

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J84E21002910001

S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ELETTRIFICAZIONE LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO

TRAZIONE ELETTRICA

Relazione di sintesi degli impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1

SCALA:

-

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

LC00 01 R 18 RG TE0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ferrara <i>[Signature]</i>	Luglio 2023	A. Sperduto <i>[Signature]</i>	Luglio 2023	V.A. Manitta	Luglio 2023	Guido Buttarini <i>[Signature]</i>	

ITALFERR SpA
U.O. Tecnica
Ing. Guido Buttarini
Ordine Ingegneri Provincia di Milano
n° 17812

File: LC00001R18RGTE0000001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE – ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE	6
2.1	CRITERI GENERALI PER GLI IMPIANTI PER LA TRAZIONE ELETTRICA FERROVIARIA	6
2.2	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE	10
3	LINEE PRIMARIE – ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE	13
4	LINEA DI CONTATTO	14
4.1	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE E CATENARIA	14
4.2	QUOTA DEL PIANO TEORICO DI CONTATTO	15
4.3	DISTANZA TRA SOSTEGNI SUCCESSIVI	15
4.4	SOSTEGNI, SOSPENSIONI E BLOCCHI DI FONDAZIONE	15
4.5	PROTEZIONE PER LA SICUREZZA ELETTRICA	16
4.6	GESTIONE DELLE INTERFERENZE AEREE E INTERRATE	17
4.7	INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE	17
5	LUCE E FORZA MOTRICE	18
6	ALTRI IMPIANTI TECNOLOGICI	21
6.1	IMPIANTI DI SEGNALAMENTO	21
6.2	TELECOMUNICAZIONI	22
6.3	IMPIANTI MECCANICI E SPECIALI	23

	ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 4 di 23

1 PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione descrive i criteri che sono stati adottati per la progettazione degli impianti di Trazione Elettrica nella tratta di linea ferroviaria Albate Camerlata – Lecco oggetto dell'intervento di elettrificazione.

L'intervento è inserito nell'elenco degli interventi di cui all'Appendice 9 "Elenco opere inserite nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza - PNRR" del Contratto di Programma 2017 – 2021 parte Investimenti Aggiornamento 2020/2021. Lo sviluppo del progetto è orientato ad implementare ogni soluzione tecnica e ottimizzazione del Programma Lavori per traguardare l'attivazione al 2026.

Il Piano di Committenza prevede che il progetto sia caratterizzato da una prima fase comprendente l'elettrificazione della linea da Albate Camerlata a Molteno – Lotto 1. Questa Fase 1 di progetto traguarderà l'attivazione al 2026 (PNRR) e sarà lo stato inerziale per il progetto della Fase 2, che vedrà l'elettrificazione della tratta da Molteno a Lecco – Lotto 2.

Oggetto del presente intervento è il Lotto 1, l'elettrificazione della tratta Albate Camerlata – Molteno.

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

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 5 di 23

(CCS), per la sicurezza in galleria (SRT) e per l'accessibilità delle stazioni alle persone con mobilità ridotta (PMR) non sono previsti adeguamenti delle opere/impianti esistenti.

Il progetto preliminare, 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, nello specifico quello di Trazione Elettrica, 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 Project Engineer garantisce l'integrazione tra le varie discipline apponendo la sua firma sul cartiglio di ciascun elaborato nel campo "Approvato".

Le discipline tecnologiche nell'ambito degli impianti di Trazione Elettrica 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.

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 6 di 23

2 SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE – ARCHITETTURA DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

2.1 Criteri generali per gli impianti per la trazione elettrica ferroviaria

Nell'ambito dello Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) dell'elettificazione della linea ferroviaria Como-Lecco, tratta Albate Camerlata-Lecco, è stato effettuato il dimensionamento e la verifica dei sistemi per la trazione ferroviaria, riportato nel documento:

- *LC0000R18SDSE0000001 - Verifica dell'architettura degli impianti TE.*

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 di 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 ²	Corda/e portante/i mm ²	Regolazione	Filo/i di contatto mm ²	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 ²)
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 ²)
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.

Tabella 2

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, premette 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

Tabella 3

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 tratta Albate Camerlata - Lecco prevede l'installazione delle seguenti nuove SSE/CTE:

- 1) CTE di Lecco ubicata alla pk 0+775, inserita nell'ambito dell'appalto del LOTTO 2;

- 2) SSE di Molteno ubicata alla pk 14+494, avente 2 gruppi da 5,4 MW e alimentata in MT, inserita nell'ambito dell'appalto del LOTTO 1;
- 3) CTE di Merone ubicata alla pk 19+857 (doppia CTE RFI e FN), inserita nell'ambito dell'appalto del LOTTO 1.

