

---

# COMUNE DI LUCCA

## PROVINCIA DI LUCCA

---

---

INTERVENTI DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA  
DELLE SERRE ORTO BOTANICO - LUCCA - CUP  
J61E24000200004

≡ PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED  
ECONOMICA

---

### Relazione Valutazione Rischio Fulmini

PFTE\_4IMPE\_CSR\_RS\_SP\_040\_00

25-016

| REV | DATA       | DESCRIZIONE     | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|-----------------|---------|------------|-----------|
| 00  | 21/04/2026 | PRIMA EMISSIONE | 016M    | 001M       | 001A      |

COMMITTENTE:  
Comune di Lucca  
RUP Ing. Stefano Angelini

TEAM DI PROGETTAZIONE  
Studio INTRE

## DATI GENERALI

### Committente

Nome Cognome **Casermetta San Regolo**

Indirizzo **Baluardo San Regolo**  
CAP - Comune **Lucca, 55100, LU**

### Tecnico

Ragione Sociale **Studio INTRE**

Indirizzo **Via di Tiglio 1415**  
CAP - Comune **Lucca, 55100, LU**

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alle seguenti norme:

**CEI EN IEC 62305-1:2025** "Protezione contro i fulmini - Parte 1: Principi generali"

**CEI EN IEC 62305-2:2025** "Protezione contro i fulmini - Parte 2: Valutazione del rischio"

**CEI EN IEC 62305-3:2025** "Protezione contro i fulmini - Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"

**CEI EN IEC 62305-4:2025** "Protezione contro i fulmini - Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"

## DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

### **Struttura da proteggere**

Qualsiasi luogo, impianto o edificio idoneo a contenere persone, animali, materiali o impianti.

### **Struttura con rischio di esplosione**

Strutture con aree pericolose classificate in conformità alla Norma IEC 60079-10-1 e IEC 60079-10-2 o materiali solidi esplosivi

### **Fulmine su una struttura**

Fulmine che colpisce una struttura da proteggere.

### **Fulmine in prossimità di una struttura**

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una struttura da proteggere da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

### **Fulmine su una linea**

Fulmine che colpisce una linea connessa alla struttura da proteggere.

### **Fulmine in prossimità di una linea**

Fulmine che colpisce tanto vicino ad una linea connessa alla struttura da proteggere, da essere in grado di generare sovratensioni pericolose.

### **LEMP**

Impulso elettromagnetico del fulmine, tutti gli effetti elettromagnetici della corrente di fulmine che possono generare impulsi e campi elettromagnetici mediante accoppiamento resistivo, induttivo e capacitivo.

### **Danni ad esseri viventi**

Danni, inclusi decessi, ad esseri viventi a seguito di fulmini.

### **Danni fisici**

Danni ad una struttura (o al suo contenuto) causati dagli effetti meccanici, termici, chimici o esplosivi del fulmine.

### **Guasto degli impianti interni**

Danni agli impianti elettrici ed elettronici dovuti a LEMP.

### **LPL**

Livello di protezione, numero, associato ad un gruppo di valori dei parametri della corrente di fulmine, relativo alla probabilità che i correlati valori massimo e minimo di progetto non siano superati in natura.

### **Misure di protezione**

Misure da adottare nella struttura da proteggere per ridurre il rischio o la frequenza di danno.

### **LP**

Protezione contro il fulmine, sistema completo usato per la protezione contro il fulmine delle strutture, dei loro impianti interni, del loro contenuto e delle persone, costituito in generale da un LPS e dalle SPM.

### **Z<sub>s</sub>**

Zona di una struttura, parte di una struttura con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un gruppo unico di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

### **S<sub>L</sub>**

sezione di una linea, parte di una linea con caratteristiche omogenee, in cui può essere usato un unico gruppo di parametri per la valutazione di una componente di rischio.

## **LPS**

Sistema di protezione contro il fulmine, impianto completo usato per ridurre il danno materiale dovuto alla fulminazione diretta della struttura.

## **SPM**

Misure di protezione contro il LEMP, misure usate per la protezione degli impianti interni contro gli effetti del LEMP.

## **SPD**

Limitatore di sovratensione, dispositivo che limita le sovratensioni e scarica le correnti impulsive; contiene almeno un componente non lineare.

## **Sistema di SPD**

Gruppo di SPD adeguatamente scelto, coordinato ed installato per ridurre i guasti degli impianti elettrici ed elettronici.

## **Simboli e abbreviazioni**

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>A<sub>D</sub></b>  | Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.   |
| <b>A<sub>DJ</sub></b> | Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.   |
| <b>A<sub>I</sub></b>  | Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.   |
| <b>A<sub>L</sub></b>  | Area di raccolta dei fulmini su una linea.   |
| <b>A<sub>M</sub></b>  | Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.   |
| <b>B</b>              | Struttura.   |
| <b>C<sub>D</sub></b>  | Coefficiente di posizione.   |
| <b>C<sub>DJ</sub></b> | Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.  |
| <b>C<sub>E</sub></b>  | Coefficiente ambientale.   |
| <b>C<sub>I</sub></b>  | Coefficiente di installazione di una linea.  |
| <b>C<sub>LD</sub></b> | Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.               |
| <b>C<sub>LI</sub></b> | Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa. |
| <b>C<sub>T</sub></b>  | Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.   |
| <b>D<sub>1D</sub></b> | Danno ad esseri viventi per fulminazione diretta della persona.  |
| <b>D<sub>1T</sub></b> | Danno ad esseri viventi per elettrocuzione causata da accoppiamento resistivo ed induttivo.  |
| <b>D<sub>2</sub></b>  | Danni a causa di scintille pericolose che possono innescare incendi o esplosioni.  |
| <b>D<sub>3</sub></b>  | Danno da sovratensioni causate da tutte le sorgenti di danno.  |
| <b>F</b>              | Frequenza di danno   |
| <b>F<sub>C</sub></b>  | Frequenza di danno a seguito di fulminazione diretta della struttura (sorgente di danno S <sub>1</sub> )   |
| <b>F<sub>M</sub></b>  | Frequenza di danno a seguito di fulminazione indiretta della struttura (sorgente di danno S <sub>2</sub> )   |
| <b>F<sub>T</sub></b>  | Frequenza di danno tollerabile   |
| <b>F<sub>W</sub></b>  | Frequenza di danno a seguito di fulminazione diretta di una linea (sorgente di danno S <sub>3</sub> )  |
| <b>F<sub>Z</sub></b>  | Frequenza di danno a seguito di fulminazione indiretta di una linea (sorgente di danno S <sub>4</sub> )  |
| <b>k</b>              | Fattore di correlazione tra N <sub>G</sub> e N <sub>SG</sub>   |
| <b>K<sub>S1</sub></b> | Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.   |
| <b>K<sub>S2</sub></b> | Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.   |
| <b>K<sub>S3</sub></b> | Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.  |
| <b>L<sub>X</sub></b>  | Percentuale media tipica delle perdite conseguenti ad un danno   |
| <b>L<sub>1</sub></b>  | Percentuale media tipica delle perdite per lesioni ad esseri umani.  |
| <b>L<sub>2</sub></b>  | Percentuale media tipica delle perdite per danni fisici alla struttura e al suo contenuto (incendio e/o esplosione).                                     |
| <b>L<sub>3</sub></b>  | Percentuale media tipica delle perdite per guasto degli impianti elettrici ed elettronici.   |
| <b>L<sub>AD</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni dovute alla fulminazione diretta della persona (sorgente di danno S <sub>1</sub> )                       |
| <b>L<sub>AT</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di elettrocuzione causata da   |

