

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. TECNOLOGIE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA

TRAZIONE ELETTRICA

Relazione generale interventi di Trazione Elettrica

SCALA:

-

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

NT01 05 D 58 RG TE0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Reggiani	Aprile 2019	M. Reggiani	Aprile 2019	F. Perrone	Aprile 2019	Ing. M. Gambero Aprile 2020
B	Rev. generale a seguito modifica ubicazione impianti	B. Tutino	Aprile 2020	M. Reggiani	Aprile 2020	F. Perrone	Aprile 2020	GAMBARO MARIO Ordine Ingegneri Provinciali di Genova n. 90524

File: NT0105D58RGTE0000001B.doc

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	SCOPO	5
1.2	CAMPO DI APPLICAZIONE	5
1.3	ABBREVIAZIONI	5
2	RIFERIMENTI.....	6
2.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
2.2	RIFERIMENTI PROGETTUALI	14
3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	15
4	NUOVO ASSETTO DEGLI IMPIANTI FISSI DI ALIMENTAZIONE	17
4.1	REALIZZAZIONE NUOVA SSE DI BORGONE	17
4.2	REALIZZAZIONE NUOVA SSE DI AVIGLIANA	18
4.3	DISMISSIONE ESISTENTE SSE DI SANT'AMBROGIO	19
5	ADEGUAMENTO DELLA LINEA DI CONTATTO	21
5.1	ZONA ANTISTANTE LA SSE DI BORGONE.....	21
5.2	ZONA ANTISTANTE LA SSE DI AVIGLIANA	22
6	COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA DEGLI IMPIANTI	23

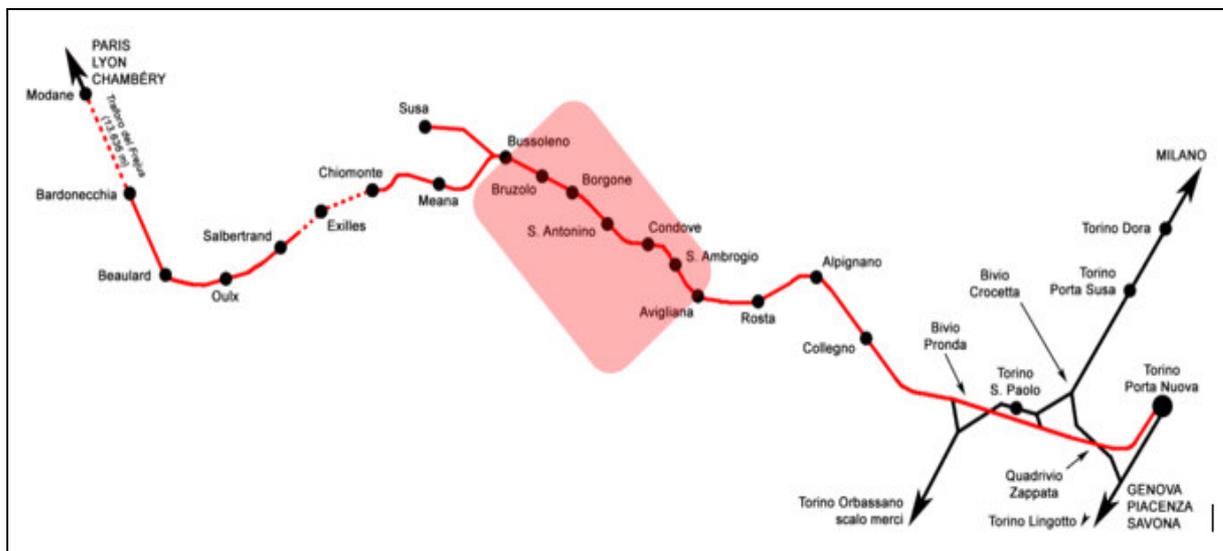
1 INTRODUZIONE

Il presente intervento si inquadra nel progetto più ampio di Adeguamento della tratta Avigliana Bussoleno della Linea Storica Torino – Modane.

Il tratto di linea oggetto di intervento, compreso tra le stazioni, di Bussoleno e di Avigliana escluse, fa parte della linea di valico che connette Modane/Susa al nodo di Torino. La linea è a traffico misto passeggeri e merci, a doppio binario ed elettrificata a 3 kV cc.

Attualmente la linea, che serve la bassa, la media e l'alta Valle di Susa, si dirama, lato Francia, in direzione Susa e in direzione tunnel del Frejus/Modane, mentre lato Italia a Bivio Pronda si divide in un doppio binario in direzione scalo di Orbassano e in un doppio binario in direzione Torino San Paolo.

La lunghezza della tratta Bussoleno-Avigliana è di circa 21,5 km.



A seguito delle richieste della Committenza, il progetto è stato suddiviso in 8 “lotti progettuali”, ognuno tecnicamente auto-consistente e appaltabile singolarmente.

I succitati lotti progettuali prevedono:

- LOTTO 1: Installazione di un nuovo blocco automatico che permetta il distanziamento fra due treni al seguito di 4 min, l'anticipazione di una buona percentuale dei blocchi di fondazione TE necessari all'adeguamento dell'intera tratta come da progetto di

- elettrificazione di lotto 8 e la demolizione (della sola parte ricadente in area ferroviaria) della linea primaria a 66 kV non in esercizio;
- LOTTO 2: Soppressione dei due PL di Borgone (pk 35+570 e pk 36+540) e realizzazione della viabilità sostitutiva con relativa illuminazione pubblica;
 - LOTTO 3: Adeguamento a STI delle fermate di Bruzolo, Borgone e Sant'Ambrogio;
 - LOTTO 4: Realizzazione del PM sfalsato tra le località di Bruzolo e Sant'Antonino Vaie con la realizzazione con modulo 750 m della precedenza dispari di Bruzolo e di quella pari di Condove;
 - LOTTO 5: Realizzazione delle SSE di Avigliana e Borgone ed adeguamento della LdC antistante la nuova SSE di Borgone;
 - LOTTO 6: Completamento della dismissione della linea primaria a doppia terna tra Bussoleno e Collegno;
 - LOTTO 7: Interventi di mitigazione acustica e conseguente adeguamento della LdC;
 - LOTTO 8: Realizzazione della nuova LdC.

