

# LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO  
CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

ALIMENTAZIONE DEGLI IMPIANTI AUSILIARI / ALIMENTATION DES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES

Elaborati generali / Généralités

ALIMENTAZIONE FOTOVOLTAICA – CENTRALE SOLARE PHOTOVOLTAIQUE

RELAZIONE TECNICA – RAPPORT TECHNIQUE

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	02/11/2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0 / Emissione per verifica C2B e validazione C3.0	M.CASTELLANI (ITALFERR)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO
A	02/08/2013	Emissione a seguito commenti LTF e CCF	M.CASTELLANI (ITALFERR)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO



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

CODE DOC	P	D	2	T	S	3	T	S	3	1	3	9	0	A
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C2B	//	//	35	20	00	10	01
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA



LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

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



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

## SOMMAIRE / INDICE

1. INTRODUZIONE .....	3
1.1    Sintesi .....	3
1.2    Synthèse .....	3
2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
2.1    Norme funzionali .....	4
2.2    Documenti di riferimento .....	4
2.3    Leggi e decreti circolari .....	4
2.4    Norme CEI (COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO) EN e UNI.....	5
3. ELENCO DEGLI ACRONIMI .....	6
4. UBICAZIONE IMPIANTO .....	6
5. POTENZA INSTALLATA .....	6
6. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	7
6.1    Sistema di Generazione Fotovoltaico .....	7
6.2    Rete CC.....	8
6.3    Conversione e trasformazione dell' energia prodotta - Inverter.....	8
6.4    Trasformazione BT/MT.....	9
6.5    Struttura di sostegno dei moduli.....	10
6.6    Messa a terra .....	10
6.6.1 Protezione contro le scariche atmosferiche.....	10
6.7    Misura dell'energia prodotta.....	10
6.8    Sistemi ausiliari. ....	10
7. IMPATTO AMBIENTALE .....	11
8. ENERGIA ANNUA PRODUCIBILE.....	11

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

## 1. Introduzione

### 1.1 Sintesi

Oggetto del presente documento è quello di descrivere le caratteristiche dell'impianto fotovoltaico da realizzare nella Piana di Susa, nelle seguenti aree:

- copertura realizzata presso la Piana di Susa ,
- copertura del fabbricato PCC,
- copertura della galleria artificiale, tunnel di base lato ovest

### 1.2 Synthèse

Ce document a pour but de décrire les caractéristiques des installations photovoltaïques à réaliser dans la « Piana di Susa », dans les zones suivantes :

- couverture réalisée auprès de la « Piana di Susa » ,
- couverture du bâtiment PCC,
- couverture du faux-tunnel, tunnel de base coté Ouest.

## 2. Documentazione di riferimento

Alla base del progetto sono state utilizzate le norme italiane, europee ed internazionali. Inoltre sono stati presi a riferimento i documenti base LTF, che descrivono la normativa adottabile per il progetto del collegamento ferroviario Torino-Lione.

### 2.1 Norme funzionali

Codifica	Titolo del documento
Consegna 44	Quadro normativo degli studi tecnici

### 2.2 Documenti di riferimento

I documenti elencati di seguito sono da considerarsi parte integrante della presente relazione, ed hanno lo scopo di fornire un maggiore dettaglio nella descrizione dell'impianto fotovoltaico.

Codifica	Titolo del documento
A [1]. PD2_C2B_1391_35-2000_10-02	Specifiche tecniche delle apparecchiature – spécification technique des équipements
A [2]. PD2_C2B_1401_35-20-50_20-02	Schema a blocchi impianto fotovoltaico - Photovoltaïques schéma du système -
A [3]. PD2_C2B_1400_35-20-50_20-01	Schéma de conection rete 20kV - schema di allaccio alla rete 20kV
A [4]. PD2_C2B_1402_35-20-50_20-03	Schéma de fonctionnement du photovoltaïque - schema elettrico funzionale dell'impianto fotovoltaico
A [5]. PD2_C2B_1403_35-20-50_30-01	Layouts photovoltaïques disponibles - layout disposizione impianto fotovoltaico

### 2.3 Leggi e decreti circolari

Legge, decreto, circolare	Oggetto
B[1]. DLvo 81 del 9/04/08	“Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 133 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”
B[2]. DLvo 106 del 3/08/09	“Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
B[3]. L. 1/3/1968, n. 186	“Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici”
B[4]. L. 18/10/77, n. 791	Direttiva per il materiale elettrico di bassa tensione”
B[5]. DM 37/08 del 22/01/08	Regolamento concernente l’attuazione dell’articolo 11- quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all’interno degli edifici”

