

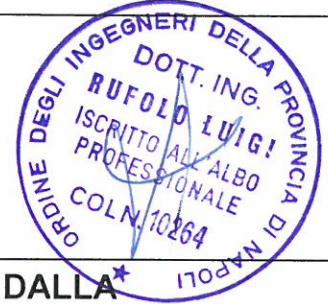
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**IMPIANTO LUCE E FM**

**RELAZIONE DESCRITTIVA IMPIANTO DI TERRA DI CABINA TIPICA ALL'APERTO E IN GALLERIA**

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.		SCALA:
IL PROGETTISTA INTEGRATORE <b>INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</b> ORDINE INGEGNERI DI MILANO n. 15408 Data: <b>Ettore Pagani</b>	Ingegn. <b>Consorzio Anegatti</b> <b>Cociv</b> Project Manager Data:			

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

A 3 0 1    0 0    D    C V    1 R    L F 0 0 0 A    G 0 6    B    0 0 1 di 0 2 5

<b>CONSORZIO SATURNO</b>	VISTO CONSORZIO SATURNO	
	Firma	Data
	<i>Il Nobiliello</i>	26 GIU. 2012

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	EMISSIONE	V. VITALE	07-02-2012	M. RONCALLO	08-02-2012	S. LA MURA	09-02-2012	Data:
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ITF N. A301D18ISLF0000003A	V. VITALE	20-06-2012	M. RONCALLO	21-06-2012	S. LA MURA	22-06-2012	
C								

n. Elab.:	File: A301 00 DCV 1R LF000A G06 B.DOC
	Cod. origine:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Colognola Estero Volca</p>					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. B	Foglio 2 di 25

## INDICE

1.	SCOPO.....	3
1.1	DOCUMENTI DI SISTEMA PROGETTO DEFINITIVO.....	4
1.2	DOCUMENTI LFM PROGETTO DEFINITIVO .....	4
2.	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	7
3.	DESCRIZIONE GENERALE SISTEMA DI TERRA .....	8
3.1	CIRCUITO DI PROTEZIONE DELLA TE.....	8
3.2	SISTEMA DI TERRA LFM .....	8
	DESCRIZIONE MAGLIA DI TERRA CABINA ALL'APERTO.....	11
4.	MINIMO VALORE DI RESISTENZA DI TERRA "NECESSARIO" .....	13
5.	VALORE DI RESISTENZA DI TERRA "CALCOLATO" .....	16
6.	IMPIANTO DI PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE .....	19
7.	ALLEGATO DATI ENEL .....	24



N.B. REVISIONATO DOVE SEGNATO

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. B	Foglio 3 di 25

## 1. SCOPO

Scopo di questo documento è di dare una descrizione generale dell'impianto di terra di cabina all'aperto ed in galleria della tratta AV/AC Terzo Valico Dei Giovi nell'ambito della presente revisione del progetto definitivo.

Verrà eseguito un calcolo di massima di impianto di terra in accordo alla normativa vigente CEI EN 50522 ed una verifica per l'impianto LPS per la protezione eventuale dalle scariche atmosferiche.

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  <small>Consorzio Costruzioni e Impianti Elettrici</small>					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. B	Foglio 4 di 25

### 1.1 DOCUMENTI DI SISTEMA PROGETTO DEFINITIVO

CODICE DOCUMENTO	TITOLO DOCUMENTO
A30100DCV1RLF000AG03	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE RELAZIONE GENERALE DI SISTEMA
A30100DCV1LLF000AG01	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE ELENCO UBICAZIONE ENTI IN LINEA
A30100DCV3ALF000AG04	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE SCHEMA ELETTRICO DI PRINCIPIO DELLA DORSALE MT A 15kV
A30100DCV3ALF000AG13	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE SCHEMA ELETTRICO DI PRINCIPIO AREA SICUREZZA INTERNA VALLEMME
A30100DCV1PLF000AG01	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE PERCORSO SCHEMATICO DEL CAVO MT A 15kV
A30100DCV1PLF000AG02	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE PERCORSO SCHEMATICO DEI CAVI A 1kV PER L'ALIMENTAZIONE DELLE BTS
A30100DCV3ALF000AG12	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE SCHEMATICO GENERALE SISTEMA DI TERRA
A30100DCV2LLF000AG65	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE IMPIANTO PROTEZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE LAYOUT TIPOLOGICO FABBRICATO

### 1.2 DOCUMENTI LFM PROGETTO DEFINITIVO

CODICE DOCUMENTO	TITOLO DOCUMENTO
A30100DCV2LLF000AG64	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 1 BORZOLI
A30100DCV2LLF000AG66	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA PJI DOPPIO BIVIO PRINCIPE PORTI E SICUREZZA 2 POLCEVERA

GENERAL CONTRACTOR


**CONSORZIO  
SATURNO**

Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. B	Foglio 5 di 25
---------	------------------	-------------	---	-----------	-------------------

A30100DCV2LLF000AG67	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA FABBRICATO SICUREZZA 1 POLCEVERA
A30100DCV2LLF000AG68	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA PJ1/PJ2 RACCORDO TECNICO
A30100DCV2LLF000AG69	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA PC ARQUATA LIBARNA E FABBRICATO SICUREZZA
A30100DCV2LLF000AG70	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CAMERONE 15KV
A30100DCV2LLF000AG71	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA BY PASS DI SICUREZZA TIPO LUNGO
A30100DCV2LLF000AG72	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CAMERONE TECNICO 1KV (BY PASS CORTO LATO ESTERNO)
A30100DCV2LLF000AG73	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA IMBOCCO NORD SERRAVALLE
A30100DCV2LLF000AG74	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 2 CRAVASCO
A30100DCV2LLF000AG75	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA PJ1 RACCORDO POZZOLO
A30100DCV2LLF000AG76	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA PJ1 SHUNT III° VALICO - TORINO
A30100DCV2LLF000AG77	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA PJ2 SHUNT E FABBRICATO SICUREZZA III° VALICO - TORINO
A30100DCV2LLF000AG78	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 1 CRAVASCO + PT CRAVASCO
A30100DCV2LLF000AG79	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 1 CASTAGNOLA
A30100DCV2LLF000AG80	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 1 VALLEMME + PT VALLEMME
A30100DCV2LLF000AG81	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA MT/BT SICUREZZA IMBOCCO SUD SHUNT III° VALICO - TORINO

GENERAL CONTRACTOR


**CONSORZIO  
SATURNO**

Doc. N.