Fra i vari interventi, il Lotto 5, le cui caratteristiche progettuali sono oggetto della presente relazione, prevede la completa realizzazione di due nuove sottostazioni elettriche per l'alimentazione di linee ferroviarie a 3 kV in corrente continua, nelle località di Avigliana e Borgone. Esse, in relazione ai nuovi carichi previsti dal progetto di adeguamento sopracitato, andranno ad alimentare la tratta oggetto dell'intervento sostituendo l'esistente sottostazione sita in località Sant'Ambrogio, che sarà dismessa all'attivazione dei nuovi impianti.

Come meglio precisato nei successivi paragrafi, la sottostazione di Avigliana sarà di tipo "innovativo"; in essa l'unità di trasformazione e conversione ca/cc della corrente sarà quindi basata sull'utilizzo di convertitori a commutazione forzata di tipo VSC (Voltage Source Converter), con lo scopo di regolare e migliorare la qualità della tensione in uscita fornita ai treni.

Le caratteristiche di dettaglio e la descrizione dei singoli sottostistemi sono desumibili dagli specifici elaborati grafici di progetto, quali gli schemi generali e i layout degli impianti elencati nel paragrafo 2.2.

1.1 Scopo

Lo scopo della presente relazione è principalmente quello di illustrare le scelte progettuali relative agli impianti per la trazione elettrica, fornendo i criteri con cui sono state effettuate le scelte di progetto. Quindi ci si limiterà ad illustrare i criteri impiantistici generali.

Il livello della progettazione suddetta è quello definitivo. Coerentemente con tale livello, nella presente relazione non verranno definite le caratteristiche di dettaglio degli impianti, dei componenti e di alcune grandezze elettriche e meccaniche significative, poiché questi aspetti verranno trattati nella successiva fase progettuale.

1.2 Campo Di Applicazione

Il progetto di cui il presente elaborato costituisce parte integrante, si riferisce ad impianti che rientrano negli attuali standard RFI.

1.3 Abbreviazioni

Ai fini della presente Relazione Tecnica, valgono le seguenti abbreviazioni :

- *RFI* : Rete Ferroviaria Italiana S.p.A.;
- *STF* : Specifica Tecnica di Fornitura;
- *LdC* : Linea di Contatto;
- *LSU* : Palo tralicciato flangiato alla base tipo LSU;
- *CdT* : Circuito di Terra di protezione;
- *SSE* : Sottostazione Elettrica;
- *BD* : Binario Dispari;
- *BP* : Binario Pari;
- *PRG* : Piano Regolatore Generale;
- *PES* : Programma di Esercizio;
- *PdE* : Piano di Elettrificazione;
- *SCC* : Sistema di Comando e Controllo;
- *CdR* : Circuito di Ritorno TE;
- *DM* : Dirigente Movimento;
- *TS* : Tronco di Sezionamento;
- *RA* : Posto di Regolazione Automatica delle condutture di contatto;
- *PM* : Posto Movimento;
- *BA* : Barriera Antirumore;
- *TT* : Tirante a Terra;
- *IPO* : Interruzione Programmata di Orario;
- *RTN* : Rete di Trasmissione Nazionale;
- *Terna* : Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale.

2 RIFERIMENTI

Nell'esposizione della presente relazione si farà implicito riferimento sia alle Norme tecniche che alle legge vigenti, nella loro edizione più recente.

Le caratteristiche generali d'impianto e le scelte tecniche che sono alla base della progettazione degli impianti di TE/LdC, esplicitate in questa relazione, discendono da un'attenta e responsabile applicazione delle istruzioni tecniche RFI e relativi standard impiantistici, nonché delle normative tecniche specifiche vigenti, laddove applicabili.

2.1 Riferimenti Normativi

A solo scopo indicativo e non esaustivo vengono di seguito elencate le principali fonti normative, Istruzioni, Circolari RFI e disposizioni di legge cui è stato fatto riferimento:

- **D.M. n. 37/08** Regolamento recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;
- **D.Lgs. n°81/08** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- **Legge n°123/07** Misure in tema di tutela della salute e della sicurezza sul lavoro e delega al Governo per il riassetto e la riforma della normativa in materia;
- **D.P.R. 1 agosto 2011, n. 151** "Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122";
- **CEI EN 60076-1** Class. CEI 14-4/1 Trasformatori di potenza Parte 1: Generalità;
- **CEI EN 60076-1/A12** Class. CEI 14-4/1;V1 Trasformatori di potenza Parte 1: Generalità;
- **CEI EN 60076-2** Class. CEI 14-4/2 Trasformatori di potenza Parte 2: Riscaldamento;
- **CEI EN 60076-3** Class. CEI 14-4/3 Trasformatori di potenza Parte 3: Livelli di isolamento, prove dielettriche e distanze isolanti in aria;
- **CEI EN 60076-10** Class. CEI 14-4/1 Trasformatori di potenza Parte 10: Determinazione dei livelli di rumore;

