



Committente:

**ENERGY AQUARIUS SRL**

Via Arrigo Boito, 8 - 20121 Milano - Italy  
pec: energyaquarius@legalmail.it

Progetto definitivo:

**PROVVEDIMENTO AUTORIZZATIVO UNICO REGIONALE  
ai sensi dell' art. 27 bis del D.Lgs. 152/06 e del D.M. 52/2015**

Denominazione progetto:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CARPI-Fossoli"  
di potenza 21,91 MWp con annesso SISTEMA DI ACCUMULO  
(BESS) di potenza 15 MWp**

Sito in:

**COMUNE DI CARPI (MO)**

Titolo elaborato:

**Relazione di valutazione rischio  
fulminazione**

Elaborato: T-18

Scala -



Responsabile Coordinamento progetto : dott. for. Edoardo Pio Iurato

TIMBRI E FIRME:

Progettisti : Ing. Roberto Graffi

Collaboratori : Paola Russo

REV.:	REDAZIONE:	CONTROLLO:	APPROVAZIONE :	DATA:
00	Matteo Pradotto	Massimiliano Marchica	Massimiliano Marchica	16/07/2024
01	Paola Russo	Roberto Graffi	Roberto Graffi	20/03/2025
02				
03				
04				
05				

FIRMA/TIMBRO  
COMMITTENTE:

**ENERGY AQUARIUS S.R.L.**

Via Arrigo Boito, 8  
20121 Milano (MI)  
P. IVA/C.F. 13512090963

**ENERGY AQUARIUS SRL**

Via Arrigo Boito, 8 - 20121 Milano - Italy  
pec: energyaquarius@legalmail.it

# PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

## ANALISI E VALUTAZIONE DEI RISCHI

**Struttura:** Impianto Fotovoltaico Carpi Fossoli

**Committente:** Energy Aquarius S.r.l.

**Indirizzo:** Via Remesina Esterna - Carpi (MO)

Torino, 20/03/2025

Copyright ACCA software S.p.A.

## DATI GENERALI

### Committente

Ragione Sociale Energy Aquarius S.r.l.

### Tecnico

Ragione Sociale **Flyren Development Srl**

Nome Cognome **Paola Russo**

# ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE

## Normativa di riferimento

Gli impianti sono realizzati a regola **d'arte**, come prescritto dalle normative vigenti e, in particolare, dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Per i calcoli e la valutazione del rischio si è fatto riferimento alla norma CEI EN 62305-2 "Protezione contro il fulmine - Parte 2: Valutazione del rischio".

Per ulteriori aggiornamenti e il calcolo della frequenza di danno si è fatto riferimento alla guida CEI 81-29 "Linee guida per l'applicazione delle Norme CEI EN 62305".

## Definizioni

**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.

**Danni ad esseri viventi**

Danni, inclusa la perdita della vita, causati ad uomini o animali per elettrocuzione provocata da tensioni di contatto e di passo generate dal fulmine.

**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

**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.

**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.

**Zs**

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.

**Sl**

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

A <sub>D</sub>	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
A <sub>DJ</sub>	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
A <sub>I</sub>	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
A <sub>L</sub>	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
A <sub>M</sub>	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
C <sub>D</sub>	Coefficiente di posizione.
C <sub>DJ</sub>	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
C <sub>E</sub>	Coefficiente ambientale.
C <sub>I</sub>	Coefficiente di installazione di una linea.
C <sub>L</sub>	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
C <sub>LD</sub>	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
C <sub>LI</sub>	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
C <sub>T</sub>	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
D <sub>1</sub>	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D <sub>2</sub>	Danno materiale.
D <sub>3</sub>	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
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>	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
K <sub>S4</sub>	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
L <sub>F</sub>	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
L <sub>O</sub>	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
L <sub>T</sub>	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione.
L <sub>1</sub>	Perdita di vite umane.
L <sub>2</sub>	Perdita di servizio pubblico.
L <sub>3</sub>	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L <sub>4</sub>	Perdita economica.
N <sub>G</sub>	Densità di fulmini al suolo.
n <sub>z</sub>	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
n <sub>t</sub>	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
P <sub>A</sub>	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
P <sub>B</sub>	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
P <sub>C</sub>	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
P <sub>M</sub>	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura).
P <sub>U</sub>	Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa).
P <sub>V</sub>	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa).
P <sub>W</sub>	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa).
P <sub>X</sub>	Probabilità di danno nella struttura.
P <sub>Z</sub>	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa).
P <sub>EB</sub>	Probabilità che riduce P <sub>U</sub> e P <sub>V</sub> dipendente dalle caratteristiche della linea e dalla tensione

