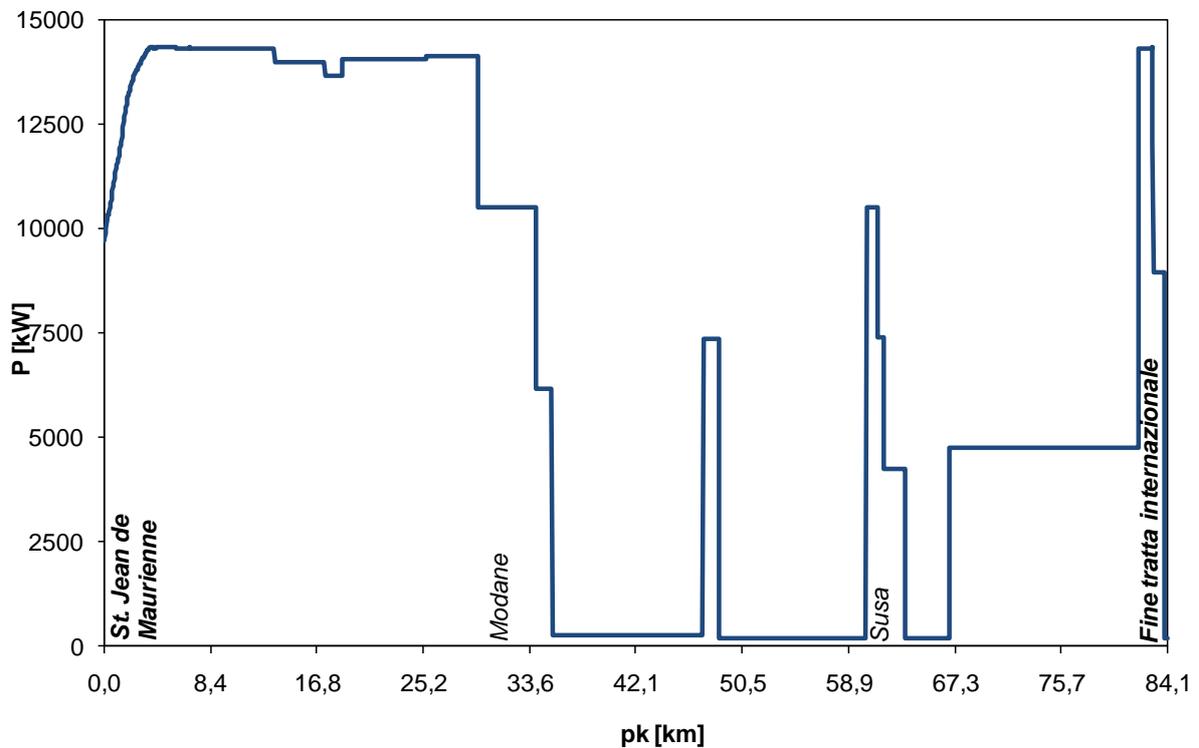


Fig. 4 – Andamento della potenza assorbita AF senso di percorrenza dispari

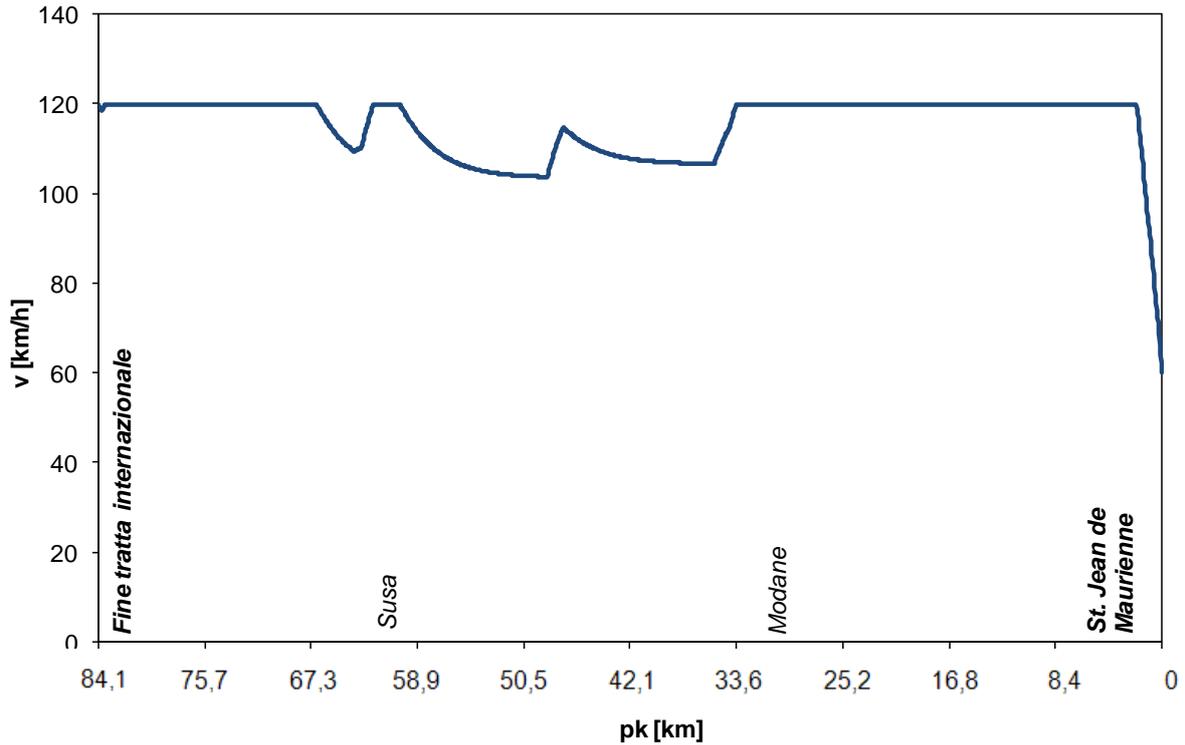


Fig. 5 – Marcia AF senso di percorrenza pari

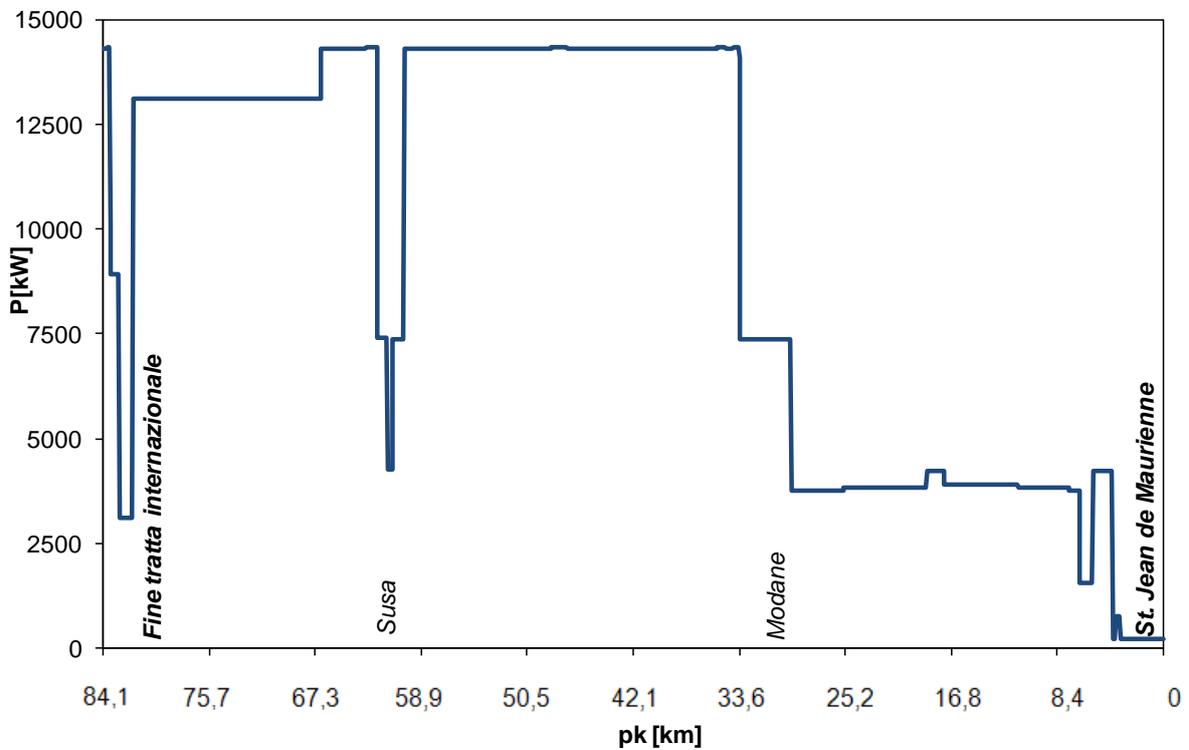


Fig. 6 – Andamento della potenza assorbita AF senso di percorrenza pari

## 5.2 Tipologia di treno simulato – Merci 1600 t

Sono state eseguite le simulazioni di marcia per determinare l'andamento della velocità e i relativi assorbimenti di ogni singola categoria di materiale rotabile analizzata per entrambi i sensi di marcia (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale / Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne); tali andamenti in funzione dello spazio sono riportati nelle figure seguenti (fig.7 – fig.8 – fig.9 – fig.10).

Sulla base dei dati forniti da esercizio, il materiale rotabile analizzato si considera passante nella stazione di St.Jean de Maurienne alla velocità di 60 km/h, e passante il confine di tratta internazionale alla velocità massima di 120 km/h.

La seguente tabella (Tab.6) riassume inoltre le principali grandezze risultanti dalle simulazioni per entrambi i sensi di marcia.

	Senso Dispari	Senso Pari
Tempo di percorrenza	0:42:35	0:42:25
Energia totale assorbita [kWh]	2084,2	2888
Energia specifica media assorbita per treno [kWh/tr.km]	24,8	34,2
Energia specifica media assorbita per kt [kWh/kt.km]	30,9	42,8
Potenza media per treno [kW]	2935,6	4073,2
Velocità media [km/h]	118,4	118,9

**Tab.6 – Grandezze per senso di marcia To-Li tratta internazionale**

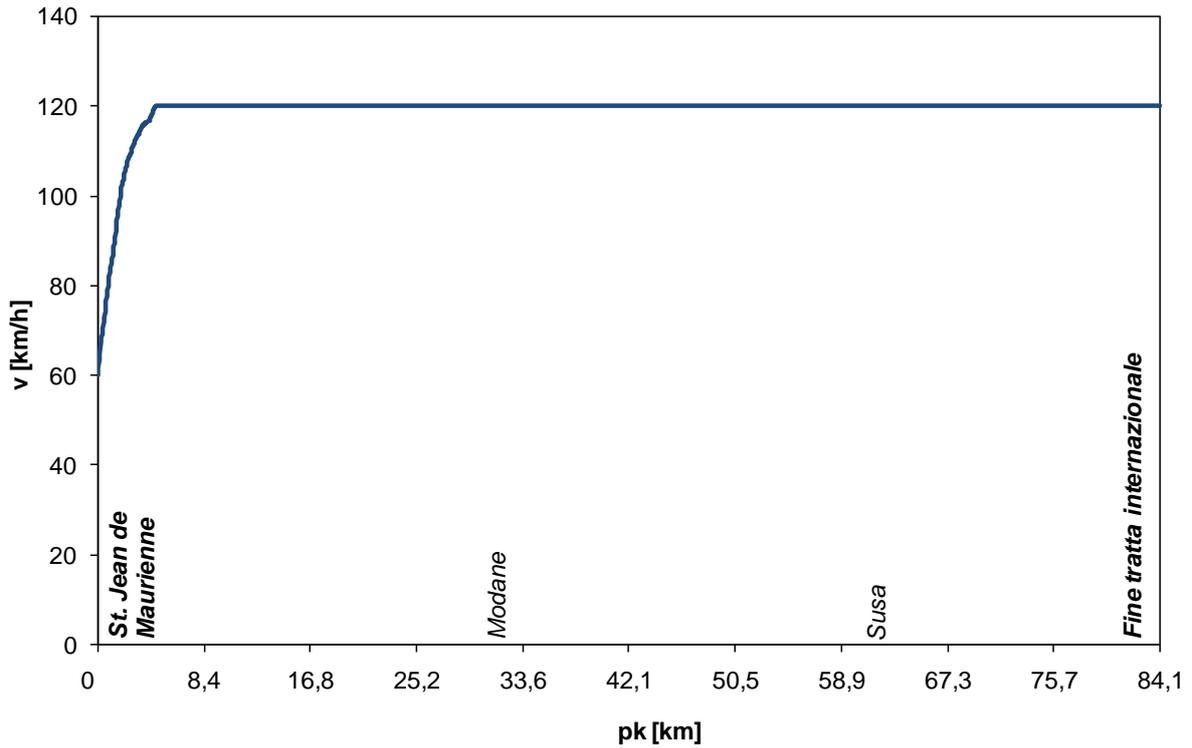


Fig. 7 – Marcia Merci 1600 t senso di percorrenza dispari

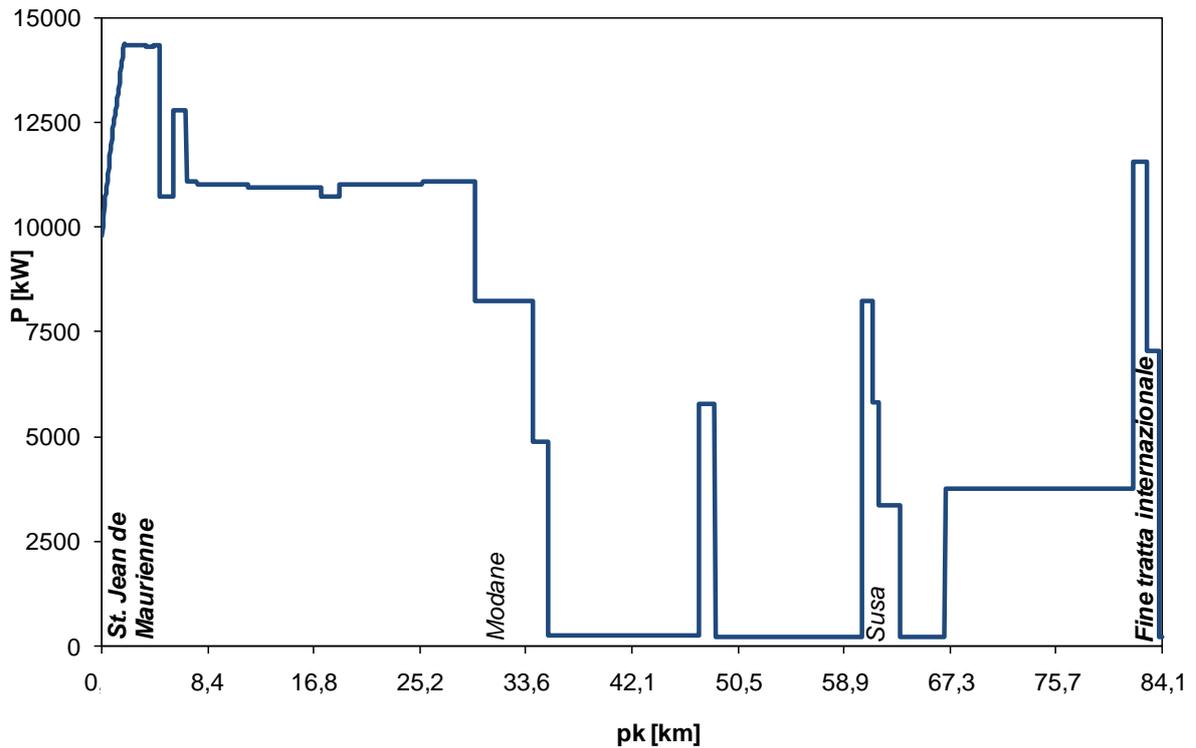


Fig. 8 – Andamento della potenza assorbita Merci 1600 t senso di percorrenza dispari



## 6. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE 2x25 kV<sub>ca</sub>

La scelta della configurazione finale, per il sistema 2x25 kV<sub>ca</sub>, è stata ricavata tramite l'ottimizzazione delle configurazioni del sistema sulla base dei risultati ottenuti dalle simulazioni elettriche.

La configurazione finale 2x25 kV della tratta internazionale della linea ferroviaria Lione - Torino prevede la presenza di 3 Sottostazioni Elettriche di trazione (SSE). Tale configurazione è il risultato dell'analisi comparativa (riportata in allegato) con la configurazione che prevede la presenza di 2 Sottostazioni Elettriche di trazione (SSE) di cui una ubicata a SJ de Maurienne e l'altra a Susa.