- **CEI EN 60214-1** Cass. CEI 14-10 Commutatori Parte 1: Prescrizioni relative alle prestazioni e ai metodi di prova;
- **CEI 14-41** Class. CEI 14-41 Commutatori: Guida di applicazione;
- **CEI EN 50522** Class. CEI 99-3 Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.;
- **CEI EN 61936** Class. CEI 99-2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 1: Prescrizioni comuni;
- **CEI EN 50122-1** Class. CEI 9-6 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi - Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo shock elettrico;
- **CEI EN 50110** Class. CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici Parte 1: Prescrizioni generali;
- **CEI EN 60076-11** Class. CEI 14-32 Trasformatori di potenza Parte 11: Trasformatori di tipo a secco;
- **CEI EN 50119** Class. CEI 9-2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi - Linee aeree di contatto per trazione elettrica;
- **CEI EN 50162** Class. CEI 9-89 Protezione contro la corrosione da correnti vaganti causate dai sistemi elettrici a corrente continua;
- **CEI EN 50125-2** Class. CEI 9-77 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Condizioni ambientali per gli equipaggiamenti Parte 2: Impianti elettrici fissi;
- **CEI EN 50124-1** Class. CEI 9-65/1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 1: Requisiti base Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica;
- **CEI EN 50124-1/A1/A2** Class. CEI 9-65/1;V1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 1: Requisiti base Distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica ed elettronica;
- **CEI EN 50124-2** Class. CEI 9-65/2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filotranviarie, metropolitane Coordinamento degli isolamenti Parte 2: Sovratensioni e relative protezioni;

ELABORATI GENERALI
Relazione generale interventi di Trazione Elettrica

 COMMESSA
 NT01

 LOTTO
 05 D 58

 CODIFICA
 RG

 DOCUMENTO
 TE0000 001

 REV.
 B

 FOGLIO
 8 di 22

- **CEI EN 50163** Class. CEI 9-31 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;
- **CEI EN 50163/A1** Class. CEI 9-31;V1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Tensioni di alimentazione dei sistemi di trazione;
- **CEI EN 50329** Class. CEI 9-23 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Trasformatori di trazione;
- **CEI EN 50329/A1** Class. CEI 9-23;V1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Trasformatori di trazione;
- **CEI EN 50123-1** Class. CEI 9-26/1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Apparecchiatura a corrente continua Parte 1: Generalità;
- **CEI EN 50123-2** Class. CEI 9-26/2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Apparecchiatura a corrente continua Parte 2: Interruttori a corrente continua;
- **CEI EN 50123-3** Class. CEI 9-26/3 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Apparecchiatura a corrente continua Parte 3: Sezionatori, interruttori di manovra-sezionatori e sezionatori di terra a corrente;
- **CEI EN 50123-4** Class. CEI 9-26/4 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Apparecchiatura a corrente continua Parte 4: Sezionatori, interruttori di manovra Sezionatori e sezionatori di terra a corrente continua per esterno;
- **CEI EN 50123-5** Class. CEI 9-26/5 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Impianti fissi: Apparecchiatura a corrente continua Parte 5: Scaricatori e valvole di tensione per uso specifico in sistemi a corrente continua;
- **CEI EN 62271-102** Class. CEI 17-83; Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;
- **CEI EN 62271-102/EC** Class. CEI 17-83;V1 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;
- **CEI EN 62271-102/A1** Class. CEI 17-83;V2 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;

- **CEI EN 62271-102/A2** Class. CEI 17-83;V3 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 102: Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata;
- **CEI EN 60947-1** Class. CEI 26-13 Apparecchiature a bassa tensione Parte 1: Regole generali;
- **CEI EN 60694/A1/A2** Class. CEI 17-21;V1 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- **CEI EN 61439-1** Class. CEI 17-113 Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 1: Regole generali;
- **CEI EN 61439-2** Class. CEI 17-114 - Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 2: Quadri di potenza;
- **CEI EN 62271-100** Class. CEI 17-1 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- **CEI EN 62271-100/A1** Class. CEI 17-1;V1 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- **CEI EN 60947-2** Class. CEI 17-5 Apparecchiature a bassa tensione Parte 2: Interruttori automatici;
- **CEI EN 62271-200** Class. CEI 17-6 Apparecchiatura ad alta tensione Parte 200: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV;
- **CEI EN 60947-3** Class. CEI 17-11 Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruptori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili;
- **CEI EN 60947-3/A1** Class. CEI 17-11;V1 Apparecchiatura a bassa tensione Parte 3: Interruttori di manovra, sezionatori, interruptori di manovra-sezionatori e unità combinate con fusibili;
- **CEI EN 61869-1** Class. CEI 38-11 Trasformatori di misura Parte 1: Prescrizioni generali;
- **CEI EN 61869-2** Class. CEI 38-14 Trasformatori di misura Parte 2: Prescrizioni addizionali per trasformatori di corrente;

- **CEI EN 61869-3** Class. CEI 38-12 Trasformatori di misura Parte 3: Prescrizioni addizionali per trasformatori di tensione induttivi;
- **CEI EN 60099-4** Class. CEI 37-2 Scaricatori Parte 4: Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a corrente alternata;
- **CEI EN 50121-1** Class. CEI 9-35/1 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 1: Generalità;
- **CEI EN 50121-2** Class. CEI 9-35/2 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 2: Emissione dell'intero sistema ferroviario verso l'ambiente esterno;
- **CEI EN 50121-5** Class. CEI 9-35/5 Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane Compatibilità elettromagnetica Parte 5: Emissione ed immunità di apparecchi e impianti fissi di alimentazione;
- **CEI EN 50152-2** Class. CEI 9-43 Applicazioni ferroviarie installazioni fisse: Prescrizioni particolari per apparecchiature a corrente alternata Parte 2: Sezionatori, sezionatori di terra e interruttori per corrente monofase con tensione nominale 1 kV;

Tutte le caratteristiche degli impianti progettati sono conformi agli standard RFI attualmente in vigore. Si riepilogano di seguito le specifiche principali e di sistema (intese nell'ultima revisione emessa):