|                       |  |
|-----------------------|--|
|                       | accoppiamento resistivo ed induttivo (sorgente di danno $S_1$ )  |
| <b>L<sub>B1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di danni fisici subiti dalla struttura (incendio ed esplosione – sorgente di danno $S_1$ )   |
| <b>L<sub>B2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite per danni fisici alla struttura (incendio ed esplosione – sorgente di danno $S_1$ )  |
| <b>L<sub>BT</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite totali per danni fisici della struttura incluso il danno ambientale (sorgente di danno $S_1$ )   |
| <b>L<sub>C1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni (sorgente di danno $S_1$ )  |
| <b>L<sub>C2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_1$ )   |
| <b>L<sub>D</sub></b>  | Percentuale media tipica di vittime a causa di lesioni per fulminazione diretta della persona rispetto al numero totale di persone esposte nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso |
| <b>L<sub>E</sub></b>  | Percentuale media tipica di perdite all'esterno della struttura rispetto alla massima perdita nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso  |
| <b>L<sub>F1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a seguito di incendio o esplosione rispetto al numero totale di persone presenti nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.          |
| <b>L<sub>F2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite per incendio ed esplosione in relazione alla massima perdita possibile nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.                                |
| <b>L<sub>M1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni (sorgente di danno $S_2$ )  |
| <b>L<sub>M2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_2$ )   |
| <b>L<sub>O1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni rispetto al numero totale di persone esposte nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.     |
| <b>L<sub>O2</sub></b> | Percentuale media tipica di danni fisici a causa di un guasto agli impianti interni rispetto alla massima perdita possibile nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso                |
| <b>L<sub>T</sub></b>  | Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione per tensioni di passo e contatto rispetto al numero totale di persone nella zona, a causa di un singolo evento pericoloso.   |
| <b>L<sub>UT</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di accoppiamento resistivo e induttivo (sorgente di danno $S_3$ )  |
| <b>L<sub>V1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni fisici alla struttura (incendio o esplosione – sorgente di danno $S_3$ )  |
| <b>L<sub>V2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite causate da danni fisici alla struttura (incendio o esplosione – sorgente di danno $S_3$ )  |
| <b>L<sub>VT</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite totali causate da danni fisici alla struttura incluso il danno ambientale (sorgente di danno $S_3$ )   |
| <b>L<sub>W1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_3$ )  |
| <b>L<sub>W2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite causate dal guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_3$ )   |
| <b>L<sub>Z1</sub></b> | Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_4$ )  |
| <b>L<sub>Z2</sub></b> | Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni (sorgente di danno $S_4$ )   |
| <b>N<sub>x</sub></b>  | Numero di eventi pericolosi per anno   |
| <b>N<sub>D</sub></b>  | Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla struttura (sorgente di danno $S_1$ )   |
| <b>N<sub>M</sub></b>  | Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine vicino alla struttura (sorgente di danno $S_2$ )   |
| <b>N<sub>DJ</sub></b> | Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla struttura adiacente collegata alla linea (sorgente di danno $S_3$ )  |
| <b>N<sub>L</sub></b>  | Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine sulla linea (sorgente di danno $S_3$ )   |
| <b>N<sub>I</sub></b>  | Numero di eventi pericolosi all'anno per un fulmine vicino alla linea (sorgente di danno $S_4$ )   |
| <b>N<sub>G</sub></b>  | Densità di fulmini al suolo per anno.  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>N<sub>SG</sub></b>  | Densità di punti d'impatto di fulmini al suolo per anno   |
| <b>P<sub>X</sub></b>   | Probabilità di danno.   |
| <b>P<sub>AD</sub></b>  | Probabilità che un fulmine sulla struttura colpisca una persona.  |
| <b>P<sub>am</sub></b>  | Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi lesioni ad esseri viventi per tensioni di passo e contatto  |
| <b>P<sub>AT</sub></b>  | Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi tensioni di passo e contatto pericolose   |
| <b>P<sub>B</sub></b>   | Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> ).  |
| <b>P<sub>C</sub></b>   | Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> ).   |
| <b>P<sub>e</sub></b>   | Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso  |
| <b>P<sub>EB</sub></b>  | Probabilità che si possa generare una scintilla tra elementi conduttivi elettricamente isolati nonostante la protezione tramite EB (equipotenzializzazione al fulmine).                                       |
| <b>P<sub>LD</sub></b>  | Probabilità che riduce P <sub>U</sub> , P <sub>V</sub> e P <sub>W</sub> dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tenuta all'impulso delle apparecchiature (fulmine sulla linea – S <sub>3</sub> ) |
| <b>P<sub>LPS</sub></b> | Probabilità che dipende dal livello di protezione (LPL) dell'impianto di protezione dai fulmini (LPS)   |
| <b>P<sub>M</sub></b>   | Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura – S <sub>4</sub> )  |
| <b>P<sub>MS</sub></b>  | Probabilità che riduce P <sub>M</sub> dipendente dalla schermatura, dal cablaggio e dalla tenuta all'impulso delle apparecchiature.   |
| <b>P<sub>O</sub></b>   | Fattore di probabilità dipendente dalla posizione di una persona nell'area esposta  |
| <b>P<sub>P</sub></b>   | Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso   |
| <b>P<sub>Q</sub></b>   | Probabilità che il valore della carica associata alla corrente che scorre attraverso il dispositivo di protezione da sovratensione (SPD) superi il valore tollerato dall'SPD stesso                           |
| <b>P<sub>S</sub></b>   | Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi scintille pericolose  |
| <b>P<sub>SPD</sub></b> | Probabilità che un'apparecchiatura venga danneggiata nonostante la presenza di un sistema coordinato di SPD.  |
| <b>P<sub>TWS</sub></b> | Probabilità che il sistema di allerta temporali (TWS) non rilevi un evento correlato ai fulmini nell'area prestabilita  |
| <b>P<sub>U</sub></b>   | Probabilità di lesioni ad esseri umani per elettrocuzione (fulmine sulla linea connessa - S <sub>3</sub> ).   |
| <b>P<sub>V</sub></b>   | Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sulla linea connessa - S <sub>3</sub> ).  |
| <b>P<sub>W</sub></b>   | Probabilità di guasto agli impianti interni (fulmine sulla linea connessa - S <sub>3</sub> ).   |
| <b>P<sub>Z</sub></b>   | Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della linea connessa - S <sub>4</sub> ).  |
| <b>r<sub>f</sub></b>   | Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.   |
| <b>r<sub>I</sub></b>   | Distanza convenzionale per il calcolo dell'area A <sub>I</sub>  |
| <b>r<sub>M</sub></b>   | Distanza convenzionale per il calcolo dell'area A <sub>M</sub>  |
| <b>r<sub>p</sub></b>   | Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.  |
| <b>r<sub>t</sub></b>   | Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.  |
| <b>R</b>               | Rischio   |
| <b>R<sub>T</sub></b>   | Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.   |
| <b>R<sub>AD</sub></b>  | Componenti di rischio (danno ad esseri viventi per fulminazione diretta di una persona esposta – fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> )   |
| <b>R<sub>AT</sub></b>  | Componente di rischio (danno ad esseri viventi per elettrocuzione a causa di tensioni di passo e contatto – fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> ).   |
| <b>R<sub>B</sub></b>   | Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> ).   |
| <b>R<sub>C</sub></b>   | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine sulla struttura – S <sub>1</sub> ).   |
| <b>R<sub>M</sub></b>   | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine in prossimità della struttura – S <sub>2</sub> ).   |
| <b>R<sub>U</sub></b>   | Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulmine sulla linea connessa – S <sub>3</sub> ).   |
| <b>R<sub>V</sub></b>   | Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulmine sulla linea connessa – S <sub>3</sub> ).  |
| <b>R<sub>W</sub></b>   | Componente di rischio (danno agli impianti – fulmine sulla linea connessa – S <sub>3</sub> ).   |
| <b>R<sub>Z</sub></b>   | Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulmine in prossimità di una linea – S <sub>4</sub> ).  |
| <b>R<sub>S</sub></b>   | Resistenza dello schermo per unità di lunghezza del cavo  |
| <b>S</b>               | Struttura.  |

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>S<sub>1</sub></b> | Sorgente di danno (fulmine sulla struttura).                         |
| <b>S<sub>2</sub></b> | Sorgente di danno (fulmine in prossimità della struttura).           |
| <b>S<sub>3</sub></b> | Sorgente di danno (fulmine sulla linea).                             |
| <b>S<sub>4</sub></b> | Sorgente di danno (fulmine in prossimità della linea).               |
| <b>t<sub>z</sub></b> | Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno). |
| <b>U<sub>w</sub></b> | Tenuta all'impulso di un'apparecchiatura                             |
| <b>w<sub>m</sub></b> | Lato di maglia.  |

## METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

La normativa CEI EN IEC 62305-2 specifica una procedura per la valutazione del rischio dovuto a fulminazione e individua le misure di protezione, se necessarie, da realizzare per ridurre il rischio a valori non superiori a quello ritenuto tollerabile dalla norma.