Il passo previsto tra i posti di autotrasformazione e le SSE è tale da garantire condizioni di tensione al pantografo concordi a quelle previste dalle norme di riferimento EN 50388 e EN 50163 in condizione di normale servizio di tutte le SSE e in condizioni di degrado di una SSE o di un posto di autotrasformazione.

L'architettura di sistema prevede per ogni SSE la presenza di due trasformatori di potenza di cui uno è in normale esercizio, l'altro in riserva (ad esempio riserva calda) in condizione di funzionamento normale.

Si esclude quindi la messa in parallelo dei due trasformatori di sottostazione, al fine di limitare le correnti di corto circuito in SSE ed essere conformi alle direttive STI sul coordinamento della protezione elettrica.

Il sistema inoltre è dimensionato in maniera tale da essere indipendente e quindi autosufficiente dal punto di vista elettrico dalle tratte adiacenti (Rete Francese, Tratta Nazionale Torino-Lione).

## 6.1 Definizione delle scelte di base

Di seguito si riportano nelle rispettive tabelle (Tab.7, Tab.8, Tab.9) le caratteristiche del trasformatore, dell'autotrasformatore e della catenaria alla base delle simulazioni effettuate e la cui scelta è risultato dell'ottimizzazione dei risultati di simulazione.

	Trasformatore
Potenza nominale [MVA]	80
Tensione nominale secondaria $\frac{1}{2}$ avvolgimento [kV]	27,5
Tensione % di c.to c.to A-B/a-b riferita alla potenza nominale	10
Tensione % di c.to c.to A-B/a-0 riferita a $\frac{1}{2}$ della potenza nominale	10
Perdite nel rame % della potenza nominale	0,2

**Tab.7 – Caratteristiche Trasformatore di SSE**

	Autotrasformatore
Potenza nominale [MVA]	10
Tensione nominale secondaria $\frac{1}{2}$ avvolgimento [kV]	27,5
Tensione % di c.to c.to a-b/a-0	1
Perdite nel rame % della potenza nominale	0,2

**Tab.8 – Caratteristiche Autotrasformatore di PAT**

	Catenaria	
	Materiale	Sezione [mm <sup>2</sup> ]
Filo di contatto	Cu	150
Corda Portante	Cu	155
Feeder	Cu	307*
Trefolo ritorno principale	Al	3x147
Trefolo ritorno aggiuntivo	Cu	95

**Tab.9 – Caratteristiche Catenaria**

I valori di resistenza elettrica dei componenti costituenti la catenaria sopra indicata sono stati riferiti alla temperatura di 50 °C.

La geometria della catenaria in galleria è stata ricavata considerando il documento di riferimento – Sezioni tipologiche, C2B30050040010036 0.

In fase di progetto definitivo, si valuterà l'eventuale riduzione della potenza nominale del trasformatore di trazione in relazione al contributo che in caso di degrado elettrico di una SSE potranno fornire le tratte nazionali lato SJ de Maurienne e lato SSE Susa.

\* Dall'analisi dei risultati simulativi si registrano significativi incrementi di circa 200 V sul valore di tensione minima nel caso di degrado di una SSE, se si considera il feeder  $2 \times 155 \text{ mm}^2$  con interasse tra le corde di 30 mm. Tuttavia nella logica di ottimizzazione degli spazi nella sezione di galleria, la seguente analisi simulativa è stata sviluppata utilizzando un'unica corda da  $307 \text{ mm}^2$ .

## 6.2 Architettura di sistema

La configurazione finale 2x25 kV<sub>ca</sub> della tratta internazionale della linea ferroviaria Lione - Torino prevede la presenza di 3 Sottostazioni Elettriche di trazione (SSE), 12 (6 per senso di percorrenza) posti di autotrasformazione singoli (PATS) e 4 (2 per senso di percorrenza) posti di autotrasformazione doppio (PATD).

Inoltre a fine tratta internazionale lato Italia è previsto un posto di auto trasformazione doppio comune alla tratta adiacente (Tratta nazionale Lione - Torino).

Nelle seguenti (Tab.10, Tab.11 e Tab.12) sono riportate le denominazione delle sottostazioni elettriche previste con la corrispondente progressiva chilometrica, e dei posti di parallelo collocati nei corrispondenti Rameaux.

SSE	pk [km + m]
SJ de Maurine	3 + 300
Modane	34 + 000
Susa	62 + 500

**Tab.10 – Progressive di SSE**

	pk [km + m]
PATS	10 + 756
	26 + 424
	41 + 159
	55 + 495
	70 + 090
	77 + 403
	84 + 000

**Tab.11 – Rameau di posti di autotrasformazione semplice**

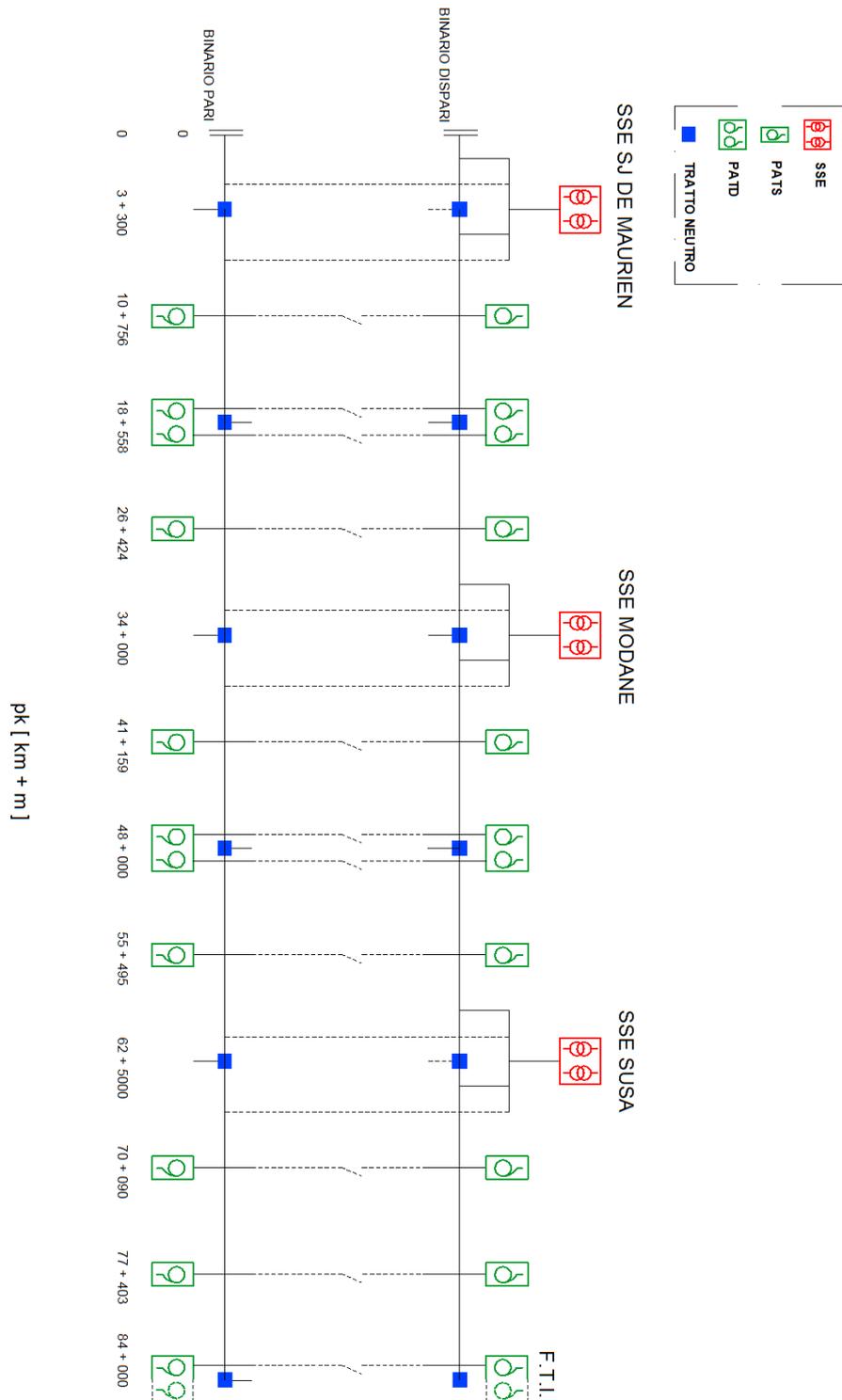
	pk [km + m]
PATD	18 + 415 / 18 + 748
	47 + 869 / 48 + 169

**Tab.12 – Rameau di posti di autotrasformazione doppio**

Il passo tra i posti di parallelo (7,5 – 7,85 km), è il risultato della ottimizzazione delle configurazioni del sistema sulla base dei risultati ottenuti dalle simulazioni, per garantire la qualità della tensione al pantografo imposta dalle norme di riferimento e

il carico sulle macchine sia in condizione di normale funzionamento sia in condizioni di degrado. I tratti neutri sono disposti in corrispondenza di ogni SSE e di ogni PATD.

Di seguito si riporta in figura 11 lo schema di alimentazione semplificato della tratta.



**Fig.11 –Tratta internazionale Lione – Torino: Schema di alimentazione semplificato**

### 6.3 Risultati delle simulazioni

Le configurazioni analizzate per valutare la potenzialità del sistema di alimentazione sulla base del traffico ipotizzato, riguardano le condizioni di:

- Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza – Tratti neutri attivi in SSE;
- Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza – Tratti neutri attivi nei PATD;
- Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione che preveda la messa in parallelo elettrico dei due sensi di percorrenza - Tratti neutri attivi in SSE;
- Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione che preveda la messa in parallelo elettrico dei due sensi di percorrenza - Tratti neutri attivi nei PATD;
- Condizione di degrado completo di una SSE;
- Condizione di degrado completo di un PATS.

Tutte le condizioni di verifica presuppongono la presenza delle stesse condizioni di traffico nell'ora di punta ipotizzato (vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

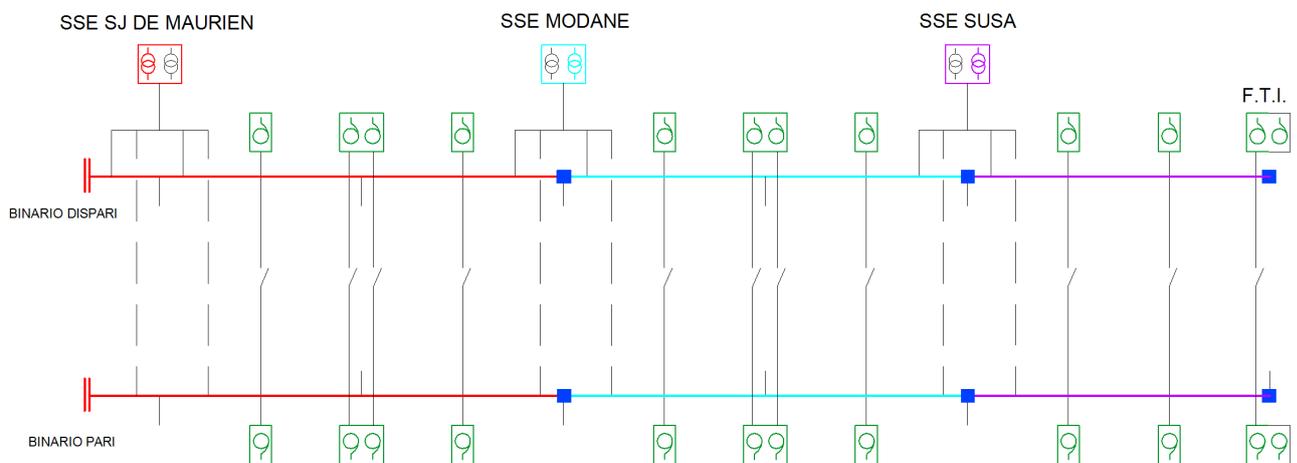
La condizione di degrado di un trasformatore di trazione di SSE (situazione perturbata di livello 1) non è analizzata poiché insita nell'analisi svolta che considera in condizione di regime elettrico un unico trasformatore in esercizio per SSE.

Di seguito sono riportati i risultati per le condizioni di sistema sopra esposte.

### 6.3.1 Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza – Tratti neutri attivi in SSE

La seguente figura (fig.12) rappresenta le zone elettriche proprie di ogni sottostazione di trazione in condizione di normale servizio del sistema, nell'ipotesi di alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza.

Inoltre si analizza la configurazione di alimentazione che prevede i tratti neutri attivi in SSE.



**Fig.12 – Sezioni elettriche in condizione di regime elettrico, TN attivi in SSE**

Si riportano di seguito i risultati relativi ai due versi di percorrenza analizzati.

## **Binario Pari**

Nelle seguenti tabelle (Tab.13 e Tab.14) sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione in relazione al verso pari di percorrenza.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	9927	25812
Modane	36185	51155
Susa	21518	44511

**Tab.13 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti		Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]
SJ de Maurienne	Primario		10367
	Secondario	LC	5582
		Feeder	4785
Modane	Primario		37152
	Secondario	LC	21862
		Feeder	15345
Susa	Primario		22687
	Secondario	LC	14025
		Feeder	8745

**Tab.14 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni in relazione al verso pari di percorrenza sono riportati nella seguente tabella.

	<b>Normale servizio Binario Pari</b>
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]	67698
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]	87359
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]	61281
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]	0,73
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]	24666
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE	0,93
Rendimento medio della linea di contatto [%]	98,3
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	8462
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	8462
Corrente media fornita all'archetto [A]	346
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	14352
Tensione media [V]	26036
Tensione media UIC [V]	25750
Tensione minima [V]	22264

**Tab.15 – Risultati globali, Binario Pari**

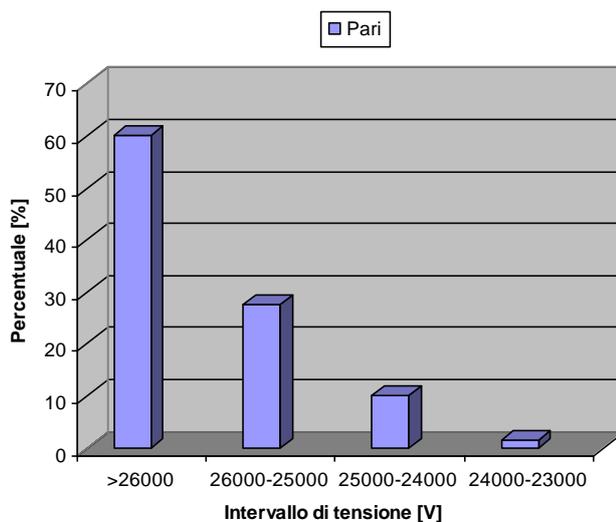
La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

<b>Autotrasformatore</b>	<b>Potenza [kW]</b>
10 + 756	2805
18 + 415	2750
26 + 424	4290
41 + 159	9350
47 + 869	9790
55 + 495	12045
70 + 090	7480
77 + 403	6270
84 + 000	4565

**Tab.16 – Potenza autotrasformatori, Binario Pari**

Si registra un leggero sovraccarico per l'autotrasformatore posizionato alla pk 55+495, pertanto in funzione dell'esercizio e in funzione dell'ora di punta è preferibile la configurazione che prevede la configurazione con i tratti neutri attivi nei PAD. Inoltre in fase di progetto definitivo si valuterà la sovraccaricabilità della macchina o l'eventuale adozione di un posto di autotrasformazione doppio.

In figura 13 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



**Fig.13 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, Binario Pari**

Il valore di tensione minima per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 22264 V ed è localizzato al km 33 + 800; mentre il valore di tensione media UIC è di 25750.

Dalla distribuzione percentuale sopra riportata si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-2500 e superiori a 26000 V. I valori di tensione più bassi (1.6%) risultano essere registrati nella fascia di tensione 24000-23000 e quindi rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Un punto di tensione minima è registrato per il treno AF n°1 (in relazione all'ora di punta vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

Si riportano di seguito gli andamenti più significativi della tensione al pantografo in relazione alla marcia (Fig.14, Fig.15).

