

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

## U.O. TECNOLOGIE CENTRO

### PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

#### ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

#### ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

#### LOTTO 3A: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO

#### IMPIANTI TE

#### RELAZIONE DI SINTESI DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

SCALA:

-

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

I B 0 Q    3 A    R    1 8    R G    I F 0 0 0 0    0 0 1    B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Aggiornamento a seguito richieste RFI	Papalini <i>A. Papalini</i>	Giu 2021	Carones <i>Carones</i>	Giu 2021	Mazzocchi <i>Mazzocchi</i>	Giu 2021	G. Guidi Buffarini Giugno 2021
A	Emissione Esecutiva	Papalini	Apr. 2021	Carones	Apr. 2021	Mazzocchi	Apr. 2021	ITALFERR S.p.A. U.O. Tecnologie Centro Ing. Guido Buffarini Ordine Ingegneri Provincia di Trento n° 17812

File: IB0Q3AR18RGIF0000001B

## INDICE

1.	PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO .....	3
2.	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE - ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE .....	5
2.1	CRITERI GENERALI PER IL DIMENSIONAMENTO DEGLI IMPIANTI PER LA TRAZIONE ELETTRICA FERROVIARIA .....	5
2.2	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE .....	9
3.	LINEE PRIMARIE – ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE .....	12
4.	LINEA DI CONTATTO .....	13
4.1	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE E CATENARIA .....	13
4.2	QUOTA DEL PIANO TEORICO DI CONTATTO .....	14
4.3	DISTANZA TRA SOSTEGNI SUCCESSIVI .....	14
4.4	SOSTEGNI, SOSPENSIONI E BLOCCHI DI FONDAZIONE .....	14
4.5	PROTEZIONE PER LA SICUREZZA ELETTRICA .....	15
4.6	GESTIONE DELLE INTERFERENZE AEREE E INTERRATE .....	15
4.7	INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE .....	16
5.	LUCE E FORZA MOTRICE .....	17

## 1. **PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO**

La presente relazione descrive i criteri che sono stati adottati per la progettazione degli impianti tecnologici nella tratta di linea ferroviaria *Circonvallazione di Trento*.

I progetti Tecnologici eseguiti per Rete Ferroviaria Italiana (RFI) prevedono l'utilizzo di standard definiti dalla Direzione Tecnica di RFI per ottenere l'uniformità delle soluzioni adottate e l'impiego di apparecchiature e materiali omologati da RFI stessa. Pertanto il principale riferimento per tali progetti è il Piano Tecnologico di Rete, documento in cui sono indicati i criteri per eseguire una progettazione confacente agli standard Ferroviari. All'interno del documento suddetto sono contenute le normative emesse da RFI che sono in linea con le normative nazionali ed europee vigenti; per quanto non contemplato nel Piano Tecnologico si fa riferimento alle Leggi nazionali e regionali, normative vigenti CEI, UNI e VVF. Due ulteriori documenti di base per la progettazione delle opere ferroviarie sono il capitolato Opere Civili e il Manuale di Progettazione Opere Civili, sempre emessi dalla Direzione Tecnica di RFI. In tali documenti vengono indicati i criteri da utilizzare per la progettazione delle Opere Civili, ma vengono citate anche alcune soluzioni per la progettazione tecnologica, come ad esempio quella relativa all'illuminazione delle gallerie ferroviarie e alla trazione elettrica.

Tutti i progetti sono inoltre redatti in conformità alle specifiche tecniche di interoperabilità europee (STI), nello specifico per il sottosistema energia (ENE), per il sottosistema comando e controllo (CCS), per la sicurezza in galleria (SRT) e per l'accessibilità delle stazioni alle persone con mobilità ridotta (PMR).

Lo Studio di Fattibilità Tecnico Economico, in accordo al D.P.R. 207/2010, definisce le caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori, il quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire; evidenzia le aree impegnate, le relative eventuali fasce di rispetto e le occorrenti misure di salvaguardia, nonché le specifiche funzionali ed i limiti di spesa delle opere da realizzare, ivi compreso il limite di spesa per gli eventuali interventi e misure compensative dell'impatto territoriale e sociale e per le infrastrutture ed opere connesse, necessarie alla realizzazione. Il progetto tecnologico, mantenendo una visione di sistema, si divide in più discipline che sono distinte tra loro con alcuni punti in correlazione, a loro volta integrate con il resto del progetto dell'opera ferroviaria.

Il Progettista integratore garantisce l'integrazione tra le varie discipline apponendo la sua firma sul cartiglio di ciascun elaborato.

Le discipline tecnologiche sono le seguenti:

1. Sottostazioni Elettriche - Architettura del sistema di alimentazione (**SSE**)
2. Linee Primarie – Elettrodotti di connessione (**LP**)

3. Linea di Contatto (**LC**)

4. Luce e Forza Motrice (**LFM**)

Di seguito per ciascuna disciplina sono descritti i criteri con cui è stato effettuato il progetto sulla base delle esigenze funzionali, del progetto di fattibilità e dei dati di base forniti dalla Committenza (RFI), nonché dall'applicazione dei piani e manuali sopra richiamati.