## 2.4 Norme CEI (COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO) EN e UNI

<b>Norma</b>	<b>Oggetto</b>
C[1]. CEI EN 50119	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Impianti fissi – Linee aeree di contatto per trazione elettrica
C[2]. CEI EN 50122-1	Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 1: Provvedimenti di protezione concernenti la sicurezza elettrica e la messa a terra.
C[3]. CEI EN 50122-2	Applicazioni ferroviarie – Installazioni fisse. - Parte 2: Protezione contro gli effetti delle correnti vaganti causate dai sistemi di trazione a corrente continua.
C[4]. CEI EN 50124-1	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Coordinamento degli isolamenti. - Parte 1: Requisiti base, distanze in aria e distanze superficiali per tutta l'apparecchiatura elettrica e elettronica.
C[5]. CEI EN 50124-1	Applicazioni ferroviarie , tranviarie, filotranviarie, metropolitane. Coordinamento degli isolamenti. - Parte 2: Sovratensioni e relative protezioni.
C[6]. CEI EN 60076-1	Trasformatori di potenza - Parte 1: Generalità
C[7]. CEI EN 60076-2	Trasformatori di potenza - Parte 2: Riscaldamento
C[8]. CEI EN 60129	Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata e a tensione superiore a 1000 V
C[9]. CEI EN 62271 - 200	Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 kV a 52 kV.
C[10]. CEI EN 60439-1	Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri bt), parte 1: prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS).
C[11]. CEI EN 50522	Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.
C[12]. CEI EN 60439-3	Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri bt), parte 3: prescrizioni particolari per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra destinate ad esser installate in luoghi dove personale non addestrato ha accesso. Quadri di distribuzione (ASD)
C[13]. CEI EN 60420	Interruttori di manovra e interruttori-sezionatori combinati con fusibili ad alta tensione per corrente alternata.
C[14]. CEI EN 60898	Interruttori automatici di sovracorrente per usi domestici e similari (per tensione nominale non superiore a 415 V in corrente alternata).
C[15]. CEI EN 60529	Gradi di protezione degli involucri (Codice IP)
C[16]. CEI EN 61215	Moduli fotovoltaici (FV) in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo
C[17]. CEI EN 61936 - 1	Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a.
C[18]. CEI 0-16	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica
C[19]. CEI 0-21	Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
C[20]. CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. (parte 1÷7)
C[21]. CEI 11-20	Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria
C[22]. CEI 20-91	Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici
C[23]. CEI 64-8	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. (parte 1÷7)
C[24]. CEI 82-25	Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione
C[25]. UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
C[26]. UNI 8477-1	Energia solare. Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia. Valutazione dell'energia raggiante ricevuta.

### 3. Elenco degli Acronimi

Nel seguito verranno utilizzati acronimi per definire apparecchiature o parti di impianto. Si riportano per chiarezza di lettura, le relative corrispondenze:

PCC: Posto di controllo e comando

Wp: Watt di picco (potenza erogata da un modulo fotovoltaico o da una cella fotovoltaica se sottoposti alle condizioni standard di irraggiamento di 1,00 kW/m<sup>2</sup> e temperatura di cella di 298.15 K (ovvero 25 °C)

CC: corrente continua

AC: corrente alternata

MT: media tensione

BT: bassa tensione

### 4. Ubicazione impianto

Comune		Susa
Provincia		Torino
Regione		Piemonte
Coordinate geografiche	latitudine	~ 45°08'N
	longitudine	~ 07°05' E
	altitudine	~ 460 m slm

### 5. Potenza installata

Impianto su copertura – Potenza nominale di picco 495,9kWp

Impianto su copertura PCC – potenza nominale di picco 37kWp

Impianto sopra la galleria artificiale – potenza nominale di picco 160,65kWp

## 6. Descrizione dell'impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico sarà composto da:

- campo generatore formato dai pannelli fotovoltaici,
- gruppi di misura, inverter e trasformatori (elevatori) di tensione, che saranno collegati tra di loro e, per ultimo, alla rete generale di distribuzione mediante le protezioni conformi a quanto previsto e richiesto dalle norme di riferimento:

I componenti elettrici dell'impianto e la disposizione e l'orientamento dei moduli fotovoltaici sono stati scelti in modo da adattarsi alle tipologie di aree a disposizione e che l'efficienza dell'impianto sia superiore al 75%; tali componenti sono differenti per ciascun impianto fotovoltaico, in particolare:

- Copertura fotovoltaica, moduli fotovoltaici di tipo monocristallino da 185Wp (modulo rettangolare) e moduli fotovoltaici di tipo monocristallino da 95Wp (modulo triangolare), disposti su struttura triangolare inclinata della copertura
- Copertura fotovoltaica fabbricato PCC, moduli fotovoltaici di tipo policristallino da 245Wp (modulo rettangolare), disposti su struttura inclinata.
- Impianto fotovoltaico sopra la galleria artificiale, moduli fotovoltaici di tipo monocristallino da 255Wp (modulo rettangolare), disposti su struttura inclinata.