- **Capitolato Tecnico T.E. Ed. 2014 cod. RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A** - "Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione" completo di elenco disegni, allegato E 70598 e disegni in esso richiamati;
- **Capitolato Tecnico T.E. Ed. 2008** "Capitolato tecnico per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione" completo di elenco disegni, e disegni in esso richiamati;
- **RFI-DTC.ST.E\A0011\IP\2017\0000120** - "Indicazioni sull'impiego di cavi elettrici destinati a costruzioni negli impianti ferroviari REGOLAMENTO (UE) n. 305/2011";
- Nota **RFI-DTC.ST\A0011\IP\2017\0001906 del 21/12/2017** - "Disposizioni sull'impiego di cavi per l'energia, controlli e comunicazioni destinati a costruzioni negli impianti ferroviari - REGOLAMENTO (UE) n. 305/2011 e D.Lgs. 106/2017";

- Nota **RFI-DTC.ST\EA0011\PI\2017\0000153 del 26/09/2017** - “Normativa di riferimento per la fornitura interna RFI di cavi di Energia”;
- **Regolamento (UE) n.1300/2014** della Commissione del 18.11.2014 inerente Specifiche Tecniche di Interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta, modificato con il Regolamento di Esecuzione (UE) N° 2019/772 della Commissione del 16 maggio 2019;
- **Regolamento (UE) n.1301/2014** della Commissione del 18.11.2014 inerente Specifiche Tecniche di Interoperabilità per il sottosistema “Energia” del sistema ferroviario dell’Unione Europea, modificato dal Regolamento di Esecuzione (UE) 2018/868 del 13 giugno 2018 e dal successivo Regolamento di Esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
- **Norme Tecniche per le Costruzioni, DM del 14/01/2008;**
- **RFI DMA IM LA LG IFS 300** Quadri Elettrici di media tensione di tipo modulare prefabbricato;
- **RFI DMA IM LA LG IFS 500** Sistema di governo per impianti di trasformazione e distribuzione energia elettrica;
- **RFI DMA IM LA LG IFS 501** Realizzazione di fabbricati ad uso degli impianti delle sottostazioni elettriche (per quanto applicabile);
- **RFI DMA IM LA SP IFS 330** Alimentatore stabilizzato caricabatteria per l'alimentazione dei servizi ausiliari in corrente continua di SSE e cabine TE;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 361** Unità periferiche di protezione ed automazione. Dispositivo di asservimento tipo ASDE 3;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 362** Sistema di misurazione e registrazione di energia per SSE;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 363** Sistema di rilevazione voltmetrica (RV) per il monitoraggio e la protezione delle linee di trazione a 3 kVcc;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 364** Interruttore extrarapido 3 kVcc;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 370** Dispositivo di collegamento del negativo 3kVcc all'impianto di terra di SSE e cabine TE;

- **RFI DMA IM LA SP IFS 371** Relè monostabile di massima corrente a soglia fissa direzionale ad inserzione diretta a 3 kVcc;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 402** Unità funzionali di tipo prefabbricato in carpenteria metallica per reparti a 3kV in corrente continua – Parte IV: Unità funzionale misure e negativi;
- **RFI DMA IM LA SP IFS 403** Unità funzionali di tipo prefabbricato in carpenteria metallica per reparti a 3kV in corrente continua – Parte V: Unità funzionale sezionamento di gruppo e filtro;
- **RFI DMA IM LA SSE 360** Unità periferiche di protezione ed automazione;
- **RFI DMA IM LA STC SSE 400** Unità funzionali di tipo prefabbricato in carpenteria metallica per reparti a 3 kVcc in corrente continua – Parte I e II: Generalità e caratteristiche costruttive generali;
- **RFI DMA IM LA STC SSE 401** Unità funzionali di tipo prefabbricato in carpenteria metallica per reparti a 3 kVcc in corrente continua – Parte III: Unità funzionale alimentatore;
- **RFI/TC EE IT LP 016** Reparti A.T. di S.S.E. alla tensione di 132-150 kV;
- **RFI/TC EE IT LP 021** Strutture di sostegno in acciaio zincato di amarro capolinea e sospensione per S.S.E. alla tensione nominale di 132-150 kV;
- **RFI TC TE STF SSE 001** Sistema di protezione per linee di contatto a 3 kVcc;
- **RFI DTC STS ENE SP IFS TE 147** Specifica di fornitura per cavi elettrici unipolari in rame per l'alimentazione delle linee di trazione a 3 kVcc;
- **RFI DPR PD IFS 004** Gestione materiali provenienti da tolto d'opera;
- **RFI.DPR.IM.STF.IFS.TE 143** Relè elettrici a tutto o niente per impianti di energia e trazione elettrica;
- **RFI.DPR.DIT.STF.IFS.TE 080** Conduttore in lega di alluminio ad alta temperatura;
- **TE – 3** Norma tecnica per la fornitura di trasformatori monofase di tensione capacitivi per esterno per reti a tensioni nominali 66 kV, 132 kV, 150 kV;
- **TE – 169** Norme tecniche di fornitura dei trasformatori monofase di tensione induttivi per reti a tensione nominale 66 kV, 132 kV, 150 kV;