Oltre alla nuova SSE, la tratta oggetto di elettrificazione del Lotto 1 sarà alimentata anche dall'esistente SSE Albate Camerlata (pk 37+069) situata al km 30+670 (da Bergamo) dotata di 3 gruppi di conversione da 3,6 MW, come riportato nell'elaborato:

- LC0001R18DXSE0100001 SSE Albate - Schema elettrico generale.

L'architettura di progetto è indicata nella seguente figura:

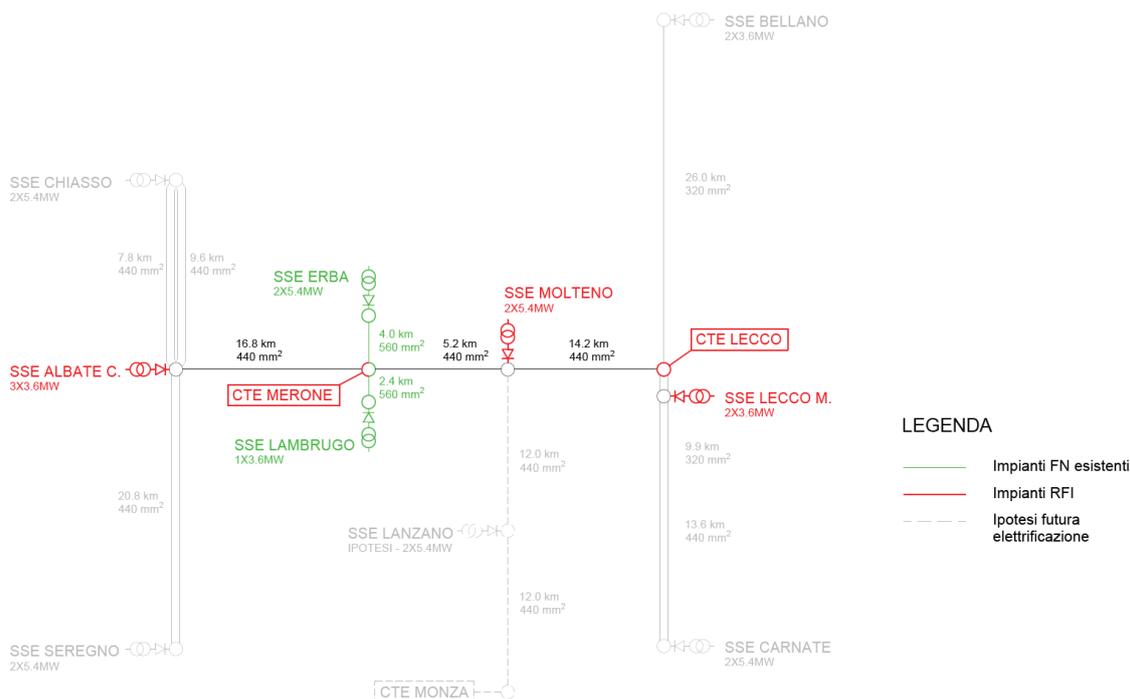


Figura 1

Dallo schema precedente risulta come a Merone sia necessario un sistema di doppia Cabina TE per l'interconnessione e la gestione dei flussi di energia tra le reti TE di FN e RFI.

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

	ELETTIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 10 di 23

- *LC0001R18DXLC0000001 – Schema elettrico di alimentazione TE - FINALE DI PROGETTO – LOTTO 1.*

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).

Gli elementi di questo elaborato, 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 Milano Greco Pirelli). 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:

- *LC0001R18ROSE0000001 – Relazione generale SSE.*

Tutte le apparecchiature di sottostazione elettrica, in media 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, trasformatori) sono oggetto di omologazione. Pertanto, in sede di fornitura del prodotto, l'appaltatore dovrà obbligatoriamente prescegliere uno

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 11 di 23

dei fornitori tra quelli omologati. Inoltre, per molti materiali, RFI ha l'esclusiva in termini di fornitura. Pertanto questi apparecchi non vengono 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:

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

La consegna e la distribuzione in MT avviene utilizzando quadri elettrici ubicati in appositi locali del fabbricato. Ogni stallo del quadro MT (dispositivo generale, misure, partenza linea, partenza trafo, eccetera) deve essere conforme a quanto disciplinato dalla norma **RFI DMA IM LA LG IFS 300 A**, che indica le caratteristiche meccaniche elettriche e sistemistiche cui debbono soddisfare i quadri elettrici in media tensione per poter essere utilizzati negli impianti di Rete Ferroviaria Italiana.