### Sorgente di danno, S

La corrente di fulmine è la principale sorgente di danno. Le sorgenti sono distinte in base al punto d'impatto del fulmine.

#### SORGENTI DI DANNO

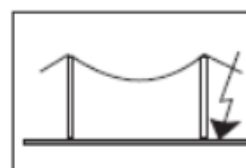
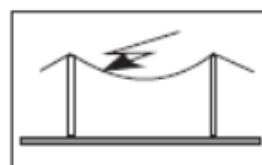
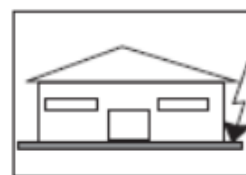
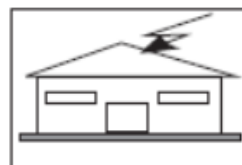
S1 Fulminazione diretta della struttura

S2 Fulminazione indiretta della struttura

S3 Fulminazione diretta della linea entrante

S4 Fulminazione indiretta della linea entrante

#### SCHEMATIZZAZIONE GRAFICA



### Cause di danno, D

Un fulmine può causare danni in diversi modi a seconda delle caratteristiche della struttura che viene valutata. Si possono quindi distinguere quattro cause di danno:

- D<sub>1D</sub> Elettrocuzione per fulminazione diretta.
- D<sub>1T</sub> Elettrocuzione per tensioni di passo e contatto.
- D<sub>2</sub> Scintille pericolose all'interno della struttura che innescano incendio ed esplosione o che causano effetti meccanici e chimici, o entrambi, che possono anche mettere in pericolo l'ambiente.
- D<sub>3</sub> Sovratensioni dovute a tutte le sorgenti di danno che causano guasto degli impianti elettrici ed elettronici interni.

### Tipo di perdita, L

Ciascuna causa di danno, sola o in combinazione con le altre, può produrre diversi tipi di perdite

nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne consegue dipende dalle caratteristiche della struttura stessa e dal suo contenuto. Ai fini della valutazione del rischio si considerano i seguenti tipi di perdita:

- L<sub>1</sub> Perdita dovuta a lesioni ad esseri umani. È una conseguenza delle cause D<sub>1D</sub>, D<sub>1T</sub>, D<sub>2</sub> e anche D<sub>3</sub> in strutture in cui il guasto degli impianti interni mette in pericolo la vita umana, ad esempio in strutture con rischio di esplosione e ospedali.
- L<sub>2</sub> Perdita dovuta a danni fisici della struttura e del suo contenuto. E' una conseguenza delle cause D<sub>2</sub> e D<sub>3</sub> (D<sub>3</sub> di solito per strutture con rischio esplosione).
- L<sub>3</sub> Perdita dovuta al guasto degli impianti interni; è una conseguenza della causa D<sub>3</sub>.

La perdita del patrimonio culturale è inclusa nel tipo di perdita L<sub>2</sub>, la perdita di servizio pubblico è inclusa nei tipi di perdita L<sub>2</sub>/L<sub>3</sub> e nella frequenza di danno.

Il tipo di perdita L<sub>3</sub> può compromettere in modo inaccettabile i servizi forniti dai sistemi interni della struttura. In questo caso, il calcolo della frequenza di danno viene eseguito in aggiunta al calcolo del rischio. La frequenza di danno può riguardare perdite puramente economiche o perdite di servizio. Quando il danno ai sistemi interni implica conseguenze per l'ambiente o coinvolge apparecchiature critiche per la sicurezza, le conseguenze delle perdite devono essere affrontate mediante il calcolo del rischio e non della frequenza di danno.

### Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua.

Il rischio R deve essere valutato con riferimento alla sicurezza delle persone (tipo di perdita L<sub>1</sub>) e della struttura incluso il suo contenuto (tipo di perdita L<sub>2</sub>).

Il rischio è la somma delle componenti di rischio in relazione alla sorgente di danno o al tipo di perdita.

| Calcolo del rischio in relazione alla sorgente di danno   | Calcolo del rischio in relazione al tipo di perdita   |
|---|---|
| $R = R_{S1} + R_{S2} + R_{S3} + R_{S4}$ $R_{S1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{B2} + R_{C1} + R_{C2}$ $R_{S2} = R_{M1} + R_{M2}$ $R_{S3} = R_U + R_{V1} + R_{V2} + R_{W1} + R_{W2}$ $R_{S4} = R_{Z1} + R_{Z2}$ | $R = R_{L1} + R_{L2}$ $R_{L1} = R_{AT} + R_{AD} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_U + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1}$ $R_{L2} = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2}$ |

### Rischio tollerabile, R<sub>T</sub>

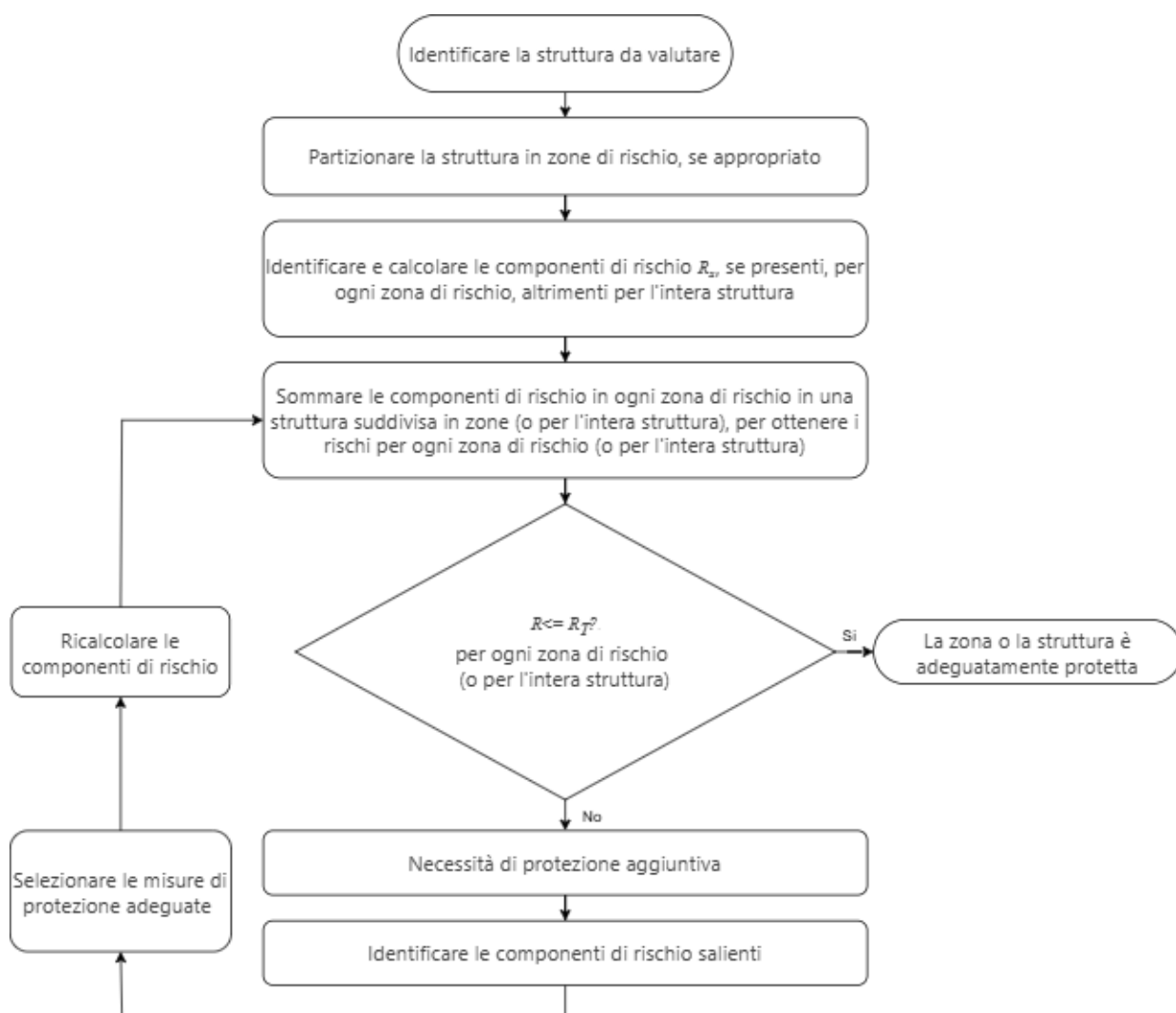
La definizione dei valori di rischio tollerabili R<sub>T</sub> riguardanti le perdite di valore sociale sono stabilite dalla norma CEI EN IEC 62305-2:

- Rischio tollerabile R<sub>T</sub> = 10<sup>-5</sup> anni<sup>-1</sup>.