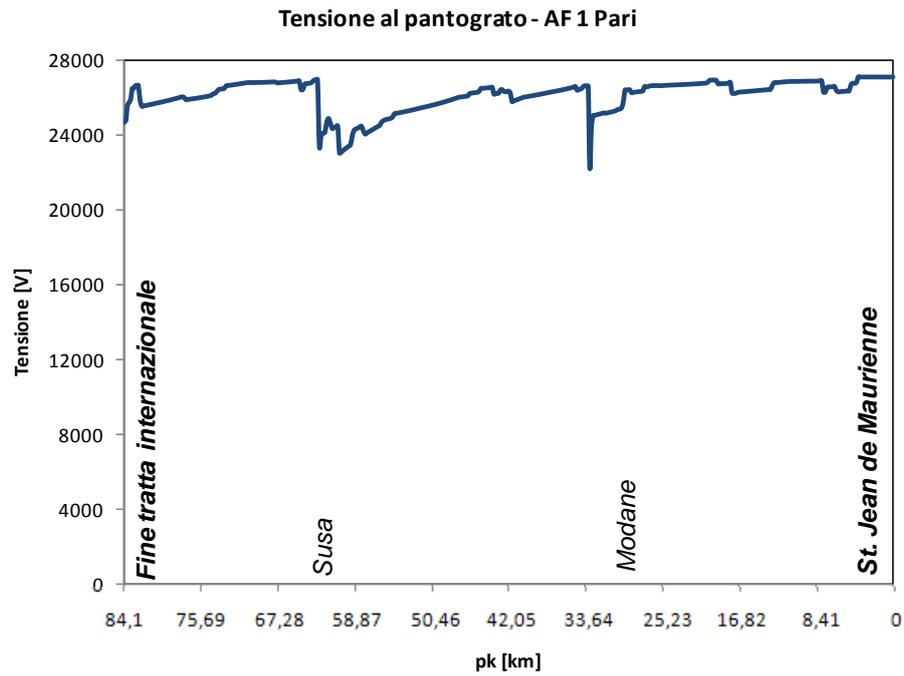


Fig.14 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF 1° nell'ora di punta

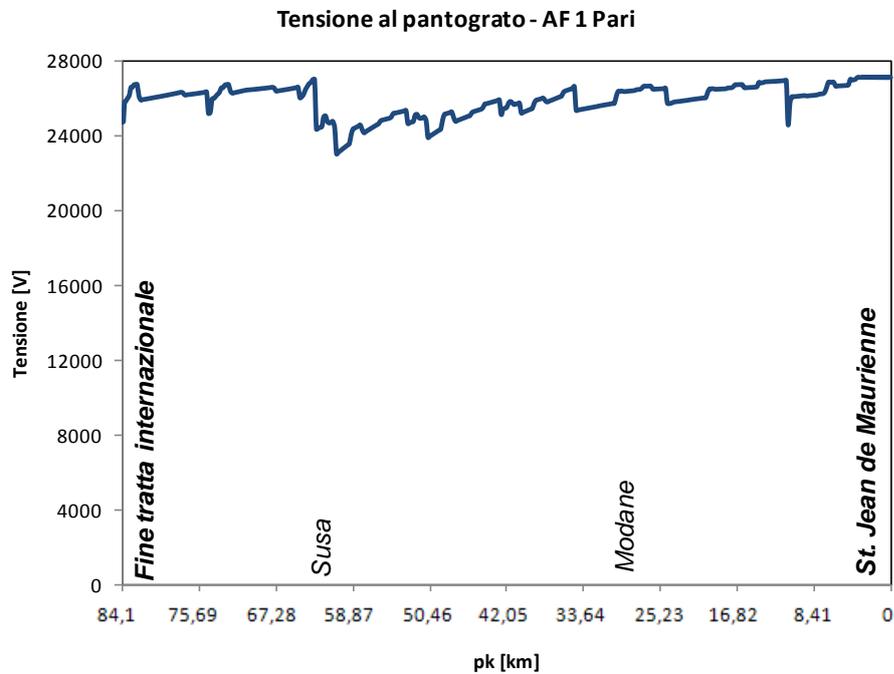


Fig.15 – Andamento tensione al pantografo/marcia, M 4° nell'ora di punta

## **Binario Dispari**

Nelle seguenti tabelle (Tab.17 e Tab.18) sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione in relazione al verso dispari di percorrenza.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	47241	66957
Modane	3719	12678
Susa	9006	24581

**Tab.17- Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti		Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]
SJ de Maurienne	Primario		50985
	Secondario	LC	34154
		Feeder	16857
Modane	Primario		5032
	Secondario	LC	2777
		Feeder	2310
Susa	Primario		10092
	Secondario	LC	5555
		Feeder	4537

**Tab.18 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni in relazione al verso dispari di percorrenza sono riportati nella seguente tabella.

	<b>Normale servizio Binario Dispari</b>
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]	59965
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]	81815
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]	53168
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]	0,63
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]	21745
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE	0,92
Rendimento medio della linea di contatto [%]	98.28
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	6116
Corrente media fornita all'archetto [A]	256
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	14362
Tensione media [V]	26060
Tensione media UIC [V]	25182
Tensione minima [V]	22398

**Tab.19 – Risultati globali, Binario Dispari**

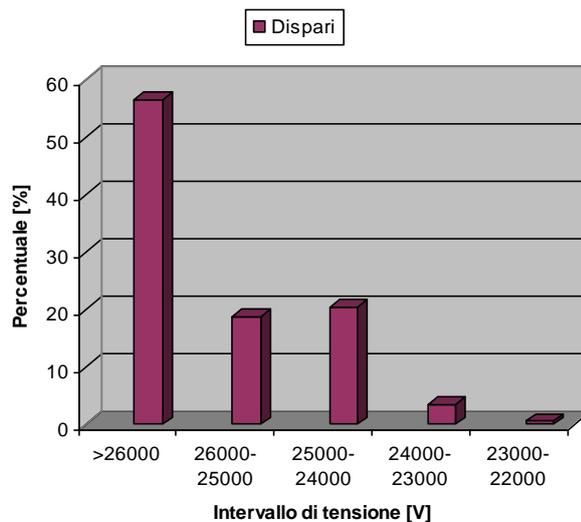
La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

<b>Autotrasformatore</b>	<b>Potenza [kW]</b>
10 + 756	10725
18 + 415	10615
26 + 424	12595
41 + 159	1430
47 + 869	1540
55 + 495	2475
70 + 090	2970
77 + 403	3025
84 + 000	3520

**Tab.20 – Potenza autotrasformatori, Binario Dispari**

Si registra un leggero sovraccarico per l'autotrasformatore posizionato alla pk 26+424, pertanto in funzione dell'esercizio e in funzione dell'ora di punta è preferibile la configurazione che prevede la configurazione con i tratti neutri attivi nei PAD. Inoltre in fase di progetto definitivo si valuterà la sovraccaricabilità della macchina o l'eventuale adozione di un posto di autotrasformazione doppio.

In figura 16 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



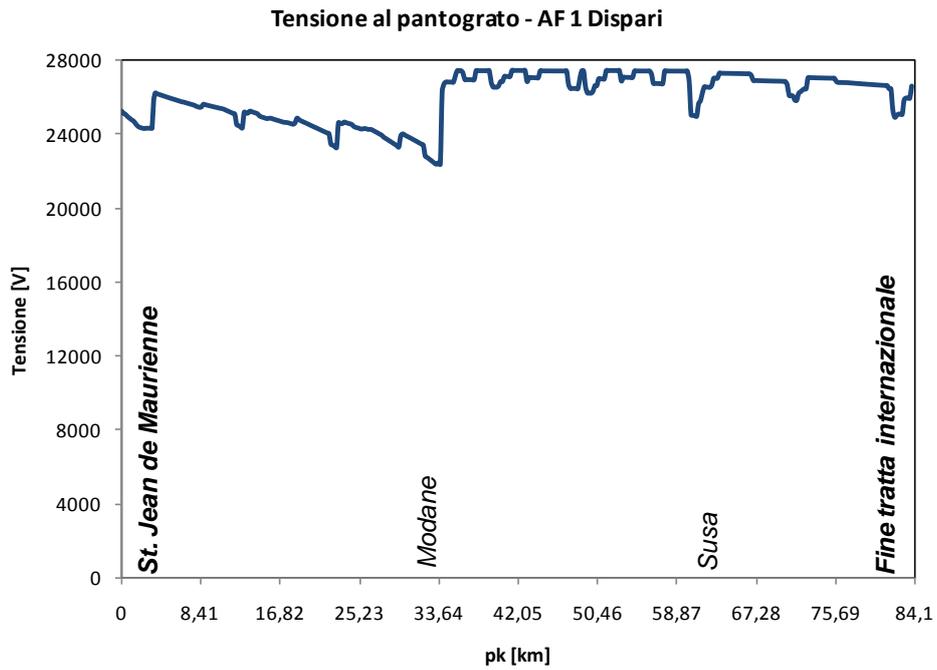
**Fig.16 Distribuzione globale tensioni all'archetto – Binario Dispari**

Il valore di tensione minima per il verso dispari (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) è di 22398 V ed è localizzato al km 33 + 800; mentre il valore di tensione media UIC è di 25182. I valori registrati rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

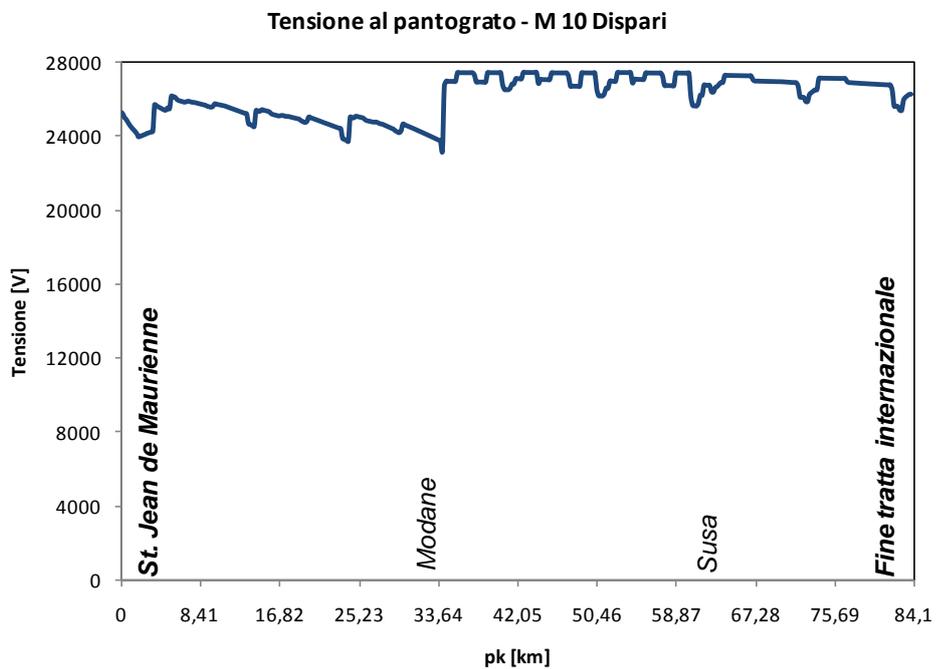
Dalla distribuzione percentuale sopra riportata si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-2400 e superiori a 26000 V. I valori di tensione più bassi (0.5%) risultano essere registrati nella fascia di tensione 23000-22000 e quindi rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Un punto di tensione minima è registrato per il treno AF n°1 (in relazione all'ora di punta vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

Si riportano di seguito gli andamenti più significativi della tensione al pantografo in relazione alla marcia (Fig.17, Fig.18).



**Fig.17 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF 1° nell'ora di punta**

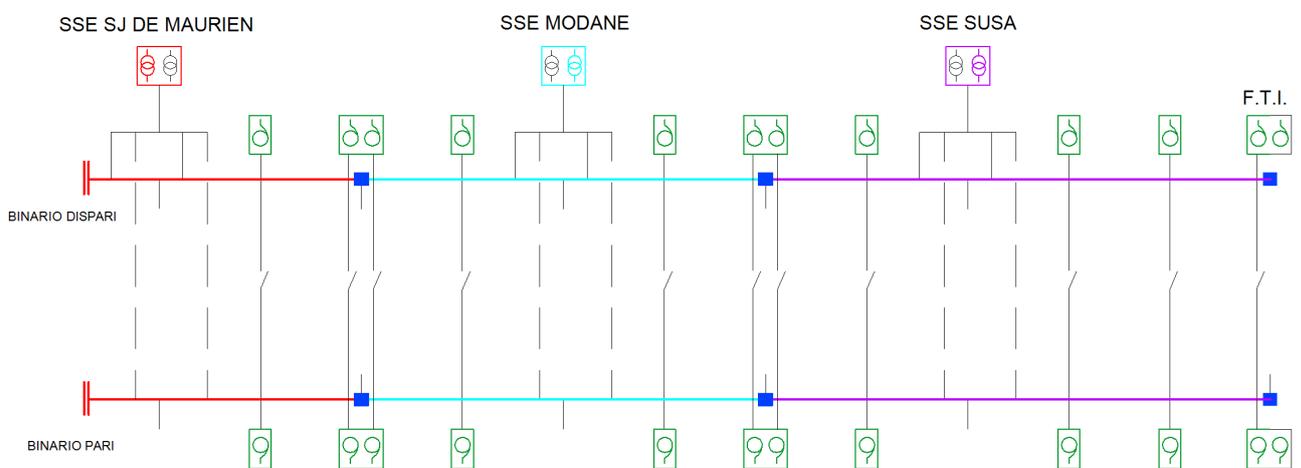


**Fig.18 – Andamento tensione al pantografo/marcia, M 10° nell'ora di punta**

### 6.3.2 Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza – Tratti neutri attivi nei PATD

La seguente figura (fig.19) rappresenta le zone elettriche proprie di ogni sottostazione di trazione in condizione di normale servizio del sistema, nell'ipotesi di alimentazione indipendente dei due sensi di percorrenza.

Inoltre si analizza la configurazione di alimentazione che prevede i tratti neutri attivi nei PATD.



**Fig.19 – Sezioni elettriche in condizione di regime elettrico, TN attivi nei PATD**

Si riportano di seguito i risultati relativi ai due versi di percorrenza analizzati.

## **Binario Pari**

Nelle seguenti tabelle (Tab.21 e Tab.22) sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione in relazione al verso pari di percorrenza.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	4133	8263
Modane	23344	46939
Susa	19529	71281

**Tab.21 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti	Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]	
SJ de Maurienne	Primario	4482	
	Secondario	LC	2447
		Feeder	2007
Modane	Primario	25437	
	Secondario	LC	15290
		Feeder	10174
Susa	Primario	42047	
	Secondario	LC	24914
		Feeder	17215

**Tab.22 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni in relazione al verso pari di percorrenza sono riportati nella seguente tabella.

	<b>Normale servizio Binario Pari</b>
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]	66737
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]	87812
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]	60798
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]	0,72
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]	22391
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE	0,94
Rendimento medio della linea di contatto [%]	99,1
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	8462
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	8462
Corrente media fornita all'archetto [A]	341
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	14352
Tensione media [V]	26360
Tensione media UIC [V]	26127
Tensione minima [V]	23773

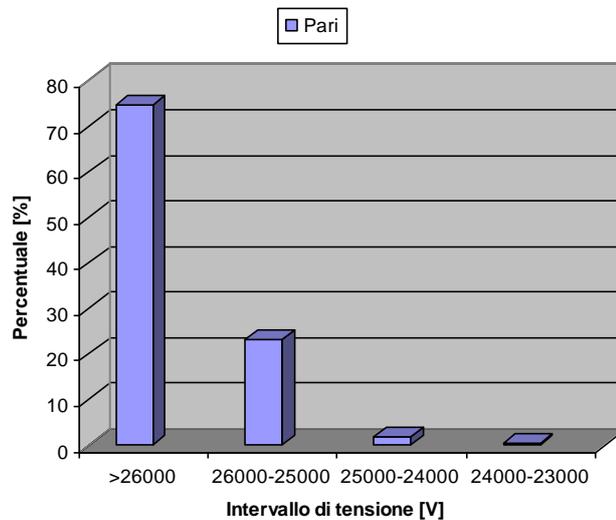
**Tab.23 – Risultati globali, Binario Pari**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

<b>Autotrasformatore</b>	<b>Potenza [kW]</b>
10 + 756	2420
18 +415	1705
18 +748	1979
26 + 424	3630
41 +159	8910
47 + 869	6380
48 + 169	6930
55 + 495	9130
70 + 090	8415
77 + 403	6545
84 + 000	4675

**Tab.24 Potenza autotrasformatori - Binario Pari**

In figura 20 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



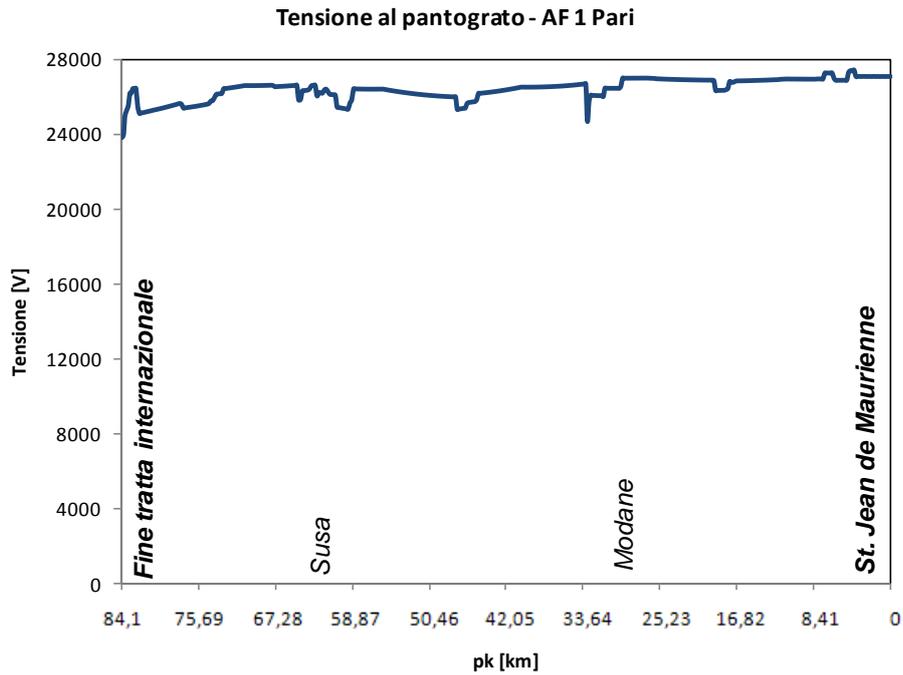
**Fig.20 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, Binario Pari**

Il valore di tensione minima per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 23773 V ed è localizzato al km 84 + 000; mentre il valore di tensione media UIC è di 26127.