I moduli dovranno essere garantiti per un degrado inferiore al 10% nei primi 10 anni e del 20% per i successivi fino al 25 anno, e dovranno sopportare un carico di vento pari a 3800 Pa e un carico di neve pari a 5400 Pa.

Gli impianti fotovoltaici relativi alla copertura, copertura PCC saranno connessi tra loro sul lato corrente alternata mediante il quadro di parallelo QBT-FV da installare nel locale fotovoltaico del fabbricato PCC. L'energia in bt trifase in c.a. sarà poi trasformata in MT tramite trasformatore elevatore (TR-EL FV), installato nella cabina MT del fabbricato PCC, che permetterà di connettere alla rete 20kV il campo fotovoltaico.

L'impianto fotovoltaico da realizzare sopra la galleria artificiale sarà connesso al quadro generale di bassa tensione della cabina MT/BT sotto rampa (codificata I2-02), tramite il quadro di parallelo inverter (QBT-FV\_GA) da installare nel locale fotovoltaico del fabbricato della cabina MT/BT I2-02.

### 6.1 Sistema di Generazione Fotovoltaico

Il generatore fotovoltaico è l'insieme dei moduli fotovoltaici opportunamente connessi tra loro che generano energia elettrica in corrente continua in funzione della radiazione solare che investe la superficie attiva del modulo stesso.

Si distinguono le seguenti tipologie di impianto:

- Copertura fotovoltaica, costituita da 1305 moduli fotovoltaici da 185Wp (modulo rettangolare) e 2610 moduli fotovoltaici da 95Wp (modulo triangolare), suddivisi in stringhe di 20/25 pannelli rettangolari e stringhe di 40/50 pannelli triangolari.

- Copertura fotovoltaica fabbricato PCC, costituita da 152 moduli fotovoltaici suddivisi su 8 stringhe da 19 pannelli ciascuna.
- Impianto fotovoltaico sopra la galleria artificiale, costituito da 630 moduli fotovoltaici suddivisi in 30 stringhe da 21 pannelli ciascuna.

Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche elettriche e meccaniche dei componenti facenti parte dell'impianto fotovoltaico in esame, si rimanda adocumento "PD2-C2B-TS3-1391-0-PA-NOT Centrale solaire photovoltaïque Specification technique des équipements – Alimentazione fotovoltaica Specifiche tecniche delle apparecchiature".

## 6.2 Rete CC

I moduli di ciascuna stringa saranno collegati tra loro in serie, mediante i connettori sul retro di ogni pannello, al fine di ottenere la tensione conforme all'inverter scelto, che rappresenta anche la tensione massima di funzionamento del campo. Le stringhe così realizzate si collegheranno in parallelo nei quadri di stringa, provvisti di dispositivi di sezionamento e protezione. I quadri di stringa daranno alimentazione agli inverter.

I collegamenti in corrente continua saranno realizzati mediante cavi tipo FG21M21 1.2kV (CEI 20-91) di sezione idonea a garantire una caduta di tensione inferiore al 2%, tra moduli e inverter.

## 6.3 Conversione e trasformazione dell' energia prodotta - Inverter

La conversione e la trasformazione dell' energia generata dall' impianto fotovoltaico, avviene nel gruppo convertitore statico di potenza inverter/trasformatore. I gruppi funzionali che permettono i passaggi appena descritti devono essere provvisti delle necessarie protezioni per evitare sovratensioni (di origine elettrica ed atmosferica), sovraccarichi, ecc. e dovranno essere inoltre dotati di tutti i sistemi necessari alla sincronizzazione dell'impianto con la rete pubblica.

La corrente continua generata nei moduli fotovoltaici deve essere trasformata in corrente alternata della stessa frequenza della rete, cioè 50 Hz. Questa operazione si realizza utilizzando l'inverter o convertitore statico di potenza CC/AC. L'inverter è l'interfaccia tra il generatore fotovoltaico (lato corrente continua) e il trasformatore (lato corrente alternata).

La potenza e le caratteristiche dell'inverter sono state opportunamente definite per garantire un buon rendimento e l'idoneo coordinamento tra le tensioni dell' inverter e quelle relative al generatore fotovoltaico, per garantire un funzionamento ottimale dell'inverter.