Il sistema di conversione utilizza apparecchiature normalizzate con taglia unificata da 5,4 MW, costituita da:

- Trasformatore trifase in MT di tipo in resina con uscita esafase 2710 V, conforme alla specifica tecnica **RFI DTC STS ENE SP IFS SS 182 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 **E.006**.

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 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 TC TE STF SSE 001** che agiscono sugli interruttori extrarapidi da 70 kA in SSE, garantendo interventi

	ELETTTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 12 di 23

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:

- *LC0001R18DXSE0100001 - SSE Albate - Schema elettrico generale;*
- *LC0001R18DXSE0200001 – CTE Merone - Schema elettrico generale;*
- *LC0001R18DXSE0300001 – SSE Molteno - Schema elettrico generale;*

Le disposizioni delle apparecchiature sul piazzale sono riportate nei documenti:

- *LC0001R18PASE0100001 – SSE Albate - Layout piazzale - disposizione apparecchiature*
- *LC0001R18PASE0200001 - CTE Merone - SE02 - Layout piazzale - disposizione apparecchiature;*
- *LC0001R18PASE0300001 - SSE Molteno - SE03 - Layout piazzale - disposizione apparecchiature.*

Nelle successive fasi di progettazione, il sistema sarà dimensionato per garantire le prescrizioni di sicurezza di cui alla norma **CEI EN 50522**. In tale fase verranno calcolati, mediante l'utilizzo di apposito software informatico, i valori delle tensioni di passo e di contatto e confrontati con i limiti imposti dalla suddetta normativa.

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 B.**

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 23

3 LINEE PRIMARIE – ELETTRICITÀ DI CONNESSIONE

Gli impianti di linea primaria in media tensione necessari al gestore della rete pubblica (e-distribuzione) per collegare il punto di consegna in prossimità delle sottostazioni ferroviaria previste a progetto con le proprie Cabine di distribuzione Primarie sono a carico dello stesso ente.

L'analisi dei carichi elettrici ha infatti dimostrato la compatibilità degli stessi con un'alimentazione elettrica primaria in Media Tensione per il sistema di Trazione Elettrica, permettendo così di ridurre drasticamente le aree di occupazione degli impianti, che risultano quindi limitate a spazi già oggi dedicati alle pertinenze ferroviarie.

Oltre al risparmio di suolo, la soluzione in media tensione comporta un'ingente riduzione dell'emissione di campi elettromagnetici rispetto alle soluzioni AT e consente inoltre una migliore integrazione degli impianti nel paesaggio di riferimento. Le apparecchiature elettromeccaniche di piazzale saranno limitate alle sole apparecchiature di alimentazione verso la Linea di contatto (pali sezionatori), mentre tutte le altre apparecchiature saranno contenute all'interno di fabbricati ad un solo livello e con tetto a doppia falda.

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 23

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 e al posizionamento dei Portali d'ormeggio dei sezionamenti elettro-meccanici della linea, seguendo le indicazioni dettate dagli schemi di principio di RFI da adottare.

Le lavorazioni oggetto del presente intervento riguarderanno l'elettificazione completa del binario di piena linea e dei binari di corsa e secondari delle Stazioni, ad eccezione di quella delle stazioni di Albate già elettrificata e della stazione di Merone, anch'essa attualmente già elettrificata e di proprietà delle Ferrovie Nord.

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 Tecnico TE di RFI; pertanto nello sviluppo del progetto, a meno di applicazioni particolari non rientrati in detti parametri (che saranno valutati nella successiva fase di progettazione, se necessario), 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, in particolare si faccia riferimento alla *Relazione tecnica generale Linea di Contatto – LC0001R18RGLC0000001*.

4.1 Sistema di alimentazione e catenaria

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 440 mmq con corde portanti regolate dettagliata in tabella 2 del capitolo 1.1 ed utilizzata nella verifica prestazionale del sistema energia *Verifica dell'architettura degli impianti TE – LC0000R18SDSE0000001*.

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.

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 23

4.2 Quota del piano teorico di contatto

Noto Il Profilo Minimo degli Ostacoli (PMO), che per la linea oggetto di questa elettrificazione è il PMO2, 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 5,00m ed opportunamente ridotta fino a 4,80m in corrispondenza di cavalcaferrovia e gallerie preesistenti garantendo comunque 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 TE.