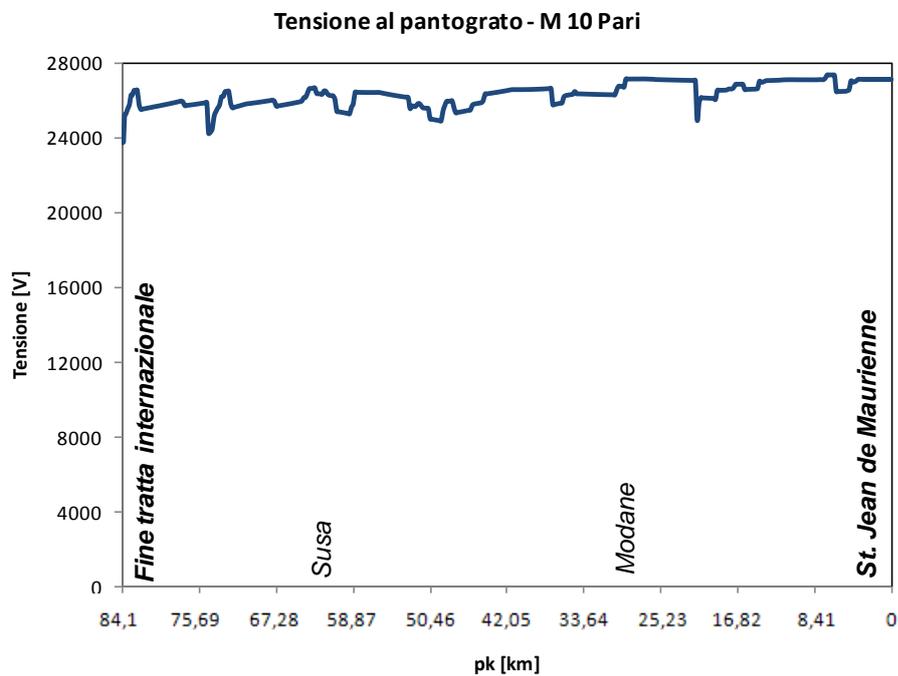
Dalla distribuzione percentuale sopra riportata si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-2500 e superiori a 26000 V. I valori di tensione più bassi, minori dell'unità percentuale (0.3%), risultano essere registrati nella fascia di tensione 24000-23000 e quindi rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Un punto di tensione minima è registrato per il treno AF n°1 (in relazione all'ora di punta vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

Si riportano di seguito gli andamenti più significativi della tensione al pantografo in relazione alla marcia (Fig. 21, Fig.22).



**Fig.21 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF 1° nell'ora di punta**



**Fig.22 – Andamento tensione al pantografo/marcia, M 10° nell'ora di punta**

## **Binario Dispari**

Nelle seguenti tabelle (Tab.25 e Tab.26) sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione in relazione al verso pari di percorrenza.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	26561	43074
Modane	19925	37530
Susa	11183	34974

**Tab.25 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti	Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]	
SJ de Maurienne	Primario	31020	
	Secondario	LC	23456
		Feeder	7645
Modane	Primario	22219	
	Secondario	LC	13200
		Feeder	9047
Susa	Primario	14162	
	Secondario	LC	7644
		Feeder	6517

**Tab.26 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni in relazione al verso dispari di percorrenza sono riportati nella seguente tabella.

	<b>Normale servizio Binario Dispari</b>
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]	57669
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]	79174
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]	52602
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]	0,62
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]	19009
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE	0,94
Rendimento medio della linea di contatto [%]	99,2
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	6116
Corrente media fornita all'archetto [A]	246
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	14362
Tensione media [V]	26515
Tensione media UIC [V]	26200
Tensione minima [V]	23526

**Tab.27 – Risultati globali, Binario Dispari**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

<b>Autotrasformatore</b>	<b>Potenza [kW]</b>
10 + 756	8965
18 +415	6545
18 +748	6600
26 + 424	8745
41 +159	1815
47 + 869	1540
48 + 169	1210
55 + 495	2475
70 + 090	3245
77 + 403	3135
83 + 700	3574

**Tab.27 – Potenza autotrasformatori, Binario Dispari**

In figura 23 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.

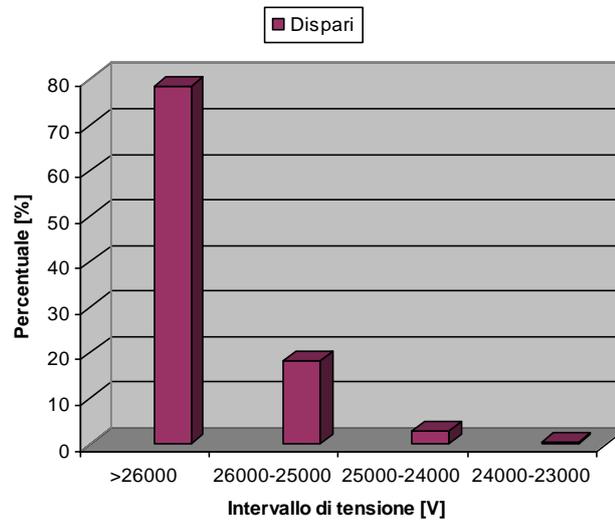


Fig.23 – Distribuzione globale tensioni all'archetto

Il valore di tensione minima per il verso dispari (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) è di 23526 V ed è localizzato al km 34 + 100; mentre il valore di tensione media UIC è di 26200 . I valori registrati rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Dalla distribuzione percentuale sopra riportata si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-2500 e superiori a 26000 V. I valori di tensione più bassi, minori dell'unità percentuale (0.4%), risultano essere registrati nella fascia di tensione 24000-23000 e quindi rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Un punto di tensione minima è registrato per il treno AF n°1 (in relazione all'ora di punta vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

Si riportano di seguito gli andamenti più significativi della tensione al pantografo in relazione alla marcia (Fig. 24, Fig.25).

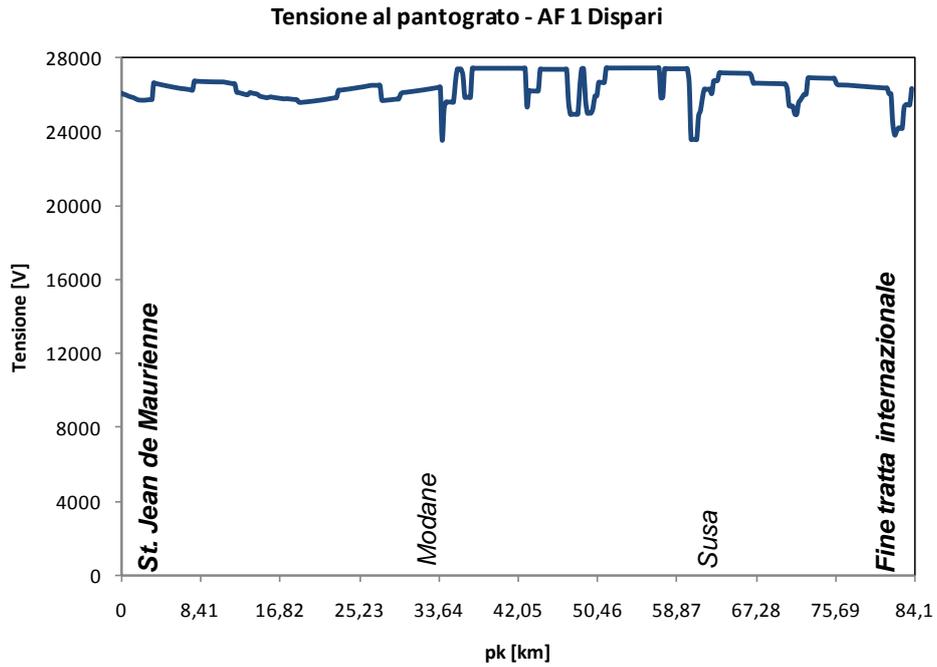


Fig.24 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF 1° nell'ora di punta

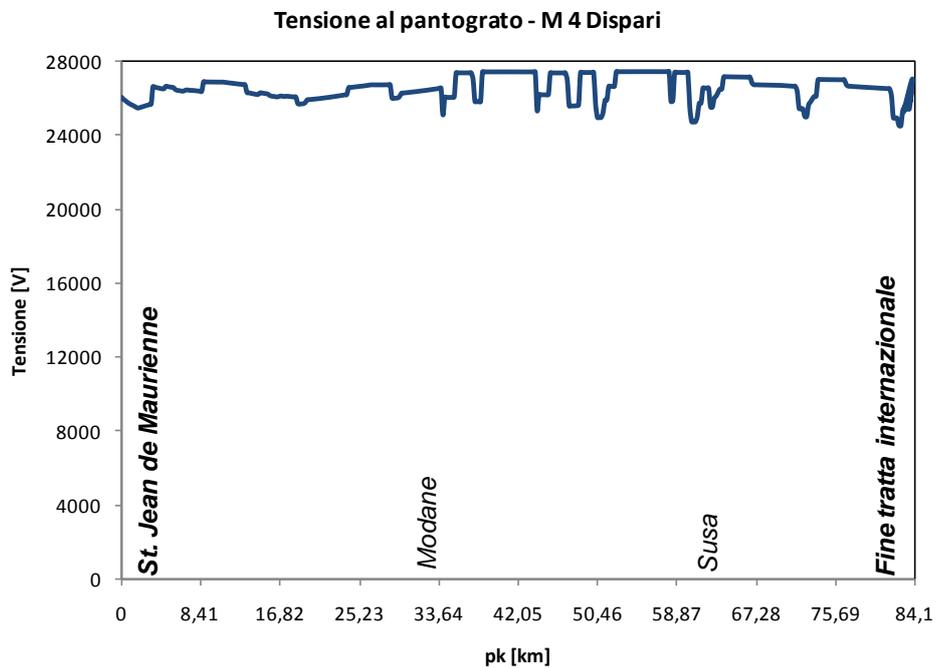
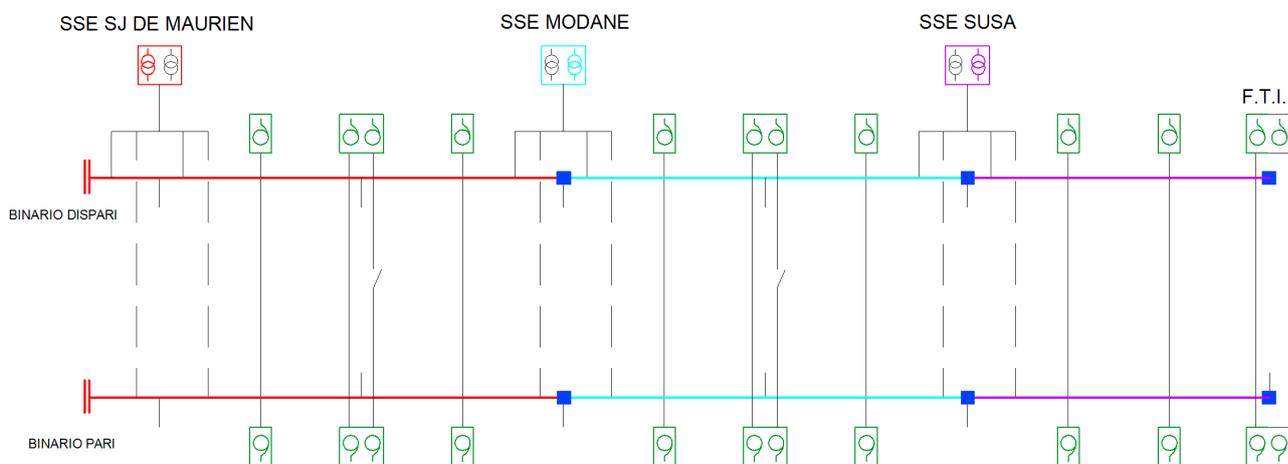


Fig.25 – Andamento tensione al pantografo/marcia, M 4° nell'ora di punta

### 6.3.3 Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione che preveda la messa in parallelo elettrico dei due sensi di percorrenza - Tratti neutri attivi in SSE

La seguente figura (fig.26) rappresenta le zone elettriche proprie di ogni sottostazione di trazione in condizione di normale servizio del sistema, nell'ipotesi di alimentazione che preveda la messa in parallelo dei due sensi di marcia.

Inoltre si analizza la configurazione di alimentazione che prevede i tratti neutri attivi in SSE.



**Fig.26 – Sezioni elettriche in condizione di regime, TN attivi in SSE**

.In tabella 28 e 29 sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	56389	76613
Modane	38906	56544
Susa	30391	51679

**Tab.28 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti		Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]
SJ de Maurienne	Primario		60059
	Secondario	LC	38470
		Feeder	21642
Modane	Primario		39820
	Secondario	LC	22880
		Feeder	16995
Susa	Primario		31377
	Secondario	LC	18507
		Feeder	12952

**Tab.29 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni sono riportati in Tab.30.

		Normale servizio di tutte le SSE
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]		125687
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]		152037
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]		113862
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]		1,35
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]		43790
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE		0,93
Rendimento medio della linea di contatto [%]		98,7
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6116
Corrente media fornita all'archetto [A]	Pari	341
	Dispari	251
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	Pari	14352
	Dispari	14362
Tensione media [V]	Pari	25982
	Dispari	26017
Tensione media UIC [V]	Pari	26105
	Dispari	25645
Tensione minima [V]	Pari	23460
	Dispari	23531

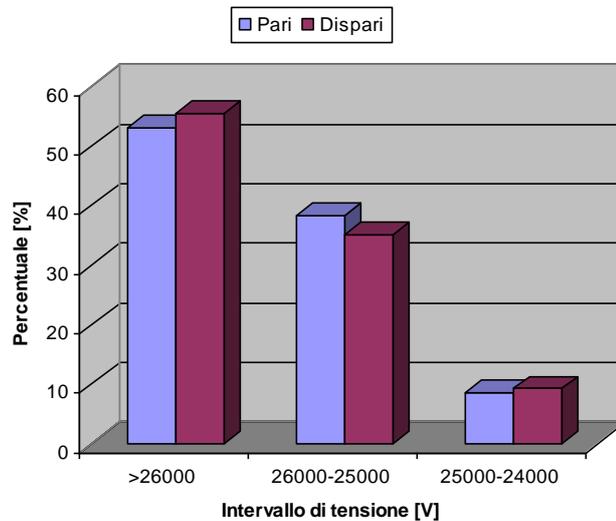
**Tab.30 – Risultati globali, Normale servizio di tutte le SSE**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

Autotrasformatore		Potenza [kW]
10 + 756	Pari	6930
	Dispari	6930
18 + 415	Pari	6627
	Dispari	6627
26 + 424	Pari	8222
	Dispari	8222
41 + 159	Pari	5335
	Dispari	5335
47 + 869	Pari	5335
	Dispari	5335
55 + 495	Pari	6572
	Dispari	6572
70 + 090	Pari	5225
	Dispari	5225
77 + 403	Pari	4537
	Dispari	4537
83 + 700	Pari	3685
	Dispari	3685

**Tab.31 – Potenza autotrasformatori, Normale servizio di tutte le SSE**

In figura 27 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



**Fig.27 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, Normale servizio di tutte le SSE**

Il valore di tensione minima per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 23460 V ed è localizzato al km 33 + 800; mentre per il verso dispari (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) è di 23531 V ed è localizzato al km 32 + 300. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia sono ampiamente maggiori del valore minimo normativo (17500 V).