Progetto  
A301Lotto  
00Codifica Documento  
DCV 1R LF000A G06Rev.  
BFoglio  
6 di 25

<b>A30100DCV2LLF000AG82</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA PM RIVALTA INTERPORTO
<b>A30100DCV2LLF000AG83</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CAMERONE 15KV CON POZZO
<b>A30100DCV2LLF000AG84</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA BY-PASS TIPO CORTO
<b>A30100DCV2LLF000AG85</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA IMBOCCO NORD POZZOLO
<b>A30100DCV2LLF000AG86</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA IMBOCCO NORD POZZOLO
<b>A30100DCV2LLF000AG87</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA PJ2 TORTONA + ACEI
<b>A30100DCV2LLF000AG88</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA AREA SICUREZZA VALLEMME
<b>A30100DCV2LLF000AG89</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA FABBRICATO ACEI TORTONA SALA QUADRI BT
<b>A30100DCV2LLF000AG90</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA SICUREZZA 2 CASTAGNOLA
<b>A30100DCV2LLF000AG91</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA PJ2 FEGINO + SICUREZZA III° VALICO
<b>A30100DCV2LLF000AG92</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA TORTONA (FABBRICATO RED)
<b>A30100DCV2LLF000AG99</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA FABBRICATO RTB
<b>A30100DCV2LLF000BG01</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE LAY OUT IMPIANTO DI TERRA CABINA MT/BT PK. 3+676 BD – SHUNT III° VALICO - TORINO

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  <small>Consorzio Costruzioni Integrati Valles</small>					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 7 di 25

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito sono elencate le principali leggi e norme di riferimento.

### Leggi e decreti

- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro
- Decreto n. 37 del 22 gennaio 2008
- Direttiva 2004/108/CE recepita dallo stato Italiano con il Decreto Legislativo 6 Novembre 2007, n. 194 “Attuazione della direttiva 2004/108/CEE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE”.

### Norme CEI e CEI EN

- CEI EN 50522 “Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.”
- CEI EN 61936-1 “Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in c.a. parte 1: Prescrizioni comuni
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica
- CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  <small>Gestione, Costruzione, Integrità, Valore</small>		<b>CONSORZIO SATURNO</b> 			
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 8 di 25

### 3. DESCRIZIONE GENERALE SISTEMA DI TERRA

Il sistema di terra visto in maniera globale è costituito dal:

- circuito di protezione della trazione elettrica
- il sistema di terra LFM

#### 3.1 CIRCUITO DI PROTEZIONE DELLA TE

Il circuito di protezione della TE è costituito da due corde in alluminio di sezione 147,1 mmq che collegano tutti i sostegni della linea di contatto.

Nelle tratte allo scoperto, ciascun sostegno è altresì collegato a un picchetto di terra. Il circuito di protezione è diviso in tratte di lunghezza massima pari a 3 km, isolate tra loro e collegate al circuito di ritorno attraverso un dispositivo VLD (di cui alla Specifica Tecnica RFI DMA IM TE SP IFS 001) e casse induttive.

Solo allo scoperto e nelle gallerie a doppio binario, in ciascuna tratta isolata del circuito vi sono tre collegamenti aerei tra i sostegni relativi al binario dispari e quelli relativi al binario pari.

#### 3.2 SISTEMA DI TERRA LFM

Per la linea AV/AC Terzo Valico Dei Giovi il sistema di terra della LFM è rappresentato nel documento di progetto:

<b>A30100DCV3ALF000AG12</b>	<b>IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE SCHEMATICO GENERALE SISTEMA DI TERRA</b>
-----------------------------	---

A vantaggio della sicurezza il sistema di terra è unico ed è composto dal parallelo dei diversi dispersori di terra, ubicati alle uscite delle finestre (nelle aree esterne ai fabbricati/cabine), agli imbocchi delle gallerie e nelle aree esterne agli ulteriori fabbricati all'aperto.

Per garantire la protezione in caso di corto circuito della trazione elettrica su masse LFM, che cadono in zona di rispetto della TE, sono stati previsti dei VLD, secondo Specifica Tecnica RFI DMA IM TE SP IFS 001, opportunamente distanziati al fine di un parallelismo con il circuito di protezione TE, e connessi al binario via cassa induttiva.

Al fine proprio del parallelismo dei circuiti di protezione della TE con il sistema di terra LFM si ha che:

- il collegamento al circuito di ritorno deve essere realizzato al massimo ogni 3 km tramite i dispositivi VLD.



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collezioni Integrati Valico					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 9 di 25

Due dispositivi di limitazione della tensione (VLD) saranno dunque ubicati rispettivamente in linea nei pressi delle cabine MT/bt o locali tecnologici-bypass elencati in seguito:

- ✓ Cabina MT/bt n° 2 – Camerone 15kV Galleria IC Voltri
- ✓ Cabina MT/bt n° 3 – PJ2 Bivio Fegino e Sicurezza III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 4 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 6 – Camerone 15kV Galleria IC Voltri
- ✓ Cabina MT/bt n° 7 – PJ1 Bivio Principe Porti e Sicurezza 2 Polcevera
- ✓ Cabina MT/bt n° 9 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 10 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 11 – Sicurezza 2 Cravasco
- ✓ Cabina MT/bt n° 13 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 14 – Sicurezza 2 Castagnola
- ✓ Cabina MT/bt n° 16 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 17 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 19 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 20 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 21 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 22 – Camerone 15kV Galleria III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 23 – PC Arquata Libarna e Fabbricato Sicurezza
- ✓ Cabina MT/bt n° 24 – Camerone 15kV Galleria Serravalle
- ✓ Cabina MT/bt n° 26 – Camerone 15kV Galleria Serravalle
- ✓ Cabina MT/bt n° 27 – Fabbricato Sicurezza Serravalle Nord
- ✓ Cabina MT/bt n° 29 – Fabbricato Sicurezza Imbocco Sud Shunt
- ✓ Cabina MT/bt n° 30 – Camerone 15kV Galleria Shunt
- ✓ Cabina MT/bt n° 31 – PJ2 Shunt e Fabbricato Sicurezza III Valico
- ✓ Cabina MT/bt n° 32 – Fabbricato Tecnologico Pozzolo Sud
- ✓ Cabina MT/bt n° 33 – Fabbricato Tecnologico Pozzolo Nord