### Descrizione del metodo

Ai fini della valutazione del rischio si deve provvedere a:

- identificare la struttura oggetto di valutazione e le sue caratteristiche;
- identificare le eventuali zone in cui suddividere la struttura;
- determinare, per ciascuna zona, le componenti di rischio R<sub>X</sub>;
- determinare, per ciascuna zona, il valore del rischio complessivo R come somma delle singole componenti di rischio;
- confrontare, per ciascuna zona, il rischio R<sub>L1</sub> e R<sub>L2</sub> con quello tollerabile R<sub>T</sub>.



Il valore tollerabile stabilito dalla norma per  $R_T$  è  $1 \times 10^{-5}$ .

Se  $R_{L1}$  o  $R_{L2} > R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere  $R_{L1}$  e  $R_{L2} \leq R_T$ .

Se  $R_{L1}$  e  $R_{L2} \leq R_T$  la protezione contro il fulmine non è necessaria. Tuttavia può essere opportuno adottare comunque misure di protezione per ridurre la frequenza di danno o se si vuole comunque ridurre le perdite.

### La componenti di rischio ed il calcolo del rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno, la causa di danno e il tipo di perdita, come si evince dalla tabella successiva.

| Sorgente di danno | S <sub>1</sub>  |                 |                                 |   | S <sub>2</sub>  | S <sub>3</sub>  |                                 |   | S <sub>4</sub>  |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|---|---|-----------------|---------------------------------|---|---|
|                   |                 |                 |                                 |   |   |                 |                                 |   |   |
| Causa di danno    | D <sub>1D</sub> | D <sub>1T</sub> | D <sub>2</sub>                  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub> | D <sub>2</sub>                  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |
|                   |                 |                 |                                 |   |   |                 |                                 |   |   |
| Tipo di perdita   | L <sub>1</sub>  | L <sub>1</sub>  | L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> | L <sub>1</sub> <sup>a</sup> , L <sub>2</sub> <sup>b</sup> | L <sub>1</sub> <sup>a</sup> , L <sub>2</sub> <sup>b</sup> | L <sub>1</sub>  | L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub> | L <sub>1</sub> <sup>a</sup> , L <sub>2</sub> <sup>b</sup> | L <sub>1</sub> <sup>a</sup> , L <sub>2</sub> <sup>b</sup> |
|                   |                 |                 |                                 |   |   |                 |                                 |   |   |

| Comp. di rischio | R <sub>AD</sub> | R <sub>AT</sub> | R <sub>B1</sub> , R <sub>B2</sub> | R <sub>C1</sub> , R <sub>C2</sub> | R <sub>M1</sub> , R <sub>M2</sub> | R <sub>U1</sub> | R <sub>V1</sub> , R <sub>V2</sub> | R <sub>W1</sub> , R <sub>W2</sub> | R <sub>Z1</sub> , R <sub>Z2</sub> |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|

(a) Nel caso di strutture in cui il guasto dei sistemi interni mette in pericolo la vita umana, ad esempio in strutture con rischio di esplosione e ospedali.

(b) Nel caso di strutture con rischio esplosione

(c) Valido solo per le persone esposte su una struttura come parcheggi su un tetto o terrazza, balconi

Ciascuna delle componenti di rischio può essere calcolata mediante la seguente equazione generale:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X$$

dove

$N_X$  è il numero di eventi pericolosi [Allegato A, CEI EN IEC 62305-2].

$P_X$  è la probabilità di danno [Allegato B, CEI EN IEC 62305-2].

$L_X$  è l'entità della perdita conseguente [Allegato C, CEI EN IEC 62305-2].

### Componente di rischio, R<sub>AT</sub> (S<sub>1</sub>, D<sub>1T</sub>, L<sub>1</sub>)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che provoca vittime per lesioni da elettrocuzione dovute a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno ai conduttori di discesa per fulminazione diretta della struttura.

$$R_{AT} = N_D \times P_{AT} \times P_P \times L_{AT}$$

dove:

- R<sub>AT</sub> Componente di rischio (S<sub>1</sub>, D<sub>1T</sub>, L<sub>1</sub>);
- N<sub>D</sub> Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P<sub>AT</sub> Probabilità che un fulmine sulla struttura provochi tensioni di passo e contatto pericolose [§ B.2, CEI EN IEC 62305-2].
- P<sub>P</sub> Probabilità che una persona si trovi in un posto pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L<sub>AT</sub> Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione per accoppiamento resistivo ed induttivo [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### Componente di rischio, R<sub>AD</sub> (S<sub>1</sub>, D<sub>1D</sub>, L<sub>1</sub>)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che causa lesioni (inclusa la morte) ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a fulminazione diretta della persona.

$$R_{AD} = N_D \times P_{AD} \times P_P \times L_{AD}$$

dove:

- R<sub>AD</sub> Componente di rischio (S<sub>1</sub>, D<sub>1D</sub>, L<sub>1</sub>);
- N<sub>D</sub> Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- P<sub>AD</sub> Probabilità che un fulmine sulla struttura colpisca una persona [§ B.3, CEI EN IEC 62305-2].
- P<sub>P</sub> Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- L<sub>AD</sub> Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione causata per fulminazione diretta della persona [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### Componente di rischio, R<sub>B</sub> (S<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>)

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che causa scariche pericolose all'interno di essa, le quali sono in grado di innescare un incendio o un'esplosione o provocare effetti meccanici o chimici che possono causare lesioni alle persone (L<sub>1</sub>), danni alla struttura e pericolo per l'ambiente (L<sub>2</sub>).

$$R_B = R_{B1} + R_{B2} = N_D \times P_B \times (P_P \times L_{B1} + L_{B2})$$

dove:

- R<sub>B</sub> Componente di rischio (S<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, L<sub>1</sub> + L<sub>2</sub>).
- R<sub>B1</sub> Componente di rischio (S<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, L<sub>1</sub>).
- R<sub>B2</sub> Componente di rischio (S<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, L<sub>2</sub>).
- N<sub>D</sub> Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI

- EN IEC 62305-2].
- $P_B$  Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.4, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_P$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{B1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni materiali alla struttura (incendio ed esplosione) [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{B2}$  Percentuale media tipica di perdite per danni fisici alla struttura (incendio ed esplosione) [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### **Componente di rischio, $R_C$ ( $S_1$ , $D_2$ , $L_1$ e $L_2$ )**

Componente relativa alla fulminazione diretta della struttura che provoca il guasto di impianti interni causato dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani ( $L_1$ ) o danni materiali alla struttura ( $L_2$ ) o pericolo per l'ambiente ( $L_1$  e  $L_2$ ).

$$R_C = R_{C1} + R_{C2} = N_D \times P_C \times P_e \times (P_p \times L_{C1} + L_{C2})$$

dove:

- $R_C$  Componente di rischio ( $S_1$ ,  $D_3$ ,  $L_1 + L_2$ );
- $R_{C1}$  Componente di rischio ( $S_1$ ,  $D_3$ ,  $L_1$ ).
- $R_{C2}$  Componente di rischio ( $S_1$ ,  $D_3$ ,  $L_2$ ).
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura [§ A.2.4, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_C$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.5, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_e$  Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_P$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{C1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{C2}$  Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### **Componente di rischio, $R_M$ ( $S_2$ , $D_3$ , $L_1$ e $L_2$ )**

Componente relativa alla fulminazione indiretta della linea che provoca guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani ( $L_1$ ) o danni materiali alla struttura ( $L_2$ ) o pericolo per l'ambiente ( $L_1$  e  $L_2$ ).