Il valore di tensione media UIC per il verso pari è di 26105 V mentre per il verso dispari è di 25645 V. Entrambi i valori rispettano i limiti normativi imposti (22500 V).

Dalle distribuzioni percentuale sopra riportate si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-25000 e maggiore di 26000 V. I valori di tensione più bassi (8.5% nel verso pari e 9.2% nel verso dispari) risultano essere registrati nella fascia di tensione 25000-24000 e quindi rispettano ampiamente i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Si riportano nelle figure seguenti (Fig.28, Fig.29) gli andamenti tensione al pantografo / marcia per il treno tipo AF n°1 per entrambi i sensi di marcia.

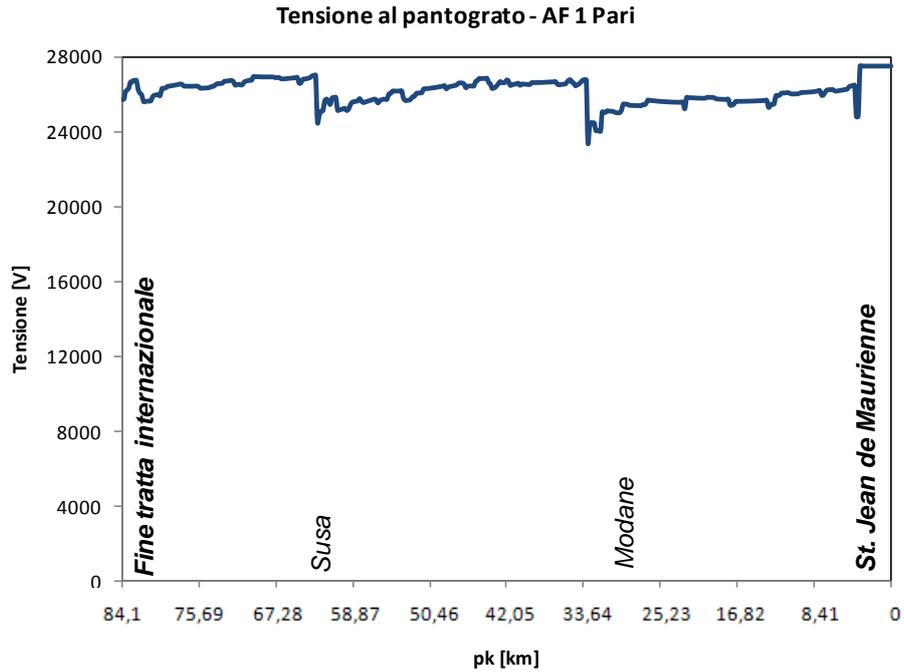


Fig.28 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF pari 1° nell'ora di punta

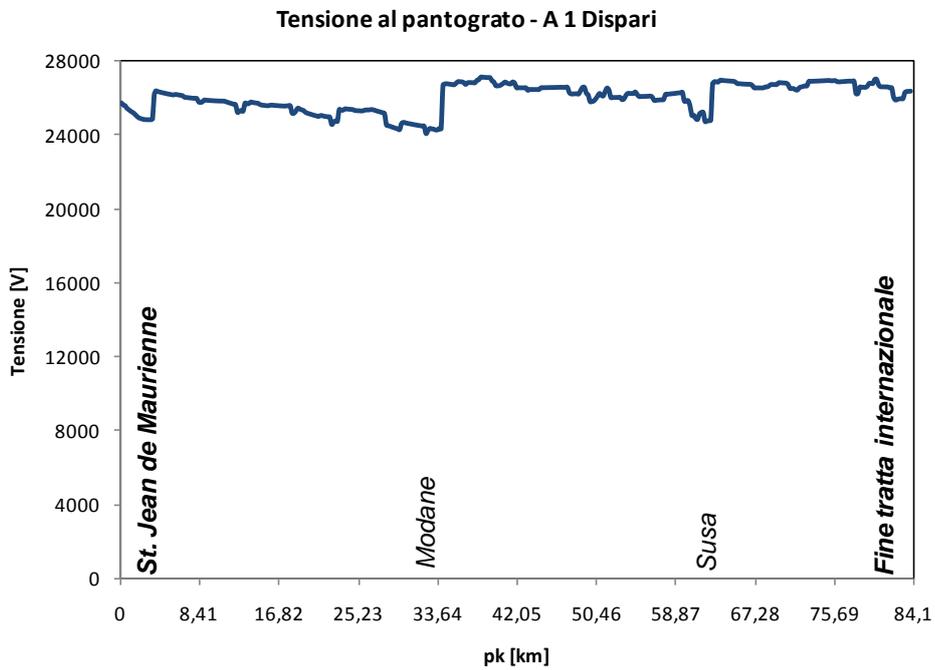
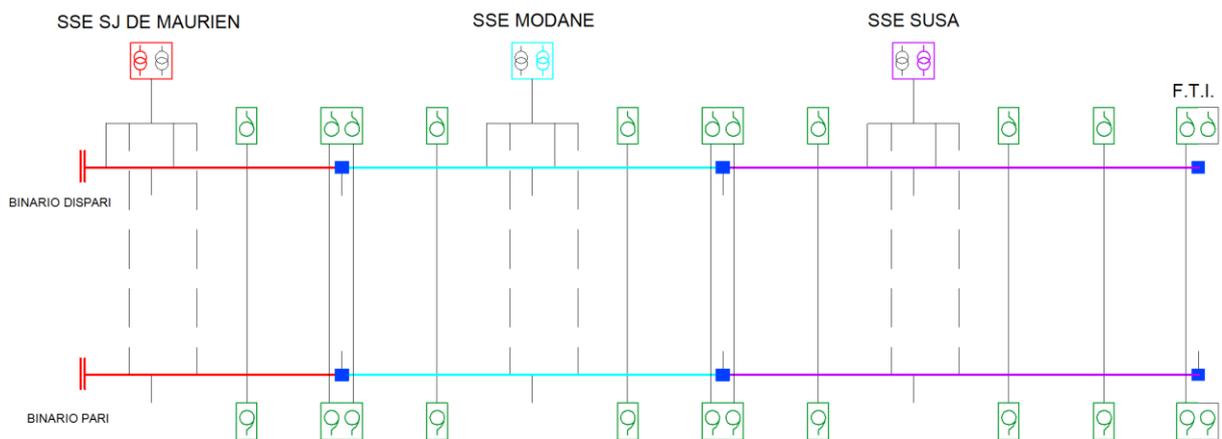


Fig.29 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF dispari 1° nell'ora di punta

### 6.3.4 Normale servizio di tutte le SSE con alimentazione che preveda la messa in parallelo elettrico dei due sensi di percorrenza - Tratti neutri attivi nei PATD

La seguente figura (fig.30) rappresenta le zone elettriche proprie di ogni sottostazione di trazione in condizione di normale servizio del sistema, nell'ipotesi di alimentazione che preveda la messa in parallelo dei due sensi di marcia.

Inoltre si analizza la configurazione di alimentazione che prevede i tratti neutri attivi nei PATD.



**Fig.30** Sezioni elettriche in condizione di regime TN attivi nei PATD

In tabella 32 e 33 sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	30594	46873
Modane	42957	71263
Susa	49890	81286

**Tab.32 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti		Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]
SJ de Maurienne	Primario		34980
	Secondario	LC	25025
		Feeder	9982
Modane	Primario		45512
	Secondario	LC	26702
		Feeder	18864
Susa	Primario		52579
	Secondario	LC	29975
		Feeder	22715

**Tab.33 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni sono riportati in tabella 34.

		Normale servizio di tutte le SSE
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]		123440
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]		149488
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]		113186
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]		1,34
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]		40415
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE		0,94
Rendimento medio della linea di contatto [%]		99,3
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6116
Corrente media fornita all'archetto [A]	Pari	338
	Dispari	244
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	Pari	14352
	Dispari	14362
Tensione media [V]	Pari	26420
	Dispari	26481
Tensione media UIC [V]	Pari	26328
	Dispari	26414
Tensione minima [V]	Pari	25139
	Dispari	25157

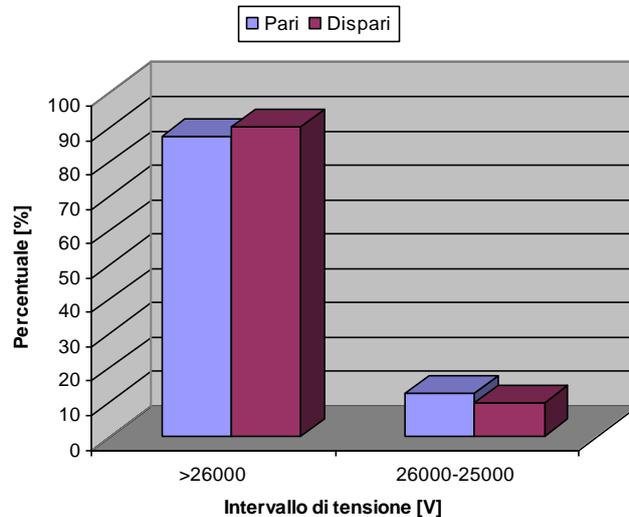
**Tab. 34 – Risultati globali, Normale servizio di tutte le SSE**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

Autotrasformatore		Potenza [kW]
10 + 756	Pari	6022
	Dispari	6022
18 +415	Pari	4097
	Dispari	4097
18 +748	Pari	6077
	Dispari	6077
26 + 424	Pari	4152
	Dispari	4152
41 +159	Pari	5307
	Dispari	5307
47 + 869	Pari	3712
	Dispari	3712
48 + 169	Pari	5445
	Dispari	5445
55 + 495	Pari	3767
	Dispari	3767
70 + 090	Pari	5747
	Dispari	5747
77 + 403	Pari	4702
	Dispari	4702
83 + 400	Pari	3767
	Dispari	3767

**Tab.35 – Potenza autotrasformatore, Normale servizio di tutte le SSE**

In figura 31 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



**Fig.31 Distribuzione globale tensioni all'archetto – Normale servizio di tutte le SSE**

Il valore di tensione minima per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 25139 V ed è localizzato al km 81 + 900; mentre per il verso dispari (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) è di 25157 V ed è localizzato al km 82 + 700. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia sono ampiamente maggiori del valore minimo normativo (17500 V).

Il valore di tensione media UIC per il verso pari è di 26328 V mentre per il verso dispari è di 26414 V. Entrambi i valori rispettano i limiti normativi imposti (22500 V).

Dalle distribuzioni percentuale sopra riportate si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione maggiore di 26000 V. I valori di tensione più bassi (12.6% nel verso pari e 9.6% nel verso dispari) risultano essere registrati nella fascia di tensione 26000-25000 e quindi rispettano ampiamente i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Si riportano nelle figure seguenti (Fig.32, Fig.33) gli andamenti tensione al pantografo / marcia per il treno tipo AF n°1 per entrambi i sensi di marcia.

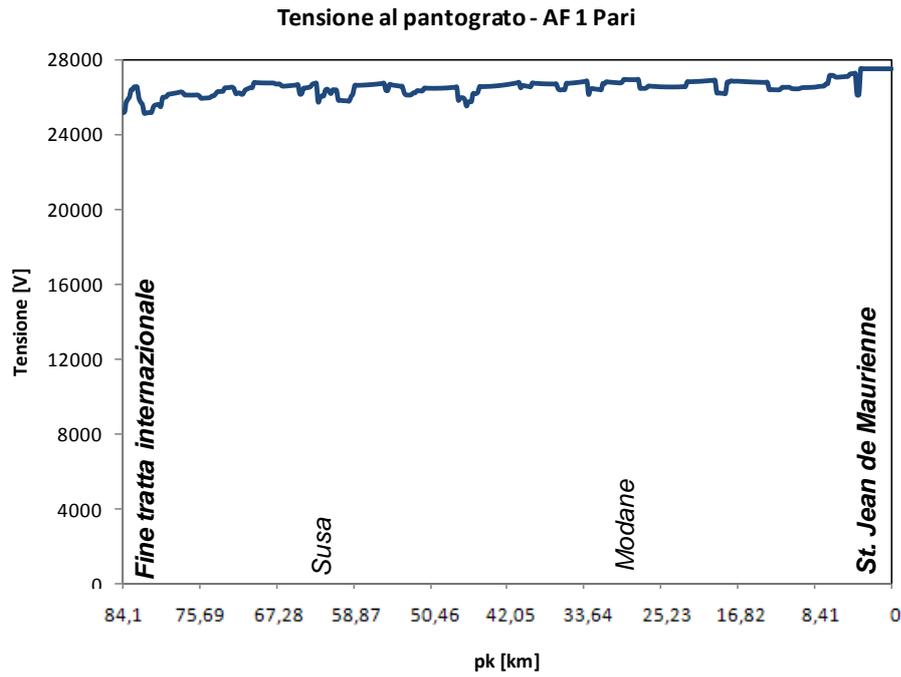


Fig.32 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF pari 1° nell'ora di punta

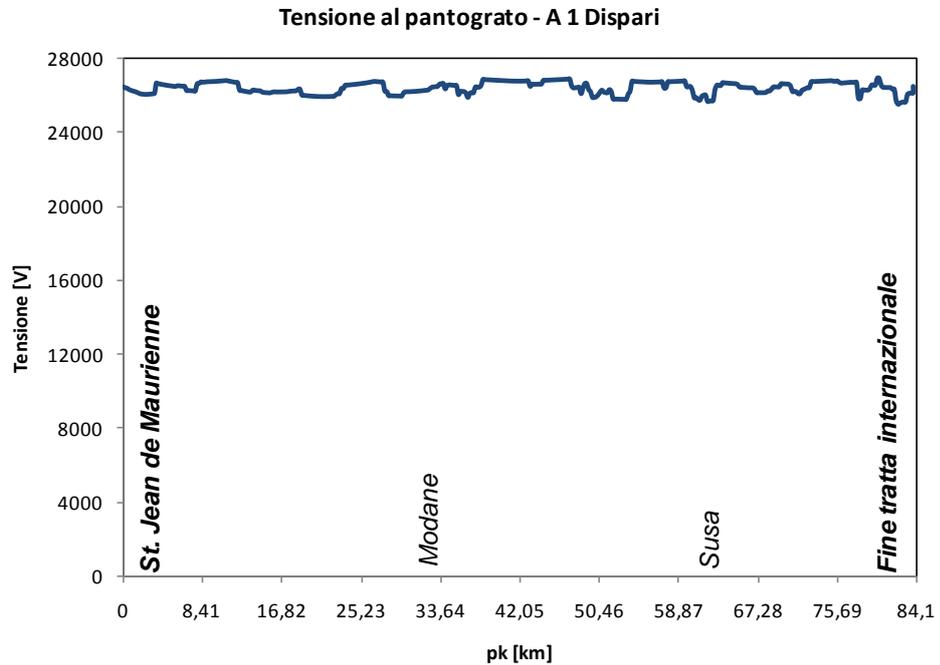


Fig.33 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF dispari 1° nell'ora di punta

### 6.3.5 Condizione di degrado completo di una SSE

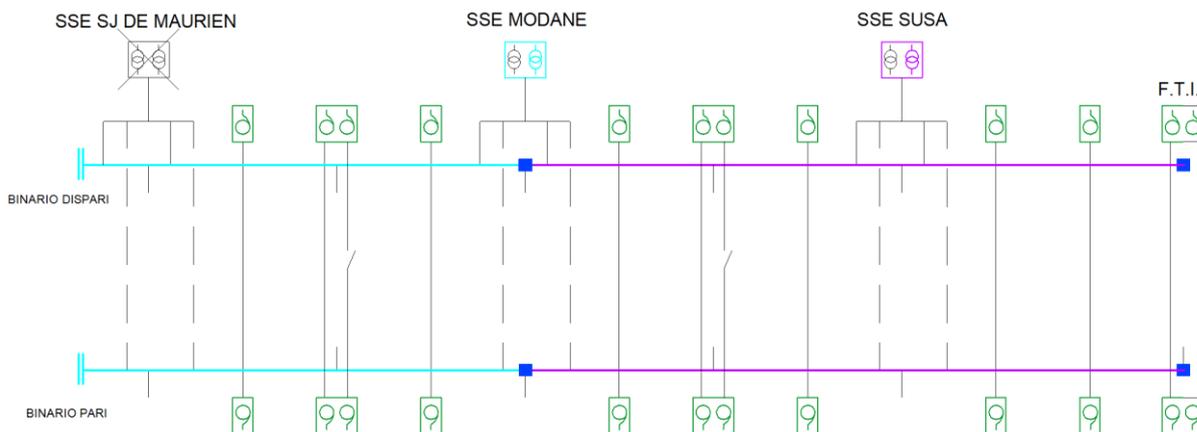
La condizione di degrado completo di una SSE determina la necessità di alimentazione che preveda la messa in parallelo elettrico tra le linee di contatto e i feeders dei due binari in modo da beneficiare della suddivisione delle correnti sui conduttori (catenaria e feeder), limitando le cadute di tensione in linea.