## **2. SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE - ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE**

### **2.1 Criteri generali per il dimensionamento degli impianti per la trazione elettrica ferroviaria**

Nell'ambito dello Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) [della nuova tratta ferroviaria, è effettuato il dimensionamento e la verifica dei sistemi per la trazione ferroviaria, riportati nel documento:

- *IB0Q3AR18SDTE0000001 Studio di dimensionamento del sistema elettrico di trazione.*

In tale elaborato, sono evidenziati i fattori che determinano il dimensionamento degli impianti, assunti come dati di base nello studio. Questi dati, forniti dalle altre specialistiche o dalla Committenza, sono i seguenti:

- Caratteristiche piano altimetriche della linea;
- Velocità di fiancata dei convogli che percorrono la tratta suddivisi per rango;
- Posizione delle stazioni e delle fermate;
- Tipologia del materiale rotabile che percorrerà la linea.

Sulla base di questi elementi sono effettuate le simulazioni di marcia mediante programma informatico, e viene ricavato, per ogni tipologia di treno, il diagramma di assorbimento delle potenze in funzione del tempo, ovvero dello spazio percorso.

Questa prima simulazione di marcia, unitamente, al modello di esercizio delle ore di punta (anche quest'ultimo elemento fornito come dato di base dalle specialistiche competenti) permette effettuare le verifiche del sistema elettrico della rete di progetto, mediante programmi di simulazione elettrica.

L'ipotesi di rete che è oggetto di verifica contempla la definizione dei seguenti parametri:

- Numero, posizione e potenza delle Sottostazioni elettriche (SSE), tenendo conto delle indicazioni di massima fornite della norma CEI EN 50119, degli aspetti orografici del territorio su cui si inserisce la linea e della disponibilità di fonti AT o MT preesistenti alle quali allacciarsi;
- Tipologia della catenaria utilizzata per la Linea di Contatto (LdC) tra quelle appartenenti agli standard di RFI e già certificate come interoperabili a livello europeo.

Relativamente alle potenze delle SSE, si evidenzia che gli standard, attualmente in uso presso RFI, prevedono l'utilizzo di gruppi di conversione da 3,6 MW o da 5,4 MW omologati. Le prestazioni dei gruppi raddrizzatori sono riassunte nella seguente tabella:

Potenza nominale	Corrente nominale	Corrente media quadratica		Corrente di punta per durata non superiore a 5 minuti
		Limite in situazioni normali (+ 50%)	limite in situazioni anomale (+ 100%)	
[kW]	[A]	[A]	[A]	[A]
3600	1000	1500	2000	3000
5400	1500	2250	3000	3500

Invece, gli standard di catenaria previsti dal vigente Capitolato Tecnico TE di RFI, e già certificati come interoperabili, sono riportati nella tabella seguente:

Sezione mm <sup>2</sup>	Corda/e portante/i mm <sup>2</sup>	Regolazione	Filo/i di contatto mm <sup>2</sup>	Regolazione	Tipo di sosp.ne	Impiego
220	1 x 120	FISSA 1x819 daN (a 15°C)	1 x 100	REGOLATO 1x750 daN	(1)	Binari secondari di Stazione
220	1 x 120	FISSA 1x819 daN (a 15°C)	1 x 100	REGOLATO 1x750 daN	(1) (2)	Binari di precedenza di stazione e comunicazioni tra binari di corsa e tra binari di corsa e binari di precedenza (con binario di corsa a 440 mm <sup>2</sup> )
270	1 x 120	REGOLATA 1x1125 daN	1 x 150	REGOLATO 1x1125 daN	(2)	Binari di precedenza di stazione e comunicazioni tra binari di corsa e tra binari di corsa e binari di precedenza (con binario di corsa a 540 mm <sup>2</sup> )
320	1 x 120	REGOLATA 1x1375 daN	2 x 100	REGOLATI 2x1000 daN	(1)	Binari di corsa di stazione, di piena linea allo scoperto e in galleria con velocità fino a 200 km/h
440	2 x 120	REGOLATE 2x1125 daN	2 x 100	REGOLATI 2x1000 daN	(1) (2)	Binari di corsa di stazione, di piena linea allo scoperto e in galleria con velocità fino a 200 km/h
540(*)	2 x 120	REGOLATE 2x1500 daN	2 x 150	REGOLATI 2x1875 daN	(2)	Binari di corsa di stazione, di piena linea allo scoperto e in galleria con velocità fino a 250 km/h

(1) Sospensione a mensola orizzontale tubolare in acciaio;

(2) Sospensione a mensola orizzontale in profilo di alluminio.

(\*) Per velocità di linea superiore a 200 km/h è comunque necessaria la progettazione dei posti di comunicazione tra binari di corsa e binari di precedenza che dovrà essere sottoposta all'approvazione della Struttura competente di RFI.

Nel caso specifico si evidenzia che gli interventi necessari alla realizzazione della "Circonvallazione di Trento", rientrano nel progetto di potenziamento del corridoio ferroviario Monaco di Baviera-Verona.