Si prevede l'installazione di ulteriori VLD, per motivi di distanza, nei pressi dei locali tecnologici:

- ✓ By-Pass Galleria III Valico pk km 26+100
- ✓ By-Pass Galleria Serravalle pk km 32+535

GENERAL CONTRACTOR 					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 10 di 25

- il conduttore di protezione PE, che permette anche il parallelo dei diversi dispersori di terra delle cabine, è costituito da due collettori in parallelo RG10(O)M1 0,6/1 kV della sezione di 120 mmq ognuno, dimensionato in modo tale da permettere la conduzione della corrente di corto circuito degli impianti di trazione elettrica.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Calcestruzzo Terzo Valico					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 11 di 25

## DESCRIZIONE MAGLIA DI TERRA CABINA ALL'APERTO

Nell'ambito della linea AV/AC Terzo Valico Dei Giovi il sistema di terra LFM prevede dunque diversi dispersori di terra, ubicati alle uscite delle finestre (nelle aree esterne ai fabbricati/cabine), agli imbocchi delle galleria e nelle aree esterne agli ulteriori fabbricati all'aperto.

Tali dispersori di terra sono connessi in parallelo tra loro attraverso due collettori in parallelo, cavi RG10(O)M1 da 120 mmq ognuno.

Il dispersore di terra della generica cabina all'aperto è posato alla profondità di 0,5 m sotto l'edificio ed è realizzato con corda di rame nuda di sezione 120 mmq, che costituisce una maglia connessa ad un anello perimetrale intorno al fabbricato per ottenere una buona resistenza di terra cercando di sfruttare una superficie superiore rispetto all'impronta dell'edificio.

La maglia di terra ha passo adeguato con tutte le giunzioni presenti fra gli elementi del dispersore realizzate con morsetti a compressione in rame stagnato di tipo crimpit per corde da 120 mmq.

Le risalite ed i collegamenti alle altre masse nell'area esterna sono realizzate in corda di rame nuda 1x120 mmq.

L'anello perimetrale al fabbricato è realizzato anch'esso con corda di rame nuda di sezione 120 mmq.

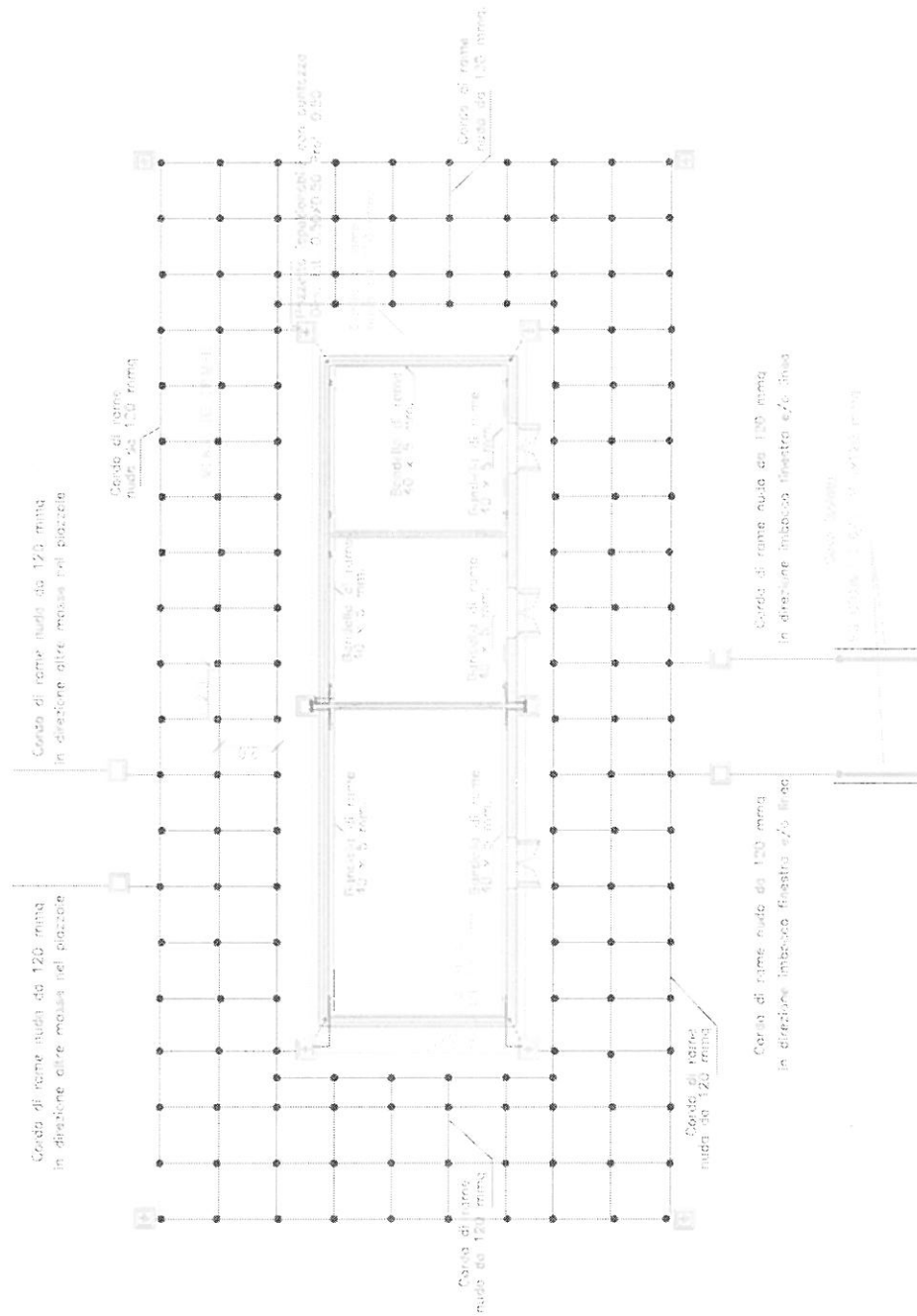
Ai 4 vertici del perimetro (interni ed esterni) sono collegati al dispersore principale dei picchetti verticali in acciaio zincato della lunghezza di 3,0 m per un totale di n. 8 picchetti (diametro 2,5 cm)

All'interno di ciascun locale è previsto un collettore di terra costituito da una barra in rame dello spessore di 5 mm e di altezza 40 mm alla quale saranno collegati mediante bulloni e capicorda i conduttori di protezione e i collegamenti equipotenziali alle masse.