- **TE – 162** Norme tecniche di fornitura dei trasformatori monofase di corrente per misure su reti a tensione nominale 66 kV, 132 kV, 150 kV;
- **TE – 52** Istruzione per il funzionamento del comando unificato dei sezionatori AT;
- **TE – 148** Norme tecniche per la fornitura di sezionatori tripolari a sezionamento verticale per tensioni nominali 66 kV, 132 kV e 150 kV;
- **TE – 183** Norme tecniche per la fornitura degli interruttori tripolari a volume d'olio ridotto o in esafloruro di zolfo per A.T. (più Foglio caratteristiche IE.3112/FC/5IAT/1982 e lettera di trasmissione disegno basamento interruttore);
- **TE – 175** Norme tecniche per la fornitura ed il collaudo dei sezionatori tripolari con poli a fila indiana o poli affiancati per tensioni nominali 66, 132 e 150 kV (più Foglio Aggiuntivo IE 3211/1/1987, più Foglio Tecnico Integrativo alle NT TE 175 – Ed.1979 ed il relativo FA IE3211/1/1987, più istruzione tecnica TC/IT/E.05 TE 52-002 del 1991);
- **TE – 181** Norme tecniche del servizio IE delle FS per la fornitura di scaricatori a spinterometro e condensatore per protezione impianti a 3 kVcc nominali;
- **TE – 193** Norme tecniche del servizio IE delle FS per la fornitura dei trasformatori trifase con regolazione automatica della tensione sotto carico per l'alimentazione di raddrizzatori al silicio da 5400 kW per tensione nominale di esercizio 3 e 6 kVcc (più variante EA.A/005/1988);
- **TE – 607** Scaricatori ad ossido metallico senza spinterometri per reti elettriche a 132-150 kV negli impianti di trazione elettrica;
- **TE – 12** Norme tecniche del servizio IE delle FS per la fornitura di sezionatori bipolari ed esapolari autostringenti a corrente nominale 3000 A per SSE a c.c.;
- **TE – 13** Prove e verifiche periodiche degli impianti di terra di protezione delle sottostazioni elettriche
- **TE – 194** Norme tecniche per la fornitura di raddrizzatori al silicio, tipo per interno da 5400 kW per tensione nominale di esercizio 3-6 kV c.c. (più Foglio Aggiuntivo IE.3212/4 A-RZ/1982);
- **TE – 666** Trasformatori di potenza MT/bt con isolamento in resina epossidica;

- **TE – 100** Sezionatori a corna unipolari per corrente continua 3400 V 1800 A, da montarsi all'aperto;
- **LF – 680** Capitolato tecnico per la realizzazione di impianti di illuminazione nei piazzali ferroviari e grandi aree in genere;
- **LF – 690** Norme tecniche per la fornitura di sostegni portafaro a corona mobile H18 m f.t. per l'illuminazione di SSE, punte scambi e piccole aree di stazioni ferroviarie;
- **S.IT/E.05-002 ed.1990** Comando unificato per la regolazione automatica della tensione delle SSE con due gruppi di conversione (da utilizzarsi come principio di funzionamento);
- **RE/ST.IE/1/97.605 ed 1997** Motorizzazione e telecomando dei sezionatori a 3 kVcc;
- **RE/ST.IE/95.642 ed 1995** Attivazione delle sottostazioni elettriche di conversione ed impianti assimilabili;
- **E.006 ed.1989** Reattori in lastra di alluminio per i filtri delle SSE di conversione con induttanza nominale di 6 mH e corrente continua nominale di 1800 A e di 2500 A per tensione nominale di esercizio di 3,6 kV.

Per quanto non esplicitamente indicato, dovranno in ogni caso essere sempre adottate tutte le indicazioni normative, di legge e tutti gli standard atti a garantire la realizzazione del sistema a regola d'arte e nel rispetto della sicurezza.

2.2 Riferimenti Progettuali

Poiché la presente relazione vuole essere di inquadramento generale per il progetto di LOTTO 5, costituiscono parte integrante della stessa la revisione ultima degli elaborati progettuali di seguito elencati:

- NT0105D58ROSE0100001 "SSE di Borgone - Relazione generale interventi di SSE e telecomando DOTE";
- NT0105D58P7SE0100001 "SSE di Borgone - Planimetria ubicazione impianto";
- NT0105D58DXSE0100001 "SSE di Borgone - Schema elettrico di potenza";
- NT0105D58PBSE0100002 "SSE di Borgone - Disposizione apparecchiature interne al fabbricato";

- NT0105D58P9SE0100001 “SSE di Borgone - Disposizione apparecchiature di piazzale (Layout)”;
- NT0105D58ROSE0200001 “SSE “innovativa” di Avigliana - Relazione generale interventi di SSE e telecomando DOTE”;
- NT0105D58P7SE0200001 “SSE “innovativa” di Avigliana - Planimetria ubicazione impianto”;
- NT0105D58DXSE0200001 “SSE “innovativa” di Avigliana - Schema elettrico di potenza”;
- NT0105D58PBSE0200002 “SSE “innovativa” di Avigliana - Disposizione apparecchiature interne al fabbricato”;
- NT0105D58P9SE0200001 “SSE “innovativa” di Avigliana - Disposizione apparecchiature di piazzale (Layout)”;
- NT0105D58ROLP0000001 “SSE “innovativa” di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL - Relazione generale di impianto”;
- NT0105D58PLSE0300001 “SSE di Sant’Ambrogio – Piano delle demolizioni/rimozioni”.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

La tratta Bussoleno – Avigliana, sede del progetto e facente parte della linea Modane – Torino, è attualmente a traffico misto passeggeri e merci, a doppio binario ed elettrificata a 3 kVcc.

L'alimentazione della tratta è al momento affidata principalmente alla Sottostazione Elettrica di Sant’Ambrogio; a valle del suo ammodernamento saranno messe in funzione due nuovi SSE, a Borgone e ad Avigliana, che andranno a sostituire l'impianto esistente.