Il progetto dei sistemi tecnologici e dell'alimentazione elettrica in particolare, anche se i progetti e gli studi dei diversi lotti funzionali in cui è suddivisa sono al momento a diversi livelli di definizione, dovrà riguardare un sistema che rende necessario sviluppare il progetto sull'assetto finale della direttrice in territorio italiano. In coerenza con le scelte operate sul Sistema AC italiano, si adotterà il sistema a 25 kV 50 Hz monofase. Allo stato attuale dell'arte, tuttavia, valutati gli aspetti legati all'attivazione in tempi diversi delle fasi realizzative del progetto di potenziamento di cui sopra, per il LOTTO 3: CIRCONVALLAZIONE DI TRENTO, oggetto della presente progettazione, si prevede uno scenario di

prima attivazione con il sistema di elettrificazione a 3 kVcc, diverso da quello previsto per l'orizzonte finale dell'opera a 25 kVca. Per tali Ragioni, è stato necessario integrare la catenaria a capitolato standard RFI con opportune scelte costruttive 'ad oc' (il livello di isolamento ed i franchi elettrici in galleria che devono essere idonei per un sistema 25 kV).

Il software di simulazione, a partire dalle potenze richieste dai treni, ricava, mediante subroutine di load flow, le tensioni e le correnti in ogni punto ed in ogni istante della rete ipotizzata. Con questi dati il programma può verificare il corretto dimensionamento del sistema, nel rispetto delle normative vigenti, in particolare:

- **CEI EN 50163** Per quanto riguarda le cadute di tensione ammissibile;
- **CEI EN 50119** Per quanto riguarda il riscaldamento dei conduttori;
- **CEI EN 50388** Per quanto concerne il valore della tensione media utile che deve essere disponibile al treno e le massime correnti di corto circuito ammissibili in rete.

Oltre alle verifiche di rispondenza alle suddette normative, il documento di dimensionamento del sistema, permette inoltre di valutare la corretta scelta nel numero e delle tipologie dei gruppi di conversione c.a./c.c. e delle potenze massime da richiedere al gestore della rete elettrica pubblica per gli allacci dei nuovi impianti.

Per quanto riguarda i livelli di tensione di allaccio alla rete del distributore, normalmente si fa riferimento alla norma CEI 0-16, nella quale è riportata la seguente tabella:

**Valori indicativi di potenza che è possibile connettere sui differenti livelli di tensione delle reti di distribuzione**

Potenza MW	Livello di tensione della rete
<= 0,1	BT
0,1 - 0,2	BT
	MT
0,2 - 3 Limite superiore elevato a 6 MW per la connessione di impianti di produzione	MT
3 - 10 Limite inferiore elevato a 6 MW per la connessione di impianti di produzione	MT
	AT
>10 impianti di utilizzazione >10 impianti di produzione*	AT

In particolare, per potenze superiori ai 10 MW è necessario collegarsi alla rete AT; mentre, per potenze inferiori ai 10 MW, di intesa con il locale ente distributore, è possibile allacciarsi ad una rete MT.

Il progetto della Circonvallazione di Trento prevede l'installazione delle seguenti nuove SSE:

- 1) SSE di Murazzi, ubicata alla pk 85+220, avente 3 gruppi da 5,4 MW;

Lo studio di sistema ha inoltre evidenziato la necessità di potenziare la rete esistente, e a seguito all'implementazione del nuovo modello di esercizio.

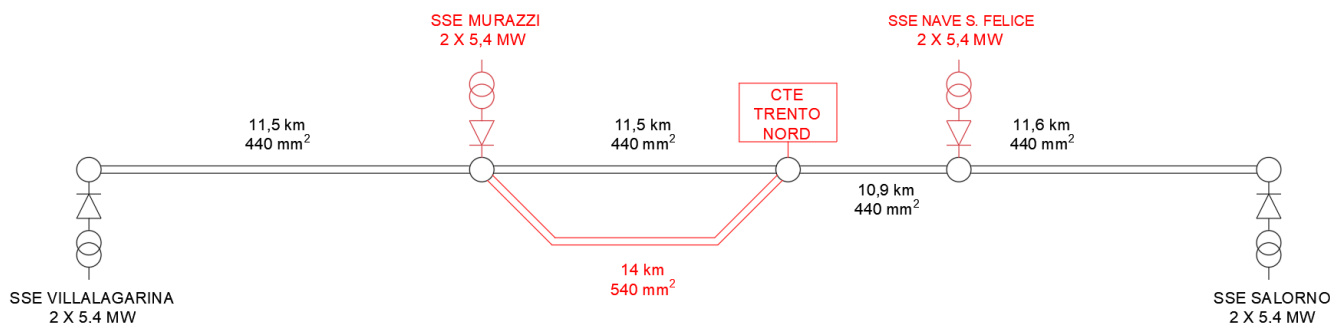
In particolare lo studio ha evidenziato la necessità di realizzare un nuovo impianto, al di fuori del perimetro del progetto, necessario per rendere la linea storica esistente compatibile con i flussi di traffico nel futuro scenario di progetto. In particolare occorrerà realizzare una nuova SSE presso la località di Nave S. Felice, ubicata alla pk 107+500, avente 3 gruppi da 5,4 MW.