La resistività del terreno nell'area di posa del dispersore, in mancanza di misure effettuate, è stata ipotizzata essere pari a 200  $\Omega$ /m.

Si riporta di seguito un tipologico di un dispersore di terra ubicato alle uscite delle finestre (nelle aree esterne alle cabine MT/bt), e nelle aree esterne agli ulteriori fabbricati all'aperto:

Doc. N.	Progetto	Lotto	Codifica Documento	Rev.	Foglio
	A301	00	DCV 1R LF000A G06	A	12 di 25



GENERAL CONTRACTOR  <small>Cooperazione Co. Imprenditori Integrati Volontari</small>		CONSORZIO <b>SATURNO</b> 			
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 13 di 25

#### 4. MINIMO VALORE DI RESISTENZA DI TERRA “NECESSARIO”

Ai fini della sicurezza elettrica sono da considerare il massimo valore che il potenziale assume verso la terra lontana e qualora sia necessario, le tensioni di passo e contatto.

Per la determinazione dei valori limiti accettabili per tensioni di contatto e valore della resistenza di terra del dispersore, come da allegato dati Enel, si sono considerati il caso peggiore di guasto monofase a terra con sistema a neutro isolato:

- *corrente di guasto monofase verso terra: 180 A*
- *tempo di eliminazione del guasto di 0,72 s*

ed il caso peggiore di guasto monofase a terra con sistema a neutro compensato:

- *corrente di guasto monofase verso terra: 50 A*
- *tempo di eliminazione del guasto >>10 s*

Il contributo dei cavi MT è calcolato attraverso la formula:

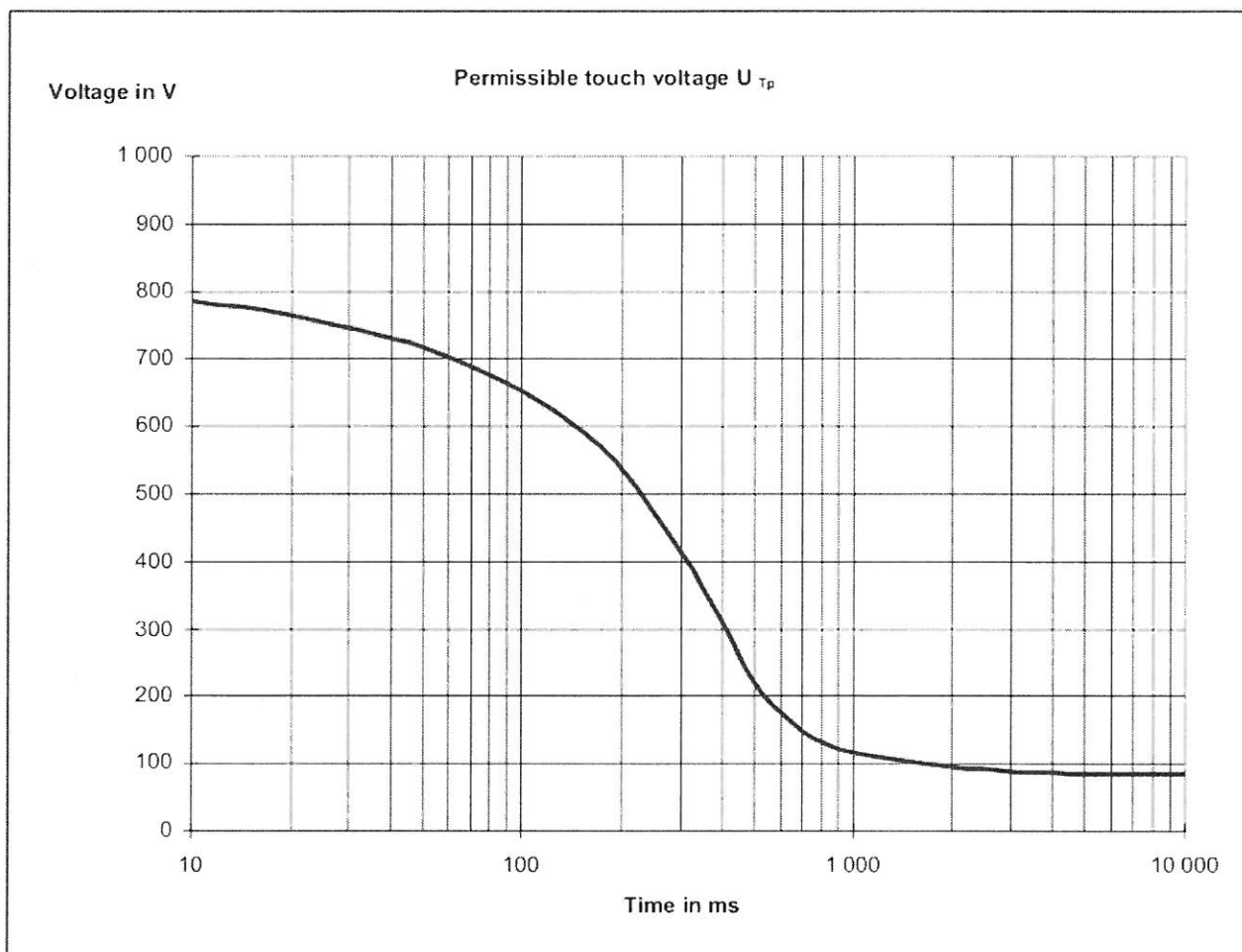
$$I_c = 0.2 \times U \times L$$

e considerando conservativamente una lunghezza  $L=40 \text{ km}$  si ha:

$$I_c = 0,2 \times 15 \times 40 = 120 \text{ A}$$

Per il dimensionamento dell’impianto di terra, sommando il contributo dei cavi MT, risulta che per il caso critico del sistema a neutro isolato può essere assunto un valore di corrente di guasto  $I_E$  di 300 A ( $180 \text{ A} + 120 \text{ A}$ ), mentre nel caso di neutro compensato si ha invece che  $I_E$  è di 170 A ( $50 \text{ A} + 120 \text{ A}$ ).