Nel caso di fuori servizio di una SSE, si è analizzata la condizione in cui la SSE adiacente alimenti la sezione corrispondente con un unico trasformatore di potenza, secondo la configurazione che minimizza il numero di tratti neutri attivi.

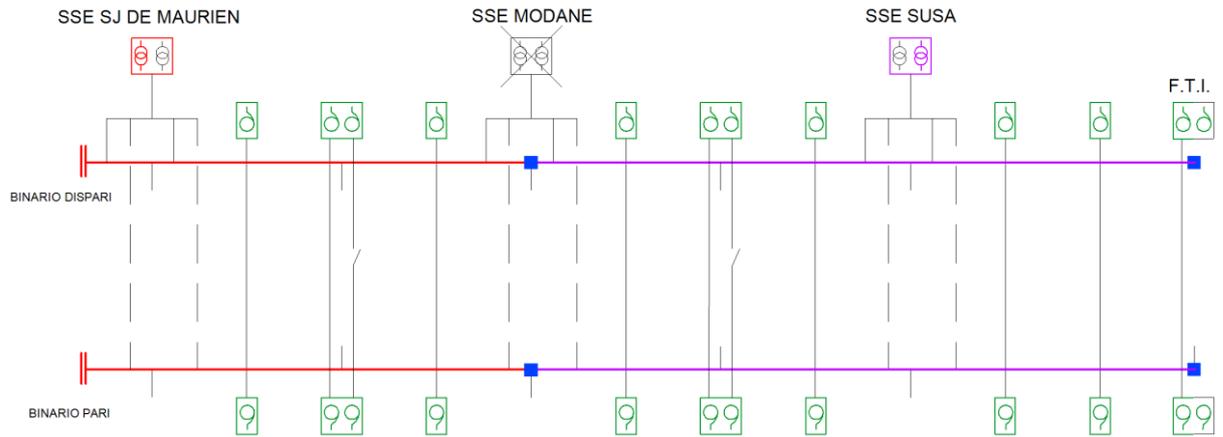
Del resto la condizione di **dimensionamento del sistema elettrico di trazione** è costituita dal degrado completo della SSE di Susa. In tale situazione il trasformatore di trazione della SSE di Modane alimenta in antenna circa 50 km indipendentemente dalla gestione dei tratti neutri attivi.

Nelle restanti condizioni di degrado completo di SSE, in funzione delle condizioni di esercizio, una migliore distribuzione del carico si avrebbe alimentando con entrambi i trasformatori e prevedendo i tratti neutri attivi in SSE e nei PATD.

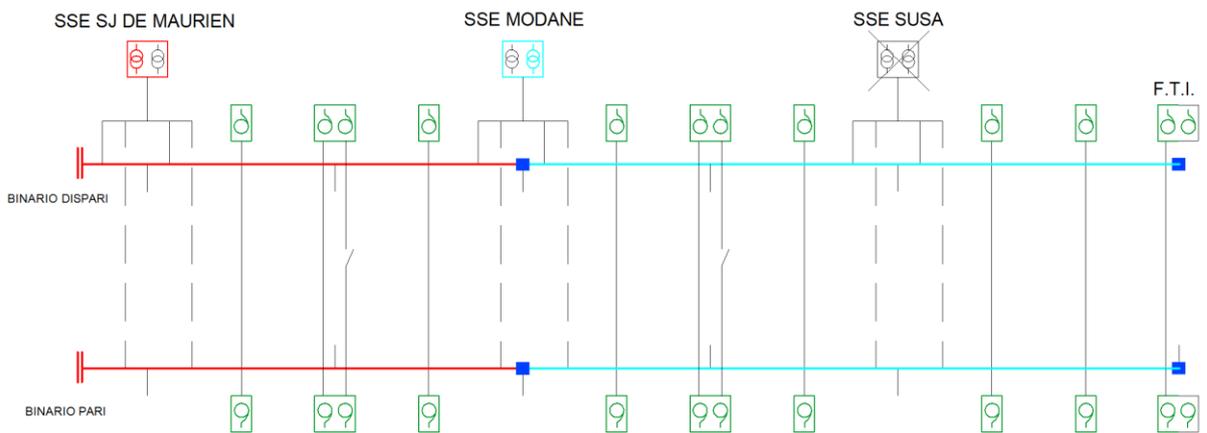
Le seguenti figure (Fig.34, Fig.35, Fig.36) rappresentano le zone elettriche proprie di ogni sottostazione in condizione di degrado ciclico di SSE.



**Fig.34 – Sezioni elettriche in condizione di degrado completo della SSE SJ de Maurienne**



**Fig.35 – Sezioni elettriche in condizione di degrado completo della SSE Modane**



**Fig.36 – Sezioni elettriche in condizione di degrado completo della SSE Susa**

In tabella 36 e 37 sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione in relazione al degrado di SSE analizzato.

SSE Fuori Servizio	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]					
	SJ de Maurienne		Modane		Susa	
	Media	Massima	Media	Massima	Media	Massima
SJ de Maurienne	-	-	57107	75607	71028	102440
Modane	56389	76613	-	-	71028	102440
Susa	56389	76613	77702	114422	-	-

**Tab.36 – Potenza assorbita dalla rete primaria in caso di degrado di SSE**

SSE Fuori Servizio	Avvolgimenti	Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]		
		SJ de Maurienne	Modane	Susa
SJ de Maurienne	Primario	-	57695	73122
	Secondario	LC	-	40507
		Feeder	-	25025
Modane	Primario	60059	-	73122
	Secondario	LC	38472	40507
		Feeder	21642	-
Susa	Primario	60059	78650	-
	Secondario	LC	38472	-
		Feeder	21642	35667

**Tab.37 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea in relazione al degrado di SSE analizzato.

		Potenza [kW]		
		SSE Fuori Servizio		
Autotrasformatore		SJ de Maurienne	Modane	Susa
10 + 756	Pari	11110	6930	6930
	Dispari	11110	6930	6930
18 + 415	Pari	7260	6627	6627
	Dispari	7260	6627	6627
26 + 424	Pari	6792	8222	8222
	Dispari	6792	8222	8222
41 + 159	Pari	6930	6930	6077
	Dispari	6930	6930	6077
47 + 869	Pari	5665	5665	5940
	Dispari	5665	5665	5940
55 + 495	Pari	6050	6050	7340
	Dispari	6050	6050	7342
70 + 090	Pari	6160	6160	7425
	Dispari	6160	6160	7425
77 + 403	Pari	4840	4840	5692
	Dispari	4840	4840	5692
83 + 400	Pari	3850	3850	4482
	Dispari	3850	3850	4482

**Tab.38 – Potenza autotrasformatori, Fuori servizio di SSE**

Si registra un leggero sovraccarico per l'autotrasformatore posizionato alla pk 10 + 756, pertanto in fase di progetto definitivo si valuterà la sovraccaricabilità della macchina o l'eventuale adozione di un posto di autotrasformazione doppio.

Si riportano nella seguente tabella i risultati globali delle simulazioni in relazione al degrado di SSE analizzato.

	SSE fuori servizio		
	SJ de Maurienne	Modane	Susa
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]	128135	127417	134092
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]	156848	154688	171846
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]	114340	113934	115602
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]	1,36	1,35	1,37
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]	45958	44131	53362
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE	0,93	0,93	0,90
Rendimento medio della linea di contatto [%]	98,4	98,7	97,1
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	Pari	8462	8462
	Dispari	6117	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	Pari	8462	8462
	Dispari	6116	6117
Corrente media fornita all'archetto [A]	Pari	348	8437
	Dispari	256	6113
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	Pari	14352	14352
	Dispari	14362	14362
Tensione media [V]	Pari	25486	24306
	Dispari	25538	24383
Tensione media UIC [V]	Pari	25564	23705
	Dispari	25197	24781
Tensione minima [V]	Pari	23663	18354
	Dispari	23387	18353

**Tab.39 – Risultati globali, Fuori servizio SSE**

La seguente tabella riassume, invece, i valori di tensione minima la loro localizzazione spaziale in riferimento alla condizione di degrado di SSE analizzata.

		TENSIONE MINIMA LIMITE NORMATIVO: 17500 V		
		SSE fuori servizio		
		SJ de Maurienne	Modane	Susa
PARI	[V]	23663	23460	18354
	[km + m]	4 + 500	33 + 800	80 + 900
DISPARI	[V]	23387	23531	18353
	[km + m]	1 + 800	32 + 300	82 + 100

**Tab.40 – Tensioni minime, Fuori servizio SSE**

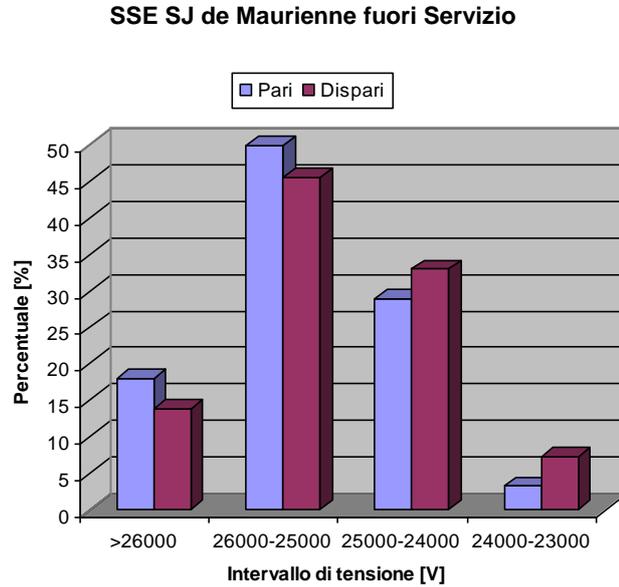
		TENSIONE MEDIA UIC LIMITE NORMATIVO: 22500 V		
		SSE fuori servizio		
		SJ de Maurienne	Modane	Susa
PARI	[V]	25564	25559	23705
DISPARI	[V]	25197	25510	24781

**Tab.41 – Tensioni medie UIC, Fuori servizio SSE**

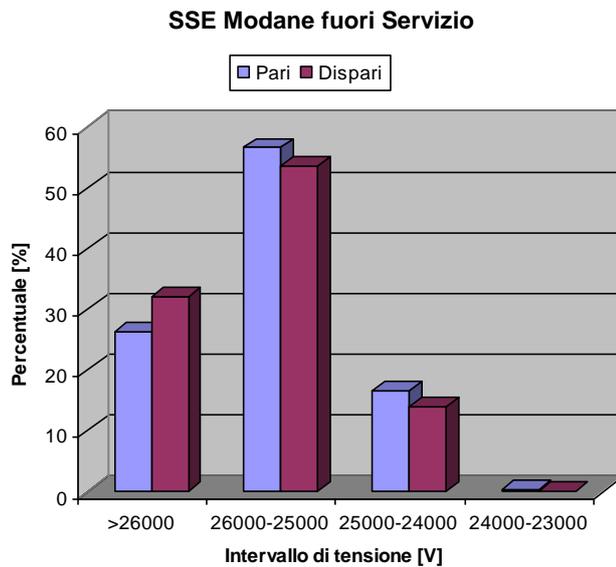
Il valore minimo di tensione per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 18354 V ed è localizzato al km 80 + 900; mentre per il verso dispari è di 18353 V ed è localizzato al km 82 + 100; entrambi i valori corrispondono al caso di fuori servizio della SSE di Susa. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia rientrano nei limiti normativi imposti dalle norme di riferimento (17500 V).

Il valore piu basso di tensione media UIC per il verso pari è di 23705 V mentre per il verso dispari è di 24781 V i valori corrispondono al caso di fuori servizio della SSE di Susa e rispettano i limiti normativi imposti (22500 V).

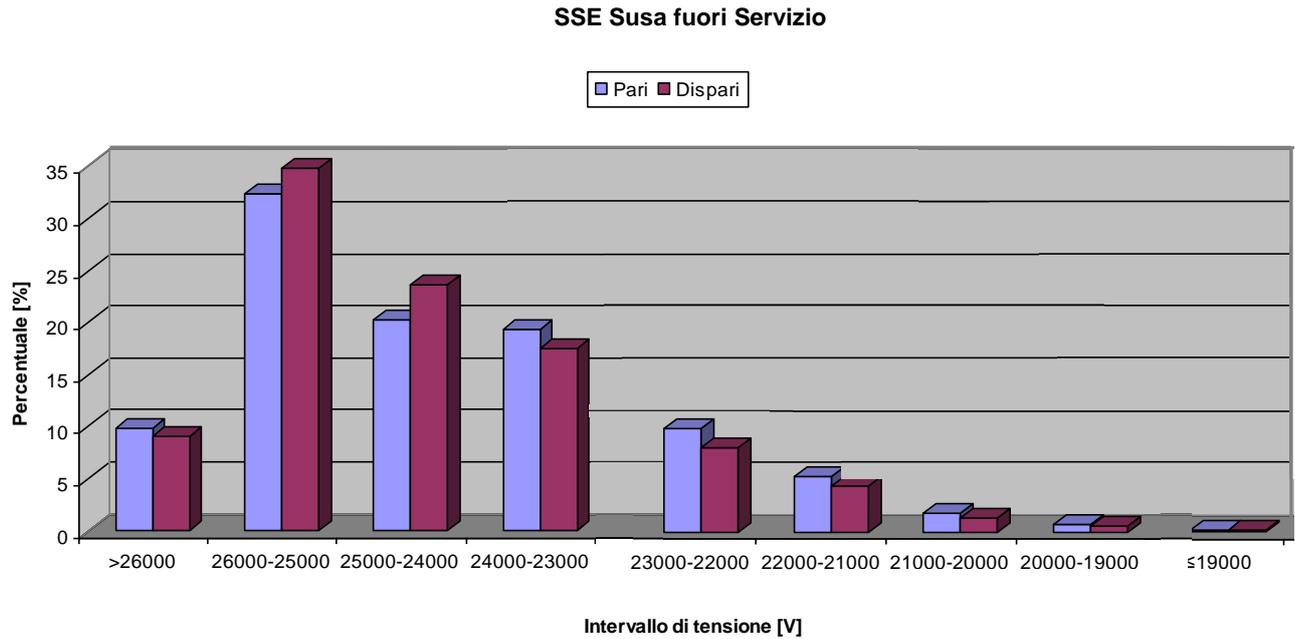
Le seguenti figure (Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39) riportano le distribuzioni in percentuale delle tensioni globali all'archetto per ogni situazione di degrado di SSE analizzata.