4.4 Sostegni, sospensioni e blocchi di fondazione

La tipologia di sostegni e delle relative fondazioni da utilizzarsi è 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.

Nelle successive fasi progettuali, per i casi non contemplati nelle suddette tabelle, sarà valutata la possibilità di posa di eventuali strutture TE fuori standard, per le quali sarà necessario richiedere l’autorizzazione alla posa alla struttura competente di RFI e dovranno essere 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.

Per cercare di ridurre al minimo gli interventi nelle gallerie, si è scelto di elettrificarle unicamente con la catenaria rigida.

	ELETTIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 16 di 23

Nei tratti all'esterno, invece, l'elettificazione prevista è essenzialmente con catenaria flessibile, tranne che in presenza di opere civili (cavalcaferrovia, passerelle pedonali ecc...) particolarmente basse, dove sarà utilizzata la catenaria rigida, per evitare interventi molto invasivi di abbassamento binario oppure per evitare demolizione e ricostruzione dell'opera, soprattutto se sottoposta a vincoli paesaggistici/culturali.

Con riferimento alla tipologia di sospensione dei binari di corsa e per quelli di precedenza il Capitolato Tecnico (per la 440 mmq) consente di scegliere tra la tipologia in "Alluminio" e quella tradizionale in "Acciaio".

Come da input progettuale concordato con la Committenza, il progetto prevede l'impiego delle sospensioni a mensola orizzontale tubolare in acciaio. La scelta è funzione dei costi sostenibili dell'elettificazione anche in relazione all'importanza della linea oggetto dell'intervento, non essendo una linea con traffico intenso, oltre che per la rapidità di montaggio e per la facile manutenibilità. In accordo con la referenza, nella successiva fase di progettazione potrà essere valutata la possibilità di impiego di sospensioni a mensola orizzontale in alluminio in luogo delle sospensioni a mensola orizzontale tubolare in acciaio.

4.5 Protezione per la sicurezza elettrica

Per la protezione dai contatti indiretti è stata adottata la norma CEI 50122-1 recepita nel Capitolato 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.

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 17 di 23

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.

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 19 di 23

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.

Si precisa che molte scelte impiantistiche 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.

Il dimensionamento elettrico sarà effettuato nelle successive fasi di progettazione 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 saranno 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 saranno adottate tutte le precauzioni previste dalle norme vigenti, sia in termini di protezione contro i contatti diretti e sia verso i contatti indiretti.

Tutti gli impianti LFM descritti per le stazioni/fermate e per la sicurezza galleria sono gestiti, controllati e diagnosticati da appositi sistemi scada che consentono la supervisione remota degli

	ELETTTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 23

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.

A corollario delle suddette specifiche 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, CEI EN 61439 per le Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), CEI EN 50171 per i Sistemi di alimentazione centralizzata.

Le tensioni utilizzate nello sviluppo del progetto è la tensione 400/230 V per la distribuzione in BT.

La progettazione dei sistemi di impianti di alimentazione elettrica e d'illuminazione, relativamente alla linea ferroviaria Albate-Molteno (LOTTO 1) oggetto di intervento, è finalizzata alla:

- alimentazione del quadro sezionatori TE nelle stazioni, da quadro esistente o da nuova fornitura, con installazione di un UPS nella stazione di Cantù.
- ripristino dell'illuminazione nelle viabilità interferenti, ove necessario.

Maggiori dettagli relativi alle soluzioni tecniche progettuali degli impianti di Luce e Forza Motrice saranno sviluppate nella successiva fase di progettazione.

	ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 23

6 ALTRI IMPIANTI TECNOLOGICI

Di seguito saranno solo menzionati gli altri impianti tecnologici tipicamente presenti nei progetti di potenziamento o realizzazione di nuove linee ferroviarie, che nel presente progetto rivestono però una importanza secondaria, visto il carattere dominante che presenta la parte di elettrificazione e quindi della Trazione Elettrica.

6.1 Impianti di Segnalamento

Il sistema di segnalamento rappresenta l'insieme di tutti i sottosistemi, prodotti, funzioni, regole e processi implementativi preposti:

- Al comando e al controllo degli enti di piazzale di stazione e di linea;
- Alla verifica del corretto funzionamento degli enti;
- Alla protezione della sede ferroviaria da indebiti attraversamenti;
- Alla protezione della marcia dei treni da possibili errori umani;
- Alla protezione per problemi legati al treno stesso (es. boccole).