La norma CEI EN 50522 in relazione al tempo di eliminazione del guasto di 0,72 sec, fa corrispondere una tensione di contatto ammissibile  $U_{TP} = 160$  V circa.

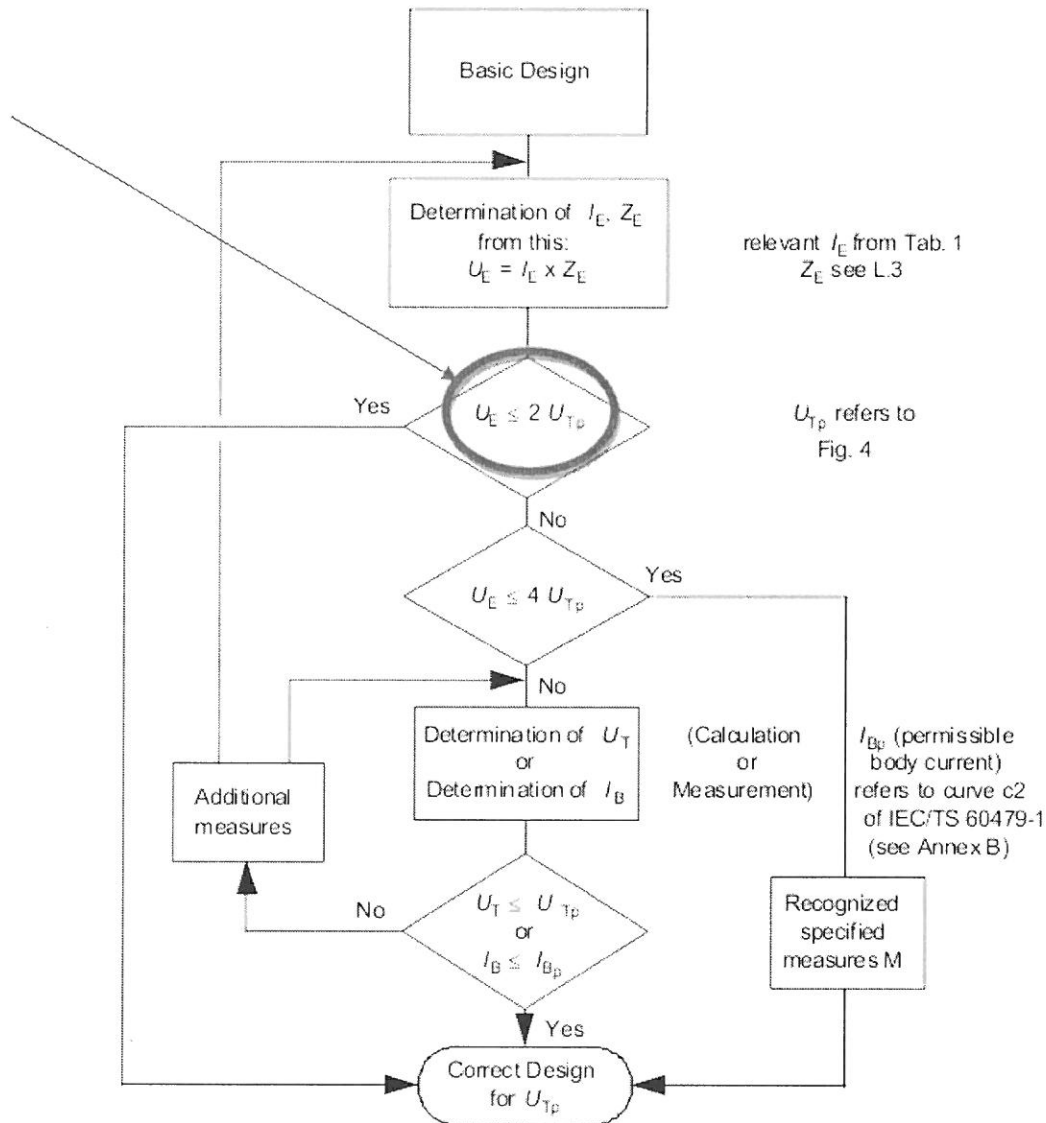


Fi

Figure 4 - Permissible touch voltage

NOTE For duration of current flow considerably longer than 10 s a value of 80 V may be used as permissible touch voltage  $U_{TP}$ .

La stessa norma definisce corretto per le  $U_{TP}$  un progetto dell'impianto di terra per il quale sia verificato che:



Da quanto affermato in precedenza, si ricava che per un valore della resistenza di terra del sistema di dispersione inferiore a:

$$Z_E \leq 2 \cdot \frac{U_{TP}}{I_E} = 2 \cdot \frac{160[V]}{300[A]} = 1,1[\Omega]$$

non risulta necessario effettuare le verifiche delle tensioni di passo e contatto e l'impianto di terra risulta verificato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio C. di...					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 16 di 25

Nel caso di *neutro compensato* si ha invece che la norma CEI EN 50522 in relazione al tempo di eliminazione del guasto  $\gg 10$  sec, fa corrispondere una tensione di contatto ammissibile  $U_{TP} = 80$  V e dunque:

$$Z_E \leq 2 \cdot \frac{U_{TP}}{I_E} = 2 \cdot \frac{80[V]}{170[A]} = 0,94[\Omega]$$

## 5. VALORE DI RESISTENZA DI TERRA “CALCOLATO”

Partendo dalle informazioni formulate, si calcola la resistenza di terra della maglia di terra della generica cabina all’aperto con la formula:

$$R_M = \frac{\rho}{2D}$$

dove

$\rho$  = resistività del terreno

$D$  = diametro di un cerchio con area pari a quella del dispersore a maglia

Indicata con  $S$ , l’area coperta dalla maglia di terra ipotizzata pari a  $500 \text{ m}^2$ , si ricava il raggio del cerchio di area equivalente alla rete magliata.