**Fig.37 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, SSE SJDM fuori servizio**



**Fig.38 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, SSE Modane fuori servizio**

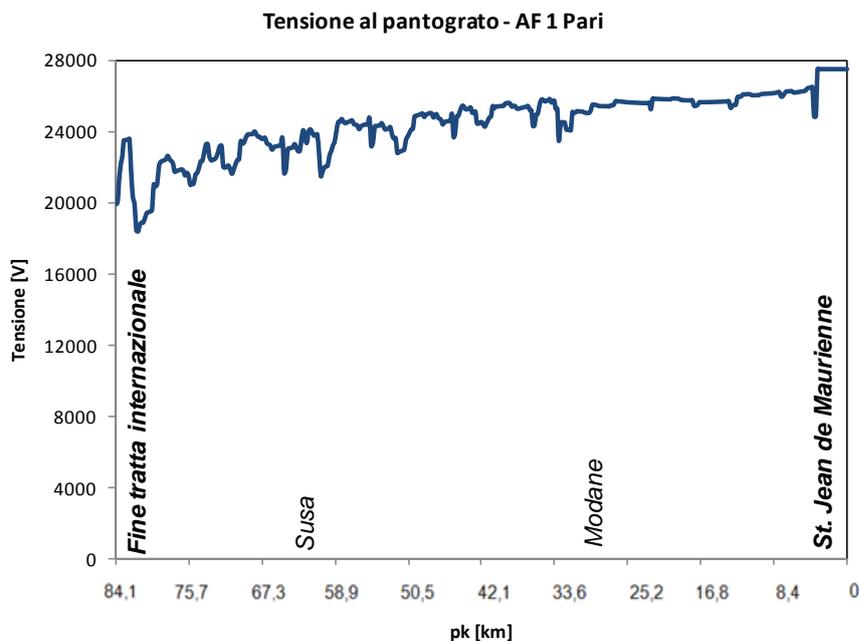


**Fig.39 – Distribuzione globale tensioni all’archetto, SSE Susa fuori servizio**

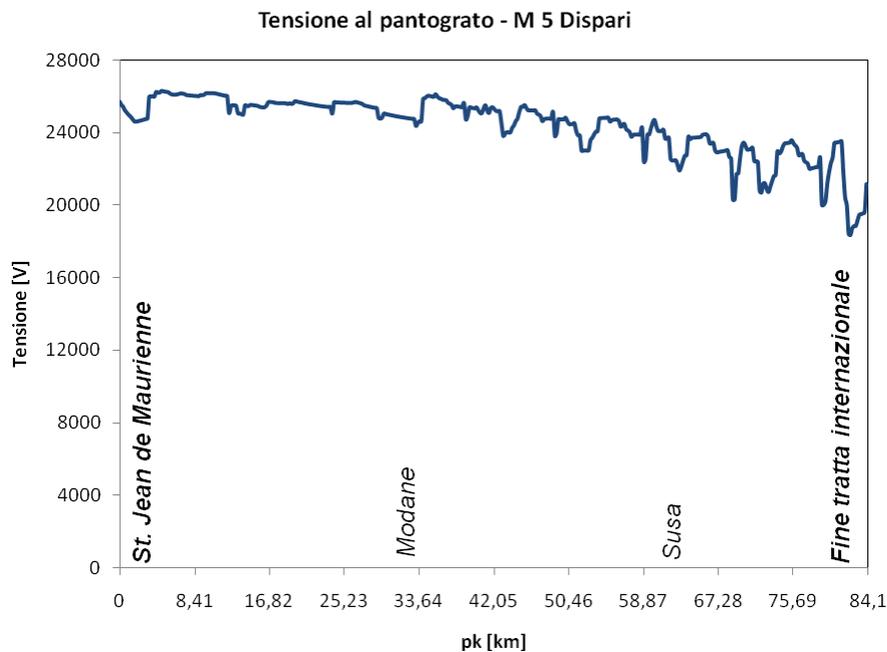
Dalle distribuzioni percentuali di tensione all’archetto sopra riportate si denota come nel caso di degrado peggiore cioè la condizione di fuori servizio completo della SSE di Susa, la tensione all’archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-2300. Percentuali di tensione nel verso pari (0.3 %) e nel verso dispari (0.2%) in cui il valore di tensione all’archetto risulta essere minore di 19000 V risultano minori dell’unità percentuale quindi trascurabili e comunque conformi ai limiti imposti dalle normative di riferimento.

Si riportano di seguito (Fig.40, Fig.41) gli andamenti più significativi della tensione al pantografo in relazione alla marcia.

Nel caso di fuori servizio della SSE di Susa in cui si registrano i valori minimi assoluti di tensione per il sistema in degrado elettrico, punti di tensione minima nel verso pari e dispari sono registrati rispettivamente per il treno AF n°1 e per il treno M n°5 (in relazione all'ora di punta vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").



**Fig.40 – Andamento tensione al pantografo/marcia, AF pari 1° nell'ora di punta**

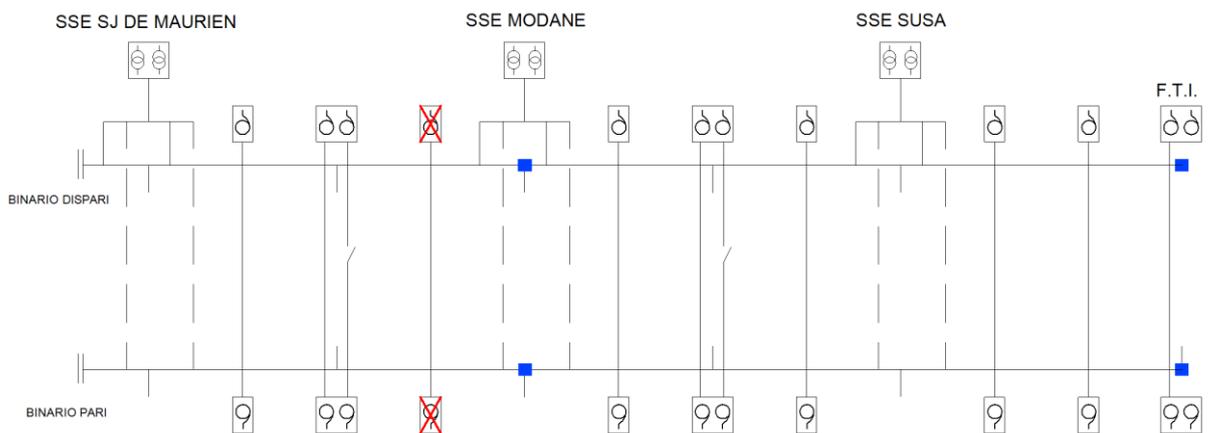


**Fig.41 – Andamento tensione al pantografo/marcia Merci dispari 5° nell'ora di punta**

### 6.3.6 Condizione di degrado completo di un PATS

Per l'analisi di degrado di un autotrasformatore si è analizzata la condizione peggiore nel caso di alimentazione che preveda la messa in parallelo dei due sensi di marcia, cioè la perdita di un autotrasformatore nella sezione in cui in condizione di normale funzionamento si registra la tensione minima al pantografo.

La configurazione analizzata prevede quindi la messa in parallelo dei due sensi di marcia e tratti neutri attivi in SSE e la perdita del posto di autotrasformazione pari/dispari situato al km 26 + 424.



**Fig.42 – Condizioni di degrado completo di un PATS**

Di seguito si riportano i valori di tensione media UIC e tensione minima risultanti dall'analisi simulativa.

		TENSIONE MEDIA UIC LIMITE NORMATIVO: 22500 V
		PATS fuori servizio
PARI	[V]	26055
DISPARI	[V]	25449

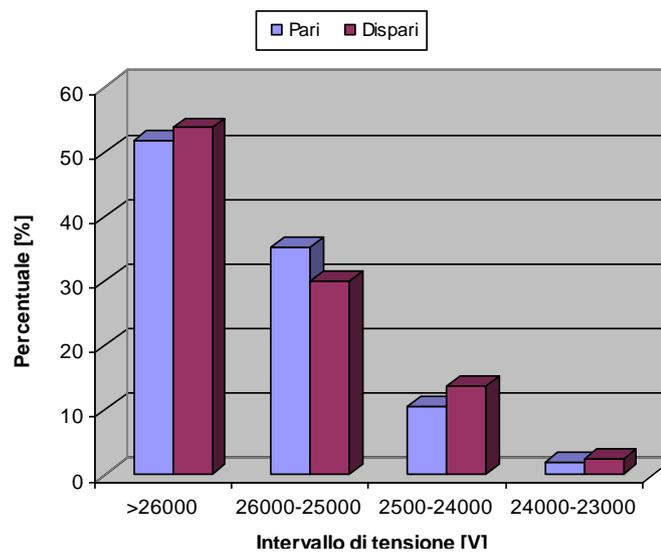
**Tab.42 – Tensione media UIC, Fuori servizio PATS**

		TENSIONE MINIMA LIMITE NORMATIVO: 17500 V
		PATS fuori servizio
PARI	[V]	22329
	[km + m]	33 + 700
DISPARI	[V]	22382
	[km + m]	32 + 200

**Tab.43 – Tensione minima, Fuori servizio PATS**

Nel caso di fuori servizio di un autotrasformatore di un PATS le tensioni medie UIC e minime assolute sono ampiamente maggiori dei limiti imposti dalle norme di riferimento ( $V_{UIC}=22500$  [V] ;  $V_{MIN}=17500$  [V]).

Si riporta nel seguito la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto, che sintetizza l'affidabilità del sistema a garantire le prestazioni di tensioni imposte dalle normative di riferimento.



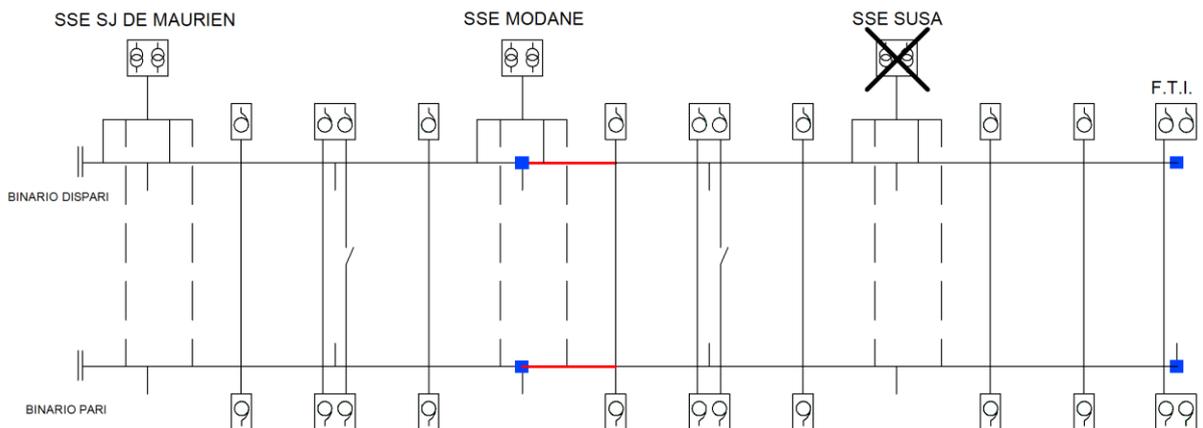
**Fig.43 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, Fuori servizio PATS**

## 6.4 Analisi termica catenaria

Scopo di questa sezione è l'analisi termica dei conduttori cioè determinare il surriscaldamento provocato dal passaggio della corrente di trazione, e verificare che la temperatura massima raggiunta dalla catenaria sia contenuta entro gli 80°C, così come previsto dalla norma di riferimento CEI EN 50119.

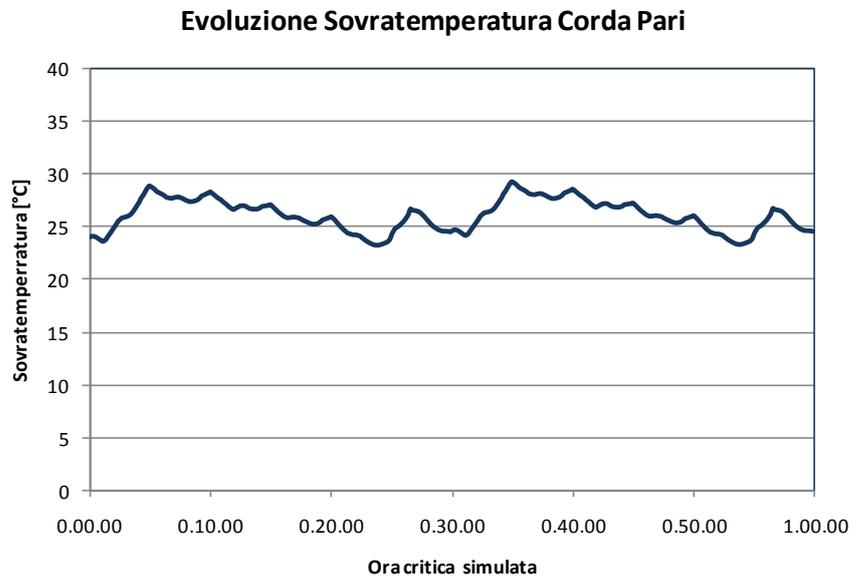
L'analisi è stata realizzata considerando le condizioni più gravose (a favore della sicurezza), cioè si è analizzata la condizione di degrado di SSE che determina la maggiore corrente sulla catenaria e i risultati dei calcoli termici in assenza di refrigerazione (rif. Studio aerulico e termico/raffreddamento, PP2C1TS30006 D).

In particolare la condizione di degrado della SSE Susa, è la condizione che determina la maggiore corrente sulla catenaria. Si ha infatti un valore di corrente media quadratica, all'inizio della cella evidenziata nella seguente figura, sulla catenaria pari di valore 851 A, sulla dispari di 723 A e sul feeder di 648 A.

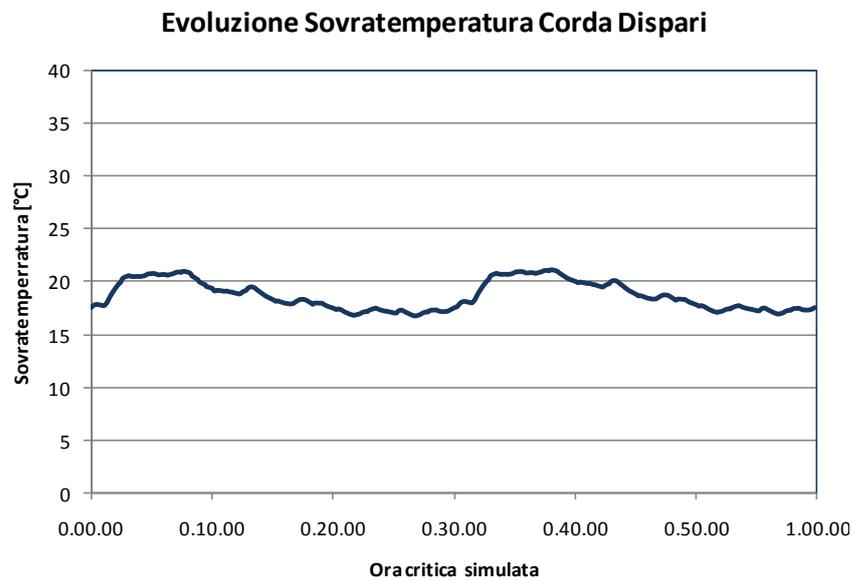


**Fig.44 – Cella con la maggiore corrente sulla catenaria**

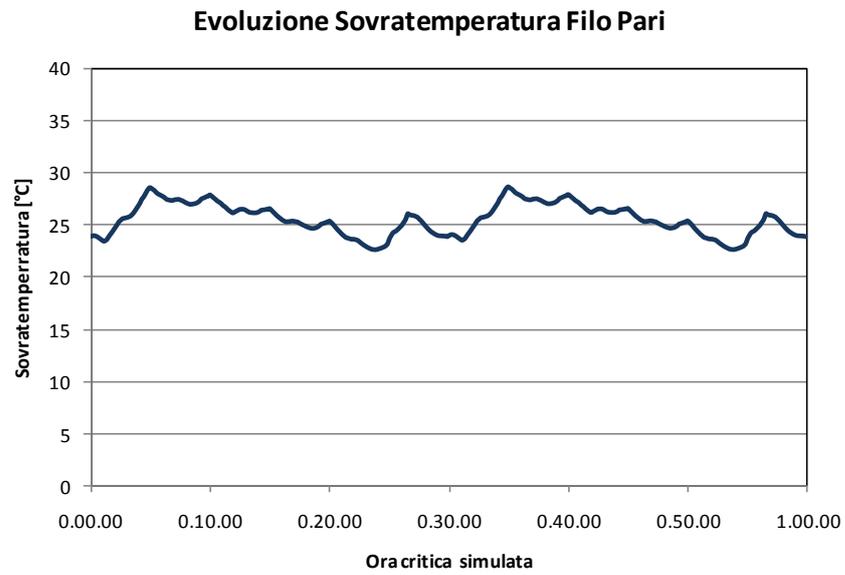
Assumendo come riportato dal documento di riferimento (rif. Studio aerulico e termico/raffreddamento, PP2C1TS30006 D), che la temperatura massima sia a livello cautelativo per entrambi i tunnel pari a 39.8°C, si riportano di seguito gli andamenti di sovratemperatura in relazione all'ora simulata.