La committenza ha demandato ad altro progetto lo sviluppo della nuova SSE sulla linea storica

Nel progetto sono inoltre presenti i seguenti impianti di cabina TE, necessari per garantire la corretta selettività delle protezioni nei bivi e l'equi-potenzialità della linea di contatto:

- 1) Cabina TE di Trento Nord ubicata alla pk 96+615;

L'architettura di progetto è indicata nella seguente figura:



Il documento di verifica del dimensionamento degli impianti di trazione permette la redazione dello schema TE di tratta, riportato nel documento:

- *IB0Q3AR18DXTE0000001 Schema delle alimentazioni TE*

Questo elaborato costituisce di fatto un sinottico generale delle opere di elettrificazione progettate, individuando la posizione dei principali elementi costituenti (oltre alla posizione delle SSE, anche, per esempio, la posizione e configurazione delle linee di alimentazione di collegamento tra le sottostazioni e la linea di contatto, sezionamenti della catenaria per permettere le operazioni di manutenzione, eccetera).

Come evidente dal suddetto elaborato, il tracciato si sviluppa prevalentemente in galleria naturale a semplice binario a doppia canna (galleria Trento di 12Km m circa).



Ne consegue che tale galleria, superando la lunghezza di 1000 m, rientra tra quelle previste dal DM 28 ottobre 2005 e pertanto sono previsti nel progetto i dispositivi locali di disalimentazione e messa a terra della linea di contatto richiesti dal Legislatore. Maggiori dettagli inerenti tale sistema sono indicati nel documento di progetto:

- *IB0Q3AR18ROLC0000001 Linea di Contatto - Relazione Degli impianti TE-MATS.*

Gli elementi dello schema TE, avendo ripercussioni sulla sicurezza e sulle modalità di manutenzione della linea, sono rigidamente disciplinate da RFI. Il progetto è quindi redatto in conformità alle linee guida contenute nella specifica RFI “**RFI DMA LG IFS 008 B**”.

Tutti gli impianti per la trazione elettrica ferroviaria, in sottostazione elettrica e lungo linea (sezionatori per la separazione della linea di contatto in differenti zone elettriche) sono telecomandati e supervisionati dal posto centrale DOTE (Dirigente Operativo Trazione Elettrica) del compartimento RFI territorialmente competente per la tratta in progetto (DOTE di Verona). Il data base del DOTE in servizio sarà opportunamente ampliato e riconfigurato per gestire gli impianti di progetto.

La comunicazione tra Periferia e Posto centrale DOTE avviene attraverso la rete di telecomunicazioni RFI, i cui interventi di adeguamento del progetto sono redatti a cura della specialistica TLC.

## **2.2 Sottostazioni Elettriche**

Gli impianti di sottostazione elettrica della tratta in progetto sono descritti nel documento:

- *IB0Q3AR18ROSE0000001 - SSE e Cabina TE - Relazione tecnica degli interventi.*

Tutte le apparecchiature di sottostazione elettrica, in alta tensione, a 3 kVcc, di conversione ca/cc, SCADA e ausiliari, sono tutte rigidamente normalizzate da RFI mediante apposite specifiche di fornitura del prodotto. Queste specifiche disciplinano le caratteristiche e le prove e i test da effettuare su prototipo (prove di tipo) e su tutti i prodotti di fornitura (prove di accettazione).

Le principali apparecchiature di RFI (Quadro 3 kVcc, interruttori AT, trasformatori) sono oggetto di omologazione. Pertanto, in sede di futura fornitura del prodotto, l'appaltatore dovrà obbligatoriamente prescegliere uno dei fornitori tra quelli omologati. Inoltre, per molti materiali RFI ha l'esclusiva in termini di fornitura. Pertanto, questi apparecchi non verranno forniti in abito dell'appalto, ma approvvigionati dalla committenza e affidati in conto lavorazione all'appaltatore.

L'impianto di SSE può essere distinto nelle seguenti sezioni:

- Piazzale AT;
- Conversione;
- Quadro 3 kVcc, per distribuzione e protezione ca/cc;
- Impianto di terra;
- Ausiliari e Scada.

L'architettura e i lay-out del piazzale AT sono conformi alla norma **CEI EN 61936** e a quanto disciplinato dalla specifica RFI **RFI/TC.TE.IT.LP 016**. Quest'ultima specifica definisce, per ogni tipologia di stallo, (arrivo linea AT, gruppo, congiunzione sbarre, eccetera) la disposizione e la tipologia di apparecchiature da utilizzare). Nella suddetta specifica sono inoltre indicate le caratteristiche di tutti i materiali conduttori e isolanti, delle morsetterie e delle strutture portanti.

Il sistema di conversione utilizza apparecchiature normalizzate con due taglie unificate da 3,6 e 5,4 MW, costituite da:

- Trasformatore trifase in AT con uscita esafase 2710 V, conforme alla specifica tecnica RFI **RFI DTC ST E SP IFS SS 193 A**;
- Raddrizzatore costituito da doppio ponte a diodi esafase in parallelo, le cui caratteristiche sono conformi alla specifica RFI **DTC STS ENE SP IFS SS 404 A**;
- Induttanza di livellamento conforme alla specifica **E006-1989**.

Il quadro a 3 kVcc, contenete gli scomparti arrivo gruppi con condensatori di livellamento (supplementari alla induttanza descritta al punto precedente), le partenze 3 kVcc verso la linea di contatto, e lo scomparto di collegamento del negativo, sono invece conformi alle specifiche RFI **RFI DMA IM LA STC SSE 400**, **RFI DMA IM LA STC SSE 401**, **RFI DPRIM STC IFS SS401 A**, **RFI DPRIM STC IFS SS402 A**, **RFI DPRIM STC IFS SS403 A**. Questi scomparti, realizzati in carpenteria metallica ed omologati da RFI, sono provati alla tenuta ad arco interno.