Ovviamente la superficie varierà a seconda delle dimensioni dei diversi fabbricati nelle cui aree esterne si poserà il dispersore.

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 12,6 \text{ [m]}$$

e quindi la resistenza della maglia:

$$R_M = \frac{\rho}{2D} = 4,0 \text{ } [\Omega]$$

La resistenza di terra del singolo picchetto risulta dalla formula

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \ln\left(\frac{4l}{d}\right) = 65,5 \text{ } [\Omega]$$

dove

$\rho$  = resistività del terreno



GENERAL CONTRACTOR  Consorzio C. Impianti Integrati Voltra		CONSORZIO <b>SATURNO</b>			
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 17 di 25

$l$  = lunghezza del picchetto in metri

$d$  = diametro del picchetto in metri

La resistenza dei picchetti in parallelo è dunque:

$$R_{pp} = \frac{R_p}{8} = 8,2 \text{ } [\Omega]$$

La resistenza  $R_D$  offerta dal dispersore della cabina all'aperto sarà data dal parallelo della resistenza della maglia  $R_M$  con la resistenza  $R_{pp}$  dei picchetti di terra.

$$R_D = \frac{1}{\frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_{pp}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,0} + \frac{1}{8,2}} = 2,7$$

2,7 ohm è > di 1,1 ohm, da qui la necessità di effettuare il parallelo con altre reti di terra similari, di almeno altri 2 impianti mediante il collettore, due cavi RG10(O)M1 da 120 mmq posati lungo linea.

Il parallelo di 3 impianti di terra all'aperto (ipotizzati simili fra loro) da un valore di  $R_E$  di 0,9 ohm.

$$R_E = \frac{1}{\frac{1}{R_D} + \frac{1}{R_{D1}} + \frac{1}{R_{D2}}} = \frac{1}{\frac{1}{2,7} + \frac{1}{2,7} + \frac{1}{2,7}} = 0,9$$

La tensione totale di terra  $U_E$  (assumendo a vantaggio della sicurezza la corrente di terra pari alla corrente di guasto) sarà quindi in caso di guasto a terra su una delle 3 reti di terra considerate in parallelo:

$$U_E = R_E \cdot I_E = 0,9 \cdot 300 = 270 \text{ } [V]$$

Essendo 270 [V] minore di 2  $U_{tp}$  (2 x 160 V), ovvero inferiore a 320 Volt, risulta evidente che il sistema di terra formato dal parallelo di 3 reti di terra all'aperto è da considerarsi verificato nel caso di guasti di media tensione a neutro isolato.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio C. Berlusconi Terzo Valico		CONSORZIO  SATURNO			
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 18 di 25

Nel caso di **neutro compensato** (tempo di eliminazione del guasto  $\gg 10$  sec) si avrebbe che con il caso peggiore di guasto  $I_E$  è di 170 A ( $50 A + 120 A$ ).

$$U_E = R_E \cdot I_E = 0,9 \cdot 170 = 153 \text{ [V]}$$

Essendo 153 [V] minore di  $2 U_{tp}$  ( $2 \times 80 \text{ V}$ ), ovvero inferiore a 160 Volt, risulta evidente che il sistema di terra formato dal parallelo di 3 reti di terra all'aperto è da considerarsi verificato nel caso di guasti di media tensione anche a neutro compensato.

Nel documento di progetto:

<b>A30100DCV3ALF000AG12</b>	IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE SCHEMATICO GENERALE SISTEMA DI TERRA
-----------------------------	---

È riportato il caso di parallelo di tutte le reti di terra (a vantaggio di sicurezza) per ottenere un sistema di terra globale sia all'aperto che in galleria. I valori di resistenza di terra saranno certamente inferiori rispetto a quelli fin qui calcolati.

È evidente che una cabina in galleria non può avere una maglia disperdente a meno di non usare i ferri d'armatura della struttura del fabbricato/cabina/galleria.

Si assume quindi che le cabine in galleria della linea AV/AC Terzo Valico dei Giovi non abbiano una rete di terra disperdente propria ma attraverso il collettore siano collegate agli impianti disperdenti delle cabine all'aperto.

Il parallelo globale degli impianti disperdenti sarà interrotto alla fine della galleria Pozzolo, ultima galleria della linea AV/AC Terzo Valico dei Giovi, quindi le successive cabine MT/bt faranno eccezione per il fatto che il loro impianto di terra non sarà connesso in parallelo agli altri dispersori di terra, ubicati alle uscite delle finestre (nelle aree esterne alle cabine), agli imbocchi delle gallerie e nelle aree esterne alle ulteriori cabine all'aperto.

In ogni caso esse avranno un loro impianto disperdente comunque capace di garantire i requisiti normativi di sicurezza.

Come dai calcoli del capitolo 6 sarà sempre verificato che la tensione tale di terra in caso di guasto in media tensione è inferiore ai limiti normativi considerando i tempi di eliminazione del guasto di ENEL.

GENERAL CONTRACTOR  <small>Consorzio Costruzioni Integrative Valles</small>					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 19 di 25

## 6. IMPIANTO DI PROTEZIONE DALLE SCARICHE ATMOSFERICHE

Le norme a cui ci si deve riferire per la costruzioni di impianti di protezione dalle scariche atmosferiche sono elencate in tabella.

CEI 81-10/1 (EN 62305-1)	Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi Generali
CEI 81-10/2 (EN 62305-2)	Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio
CEI 81-10/3 (EN 62305-3)	Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone
CEI 81-10/4 (EN 62305-4)	Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture

La norma preliminarmente impone di effettuare uno studio sulla necessità o meno di porre in essere un LPS (sistema di protezione contro i fulmini) secondo i suoi dettami.

La scelta se, come e quando, proteggere una struttura deve essere fatta dal progettista dell'LPS, il quale deve valutare il rischio relativo alla struttura e confrontarlo con il rischio massimo tollerabile.