Le lavorazioni previste nel LOTTO 5, oggetto della presente relazione, consisteranno essenzialmente in:

1. realizzazione della nuova SSE di Borgone alla pk 33+790 ed allaccio alla rete di alimentazione a 132 kV di Terna da cui sarà alimentata tramite apposita SSE adiacente al nuovo impianto di RFI S.p.A.;
2. adeguamento della LdC antistante la nuova SSE di Borgone consistente nell'installazione di un TS, realizzazione di 8 “pali provvisori” per il raccordo delle campate del TS a quelle della palificata esistente e realizzazione delle calate di alimentazione della SSE sulla LdC;

ELABORATI GENERALI

Relazione generale interventi di Trazione Elettrica

COMMESSA
NT01

LOTTO
05 D 58

CODIFICA
RG

DOCUMENTO
TE0000 001

REV.
B

FOGLIO
16 di 22

3. realizzazione della nuova SSE di Avigliana alla pk 20+390 e realizzazione delle calate di alimentazione sulla LdC;
4. realizzazione del cavidotto a 132 kV di alimentazione della SSE di Avigliana dalla vicina CP Enel;
5. disalimentazione dell'esistente SSE di Sant'Ambrogio e messa in servizio delle nuove SSE di Borgone ed Avigliana;
6. dismissione e demolizione della SSE di Sant'Ambrogio.

	<p>LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</p> <p>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</p>						
<p>ELABORATI GENERALI Relazione generale interventi di Trazione Elettrica</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA NT01</td> <td>LOTTO 05 D 58</td> <td>CODIFICA RG</td> <td>DOCUMENTO TE0000 001</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 17 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 17 di 22
COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 17 di 22		

4 NUOVO ASSETTO DEGLI IMPIANTI FISSI DI ALIMENTAZIONE

L'attivazione del nuovo assetto della tratta avverrà in tre macro-fasi: la prima prevede la completa realizzazione delle due nuove Sottostazioni a Borgone ed Avigliana, la seconda avverrà a valle della disalimentazione dell'esistente SSE di Sant'Ambrogio e prevede la messa in servizio delle nuove SSE, mentre la terza e ultima macro-fase prevede la dismissione e la demolizione dell'impianto di Sant'Ambrogio.

La conformazione, la potenza installata e la scelta dell'ubicazione dei due nuovi impianti è stata fatta sulla base delle risultanze delle analisi simulative di potenzialità del sistema elettrico di trazione come da doc. NT1100018SDTE0000001A del maggio 2017.

4.1 Realizzazione nuova SSE di Borgone

La SSE di Borgone sarà ubicata al km 33+790, in un'area di pertinenza RFI adiacente ai binari. La posizione sul territorio è meglio esplicitata nell'elaborato:

NT0105D58P7SE0100001 "SSE DI BORGONE - Planimetria ubicazione impianto".

La suddetta SSE sarà alimentata in aereo da una nuova sottostazione elettrica realizzata in adiacenza a quella di RFI dal gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) che prenderà l'alimentazione dalla vicina terna aerea AT a 132 kV.

La sottostazione sarà equipaggiata con due gruppi di conversione da 5400 kW. Nel piazzale, di area complessiva pari a circa 3700 m², saranno presenti principalmente:

- un reparto di Alta Tensione, comprendente l'arrivo linea, misure fiscali, sbarra AT, protezioni e sezionatori di sbarra e di gruppo;
- due trasformatori di potenza in olio, muniti di vasche di raccolta olio e muri tagliafiamma;
- un fabbricato di SSE di dimensioni esterne 25,4x12,5 m, con elementi strutturali gettati in opera;
- un reparto 3 kVcc costituito da n. 4 sezionatori di prima fila e n. 2 sezionatori di seconda fila, per l'alimentazione dei binari adiacenti.

Il layout del piazzale di sottostazione è riportato nel documento **NT0105D58P9SE0100001** "SSE di Borgone - Disposizione apparecchiature di piazzale (Layout)".

La sottostazione sarà munita di quattro interruttori extrarapidi e dei relativi sezionatori aerei a 3 kV di prima fila, dai quali si originano le linee di alimentazione attestate alle

condutture di contatto. Gli interruttori extrarapidi, la cella misure e negativi e le celle filtro di gruppo saranno contenuti all'interno del quadro a 3 kVcc, situato nel fabbricato di SSE e realizzato con tecnologia "metal clad", ovvero con moduli blindati compatti ed apparecchiature estraibili, in linea con le specifiche RFI.

Per l'illuminazione del piazzale di SSE è stato previsto l'impiego di una torre faro a corona mobile, di altezza 18 m, ubicata nella zona di piazzale dedicata alle apparecchiature AT. Tale impianto di illuminazione sarà integrato da paline in vetroresina di altezza pari a 5 m, nelle posizioni indicate negli elaborati di progetto. Si è previsto inoltre l'installazione sul perimetro del fabbricato di plafoniere in esecuzione stagna per l'illuminazione della zona dei sezionatori 3 kV, in occasione di eventi manutentivi.

Per le specifiche caratteristiche dell'impianto si rimanda all'elaborato **NT0I05D58ROSE0100001** "SSE di Borgone - Relazione generale interventi di SSE e telecomando DOTE".

4.2 Realizzazione nuova SSE di Avigliana

La SSE di Avigliana, di tipo "innovativo" in quanto dotata di convertitori ad elementi controllabili (quindi non a diodi) sarà ubicata al km 20+390, in un'area di pertinenza RFI adiacente ai binari esistenti. La posizione sul territorio è meglio esplicitata nell'elaborato **NT0I05D58P7SE0200001** "SSE DI AVIGLIANA - Planimetria ubicazione impianto".

La SSE dovrà essere connessa alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) dalla quale sarà alimentata in AT a 132 kV a partire da una CP Enel attraverso un cavidotto dedicato come da elaborati di progetto:

NT0I05D58C5LP0000001 "SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL – Corografia”;

NT0I05D58AXLP0000001 "SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132kV da CP ENEL - Sezioni tipiche di posa cavi”;

NT0I05D58P7LP0000001 "SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL - Planimetria di tracciato”.