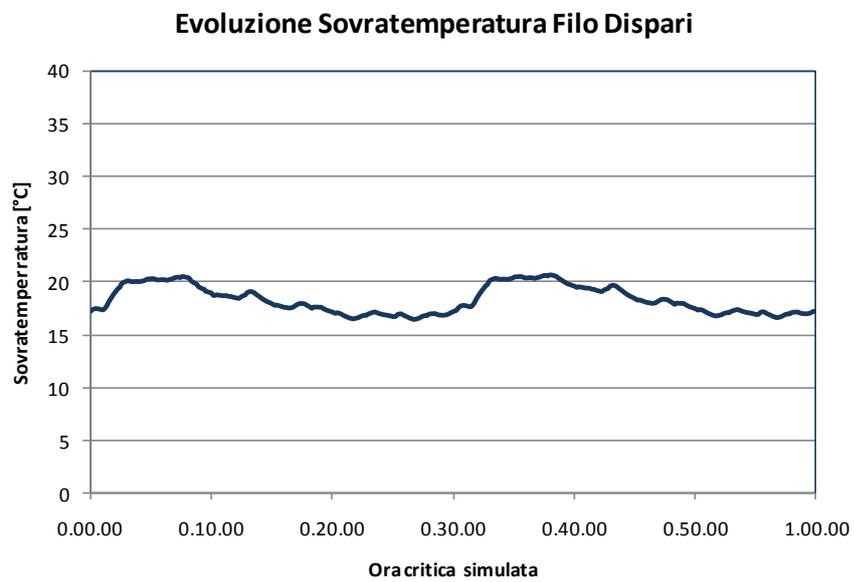
**Fig.45 – Evoluzione della temperatura, corda pari**



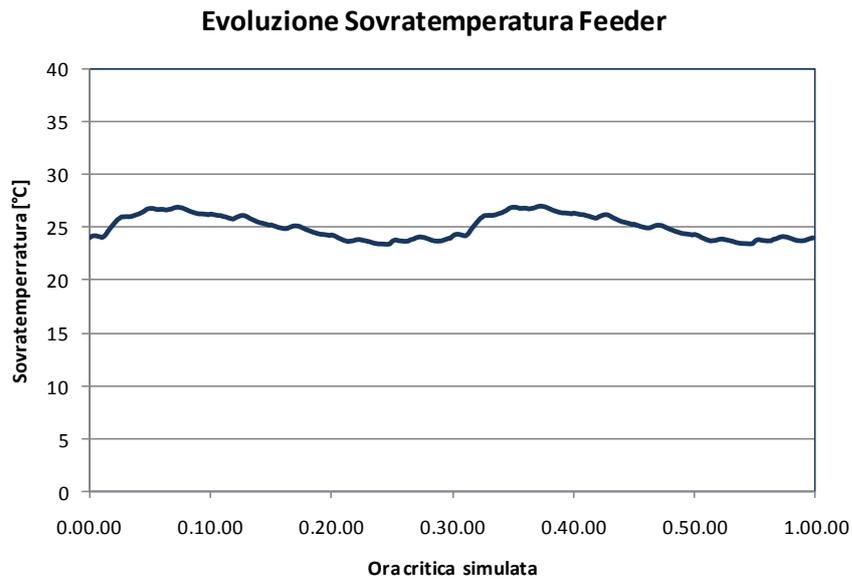
**Fig.46 – Evoluzione della temperatura, corda dispari**



**Fig.47 – Evoluzione della temperatura, filo pari**



**Fig.48 – Evoluzione della temperatura, filo dispari**



**Fig.49 – Evoluzione della temperatura, feeder**

I componenti della catenaria maggiormente sollecitati dal punto di vista termico sono rappresentati dalla corda e dal filo entrambi del verso pari di percorrenza. In particolare si registrano sovratemperature di 29.3 °C per la corda e di 28.7 °C per il filo.

Entrambi i valori di sovratemperatura, considerando la temperatura massima prevista per i due tunnel anche nel caso di assenza di refrigerazione, sono conformi ai limiti previsti dalla normativa di riferimento.

## **6.5 Considerazione sugli squilibri di carico per la SSE di SJ de Maurienne**

Dall'analisi dei risultati simulativi si evince che il carico monofase di squilibrio per la SSE di SJ de Maurienne risulta essere il minore rispetto alle altre due SSE.

Tale squilibrio, inoltre, si riduce considerando un eventuale soccorso della SSE sulla tratta nazionale francese, in caso di degrado elettrico della SSE di Modane.

Tuttavia nelle more dei limiti imposti dal gestore della rete nazionale francese, l'area della SSE di SJ de Maurienne presenta delle dimensioni idonee ad allocare un equilibratore di carico. In sede di progettazione definitiva verrà valuta la necessità di tale apparecchiatura ed eventualmente adattato il lay-out di SSE.

## 7. CONCLUSIONI

In base alle simulazioni effettuate e alle configurazioni di rete analizzate, si rileva che in condizione di regime elettrico, le prestazioni del sistema in termini di qualità al pantografo e rendimento medio della linea di contatto, risultano essere garantite sia in condizioni di alimentazione che preveda la messa in parallelo dei due sensi di marcia, sia nella condizione che preveda di alimentare realizzando l'indipendenza dei due tunnel ferroviari. La messa in parallelo dei due sensi di percorrenza garantisce comunque un migliore rendimento e affidabilità del sistema di alimentazione.

Confrontando le configurazioni di alimentazione in condizione di regime, la soluzione che i tratti neutri attivi nei PATD risulta essere la più performante e affidabile dal punto di vista elettrico sia per i valori di tensione all'archetto che per i valori dei carichi sulle macchine costituenti gli impianti fissi di trazione.

In condizione di degrado completo di una sottostazione elettrica, dato il limite di 15 kA di corrente di corto circuito imposto dalle direttive STI, in relazione al coordinamento delle protezioni, si esclude la messa in parallelo dei due trasformatori di SSE la cui taglia di 80 MVA è idonea ai valori di potenza media quadratica e massima istantanea risultanti dall'analisi simulativa. In fase di progetto definitivo, si valuterà l'eventuale riduzione della potenza nominale del trasformatore di trazione in relazione al contributo che in caso di degrado elettrico di una SSE potranno fornire le tratte nazionali lato SJ de Maurienne e lato SSE Susa.

In condizione di degrado, al fine di garantire le prestazioni del sistema in termini di qualità al pantografo, carichi sui trasformatori e correnti sulla catenaria conformi a quanto richiesto, risulta necessaria la messa in parallelo dei due sensi di percorrenza.

Le condizioni di degrado di un posto di autotrasformazione evidenzia un'ottima affidabilità del sistema a garantire le prestazioni di tensioni minime e medie UIC imposte dalle norme di riferimento.

L'analisi termica, valutata nelle condizioni più gravose, dimostra che i valori di sovratemperatura relativa ai componenti costituenti la catenaria, risultino essere conformi ai valori imposti dalle normative di riferimento.

## ALLEGATO

## STUDIO COMPARATIVO SISTEMA DI ALIMENTAZIONE 2x25 kV<sub>ca</sub> – 2 SSE

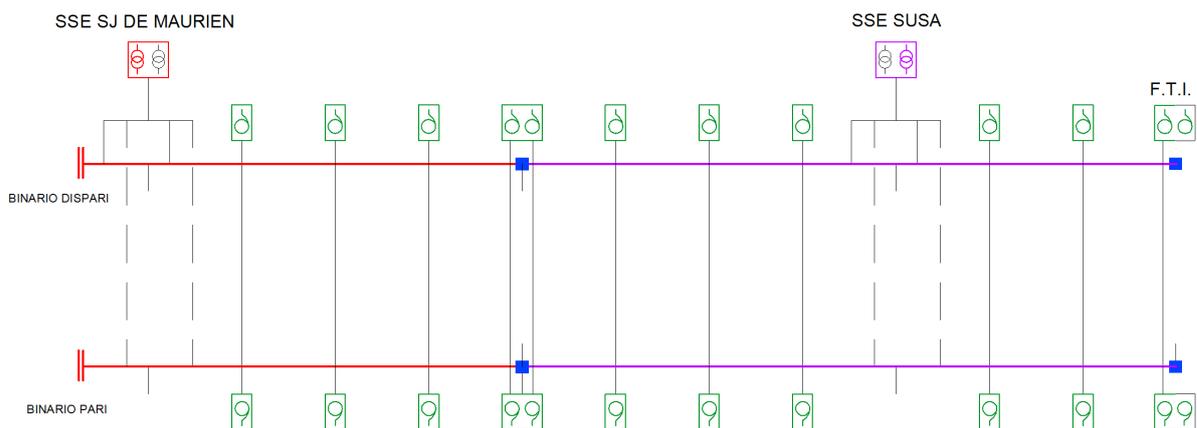
Il presente allegato ha lo scopo di illustrare il risultato dell'analisi comparativa tra la configurazione dell'architettura di sistema 2x25 kV che prevede la presenza di 3 Sottostazioni Elettriche di Trazione (SSE) con quella che prevede la presenza di 2 SSE ubicate rispettivamente a SJ de Maurienne e a Susa.

L'analisi è eseguita sia in condizione di regime che in condizione di degrado elettrico realizzando la condizione di parallelo elettrico tra le linee di contatto e i feeders dei due binari.

### Normale servizio delle 2 SSE - Tratti neutri attivi nei PATD

La seguente figura (fig.50) rappresenta le zone elettriche proprie delle due SSE di trazione in condizione di normale servizio del sistema.

Inoltre si analizza la configurazione di alimentazione che prevede i tratti neutri attivi nei PATD.



**Fig.50 – Sezioni elettriche in condizione di regime elettrico, TN attivi nei PATD**

La seguente verifica è realizzata considerando le condizioni di traffico nell'ora di punta ipotizzato secondo il documento di riferimento "Ipotesi di modello di Esercizio per le simulazioni del sottosistema Energia, PP2C2BTS30004 0" (vedi paragrafo 4.3 "Ipotesi di traffico").

In tabella 44 e 45 sono riportati i valori (medio e massimo) di potenza assorbita dalla rete primaria e sugli avvolgimenti del trasformatore di trazione.

SSE	Potenza assorbita dalla primaria [kVA]	
	Media	Massima
SJ de Maurienne	56278	76346
Susa	71016	102156

**Tab.44 – Potenza assorbita dalla rete primaria**

SSE	Avvolgimenti	Potenza media quadratica avvolgimenti di trafo [kVA]	
SJ de Maurienne	Primario	59949	
	Secondario	LC	38362
		Feeder	21615
Susa	Primario	73095	
	Secondario	LC	40479
		Feeder	32670

**Tab.45 – Potenza media quadratica avvolgimenti**

I risultati globali delle simulazioni sono riportati in Tab.46.

		Normale servizio di tutte le SSE
Potenza media assorbita dal sistema [kVA]		127295
Potenza massima assorbita dal sistema [kVA]		154090
Potenza reale media fornita complessivamente dalle SSE [kW]		113871
Potenza specifica corrispondente [MW/km linea]		1,35
Potenza reattiva media fornita da tutte le SSE [kVar]		43887
Fattore di potenza medio all'uscita dalle SSE		0,93
Rendimento medio della linea di contatto [%]		98,7
Potenza reale media richiesta all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6117
Potenza reale media fornita all'archetto [kW]	Pari	8462
	Dispari	6116
Corrente media fornita all'archetto [A]	Pari	348
	Dispari	252
Potenza reale massima richiesta all'archetto [kW]	Pari	14352
	Dispari	14362
Tensione media [V]	Pari	25633
	Dispari	25690
Tensione media UIC [V]	Pari	25562
	Dispari	25563
Tensione minima [V]	Pari	23870
	Dispari	23938

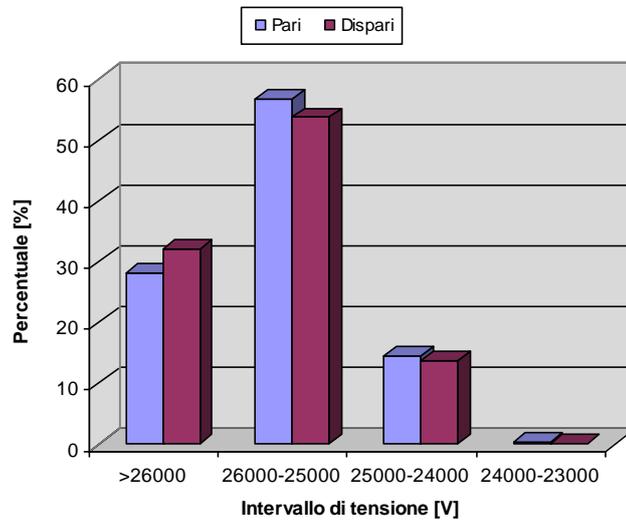
**Tab.46 – Risultati globali, Normale servizio di tutte le SSE**

La seguente tabella riassume i valori di potenza media assorbita relativa agli autotrasformatori presenti in linea.

Autotrasformatore		Potenza [kW]
10 + 756	Pari	6765
	Dispari	6765
18 + 415	Pari	5967
	Dispari	5967
26 + 424	Pari	5362
	Dispari	5362
33 + 833	Pari	3905
	Dispari	3905
34 + 166	Pari	3520
	Dispari	3520
41 + 159	Pari	4482
	Dispari	4482
47 + 869	Pari	5115
	Dispari	5115
55 + 495	Pari	6050
	Dispari	6050
70 + 090	Pari	5995
	Dispari	5995
77 + 403	Pari	4785
	Dispari	4785
83 + 700	Pari	3795
	Dispari	3795

**Tab.47 – Potenza autotrasformatori, Normale servizio di tutte le SSE**

In figura 51 è riportata la distribuzione in percentuale delle tensioni globali all'archetto.



**Fig.51 – Distribuzione globale tensioni all'archetto, Normale servizio di tutte le SSE**

Il valore di tensione minima per il verso pari (Confine tratta internazionale → St.Jean de Maurienne) è di 23870 V ed è localizzato al km 36 + 000; mentre per il verso dispari (St.Jean de Maurienne → Confine tratta internazionale) è di 23938 V ed è localizzato al km 40 + 800. I valori ottenuti per entrambi i sensi di marcia sono ampiamente maggiori del valore minimo normativo (17500 V).

Il valore di tensione media UIC per il verso pari è di 25562 V mentre per il verso dispari è di 25563 V. Entrambi i valori rispettano i limiti normativi imposti (22500 V).

Dalle distribuzioni percentuale sopra riportate si denota come la tensione all'archetto risulti essere maggiormente compresa in termini percentuali nella fascia di tensione 26000-25000. I valori di tensione più bassi, minori dell'unità percentuale, risultano essere registrati nella fascia di tensione 24000-23000 e quindi rispettano i limiti normativi imposti dalle norme di riferimento.

Dal confronto equivalente con l'architettura che prevede la presenza di 3 Sottostazioni Elettriche di Trazione si registrano valori di tensione minima di circa 1500 V più bassi. Il rendimento della linea di contatto risulta inferiore, così come i carichi sui trasformatori di SSE meno equilibrati.

### **Condizione di degrado completo di una delle 2 SSE**

La condizione di degrado di una Sottostazioni Elettriche di Trazione, costituisce la verifica fondamentale sull'architettura di sistema al fine della possibilità di realizzare solo due SSE. Infatti tale condizione prevede l'alimentazione da parte della rimanente SSE dell'intera tratta internazionale della linea ferroviaria Lione-Torino.

Il carico elettrico considerato nell'ora di punta, costituito da un numero rilevante di treni merci in doppia trazione con un assorbimento massimo di circa 15 MW, comporta la circolazione di correnti ben oltre la portata termica dei conduttori costituenti la catenaria. Inoltre carichi sulle macchine di SSE non compatibili con la taglia dei trasformatori (il cui limite superiore è legato alla necessità di rispettare il limite alla corrente di cortocircuito imposto dalle STI).

Le tensioni al pantografo registrate, anche realizzando la condizione di parallelo elettrico tra le linee di contatto e i feeders dei due binari, presentano valori anche permanenti ben al di sotto dei limiti normativi imposte dalle norme di riferimento EN 50388 e EN 50163.

Pertanto sulla base delle ipotesi di traffico, l'architettura che prevede la presenza di due Sottostazioni Elettriche di Trazione non è idonea a garantire le prestazioni del sistema in termini di qualità al pantografo, carichi sui trasformatori e correnti sulla catenaria conformi a quanto richiesto.