Per far ciò è necessario:

- a) individuare la struttura e definirne le caratteristiche;
- b) individuare i tipi di danno che il fulmine può provocare nella struttura; quindi, per ogni tipo di danno:
  - valutare il rischio  $R$ ;
  - individuare il rischio massimo tollerabile  $R_T$ ;
  - confrontare il rischio  $R$  con quello tollerabile  $R_T$ ;
  - individuare le misure di protezione che rendono  $R < R_T$ ;
- c) indicare il complesso delle misure di protezione che rendono  $R < R_T$  per tutti i tipi di danno;
- d) scegliere fra tutte le possibili misure di protezione quelle più convenienti dal punto di vista tecnico-economico.

Un fulmine che investe una struttura può provocare danni, oltre che alla struttura stessa, ai suoi occupanti, ai beni che contiene, agli impianti, elettrici e/o di segnale, e alle apparecchiature.

I danni, inoltre, possono estendersi anche all'ambiente circostante e alle strutture vicine in relazione alle caratteristiche del fulmine ed alla struttura colpita. I tipi di danno ( $D$ ) dovuti al fulmine si possono fondamentalmente suddividere in tre gruppi:

- $D1$  : lesione o morte di persone o animali;
- $D2$  : danni alle strutture
- $D3$  : fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche.

Le sorgenti del danno ( $S$ ) individuate dalla norma sono quattro e si differenziano in base al punto di impatto del fulmine che può interessare, cadendo direttamente o nei pressi, un edificio o i servizi entranti nell'edificio (linea di energia o di segnale, tubazioni di acqua, gas o altri fluidi, ecc..).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Calcestruzzo Armato Vetro					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 20 di 25

Ogni sorgente può determinare uno o più fra i tipi di danno D1, D2 e D3 codificati dalla norma:

*S1* : fulminazione diretta della struttura, il fulmine coglie direttamente la struttura:

- ✓ *D1* - morte di persone o animali (a causa di tensioni di passo o di contatto introdotte per accoppiamento induttivo, dovuto al campo magnetico generato dalla corrente di fulmine, o resistivo, dovuto alla corrente di fulmine che attraversa l'impedenza del dispersore o della stessa linea);
- ✓ *D2* - incendi, esplosioni, perforazioni di tubazioni o serbatoi, rotture meccaniche (per le alte temperature in gioco, per effetto chimico elettrolitico, per sforzi elettrodinamici);
- ✓ *D3* - fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per tensioni indotte dalla corrente di fulmine)

*S2* : fulminazione indiretta della struttura, il fulmine colpisce a terra nei pressi della struttura:

- ✓ *D3* - fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni dovute ad accoppiamento induttivo)

*S3* : fulminazione diretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine picchia direttamente su una linea elettrica o di segnale che entra nella struttura:

- ✓ *D1* - morte di persone o animali a causa di tensioni di contatto (a causa delle correnti di fulmine introdotte attraverso la linea);
- ✓ *D2* - incendi, esplosioni (dovuti a scariche originate da sovratensioni introdotte dalla linea);
- ✓ *D3* - fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni che passano attraverso la linea).

*S4* : fulminazione indiretta della linea elettrica o di segnale, il fulmine si scarica nei pressi di una linea elettrica o di segnale entrante nella struttura:

- ✓ *D3* - fuori servizio e malfunzionamenti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (per sovratensioni introdotte dalla linea).

I danni D1, D2 e D3 prodotti dal fulmine, variamente combinati, possono causare perdite diverse secondo il tipo di struttura. I tipi di perdita e i rischi ad essi associati sono quattro:

- L1: perdita di vite umane - rischio R 1 ;
- L2: perdita di servizio pubblico - rischio R 2 ;
- L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile - rischio R 3 ;
- L4: perdita economica - rischio R 4 .

GENERAL CONTRACTOR					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 21 di 25

A comporre il rischio complessivo inerente ciascun tipo di perdita concorrono diverse porzioni di rischio chiamate componenti di rischio

La classificazione, di seguito riassunta, è analoga a quella fornita dalla vecchia norma CEI 81-4 ma si differenzia per le lettere alfabetiche che le identificano e per il numero di componenti che da sei passa a otto.

- *Componente A (ex H)* – Fulmine diretto sulla struttura (S1). Danni ad esseri viventi causati da tensioni di passo e di contatto in una zona esterna a tre metri attorno alla struttura. Si possono avere perdite di tipo L1 ed L4;
- *Componente B (ex A)* – Fulmine diretto sulla struttura (S1). Danni fisici prodotti da incendi o esplosioni causati da scariche derivanti dalla fulminazione. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile per edifici di interesse artistico, storico, architettonico), L4 (perdita economica);
- *Componente C (ex D)* – Fulmine diretto sulla struttura (S1). Danni agli impianti interni, fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche causato dalle tensioni indotte di carattere impulsivo dovute alla rapida variazione del campo elettromagnetico e all'impulso della corrente di fulmine. Si possono produrre perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L4 (perdita economica);
- *Componente M (ex M)* – Fulmine che cade nei pressi della struttura (S2). Danni agli impianti interni con fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche a causa della rapida variazione del campo elettromagnetico. Si possono produrre perdite di tipo L1 (se esiste pericolo di esplosione o se il fuori servizio sulle apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L4 (perdita economica);
- *Componente U (non considerato nella vecchia norma)* – Fulmine diretto su linea entrante (S3). Danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura. Si possono presentare danni di tipo L1 (perdite di vite umane) ed L4;
- *Componente V (ex C)* – Fulmine diretto su linea entrante (S3). Danni fisici prodotti da incendi o esplosioni causati da scariche derivanti dalla fulminazione. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali), L3 (perdita di patrimonio culturale per edifici di interesse artistico, storico, architettonico), L4 (perdita economica);
- *Componente W (non considerato nella vecchia norma)* – Fulmine diretto su linea entrante (S3). Le perdite possono essere di tipo L1 (perdita di vite umane se esiste pericolo di esplosione se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali) ed L4 (perdita economica).
- *Componente Z (ex G)* – Fulmine che cade in prossimità della linea (S4). Danni agli impianti interni con fuori servizio di apparecchiature elettriche ed elettroniche provocati da sovratensioni indotte. Si possono avere perdite di tipo L1 (perdita di vite umane se esiste pericolo di esplosione se si tratta di un ospedale o comunque se il fuori servizio delle

<b>GENERAL CONTRACTOR</b>  Consorzio Collegamenti Elettrici Volanti		<b>CONSORZIO SATURNO</b> 			
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 22 di 25

apparecchiature può provocare perdita di vite umane), L2 (perdita di servizio pubblico per strutture con impianti essenziali) ed L4 (perdita economica).