Si distinguono le seguenti tipologie di inverter:

- Copertura fotovoltaica: n.29 Inverter di P = 17 kWc.a.
- Copertura fotovoltaica fabbricato PCC: n.2 Inverter di P = 22 kWc.a.
- Impianto fotovoltaico sopra la galleria artificiale: n.3 inverter da 50kW c.a.

Gli inverter dovranno avere un le seguenti caratteristiche generali:

- rendimento europeo superiore al 97%



- Gli inverter DC/AC saranno dotati di selettore di entrata e di uscita e di protezioni di sovraccarico e sovratensione. In più avranno vigilanza d'isolamento dell'impianto fotovoltaico.
- Nell'uscita c.a. di ogni inverter sarà installato un interruttore generale di protezione .
- Vi sarà una separazione galvanica fra la parte CC e la parte CA.
- Gli inverter dovranno essere dotati di apertura di emergenza (comandata da pulsante posto in luogo accessibile ai VV.V) posta lato ingresso cc e lato uscita ca.

#### **6.4 Trasformazione BT/MT.**

Il trasformatore deve adattare la tensione di uscita dell'inverter 400 V alla tensione della rete di distribuzione MT 20 kV, esso sarà installato nel locale MT del fabbricato PCC e avrà potenza nominale pari a 630kVA.

## 6.5 Struttura di sostegno dei moduli

I moduli relativi alla copertura PCC e alla galleria artificiale, saranno ubicati su strutture in carpenteria di acciaio fissate a zattere in cemento posate direttamente sul lastrico. I supporti avranno profili di alluminio inclinati 30° circa rispetto all'orizzonte con un orientamento azimutale di circa 20° rispetto al sud. Tutti i moduli avranno lo stesso orientamento. Il distanziamento fra le strutture nella direzione Nord-Sud è stata definita in modo da rendere minimi gli effetti d'ombra tra le file di pannelli e pertanto massimizzare il rendimento dell'impianto fotovoltaico.

I moduli fotovoltaici relativi alla copertura della Piana di Susa, saranno ubicati su strutture di tipo triangolare appartenenti alla copertura stessa.

## 6.6 Messa a terra

L'impianto sarà gestito come sistema IT (sistema isolato da terra (I) e masse collegate a terra (T)). Vi sarà una separazione galvanica fra la parte CC e la rete, costituita dal trasformatore BT/MT. Tutte le strutture metalliche che sostengono i pannelli saranno collegate alla rete di terra.

### 6.6.1 Protezione contro le scariche atmosferiche

Saranno installati scaricatori di sovratensione collegati alla rete di terra in ogni Quadro di Stringa.

Questa rete sarà collegata alla rete di terra della cabina di trasformazione MT/BT.

## 6.7 Misura dell'energia prodotta

La misura dell'energia sarà doppia:

- Misura dell'energia generata mediante un contatore installato nel quadro di CA alla uscita degli inverter.
- Misura dell'energia consegnata e ricevuta dalla rete esterna mediante un contatore bidirezionale installato nella cabina di consegna.

## 6.8 Sistemi ausiliari.

L'impianto sarà provvisto di una serie di sistemi che completeranno l'operatività, i cui elementi si descrivono brevemente di seguito:

- Sistemi di alimentazione di corrente alternata per i servizi ausiliari di impianto.
- Un sistema di acquisizione dati per controllare tutte le variabili dell'impianto.

L'energia necessaria per fare funzionare i sistemi ausiliari sarà prelevata dal sistema di alimentazione in bassa tensione presente nella cabina MT/bt dell'edificio PCC.

## **7. Impatto ambientale**

Il progetto è stato sviluppato cercando di minimizzare l'impatto ambientale sia dell'impianto in se sia dei lavori per il suo montaggio. L'impatto visivo è ridotto. La forma dell'impianto impedisce il contatto accidentale della fauna locale con le parti sotto tensione.

Non vi saranno prodotti residui né emissioni atmosferiche durante il funzionamento dell'impianto.

Non essendoci impianti permanenti, una volta finita la vita utile dell'impianto tutti i componenti possono essere ritirati e riciclati o riusati.

## **8. Energia annua producibile**

In base alle caratteristiche di ciascun impianto fotovoltaico, e alle condizioni di installazione, si può stimare per ciascun impianto la seguente energia elettrica producibile annualmente:

- Copertura fotovoltaica 630 MWh/anno
- Tetto PCC 45 MWh/anno
- Copertura Ga artificiale 200 MWh/anno