$$R_M = R_{M1} + R_{M2} = N_M \times P_M \times P_e \times (P_p \times L_{M1} + L_{M2})$$

dove:

- $R_M$  Componente di rischio ( $S_2$ ,  $D_3$ ,  $L_1 + L_2$ );
- $R_{M1}$  Componente di rischio ( $S_2$ ,  $D_3$ ,  $L_1$ ).
- $R_{M2}$  Componente di rischio ( $S_2$ ,  $D_3$ ,  $L_2$ ).
- $N_M$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione in prossimità della struttura) [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2];
- $P_M$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.6, CEI EN IEC 62305-2];
- $P_e$  Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_P$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{M1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di un guasto agli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2]

- $L_{M2}$  Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2]

Se si vuole tener conto delle tensioni indotte da un fulmine a terra in prossimità della struttura, usando gli effetti schermanti delle eventuali strutture esistenti in zona, il valore di  $N_M$  può essere moltiplicato per il coefficiente ambientale  $C_E$  [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2]

Nei sistemi di alimentazione, gli eventi pericolosi  $N_M$  possono essere solitamente trascurati a causa dell'uso di edifici in cemento con maglia di armatura densa [§ A.3, CEI EN IEC 62305-2]

### **Componente di rischio, $R_U$ ( $S_3, D_1, L_1$ )**

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times P_p \times L_{UT}$$

dove:

- $R_U$  Componente di rischio ( $S_3, D_3, L_1$ );
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta di una linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- $N_{DJ}$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5 della CEI EN IEC 62305-2].
- $P_U$  Probabilità di lesioni a esseri umani per elettrocuzione (fulmine sulla linea in ingresso) [§ B.7, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{UT}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni da elettrocuzione a causa di accoppiamento resistivo e induttivo [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### **Componente di rischio, $R_V$ ( $S_3, D_2, L_1$ e $L_2$ )**

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca scariche pericolose fra installazioni esterne e parti metalliche, generalmente nel punto d'ingresso della linea nella struttura, dovuti alla corrente di fulmine trasmessa attraverso il servizio entrante. Tali scariche pericolose sono in grado di innescare un incendio o un'esplosione o provocare effetti meccanici o chimici che possono causare lesioni alle persone ( $L_1$ ), danni alla struttura e pericolo per l'ambiente ( $L_2$ ).

$$R_V = R_{V1} + R_{V2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times (P_p \times L_{V1} + L_{V2})$$

dove:

- $R_V$  Componente di rischio ( $S_3, D_2, L_1+L_2$ ).
- $R_{V1}$  Componente di rischio ( $S_3, D_2, L_1$ ).
- $R_{V2}$  Componente di rischio ( $S_3, D_2, L_2$ ).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta di una linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- $N_{DJ}$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_V$  Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_p$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{V1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di danni fisici alla struttura [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{V2}$  Percentuale media tipica di perdite causate da danni fisici alla struttura [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### **Componente di rischio, $R_W$ ( $S_3, D_3, L_1$ e $L_2$ )**

Componente relativa alla fulminazione diretta della linea che provoca guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. La perdita può verificarsi

generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani ( $L_1$ ) o danni materiali alla struttura ( $L_2$ ) o pericolo per l'ambiente ( $L_1$  e  $L_2$ ).

$$R_W = R_{W1} + R_{W2} = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times P_e \times (P_p \times L_{W1} + L_{W2})$$

dove:

- $R_W$  Componente di rischio ( $S_3, D_3, L_1+L_2$ ).
- $R_{W1}$  Componente di rischio ( $S_3, D_3, L_1$ ).
- $R_{W2}$  Componente di rischio ( $S_3, D_3, L_2$ ).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della linea [§ A.4, CEI EN IEC 62305-2].
- $N_{DJ}$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione diretta della struttura all'estremità della linea [§ A.2.5, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_W$  Probabilità di guasto di un impianto interno [§ B.9, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_e$  Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_p$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{W1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{W2}$  Percentuale media tipica di perdite causate dal guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

### **Componente di rischio, $R_z$ ( $S_4, D_3, L_1$ e $L_2$ )**

Componente relativa alla fulminazione indiretta della linea che provoca guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La perdita può verificarsi generalmente nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o altre strutture in cui il guasto degli impianti interni comporta lesioni a esseri umani ( $L_1$ ) o danni materiali alla struttura ( $L_2$ ) o pericolo per l'ambiente ( $L_1$  e  $L_2$ ).

$$R_z = R_{z1} + R_{z2} = N_I \times P_z \times P_e \times (P_p \times L_{z1} + L_{z2})$$

dove:

- $R_z$  Componente di rischio ( $S_4, D_3, L_1 + L_2$ ).
- $R_{z1}$  Componente di rischio ( $S_4, D_3, L_1$ ).
- $R_{z2}$  Componente di rischio ( $S_4, D_3, L_2$ ).
- $N_I$  Numero di eventi pericolosi all'anno per fulminazione in prossimità di una linea [§ A.5, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_z$  Probabilità di guasto di un impianto interno [§ B.10, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_e$  Probabilità che un'apparecchiatura sia esposta ad un evento pericoloso [§ B.12, CEI EN IEC 62305-2].
- $P_p$  Probabilità che una persona si trovi in un luogo pericoloso [§ B.11, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{z1}$  Percentuale media tipica di vittime per lesioni a causa di guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].
- $L_{z2}$  Percentuale media tipica di perdite per guasto degli impianti interni [§ C.2, CEI EN IEC 62305-2].

## **Esito della valutazione**

Una volta noti i valori di rischio di ogni zona della struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

### **Struttura protetta**

Se per ogni zona della struttura risulta  $R_{L1} \leq R_T$  e  $R_{L2} \leq R_T$  la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

### **Struttura NON protetta**

Se per almeno una zona della struttura risulta  $R_{L1} > R_T$  o  $R_{L2} > R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di ridurre il rischio ad un valore tollerabile.

### Determinazione della frequenza di danno

La frequenza di danno  $F$  è il numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad una apparecchiatura di un impianto interno e si valuta secondo la formula:

$$F = F_C + F_M + F_W + F_Z$$

dove:

- $F_C$  Frequenza di danno per fulmini sulla struttura (sorgente S1).
- $F_M$  Frequenza di danno per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- $F_W$  Frequenza di danno per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- $F_Z$  Frequenza di danno per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Di seguito si riportano le formule per il calcolo delle componenti della frequenza di danno:

$$F_C = N_D \times P_C \times P_e$$

$$F_M = N_M \times P_M \times P_e$$

$$F_W = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W \times P_e$$

$$F_Z = N_I \times P_Z \times P_e$$

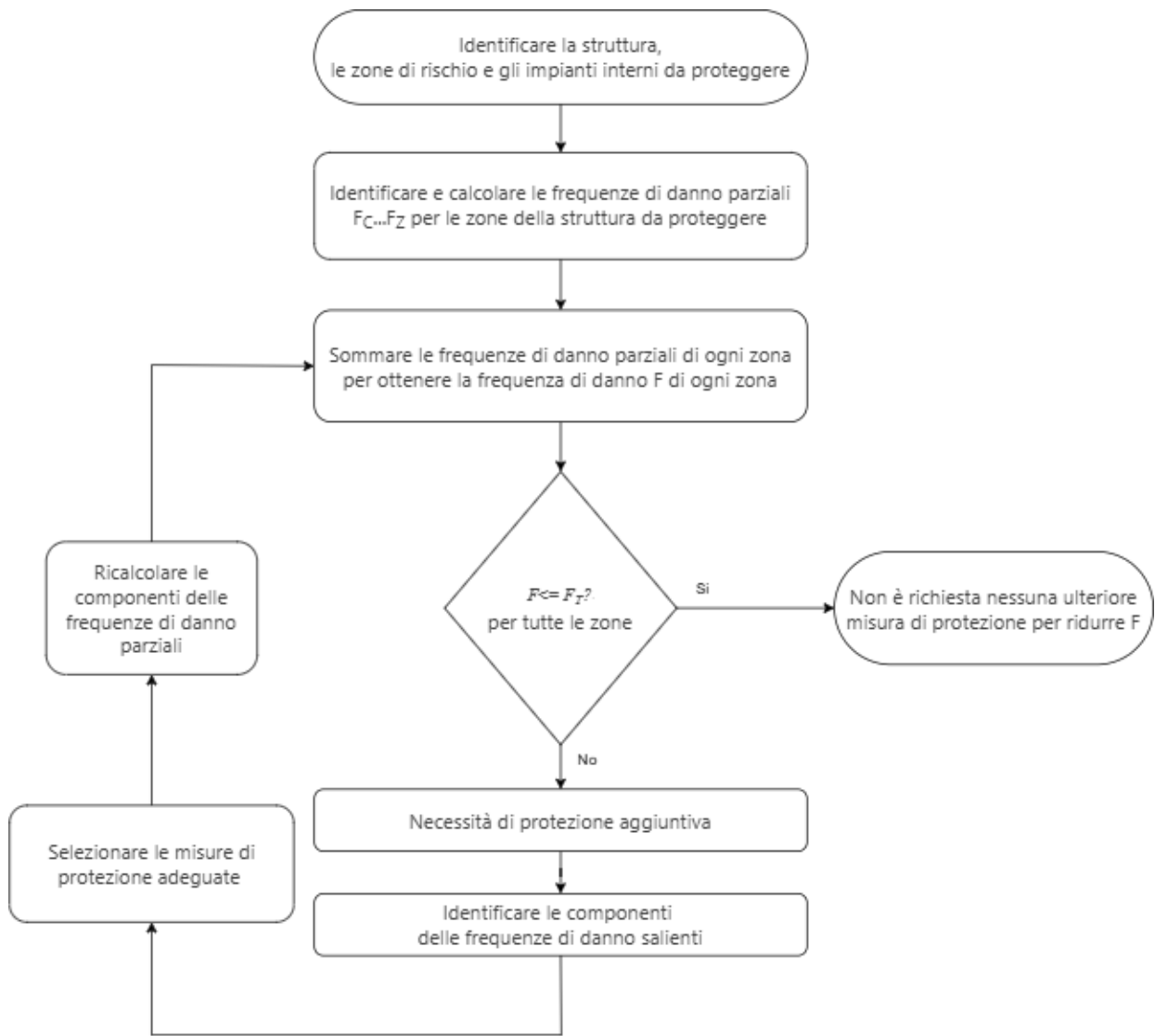
Il significato di tali coefficienti è riportato nei paragrafi precedenti.

La frequenza di danno tollerabile  $F_T$  è il massimo valore della frequenza di danno che può essere tollerato dagli impianti interni. Fissare i valori di  $F_T$  è responsabilità del proprietario o del gestore della struttura tenendo presente che la norma suggerisce i seguenti valori tollerabili:

$F_T = 0,1 \text{ [anno]}^{-1}$  per impianti interni critici nello svolgimento della loro funzione in relazione all'indisponibilità di servizio richiesta

$F_T = 1 \text{ [anno]}^{-1}$  per impianti interni non critici

Se il valore di  $F$  risulta essere superiore al valore  $F_T$  stabilito, la frequenza di danno risulta essere **non rispettata** e, in tal caso, dovrebbero essere adottate misure di protezione contro le sovratensioni al fine di ridurre il valore della frequenza di danno al di sotto del valore tollerabile.



## STRUTTURA

| Dati generali                     |   |
|-----------------------------------|---|
| Denominazione                     | <b>Ex-Casermetta San Regolo</b>   |
| Destinazione d'uso                | <b>Museo</b>  |
| Indirizzo                         | <b>Via Giardino Botanico, 14</b>  |
| Comune                            | <b>Lucca (LU)</b>   |
| Cap                               | <b>55100</b>  |
| $N_G$                             | <b>2.32 fulmini / km<sup>2</sup> / anno</b>   |
| $N_{SG}$                          | <b>4.7 punti / km<sup>2</sup> / anno</b>  |
| Fonte dati                        | <b>CEI EN IEC 62305 - CEI EN IEC 62858</b>  |
| $P_s$                             | <b>1.0 Struttura in muratura, legno o calcestruzzo armato in cui l'armatura non è ben connessa a terra.</b> |
| Resistività $\rho$ ( $\Omega m$ ) | <b>400</b>  |

| Caratteristiche della struttura        |   |
|--|---|
| Ubicazione                             | <b>Circondata da oggetti di altezza uguale o inferiore [<math>C_D = 0.500</math>]</b>   |
| Geometria della struttura              | <b>Struttura regolare:</b><br><b>Lunghezza: 22.0 m</b><br><b>Larghezza: 11.0 m</b><br><b>Altezza: 9.5 m</b><br><b>Altezza protrusione: 0.0 m</b><br><br>$r_M$ : 233.33 m (per il calcolo di $A_M$ )<br><br><b>Area raccolta della struttura isolata <math>A_D</math>: 4 674.759 m<sup>2</sup></b><br><b>Area raccolta fulmini in prossimità della struttura <math>A_M</math>: 186 442.267 m<sup>2</sup></b> |
| Schermatura                            | <b>Assente</b><br>$K_{S1} = 1$  |
| Effetti schermanti strutture esistenti | <b>Non considerati</b>  |
| LPS                                    | <b>Struttura non protetta con LPS [<math>PLPS = 1.00</math>]</b>  |
| TWS (Thunderstorm Warning System)      | <b>Assente</b>  |

## ZONE

Nella struttura sono presenti 2 zone.  
I dettagli di ogni zona sono riportati nei seguenti paragrafi.

### Zona Z1 - "Zona 1"

| Dati generali                                    |  |
|--|--|
| Denominazione                                    | <b>Zona 1</b>  |
| Tipo di zona                                     | <b>Interna</b>   |
| Pavimentazione                                   | <b>Ceramica (<math>1k\Omega \leq R \leq 10k\Omega</math>) [<math>r_t = 10^{-3}</math>]</b> |
| Rischio esplosione                               | <b>Assente</b>   |
| Rischio incendio                                 | <b>Ordinario [<math>r_f = 10^{-2}</math>]</b>  |
| Misure antincendio                               | <b>Misure di protezione manuali e automatiche [<math>r_p = 0.2</math>]</b>                 |
| Valore $r_p$ della zona                          | <b>0.2</b>   |
| Schermatura                                      | <b>Assente</b><br><b><math>K_{s2} = 1</math></b>   |
| Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto | <b>Nessuna protezione [<math>P_{am} = 1</math>]</b>  |
| Frequenza di danno tollerabile                   | <b><math>F_T = 0.200</math></b>  |

| Perdite                                   |   |
|---|---|
| Pericolo di vita per guasto impianti      | <b>No</b>   |
| Danno materiale per guasto impianti       | <b>No</b>   |
| Persone esposte alla fulminazione diretta | <b>No, <math>P_o = 0</math></b>                                       |
| Tempo di esposizione persone              | <b><math>t_z = 8\ 760</math> ore/anno, <math>P_p = 1.00</math></b>    |
| Tempo di esposizione apparecchiature      | <b><math>t_e = 8\ 760</math> ore/anno, <math>P_e = 1.00000</math></b> |
| Danni alle persone                        |   |
| $L_T$                                     | <b>0.010</b>  |
| $L_D$                                     | <b>0.100</b>  |
| $L_{F1}$                                  | <b>0.100</b>  |
| $L_{O1}$                                  | <b>0.010</b>  |
| Danni materiali                           |   |
| $L_{F2}$                                  | <b>0.100</b>  |
| $L_{O2}$                                  | <b>0.010</b>  |