Tali sistemi si pongono l'obiettivo di garantire la sicurezza dell'esercizio, migliorando gli attuali standard manutentivi dell'infrastruttura, anche con sistemi informatici di diagnostica.

I sottosistemi fondamentali che costituiscono il sistema di segnalamento riguardano:

- Impianti di Stazione (Interlocking);
- Sistemi di Distanziamento Treni;
- Sistemi di Protezione Marcia treni;
- Sistemi di Protezione Passaggi a livello;
- Sistemi di Rilevamento Temperature Boccole e Freni.

Gli *impianti di stazione* gestiscono in sicurezza, tramite apparati ACC/ACCM oppure di tipo elettromeccanico ACEI, gli enti di piazzale di stazione garantendone il corretto comando/controllo in relazione alle necessità movimentistiche. Tali impianti si interfacciano con i *sistemi di distanziamento* che in maniera automatica, garantiscono la corretta distanza fra treni in marcia in

	ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA COMO – LECCO TRATTA ALBATE CAMERLATA – LECCO					
Relazione di sintesi impianti di Trazione Elettrica – Lotto 1	COMMESSA LC00	LOTTO 01	CODIFICA R 18 RG	DOCUMENTO TE 00 00 001	REV. A	FOGLIO 22 di 23

relazione alla velocità e allo spazio di frenata. Il *sistema di protezione della marcia dei treni*, garantisce che i tetti di velocità massima impostati in funzione delle caratteristiche del treno e dell'infrastruttura, non siano superati e blocca il treno anche in condizioni di sconfinamento in zone non autorizzate alla marcia. I *Sistemi di Protezione Passaggi a livello* garantiscono la protezione del treno dagli incroci con la viabilità stradale. I *Sistemi di Rilevamento Temperature Boccole e Freni* garantiscono l'arresto del treno in punti opportuni al fine di evitare che surriscaldamento di boccole e freni, possano portare a conseguenze impattanti la sicurezza.

Per il corretto dimensionamento e progettazione degli impianti di segnalamento, il punto di partenza è il Programma di Esercizio. Tale documento definisce gli standard funzionali, di capacità e velocità che si vogliono ottenere dal generico impianto di stazione e linea. La planimetria di armamento, realizzata in base al Programma di Esercizio, costituisce il secondo elemento di base per il progetto di segnalamento che parte dalla redazione del Piano Schematico di stazione o di linea che rappresenta schematicamente la disposizione degli enti di piazzale, funzionali al rispetto dei criteri di sicurezza imposti dalle normative e al rispetto delle richieste del Programma di Esercizio.

Per il presente progetto non sono previste modifiche agli Impianti di Segnalamento dei Posti di Servizio interessati dall'intervento di Elettrificazione.

6.2 Telecomunicazioni

Conseguentemente all'elettrificazione della linea ferroviaria oggetto di intervento, si rendono necessari i seguenti interventi sui sistemi di telecomunicazioni:

- Cavi Secondari in fibra ottica: si prevede la posa di nuovi cavi in fibra ottica (n.1 cavo monomodale e n.1 cavo multimodale) per relazionare la nuova SSE e la nuova cabina TE a ciascun fabbricato tecnologico per supportare i servizi di ADSE e del telecomando DOTE;
- Sistema di Telefonia Selettiva: estensione del Sistema Telefonico in esercizio a seguito della realizzazione della nuova SSE di Molteno e della nuova cabina TE di Merone, con la fornitura e posa di nuovi terminali telefonici;
- Gestione delle interferenze con le lavorazioni previste per la posa della nuova palificata TE. In particolare, si prevedono:

- in corrispondenza di ciascun nuovo palo TE: la manipolazione e lo spostamento dei cavi in posizione esterna all'area delle lavorazioni, la fornitura e posa di tratti di nuovo cunicolo per aggirare il basamento di ciascun nuovo palo TE e infine la posa in posizione definitiva dei cavi esistenti;
- in corrispondenza dei tratti in galleria: la fornitura e posa di nuovi cavi ottici e in rame (in sostituzione degli esistenti) e relative canalizzazioni, con la realizzazione di opportuni giunti con i cavi esistenti.

6.3 Impianti Meccanici e Speciali

Relativamente all'elettificazione tratta Albate-Molteno – LOTTO 1, in questa fase progettuale e coerentemente con il livello di dettaglio richiesto, non si ha evidenza della necessità di realizzare impianti meccanici, safety e security.