I suddetti quadri 3 kVcc sono equipaggiati con Protezioni Omologate secondo la norma RFI **RFI TC TESTF SSE 001** che agiscono sugli interruttori extrarapidi da 70 kA in SSE, garantendo interventi tempestivi di apertura in caso di guasto. Il complesso protezione in SSE e circuito di protezione e ritorno TE lungo linea è concepito in maniera da garantire un esercizio sicuro della rete, con valori di tensione di passo e contatto, in sottostazione e in linea, conformi ai limiti imposti dalla norma CEI 50122. Le tarature delle protezioni sono calcolate a cura del gestore dell'infrastruttura.

La connessione alla linea di contatto degli stalli alimentatori dotati di interruttore extrarapido avviene attraverso sezionatori 3 kV, con schema standard che prevede la presenza di un sezionatore di soccorso in parallelo normalmente aperto.

Le caratteristiche delle sezioni fin qui descritte sono indicate negli schemi:

- *IB0Q3AR18DXSE0100001 SSE di Murazzi - Schema elettrico unifilare ;*

Le disposizioni delle apparecchiature sul piazzale e nel fabbricato sono riportate nei documenti:

- *IB0Q3AR18P9SE0100001 SSE Murazzi – Planimetria di piazzale – Layout apparecchiature;*
- *IB0Q3AR18PBSE0000002 Fabbricato di SSE – Pianta e prospetti;*

Gli impianti di SSE e cabina TE includono l'impianto di terra, finalizzato a garantire la sicurezza degli operatori. La rete di terra è costituita da una corda in rame interrata formante una rete orizzontale con maglia di dimensioni orientative 5x5 metri, unita a dispersori verticali costituiti da picchetti in rame. Il sistema sarà dimensionato, nelle successive fasi di progettazione, per garantire le prescrizioni di sicurezza di cui alla norma **CEI EN 50522**.

Gli impianti di sottostazione elettrica sono completati da un sistema di servizi ausiliari e per la gestione in locale e remoto delle apparecchiature, progettati secondo le prescrizioni delle specifiche RFI **RFI TC TE SSE 115, RFI TC TE SSE 110, RFI TC TE SSE 105, RFI TC TE SSE 100, RFI DTC ST E SP IFS SS 114 A, RFI DTC ST E SP IFS SS 500 A**.

### **3. LINEE PRIMARIE – ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE**

Nel presente progetto non sono presenti impianti di linea primaria in alta tensione a cura del gestore dell'infrastruttura ferroviaria. Tali impianti saranno progettati e realizzati da Terna nell'ambito dei lavori, a cura del gestore del sistema elettrico pubblico, necessari per la connessione della nuova sottostazione elettrica. Tali elettrodotti intercetteranno la rete AT esistente, collegandola al piazzale messo a disposizione nel presente progetto in adiacenza all'area di SSE, come indicato nel documento:

- *IB0Q3AR18P6SE0100001 SSE di MURAZZI - Planimetria ubicazione impianto*

#### **4. LINEA DI CONTATTO**

Partendo dalla relazione di Potenzialità, che individua la tipologia di linea di contatto, dalle posizioni delle Sottostazioni Elettriche e dalle esigenze del segnalamento, si procede allo sviluppo della distribuzione meccanica dei sostegni della linea stessa, partendo dal posizionamento dei Portali d'ormeggio dei sezionamenti elettro-meccanici della linea, seguendo le indicazioni dettate dagli schemi di principio di RFI da adottare.

Tutte le strutture impiantistiche, relative alla linea di contatto, previste nel progetto, rientrano tra i componenti standard a fornitura RFI (provvisi di certificazione di rispondenza alla normativa di riferimento), verificati nel loro impiego secondo quanto dichiarato e richiamato nel Capitolato di RFI; pertanto nello sviluppo del progetto, a meno di applicazioni particolari non rientrati in detti parametri, non vengono prodotti calcoli di ulteriore verifica.

Di seguito si forniscono i criteri di scelta adottati per l'inquadramento progettuale. Tutti gli ulteriori approfondimenti sono rilevabili dalla documentazione di progetto.

##### **4.1 Sistema di alimentazione e catenaria**

Come indicato al paragrafo 2.1 Criteri generali per il dimensionamento degli impianti per la trazione elettrica ferroviaria, per la tratta oggetto della presente progettazione, si prevede uno scenario di prima attivazione con elettrificazione a 3 kVcc, compatibilizzato con lo scenario ultimo dell'opera a 25 kVca. In tale prospettiva, è stato necessario anticipare opportune scelte costruttive 'ad oc' (tipo il livello di isolamento ed i franchi elettrici in galleria).

La tipologia di linea di contatto dei binari di corsa è scelta in funzione delle prestazioni richieste alla linea (potenzialità e velocità) tra quelle previste nel capitolato Tecnico TE 2014 di RFI, per le quali RFI ha emesso il Dossier Tecnico che fornisce le evidenze di conformità rispetto alle STI Energia.