Per le caratteristiche tecniche del cavidotto si rimanda alla relazione specialistica **NT0I05D58ROLP0000001** "SSE "innovativa" di Avigliana - Cavidotto AT 132 kV da CP ENEL - Relazione generale di impianto”.

La sottostazione sarà equipaggiata con tre gruppi di conversione da 5400 kW. Nel piazzale, di area complessiva pari a circa 5800 m², saranno presenti principalmente:

- un reparto di Alta Tensione, comprendente l'arrivo linea, misure fiscali, sbarra AT, protezioni e sezionatori di sbarra e di gruppo;
- tre trasformatori di potenza in olio, muniti di vasche di raccolta olio e muri tagliafiamma;
- un fabbricato di SSE di dimensioni esterne 34,7x15 m, con elementi strutturali gettati in opera;
- un reparto 3 kVcc costituito da n. 6 sezionatori di prima fila e n. 3 sezionatori di seconda fila, per l'alimentazione dei binari adiacenti.

Il layout del piazzale di sottostazione è riportato nel documento:

NT0105D58P9SE0200001 "SSE "innovativa" di Avigliana - Disposizione apparecchiature di piazzale (Layout)"

La sottostazione di Avigliana sarà predisposta con sei interruttori extrarapidi e con i relativi sostegni per i sezionatori aerei a 3kV di prima fila, dai quali si originano le linee di alimentazione attestate alle condutture di contatto; solo 4 dei 6 sezionatori di prima fila saranno installati e provvisti delle calate di alimentazione necessarie ad alimentare la LdC. Gli interruttori extrarapidi, la cella misure e negativi e le celle filtro di gruppo saranno contenuti all'interno dei moduli a 3 kVcc situati nel fabbricato di SSE e realizzati con tecnologia "metal clad", ovvero con moduli blindati compatti ed apparecchiature estraibili, in linea con le specifiche RFI.

Per l'illuminazione del piazzale di SSE è stato previsto l'impiego di paline in vetroresina di altezza pari a 5 m, nelle posizioni indicate negli elaborati di progetto. Si è previsto inoltre l'installazione sul perimetro del fabbricato di plafoniere in esecuzione stagna per l'illuminazione della zona dei sezionatori 3 kV, in occasione di eventi manutentivi.

Per le specifiche caratteristiche dell'impianto di SSE si rimanda all'elaborato **NT0105D58ROSE0200001** "SSE "innovativa" di Avigliana - Relazione generale interventi di SSE e telecomando DOTE".

4.3 Dismissione esistente SSE di Sant'Ambrogio

L'esistente SSE di Sant'Ambrogio sarà dismessa a seguito della messa in servizio delle nuove SSE di Borgone ed Avigliana. Il progetto prevede la demolizione degli impianti

ELABORATI GENERALI

Relazione generale interventi di Trazione Elettrica

COMMESSA
NT01

LOTTO
05 D 58

CODIFICA
RG

DOCUMENTO
TE0000 001

REV.
B

FOGLIO
20 di 22

elettromeccanici di piazzale e delle apparecchiature interne al fabbricato¹ secondo quanto previsto nell'elaborato di progetto **NT0105D58PLSE0300001** "SSE di Sant'Ambrogio - Piano delle demolizioni/rimozioni".

Non sono stati previsti interventi alle opere murarie e civili, se non per la quota parte indispensabile alla rimozione delle apparecchiature di piazzale.

¹ Operazione conseguente esclusivamente a valle della disalimentazione/disconnessione dell'impianto dall'elettrodotto aereo a 66 kV che in "entra/esci" la connette alle esistenti SSE di Collegno e di Bussoleno.

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA					
	REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA					
ELABORATI GENERALI Relazione generale interventi di Trazione Elettrica	COMMESSA NT0I	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 21 di 22

5 ADEGUAMENTO DELLA LINEA DI CONTATTO

5.1 Zona antistante la SSE di Borgone

La realizzazione della nuova SSE di Borgone necessita dell'adeguamento della LdC antistante secondo quanto riportato negli elaborati di progetto:

NT0I05D58P7LC0100001 “Stralcio piano di elettrificazione di FASE tratta PM San Didero-PM Condove comprensivo di planimetria di posa alimentatori SSE di Borgone”;

NT0I05D58P7LC0100002 “Stralcio piano di elettrificazione FINALE tratta PM San Didero-PM Condove comprensivo di planimetria di posa alimentatori SSE di Borgone”.

L'adeguamento della LdC consiste essenzialmente nell'installazione di un nuovo TS, nella realizzazione di 8 pali “nuovi provvisori” (NP) per il raccordo delle campate del TS a quelle della palificata esistente e realizzazione delle calate di alimentazione della SSE sulla LdC; le lavorazioni non prevedono rifacimenti al circuito di terra e protezione TE ma solo l'ancoraggio delle corde esistenti ai nuovi sostegni. Gli interventi alla LdC sono stati previsti in accordo al progetto completo di elettrificazione dell'intera tratta Bussoleno-Avigliana come da progetto del LOTTO 8 e con l'installazione dei sostegni (portali, pali per le calate di alimentazione e pali “provvisori” di raccordo delle campate del TS a quelle esistenti) sulle fondazioni già provviste di tirafondi la cui realizzazione è stata anticipata nel LOTTO 1.