## Zona Z2 - "Zona 2"

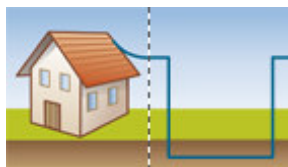
| Dati generali                                    |  |
|--|--|
| Denominazione                                    | <b>Zona 2</b>  |
| Tipo di zona                                     | <b>Esterna</b>   |
| Pavimentazione                                   | <b>Asfalto (<math>R \geq 100k\Omega</math>) [<math>r_t = 10^{-5}</math>]</b> |
| Rischio esplosione                               | <b>Assente</b>   |
| Rischio incendio                                 | <b>Ridotto [<math>r_f = 10^{-3}</math>]</b>                                  |
| Misure antincendio                               | <b>Nessuna protezione [<math>r_p = 1</math>]</b>                             |
| Valore $r_p$ della zona                          | <b>1.0</b>   |
| Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto | <b>Nessuna protezione [<math>P_{am} = 1</math>]</b>                          |

| Perdite                                   |   |
|---|---|
| Pericolo di vita per guasto impianti      | <b>No</b>   |
| Danno materiale per guasto impianti       | <b>No</b>   |
| Persone esposte alla fulminazione diretta | <b>No, <math>P_o = 0</math></b>                                       |
| Tempo di esposizione persone              | <b><math>t_z = 8\,760</math> ore/anno, <math>P_p = 1.00</math></b>    |
| Tempo di esposizione apparecchiature      | <b><math>t_e = 8\,760</math> ore/anno, <math>P_e = 1.00000</math></b> |
| Danni alle persone                        |   |
| $L_T$                                     | <b>0.010</b>  |
| $L_D$                                     | <b>0.100</b>  |
| $L_{F1}$                                  | <b>0.100</b>  |
| $L_{O1}$                                  | <b>0.010</b>  |
| Danni materiali                           |   |
| $L_{F2}$                                  | <b>0.100</b>  |
| $L_{O2}$                                  | <b>0.010</b>  |

## LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

### Linea L1 - "Fornitura elettrica"



| Dati generali         |   |
|-----------------------|---|
| Denominazione         | <b>Fornitura elettrica</b>              |
| Tipo linea            | <b>Linea di energia</b>                 |
| SPD su linea entrante | <b>Sistema SPD assente [PEB = 1.00]</b> |
| Trasformatore AT/BT   | <b>Assente</b>                          |

| Linea interrata - Dati sezione interrata |                                    |
|--|------------------------------------|
| Lunghezza                                | <b>1 000 m</b>                     |
| Ambiente circostante                     | <b>Urbano [Ce = 0.10]</b>          |
| A <sub>L</sub>                           | <b>40 000 m<sup>2</sup></b>        |
| A <sub>T</sub>                           | <b>1 927 949.815 m<sup>2</sup></b> |

| Linea interrata - Dati protezione |                |
|-----------------------------------|----------------|
| Schermatura cavi                  | <b>Assente</b> |
| Dispersore fittamente magliato    | <b>No</b>      |
| C <sub>LD</sub>                   | <b>1</b>       |
| C <sub>T</sub>                    | <b>1</b>       |
| C <sub>LI</sub>                   | <b>1</b>       |
| C <sub>I</sub>                    | <b>0.300</b>   |
| P <sub>LD</sub>                   | <b>1</b>       |

# IMPIANTI

Nella struttura è presente un solo impianto interno di seguito descritto.














## Impianto I1 - "Impianto elettrico"

| Dati generali                |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| Denominazione                | <b>Impianto elettrico</b>  |
| Linee collegate all'impianto | <b>Fornitura elettrica</b> |
| Zone servite dall'impianto   | <b>Zona 1</b>              |
| C.LD                         | <b>1</b>                   |














| Z1: Zona 1           |   |
|----------------------|---|
| Tensione di tenuta   | <b>1.5 kV</b>   |
| Tipo cablaggio       | <b>Cavi non schermati – precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire - (area della spira nell'ordine di 0,5 m<sup>2</sup>)</b> |
| K <sub>S3</sub>      | <b>0.010</b>  |
| Tipo SPD             | <b>Sistema SPD assente</b>  |
| P <sub>SPD, PC</sub> | <b>1.00000</b>  |
| P <sub>SPD, PM</sub> | <b>1.00000</b>  |
| P <sub>SPD, PW</sub> | <b>1.00000</b>  |
| P <sub>SPD, PZ</sub> | <b>1.00000</b>  |

## ESITO DELLA VALUTAZIONE















Numero annuo atteso di eventi pericolosi,  $N_x$












| Sorgente di danno | S1  |   |   |   | S2  | S3  |   |   | S4  |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                   |  |   |   |   |  |  |   |   |  |
| Tipo di danno     | D <sub>1D</sub>   | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |
|                   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| Eventi            | N <sub>D</sub>  |   |   |   | N <sub>M</sub>  | N <sub>L</sub> + N <sub>DJ</sub>  |   |   | N <sub>I</sub>  |
| Struttura         | 0.011   |   |   |   | 0.433   | -   |   |   | -   |
| Eventi            | N <sub>D</sub>  |   |   |   | N <sub>M</sub>  | N <sub>L</sub> + N <sub>DJ</sub>  |   |   | N <sub>I</sub>  |
| L1                | -   |   |   |   | -   | 0.006   |   |   | 0.134   |

Valori di probabilità di perdita di vite umane,  $P_x$















| Sorgente di danno | S1  |   |   |   | S2  | S3  |   |   | S4  |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                   |  |   |   |   |  |  |   |   |  |
| Tipo di danno     | D <sub>1D</sub>   | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |
|                   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| Probabilità       | P <sub>AD</sub>   | P <sub>AT</sub>   | P <sub>B</sub>  | P <sub>C</sub>  | P <sub>M</sub>  | P <sub>U</sub>  | P <sub>V</sub>  | P <sub>W</sub>  | P <sub>Z</sub>  |
| Z1                | 0   | 0.001   | 0.002   | 1   | 10 <sup>-4</sup>  | -   | -   | -   | -   |
| - I1              | -   | -   | -   | 1   | 10 <sup>-4</sup>  | -   | -   | -   | -   |
| - L1              | -   | -   | -   | -   | -   | 0.001   | 0.002   | 1   | 1   |
| Z2                | 0   | 10 <sup>-5</sup>  | 0.001   | 0   | 0   | -   | -   | -   | -   |












Ammontare delle perdite di vite umane,  $L_{1X}$



| Perdite $L_{1X}$  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sorgente di danno  | S1  |   |   |   | S2  | S3  |   |   | S4  |
|  |  |   |   |   |  |  |   |   |  |
| Tipo di danno  | D <sub>1D</sub>   | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |
|  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| Perdite  | L <sub>AD</sub>   | L <sub>AT</sub>   | L <sub>B1</sub>   | L <sub>C1</sub>   | L <sub>M1</sub>   | L <sub>U</sub>  | L <sub>V1</sub>   | L <sub>W1</sub>   | L <sub>Z1</sub>   |
| Z1   | 0.100   | 0.010   | 0.100   | 0.010   | 0.010   | 0.010   | 0.100   | 0.010   | 0.010   |
| Z2   | 0.100   | 0.010   | 0.100   | 0.010   | 0.010   | 0.010   | 0.100   | 0.010   | 0.010   |





| Perdite L <sub>2X</sub>  |   |   |   |  |   |   |
|---|---|---|---|--|---|---|
| Sorgente di danno   | S1  |   | S2  | S3   |   | S4  |
|   |  |   |  |  |  |   |
| Tipo di danno   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>2</sub>   | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |
|   |  |  |  |   |  |  |
| Perdite   | L <sub>B2</sub>   | L <sub>C2</sub>   | L <sub>M2</sub>   | L <sub>V2</sub>  | L <sub>W2</sub>   | L <sub>Z2</sub>   |
| Z1  | 0.100   | 0.010   | 0.010   | 0.100  | 0.010   | 0.010   |
| Z2  | 0.100   | 0.010   | 0.010   | 0.100  | 0.010   | 0.010   |