Di seguito sono raccolti le componenti di rischio da prendere in considerazione per ogni tipo di perdita e rischio relativo.

**Tabella 3 – Componenti di rischio da considerare per ciascun tipo di perdita in una struttura**

Sorgente di danno	Fulminazione diretta della struttura S1			Fulminazione in prossimità della struttura S2	Fulminazione diretta di una linea entrante S3			Fulminazione in prossimità di una linea entrante S4
	$R_A$	$R_B$	$R_C$	$R_M$	$R_L$	$R_N$	$R_O$	$R_Z$
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
$R_1$	*	*	*(1)	*(1)	*	*	*(1)	*(1)
$R_2$		*	*	*		*	*	*
$R_3$		*				*		
$R_4$	*(2)	*	*	*	*(2)	*	*	*

(1) Solo nel caso di strutture con rischio di esplosione, di ospedali o di altre strutture, in cui guasti di impianti interni provocano immediato pericolo per la vita umana.

(2) Soltanto in strutture ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali.

La somma delle varie componenti di rischio variamente combinate, scelte fra quelle su indicate e pertinenti ad una determinata struttura, fornisce il rischio complessivo  $R$ .

Per accertare se è necessario adottare misure di protezione si deve quindi calcolare il rischio totale  $R$  tenendo presente ogni tipo di danno possibile e confrontare tale risultato con il rischio tollerato  $R_T$

Se  $R < R_T$  non si rendono necessarie protezioni particolari mentre se  $R > R_T$  devono essere previste misure di protezione per abbassare il rischio e riportare  $R$  a valori minori o uguali ad  $R_T$ .

Considerata la complessità ed importanza delle apparecchiature presenti nei locali dei fabbricati all'aperto si ritiene comunque necessaria la realizzazione degli impianti di protezione da scariche atmosferiche.

L'impianto LPS sarà unico con l'impianto di terra, come riportato nel documento di progetto:

<b>A30100DCV2LLF000AG65</b>	<b>IMPIANTO LUCE E FORZA MOTRICE</b> <b>IMPIANTO PROTEZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE</b> <b>LAYOUT TIPOLOGICO FABBRICATO</b>
-----------------------------	---

e sarà essenzialmente costituito da:

- tondino in acciaio zincato diametro 8 mm e sezione 50 mmq per maglia di captazione posto sul solaio dell'edificio, lungo tutto il perimetro e connesso ad aste captatrici

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 					
Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 23 di 25

- calate lungo l'edificio
- collegamenti fra le calate ed il dispersore di terra

GENERAL CONTRACTOR



Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV 1R LF000A G06	Rev. A	Foglio 24 di 25
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

## 7. ALLEGATO DATI ENEL

FORNITURA	Località	CP	V nom $\Delta V \pm \%$	Stato del Neutro	Icc Trifase Max	Icc doppio monofase a terra	Tempo di eliminazione cc doppio monofase a terra	Icc Monofase	Tempo di eliminazione cc monofase a terra
COL1	Borzoli (8+437)	S.GIOVANNI BATTISTA	15 kV $\pm 10\%$	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>>10 sec
CBL1	Borzoli (Metro Genova)	S.GIOVANNI BATTISTA							
CBL1/A	Borzoli (Scuola Edile) Fegino - PJ2 bivio Fegino	S.GIOVANNI BATTISTA							
COL2	Trasta	TRASTA	15 kV $\pm 10\%$	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>>10 sec
COL3	Polcevera	MORIGALLO							
CBL4	Bolzaneto	MORIGALLO	15 kV $\pm 10\%$	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	50 A	>> 10 sec
CBL5	Cravasco	MORIGALLO							
COL2 (ex COL4)	F. D. Cravasco (10+346)	NEW CP PONTEDECIMO	15 kV $\pm 10\%$	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP1	Val Lemme (17+730)	BUSALLA							
CSP3	Voltaggio	BUSALLA							
COP2	Castagnola (Portale)	BUSALLA							
CSP1	Castagnola (Betonaggio)	BUSALLA	15 kV $\pm 10\%$	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
CSP2	Borgo Fornari	BUSALLA							
CBP1	Val Lemme	BUSALLA							
CBP2	Pian dei Grilli	BUSALLA							



GENERAL CONTRACTOR



Doc. N.	Progetto A301	Lotto 00	Codifica Documento DCV IR LF000A G06	Rev. A	Foglio 25 di 25
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

COP4	Moriassi - PC Arcquata Libarna (28+734)	SERRAVALLE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
-	Moriassi - PC Arcquata Libarna (28+734)	SERRAVALLE	15 kV ± 10%	Isolato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	178 A sb RO 114 A sb VE	0,72 sec sb RO 0,69 sec sb VE
COP5	Libarna	SERRAVALLE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
CBP3	Arquata	SERRAVALLE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP6	Pernigotti	S.BARTOLOMEO	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP7	Novi Ligure	S.BARTOLOMEO	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
CBP5	Novi Ligure	S.BARTOLOMEO	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP8	Int. per Torino	NOVI LIGURE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP9	San Bovo	NOVI LIGURE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
-	PJ Pozzolo (45+249)	NOVI LIGURE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
-	PJ Shunt Torino (6+100 (shunt))	NOVI LIGURE	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
COP10	Gerbi - PM Rivalta interorto (47+563)	TORTONA	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
CBP7	Dorina (sede)	TORTONA	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
-	Dorina - Tortona Nord (52+900)	TORTONA	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec
-	Dorina - PJ2 Tortona (22+069)	TORTONA	15 kV ± 10%	Compensato	12,5 kA	10,8 kA	0,34 sec	40 A	>> 10 sec