Fra queste è stata confermata la linea alimentata con tensione 3 kV c.c. *con sezione complessiva di 540 mmq costituita da n° 2 corde portanti di rame sez. 120 mm<sup>2</sup> regolate automaticamente al tiro di 2x1500 daN e n° 2 fili di contatto di rame-argento (CuAg) da 150 mm<sup>2</sup> regolati automaticamente al tiro di 2x1875 daN*, utilizzata nella verifica prestazionale del sistema energia "IB0QAR18SDTE0000001A Studio di dimensionamento del Sistema Elettrico di Trazione" idonea per la velocità di esercizio della linea fino a 250 km/h .

Per i binari di precedenza e per i binari secondari la catenaria, è univocamente determinata dallo standard di RFI, per il progetto in esame è stata individuata linea da 220 mmq e da 270 mmq.

Ulteriori dettagli sono descritti nel documento dedicato:

IB0Q3AR18ROLC0000001A Linea di Contatto - Relazione Tecnica

#### **4.2 Quota del piano teorico di contatto**

Noto Il Profilo Minimo degli Ostacoli (PMO) la quota del piano teorico di contatto è stata individuata dal “Capitolato Tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kV cc” – 2014 – RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A del 30/09/2014, come prescritto dal Manuale di progettazione delle opere civili Parte II sezione 6 e sono state rispettate le prescrizioni delle Specifiche tecniche di Interoperabilità per il Sottosistema Energia del Sistema Ferroviario dell’Unione Europea.

Per il progetto in esame la quota standard del piano teorico di contatto sotto sospensione è di 5,20 m che garantisce il rispetto del Gabarit richiesto.

#### **4.3 Distanza tra sostegni successivi**

La distribuzione delle campate è stata scelta in funzione delle caratteristiche geometriche del piano ferro e della presenza di opere civili quali pensiline, tombini, viadotti ecc,: mentre la campata massima che dipende dal raggio di curvatura dalla poligonazione e dal massimo sbandamento ammissibile in presenza del vento e’ stata individuata dalla tabella RFI allegata al Capitolato Tecnico.

#### **4.4 Sostegni, sospensioni e blocchi di fondazione**

La tipologia di sostegni e delle relative fondazioni da utilizzarsi e’ stabilita dai disegni allegati al Capitolato Tecnico 2014. Parimenti RFI ha emanato le tabelle di utilizzo in relazione al loro impiego che sono state utilizzate per lo sviluppo del progetto.

Per i casi non contemplati nelle suddette tabelle saranno redatte apposite relazioni di calcolo di verifica della stabilità in conformità ai criteri dettati dai disegni allegati al Capitolato Tecnico 2014, alla norma CEI 50119 e alla NTC 2018.

Con riferimento alla tipologia di sospensione dei binari di corsa e per quelli di precedenza il Capitolato Tecnico (per la 540 mmq) prevede l’impegno della tipologia in “Alluminio”.

Nei tratti in galleria a sezione circolare, sulle catenarie a 3 kV con condutture da 540mmq, troveranno impiego le sospensioni “compatte” secondo standard DD.ma. Roma Firenze con isolamento a 25 kV necessarie come predisposizione allo scenario futuro sopra descritto.

Tali situazioni sono dettagliate negli 'elaborati:

IB0Q.3.A.R.18.WX.LC.00.0.0.001.A Sezioni Tipologiche Tavola 1

IB0Q.3.A.R.19.WX.LC.00.0.0.002.A Sezioni Tipologiche Tavola 2

IB0Q.3.A.R.20.WX.LC.00.0.0.003.A Sezioni Tipologiche Tavola 3

#### **4.5 Protezione per la sicurezza elettrica**

Per la protezione dai contatti indiretti è stata adottata la norma CEI 50122-1 recepita nel Capitolo Tecnico TE 2014, nel quale lo standard RFI prevede un picchetto di terra per ogni sostegno e il collegamento di tutti i sostegni tramite due corde TACSR, creando anelli di circa 3 km, le cui estremità sono collegate al circuito di ritorno tramite limitatori di tensione bidirezionali, formando così il circuito di terra e protezione. Inoltre, tutte le masse metalliche ricadenti nella zona di rispetto TE sono collegate al circuito di terra e di protezione.

La linea di contatto è normalmente alimentata dalle due SSE adiacenti ed eccezionalmente da una sola SSE. In ogni caso ciascuna SSE è dotata di interruttori extra rapidi in grado di intervenire (in caso di sovracorrente quale ad esempio quella di un corto circuito) in tempi estremamente ridotti e tali da rispettare la tabella “tempo” - “tensione massima ammissibile di breve durata”, presente nella norma CEI 50122-1.

A valle della realizzazione il costruttore esegue le misure di terra nel rispetto delle prescrizioni di RFI prima di procedere all'energizzazione.

#### **4.6 Gestione delle interferenze aeree e interrato**

Le interferenze elettriche aeree sono gestite secondo i criteri dettati nella Norma CEI EN 50341 -1 e CEI EN 50341-2-13 e nel DPR n. 753 del 11/07/1980, mentre quelle sotterranee fanno riferimento alla Norma CEI 11-17.

Invece le interferenze interrato costituite da condotte e canali convoglianti liquidi e gas sono risolte utilizzando il DPR 4/3/2014.