### Componenti di rischio

| Rischio R <sub>L1</sub>  |   |   |   |   |   |  |   |   |   |                         |
|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|-------------------------|
| Sorgente di danno   | S1  |   |   |   | S2  | S3   |   |   | S4  |                         |
|   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |                         |
| Tipo di danno   | D <sub>1D</sub>   | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub>  | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |                         |
|   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |                         |
| Rischio   | R <sub>AD</sub>   | R <sub>AT</sub>   | R <sub>B1</sub>   | R <sub>C1</sub>   | R <sub>M1</sub>   | R <sub>U</sub>   | R <sub>V1</sub>   | R <sub>W1</sub>   | R <sub>Z1</sub>   | R <sub>L1</sub>         |
| Z1  |   | 1.09 x 10 <sup>-7</sup>   | 2.17 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 5.58 x 10 <sup>-8</sup>  | 1.12 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 3.45 x 10 <sup>-6</sup> |
| Z2  |   | 1.09 x 10 <sup>-9</sup>   | 1.09 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 0  | 0   |   |   | 1.09 x 10 <sup>-6</sup> |

| Rischio R <sub>L2</sub>  |   |   |   |   |   |   |                         |
|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------|
| Sorgente di danno   | S1  |   | S2  | S3  |   | S4  |                         |
|   |  |   |  |  |   |  |                         |
| Tipo di danno   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>  | D <sub>3</sub>  |                         |
|   |  |  |  |  |  |  |                         |
| Rischio   | R <sub>B2</sub>   | R <sub>C2</sub>   | R <sub>M2</sub>   | R <sub>V2</sub>   | R <sub>W2</sub>   | R <sub>Z2</sub>   | R <sub>L2</sub>         |
| Z1  | 2.17 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 1.12 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 3.29 x 10 <sup>-6</sup> |
| Z2  | 1.09 x 10 <sup>-6</sup>   |   |   | 0   |   |   | 1.09 x 10 <sup>-6</sup> |

| Rischio R <sub>L1</sub>  ed R <sub>L2</sub>  |    |    |    |    |  |
|--|----|----|----|----|--|
| Sorgente di danno  | S1 | S2 | S3 | S4 |  |

| Tipo di danno |  |                         |                         |                |  |  |                         |                |  | R                       |
|---------------|---|-------------------------|-------------------------|----------------|---|---|-------------------------|----------------|---|-------------------------|
|               | D <sub>1D</sub>   | D <sub>1T</sub>         | D <sub>2</sub>          | D <sub>3</sub> | D <sub>3</sub>  | D <sub>1T</sub>   | D <sub>2</sub>          | D <sub>3</sub> | D <sub>3</sub>  |                         |
| Rischio       | R <sub>AD</sub>   | R <sub>AT</sub>         | R <sub>B</sub>          | R <sub>C</sub> | R <sub>M</sub>  | R <sub>U</sub>  | R <sub>V</sub>          | R <sub>W</sub> | R <sub>Z</sub>  | R                       |
| Z1            |   | 1.09 x 10 <sup>-7</sup> | 4.35 x 10 <sup>-6</sup> |                |   | 5.58 x 10 <sup>-8</sup>   | 2.23 x 10 <sup>-6</sup> |                |   | 6.74 x 10 <sup>-6</sup> |
| Z2            |   | 1.09 x 10 <sup>-9</sup> | 2.17 x 10 <sup>-6</sup> |                |   | 0   | 0                       |                |   | 2.17 x 10 <sup>-6</sup> |

**Per tutte le zone i valori dei rischi R<sub>L1</sub> e R<sub>L2</sub> sono inferiori al valore di rischio tollerato R<sub>T</sub>.**

## CONCLUSIONI

Visti gli esiti delle verifiche effettuate, non è necessario realizzare alcun sistema di protezione contro i fulmini per la struttura in questione in quanto i valori di rischio R<sub>L1</sub> e R<sub>L2</sub> sono al di sotto del limite tollerato per tutte le zone.

Quindi la struttura è da considerarsi **PROTETTA**.

In forza della legge n° 186 del 01/03/1968 che individua nelle norme CEI la regola dell'arte, si può ritenere assolto ogni obbligo giuridico, anche specifico, che richieda la protezione contro le scariche atmosferiche.

## FREQUENZA DI DANNO

La tabella seguente riporta il calcolo della frequenza di danno per ogni zona della struttura corrente:

| Zona | Impianto           | F <sub>c</sub> | F <sub>M</sub>          | F <sub>w</sub> | F <sub>z</sub> | F     | F <sub>T</sub> |
|------|--------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------|-------|----------------|
| Z1   | Impianto elettrico | 0.011          | 4.33 x 10 <sup>-5</sup> | 0.006          | 0.134          | 0.151 | 0.200          |
|      | Zona               | 0.011          | 4.33 x 10 <sup>-5</sup> | 0.006          | 0.134          | 0.151 | 0.200          |
| Z2   |                    | 0              | 0                       | 0              | 0              | 0     | 0.200          |

Legenda:

- F<sub>c</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)
- F<sub>M</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)
- F<sub>w</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- F<sub>z</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)
- F Frequenza di danno F: numero di volte in un anno che un fulmine può causare un danno ad un'apparecchiatura di un impianto interno
- F<sub>T</sub> Frequenza di danno tollerabile

La frequenza di danno tollerabile risulta essere **RISPETTATA**.



# INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>DATI GENERALI</b> .....                                    | <b>2</b>  |
| Committente.....  | 2         |
| Tecnico .....   | 2         |
| <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....                         | <b>3</b>  |
| <b>DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI</b> .....                      | <b>3</b>  |
| Simboli e abbreviazioni .....                                 | 4         |
| <b>METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO</b> ..... | <b>7</b>  |
| Descrizione del metodo .....                                  | 8         |
| La componenti di rischio ed il calcolo del rischio .....      | 9         |
| Esito della valutazione .....                                 | 13        |
| Determinazione della frequenza di danno .....                 | 14        |
| <b>STRUTTURA</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>ZONE</b> .....   | <b>17</b> |
| Zona Z1 - "Zona 1".....                                       | 17        |
| Zona Z2 - "Zona 2".....                                       | 18        |
| <b>LINEE</b> .....  | <b>19</b> |
| Linea L1 - "Fornitura elettrica" .....                        | 19        |
| <b>IMPIANTI</b> .....   | <b>20</b> |
| Impianto I1 - "Impianto elettrico" .....                      | 20        |
| <b>ESITO DELLA VALUTAZIONE</b> .....                          | <b>21</b> |
| Numero annuo atteso di eventi pericolosi, $N_x$ .....         | 21        |
| Valori di probabilità di perdita di vite umane, $P_x$ .....   | 21        |
| Ammontare delle perdite di vite umane, $L_{1x}$ .....         | 21        |
| Componenti di rischio .....                                   | 22        |
| <b>CONCLUSIONI</b> .....                                      | <b>23</b> |
| <b>FREQUENZA DI DANNO</b> .....                               | <b>24</b> |
| <b>INDICE</b> .....   | <b>26</b> |

# VALORI $N_G$ - $N_{SG}$

(CEI EN IEC 62305 - CEI EN IEC 62858)

$N_G = 2,32$  -  $N_{SG} = 4,65$

## POSIZIONE

Latitudine: **43,841432° N**

Longitudine: **10,510680° E**

## INFORMAZIONI

- I valori di  $N_G$  (numero medio di fulmini a terra all'anno e al kilometro quadrato) e  $N_{SG}$  (numero medio dei punti di impatto a terra dei fulmini all'anno e al kilometro quadrato) sono riferiti alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). È responsabilità dell'utente verificare l'affidabilità degli strumenti utilizzati per la rilevazione delle coordinate stesse, ivi inclusi la precisione e l'accuratezza di eventuali rilevatori GPS utilizzati per rilevazioni sul campo.
- I valori di  $N_G$  e  $N_{SG}$  derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- I valori di  $N_G$  e  $N_{SG}$  dipendono dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di  $N_G$  e  $N_{SG}$ .
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di  $N_G$  e  $N_{SG}$  a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl hanno le caratteristiche indicate dalla norma CEI EN IEC 62858 per essere utilizzati nell'analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN IEC 62305-2.
- I valori di  $N_G$  e  $N_{SG}$  forniti sono di proprietà di TNE srl. Senza il consenso scritto da parte della TNE, è vietata la raccolta e la divulgazione dei suddetti dati, anche a titolo gratuito, sotto qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo.

## VALIDITÀ TEMPORALE

- I valori di  $N_G$  e  $N_{SG}$  riportati sul presente attestato, in accordo con la norma CEI EN IEC 62858, art. 4.3, dovranno essere rivalutati a partire dal 1° gennaio 2031.

Data 09/06/2026

## Coordinate in formato decimale (WGS84)

**Indirizzo:** Via del Giardino Botanico, 14, 55100 Lucca LU, Italia

**Latitudine:** 43,841432

**Longitudine:** 10,510680