Al fine di ridurre al massimo le “false spese”, la scelta e il posizionamento dei sostegni è stata effettuata con l'obiettivo di renderli utilizzabili anche nel LOTTO 8, cioè in modo che possano supportare i carichi dovuti alla LdC 540 mm² + alimentatore da 230 mm², anche se le lavorazioni oggetto del presente intervento manterranno la LdC esistente da 610 mm² in quanto consistenti essenzialmente:

1. nella realizzazione del nuovo TS antistante la SSE di Borgone;
2. nella rimodulazione e ritesatura delle 2 tratte di regolazione automatica dei conduttori dei binari di corsa conseguenti alla realizzazione del nuovo TS;
3. posa degli alimentatori aerei² della SSE e realizzazione delle calate verso la LdC.

² Ognuno realizzato con 4 corde in rame dalla sezione di 155 mm².

	<p>LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</p> <p>REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA</p>						
<p>ELABORATI GENERALI Relazione generale interventi di Trazione Elettrica</p>	<table border="0"> <tr> <td>COMMESSA NT01</td> <td>LOTTO 05 D 58</td> <td>CODIFICA RG</td> <td>DOCUMENTO TE0000 001</td> <td>REV. B</td> <td>FOGLIO 22 di 22</td> </tr> </table>	COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 22 di 22
COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 22 di 22		

Anche la scelta e il posizionamento dei blocchi di fondazione³ associati ai nuovi sostegni di LOTTO 5, la cui costruzione è stata anticipata nel LOTTO 1, è stata effettuata avendo come base l'elettrificazione definitiva prevista nel lotto funzionale 8, sia in termini di posizione degli impianti fissi di alimentazione (le SSE di Borgone ed Avigliana) sia in termini di carichi meccanici (catenaria da 540 mm² + alimentatore da 230 mm²).

Nelle lavorazioni del LOTTO 5, poiché è previsto il mantenimento della LdC a 610 mm², saranno utilizzate mensole in acciaio; solo nelle fasi d'installazione della nuova LdC a 540 mm² + alimentatore da 230 mm² si prevede l'adozione di mensole in alluminio, da utilizzare negli stessi sostegni in sostituzione delle mensole "tradizionali" in acciaio.

5.2 Zona antistante la SSE di Avigliana

La realizzazione della nuova SSE di Avigliana necessita l'adeguamento della LdC antistante secondo quanto riportato negli elaborati di progetto:

NT0105D58P8LC0200002 "Stazione di Avigliana - Stralcio piano di elettrificazione (lato Torino) di FASE comprensivo di planimetria posa alimentatori SSE "innovativa" di Avigliana;

NT0105D58P8LC0200003 "Stazione di Avigliana - Stralcio piano di elettrificazione (lato Torino) FINALE comprensivo di planimetria posa alimentatori SSE "innovativa" di Avigliana.

Le lavorazioni previste consistono essenzialmente nella realizzazione di 12 nuovi pali necessari alla posa degli alimentatori aerei⁴ della SSE e realizzazione delle calate verso la LdC.

³ Blocchi già dotati di tirafondi.

⁴ Ognuno realizzato con 4 corde in rame dalla sezione di 155 mm².

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA					
	REALIZZAZIONE SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE NELLE LOCALITA' DI BORGONE E AVIGLIANA					
ELABORATI GENERALI Relazione generale interventi di Trazione Elettrica	COMMESSA NT01	LOTTO 05 D 58	CODIFICA RG	DOCUMENTO TE0000 001	REV. B	FOGLIO 23 di 22

6 COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA DEGLI IMPIANTI

I campi elettromagnetici prodotti dalla linea di trazione a 3 kVcc durante la fase di esercizio saranno di tipo continuo (a frequenza pari 0 Hz), e quindi della stessa natura del campo magnetico naturale terrestre, che alle latitudini italiane assume un valore pari a circa 40 μ T.

Le sorgenti di tale natura non sono regolamentate da una normativa nazionale, in quanto non è applicabile il DPCM dell'8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", ma sono disponibili solo dei riferimenti internazionali costituiti in particolare dalle linee guida dell'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection).

Per il caso in oggetto occorre far riferimento alle "LINEE GUIDA SUI LIMITI DI ESPOSIZIONE A CAMPI MAGNETICI STATICI (2009). In tale linea guida, il limite di esposizione a campi magnetici statici per il pubblico in generale è fissato a valori molto più alti rispetto a quanto imposto dalla normativa nazionale per campi magnetici a 50 Hz. In particolare, le Linee Guida fissano un limite a 400 mT. A causa di potenziali effetti indiretti avversi, l'ICNIRP riconosce anche che si debbano adottare provvedimenti pratici per impedire pericolose esposizioni inconsapevoli di persone con dispositivi medici elettronici impiantati o con impianti contenenti materiale ferromagnetico, nonché pericoli dovuti a oggetti volanti, che possono portare a restrizioni a livelli molto più bassi, come 0,5 mT. Nel sistema 3 kVcc, tali valori sono sempre ampiamente confinati all'interno della sede ferroviaria. Occorre infine considerare che anche gli effetti di eventuali correnti armoniche a frequenze multiple della fondamentale (50 Hz), generate dai convertitori di potenza presenti in SSE, possono essere ritenute trascurabili, in quanto sono presenti idonei sistemi di filtraggio LC (realizzate con induttori e condensatori).

Il suddetto DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce i limiti di esposizione (100 μ T), i valori di attenzione (10 μ T) e gli obiettivi di qualità⁵ (3 μ T) al fine di tutelare la popolazione dall'esposizione alle radiazioni non ionizzanti a bassa frequenza. Rientrano in tali tipologie di radiazioni i campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti in aereo o in cavo a frequenza industriale (50 Hz) necessari all'alimentazione degli impianti fissi di trazione; i valori di tali campi sono resi compatibili con i limiti normativi dal rispetto di opportune fasce di asservimento.

⁵ Per gli elettrodotti di nuova progettazione.