#### 4.7 Interferenze elettromagnetiche

Dall'analisi e dalla valutazione dei dati atti a verificare il rispetto dei valori limite di campo elettromagnetico sia all'interno dei treni che nelle zone limitrofe agli elementi infrastrutturali che generano radiazioni (sia in cc che in ca), condotta dal Gruppo Ferrovie dello Stato in collaborazione con l'istituto superiore di Sanità con l'Anpa e con l'Enel, è emerso che i valori rilevati del campo magnetico emesso dalle linee ferroviarie RFI alimentate a 3 kVcc, sono inferiori ai limiti indicati dalla Normativa.



## 5. LUCE E FORZA MOTRICE

La Luce e Forza Motrice (LFM) comprende gli impianti di alimentazione elettrica e d'illuminazione di tutti le tecnologie che sono funzionali al sistema ferroviario e che non ricadono negli impianti di trazione elettrica. Di seguito si elencano una serie di impianti che richiedono l'impiego di tale tecnologia: impianti di segnalamento ferroviario, impianti di telecomunicazioni, impianti di supervisione, impianti di sicurezza nelle gallerie, impianti di riscaldamento dei deviatori, illuminazione delle punte scambi, illuminazione e alimentazione delle stazioni e fermate, impianti di condizionamento, impianti antintrusione, impianti di rivelazione incendi, impianti di videosorveglianza, illuminazione delle viabilità stradali che risolvono le interferenze con la sede ferroviaria, impianti di sollevamento delle acque piovane.

Il progetto LFM parte quindi dalla raccolta delle esigenze di alimentazione elettrica di tutti i tipi d'impianto sopra citati e mette a fattor comune tali esigenze al fine di definire i punti di connessione con il distributore di energia elettrica. Come previsto dalle indicazioni della Norma CEI 0-16 nei casi in cui la potenza contemporanea rimane entro i 100 kW viene prevista una fornitura di energia in bassa tensione, mentre al di sopra di tale limite si prevede una fornitura di energia in media tensione.

A valle della fornitura e dell'eventuale trasformazione del livello di tensione si provvede a distribuire l'energia a tutti gli impianti inclusi nel progetto che ne hanno necessità, con cavi elettrici rispondenti al regolamento europeo 305/2011 posati nelle varie modalità previste dalle normative CEI. In funzione del posizionamento e della tipologia di utenza elettrica vengono previsti i quadri generali e i quadri secondari per sezionare e parzializzare l'impianto al fine di rendere agevole la manutenzione e ridurre i fuori servizio in caso di guasto. Per tutti gli impianti viene definita la modalità di protezione dai contatti indiretti indicando il collegamento all'impianto di protezione che garantisce l'intervento degli interruttori secondo i limiti previsti dalla Norma CEI 64-8 o l'impiego del sistema a doppio isolamento.

L'illuminazione delle aree ferroviarie, dei fabbricati e delle viabilità viene progettata individuando i requisiti d'illuminamento e di uniformità contenuti nelle norme UNI 12464-1-2 Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro, UNI 11248 Illuminazione stradale - Selezione delle categorie illuminotecniche e UNI 13201-2- Illuminazione stradale - Parte 2: Requisiti prestazionali. Mediante software di calcolo viene ricostruito l'ambiente, posizionati gli apparecchi illuminanti e verificata la corrispondenza dei risultati con i requisiti di base. Per gli ambienti al chiuso e quelli con accesso al pubblico è stata prevista l'illuminazione di sicurezza secondo le indicazioni della Norma UNI 1838. La scelta dei corpi illuminanti viene effettuata considerando un grado IP tale da non richiedere frequenti interventi manutentivi come anche la durata di vita al fine di minimizzare la sostituzione delle sorgenti luminose in esaurimento. Anche il grado di protezione dagli urti IK è scelto in modo da limitare

danneggiamenti da atti vandalici ed infine, sempre per limitare gli interventi da coordinare con l'esercizio ferroviario, viene utilizzato il doppio isolamento per aumentare l'affidabilità dell'impianto. Relativamente al rispetto dei requisiti delle Specifiche Tecniche d'Interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione Europea per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta, queste fanno riferimento alle Norme UNI sopra richiamate e pertanto sono conseguentemente soddisfatte.

Gli impianti di Luce e Forza Motrice si compongono di diversi documenti di progetto; essi sono stati suddivisi per omogeneità in impianti LFM di stazioni e fermate, impianti di illuminazione di viabilità ed infine impianti LFM per la sicurezza delle gallerie. Essi risultano descritti nei seguenti documenti:

- *IB02Q3AR58ROLF0000001A - "RELAZIONE GENERALE IMPIANTI";*

All'interno della suddetta relazione sono descritti gli interventi previsti, le norme utilizzate, l'elenco degli elaborati facenti parte del progetto e i criteri utilizzati nelle scelte impiantistiche.

Si precisa che molte scelte sono orientate dalle specifiche delle Ferrovie dello Stato con lo scopo di standardizzare gli impianti da realizzare mantenendo gli stessi negli ambiti normativi nazionali ed europee vigenti.

Completano la documentazione le planimetrie, piante, sezioni, particolari e schemi elettrici.

Il dimensionamento elettrico è stato effettuato utilizzando appositi software certificati, seguendo come criterio generale, un valore di c.d.t. a fondo linea entro il 4% e un valore di corrente nominale determinata in funzione delle potenze dei singoli carichi ed applicando i coefficienti di utilizzazione e contemporaneità. Per quanto riguarda la portata massima dei cavi elettrici la stessa è stata determinata in funzione della sezione e tipo di cavo e dalla tipologia di posa applicando i relativi coefficienti di riduzione.

Analogamente le apparecchiature di protezione sono state dimensionate, coordinandole con i cavi, in base alla corrente nominale e di sovraccarico, alla massima corrente ammessa dai cavi, dalle correnti di c.c. massima e minima fondo linea e dall'energia specifica passante durante un cortocircuito.

Dal punto di vista della sicurezza delle persone sono state adottate tutte le precauzioni previste dalle norme vigenti, sia in termini di protezione contro i contatti diretti e sia verso i contatti indiretti.

Per lo sviluppo del progetto degli impianti LFM a servizio della sicurezza delle gallerie ferroviarie sono stati presi a riferimento i requisiti di sicurezza previsti dal Manuale di Progettazione delle opere civili - RFI 2017 PARTE II SEZIONE 4 – GALLERIE (RFI.DTC.SI.GA.MA.IFS.001.B), che si attiene

prevalentemente alla Specifica Tecnica di Interoperabilità STI-SRT “Safety in Railway Tunnels” (in vigore dal 1° gennaio 2015) e MODIFICHE 2019, al DM 28/10/2005 “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”, in vigore dall’8 aprile 2006, ma secondo quando definito dalla Legge n.27 del 24/03/2012 art.53, comma 2.

Il documento *IB02Q3AR58ROLF0000001A* - “*RELAZIONE GENERALE IMPIANTI*” riporta le norme e le scelte adottate e descrive in modo dettagliato gli impianti e i vari componenti previsti. Particolare attenzione è posta alla efficienza e affidabilità delle installazioni elettriche che dovranno garantire la continuità di esercizio anche nelle condizioni estreme di emergenza, ciò si ottiene con l’adozione di sistemi di alimentazione ridondate e col sezionamento dei tratti guasti riconfigurazioni automatiche delle alimentazioni.

Come si evince dalla descrizione della relazione generale impianti, per fare fronte alle necessità della progettazione e realizzazione degli impianti LFM per la sicurezza delle gallerie sono state adottati i criteri delle specifiche tecniche di cui RFI si è dotata al fine di progettare e realizzare gli impianti nel rispetto delle normative vigenti, garantendo elevati standard qualitativi. In particolare, la principale specifica presa a riferimento è:

- RFI DPRIM STC IFS LF610 C – Miglioramento della sicurezza in galleria impianti luce e forza motrice di emergenza per gallerie oltre 1000 metri.

A corollario della suddetta specifica sono state emanate diverse specifiche di prodotto che determinano in modo dettagliato i vari componenti facenti parte degli impianti LFM. Dette specifiche di prodotto determinano che le apparecchiature oltre ad essere standard devono essere soggette a omologazione da parte di RFI.

Per quanto non regolato dalle suddette specifiche, le scelte sono state effettuate nel rispetto delle norme CEI e UNI vigenti, e principalmente la norma CEI 64-8 per gli impianti BT, la norma CEI EN 61936-1 per gli impianti con tensione superiore a 1 kV e la guida CEI 99-4 - Guida per l’esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.

Le tensioni utilizzate nello sviluppo del progetto sono i 20 kV per la distribuzione in MT, i 1.000 V per le dorsali principali all’interno delle gallerie di lunghezza superiore a 1000 metri e infine la tensione 400/230 V per la distribuzione in BT. *Negli elaborati: ”*

- IB0Q3AR58DXLF0000001A – Impianti LFM - Schema Elettrico Generale Sistema Alimentazione MT.

- IB0Q3AR58DXLF0000002A - Impianti LFM - Schema Unifilare Rete Alimentazione MT
- IB0Q3AR58DXLF0000003A - Impianti LFM - Schematico: Bypass Tecnologici - Rete 20kV - Rete 1kV
- IB0Q3AR58DXLF0000004A - Impianti LFM - Schematico: Architettura Rete BT - QdP - QdT - QdTB – QdB
- IB0Q3AR58DXLF0000005A - Impianti LFM - Schematico: Apparecchiature LFM di Galleria
- IB0Q3AR58DXLF0000006A - Impianti LFM - Schematico: Rete MT - Cabine MT – Piazzali
- IB0Q3AR58DXLF0000007A - Impianti LFM - Tipologico: Bypass Tecnologico - Impianto Illuminazione Galleria

sono riportate le varie architetture di alimentazione con riportati i vari collegamenti tra i vari quadri MT e BT.

Per quanto attiene l'illuminazione di sicurezza in galleria, come richiesto dall'art. 1.3.4 del Decreto 28 ottobre 2005 e dal regolamento Europeo STI sopra menzionato, sono stati svolti i calcoli di verifica illuminotecnica per l'illuminazione delle vie di esodo della galleria garantendo un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux medi ad 1 m dal piano di calpestio e comunque assicurando 1 lux minimo sul piano di calpestio.

Tutti gli impianti LFM descritti precedentemente per le stazioni/fermate e per la sicurezza galleria sono gestiti, controllati e diagnosticati da appositi sistemi scada che consentono la supervisione remota degli impianti. Essi si compongono da apparati di campo dislocati in prossimità degli impianti che tramite rete dati trasmettono le informazioni e i comandi tra gli stessi e con le postazioni centralizzate.