	di tenuta degli apparati in presenza di EB (equipotenzializzazione al fulmine).
$P_{SPD}$	Probabilità che riduce $P_c$ , $P_M$ , $P_W$ e $P_z$ , quando sia installato un sistema di SPD.
$P_{TA}$	Probabilità che riduce $P^A$ dipendente dalle misure di protezione contro le tensioni di contatto e di passo.
$r_t$	Coefficiente di riduzione associato al tipo di superficie.
$r_f$	Coefficiente di riduzione delle perdite dipendente dal rischio di incendio.
$r_p$	Coefficiente di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio.
$R_T$	Rischio tollerabile, valore massimo del rischio che può essere tollerato nella struttura da proteggere.
$R_A$	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla struttura).
$R_B$	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla struttura).
$R_C$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. sulla struttura).
$R_M$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità della struttura).
$R_U$	Componente di rischio (danno ad esseri viventi – fulm. sulla linea connessa).
$R_V$	Componente di rischio (danno materiale alla struttura – fulm. sulla linea connessa).
$R_W$	Componente di rischio (danno agli impianti – fulm. sulla linea connessa).
$R_Z$	Componente di rischio (guasto di impianti interni – fulm. in prossimità di una linea).
$R_1$	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
$R_2$	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
$R_3$	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
$R_4$	Rischio di perdita economica in una struttura.
$S$	Struttura.
$S_1$	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
$S_2$	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
$S_3$	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
$S_4$	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della linea).
$t_z$	Tempo di permanenza delle persone in un luogo pericoloso (ore/anno).
$W_m$	Lato di maglia.

## Valutazione del rischio fulminazione

La normativa CEI EN 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 rischio, S

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

- S1 Fulmine sulla struttura.
- S2 Fulmine in prossimità della struttura.
- S3 Fulmine su una linea.
- S4 Fulmine in prossimità di una linea.

### Tipo di danno, D

Un fulmine può causare danni in funzione delle caratteristiche della struttura da proteggere. Nelle pratiche applicazioni della determinazione del rischio è utile distinguere tra i tre tipi principali di danno che possono manifestarsi come conseguenza di una fulminazione. I tipi di danno si distinguono in:

- D1 Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
- D2 Danno materiale.
- D3 Guasto di impianti elettrici ed elettronici.

### Tipo di perdita, L

Ciascun tipo di danno, solo o in combinazione con altri, può produrre diverse perdite nella struttura da proteggere. Il tipo di perdita che ne consegue dipende dalle caratteristiche della struttura stessa e dal suo contenuto. I tipi di perdita sono:

- L1 Perdita di vite umane (compreso danno permanente).
- L2 Perdita di servizio pubblico.
- L3 Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- L4 Perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

#### Rischio, R

Il rischio R è la misura della probabile perdita media annua. Per ciascun tipo di perdita che può verificarsi in una struttura può essere valutato il relativo rischio.

- R<sub>1</sub> Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R<sub>2</sub> Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R<sub>3</sub> Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R<sub>4</sub> Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

#### 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 62305-2 e di seguito riportati.













- Rischio tollerabile per perdita di vite umane o danni permanenti (R<sub>T</sub> = 10<sup>-5</sup> anni<sup>-1</sup>).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico (R<sub>T</sub> = 10<sup>-3</sup> anni<sup>-1</sup>).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile (R<sub>T</sub> = 10<sup>-4</sup> anni<sup>-1</sup>).

#### Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>) si deve provvedere a:

- determinare le componenti R<sub>A</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> e R<sub>Z</sub> che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R<sub>x</sub>;
- confrontare il rischio R<sub>x</sub> con quello tollerabile R<sub>T</sub> (tranne per R<sub>4</sub>).

La tabella seguente riporta tutti gli elementi da valutare:

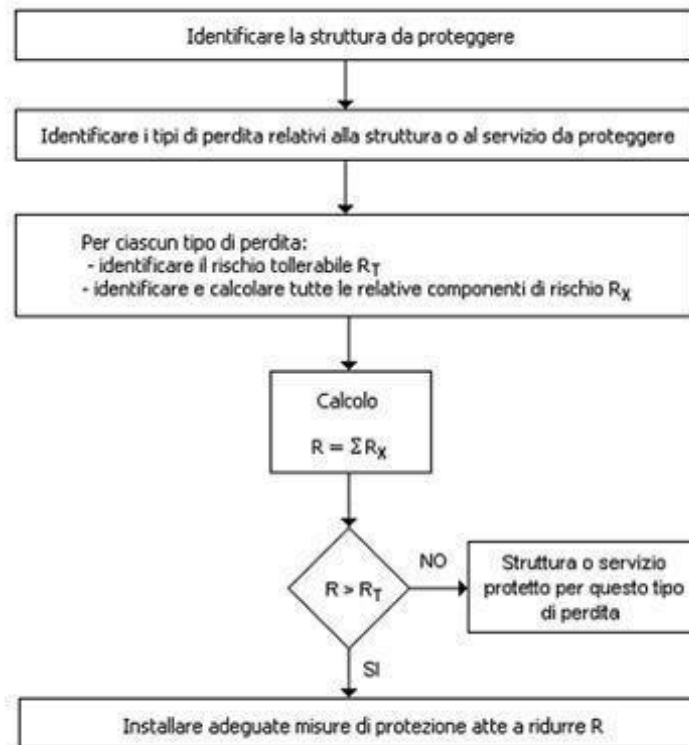
Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
R <sub>1</sub>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>	SI	SI	SI <sup>(1)</sup>	SI <sup>(1)</sup>
R <sub>2</sub>	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R <sub>3</sub>	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R <sub>4</sub>	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI	SI <sup>(2)</sup>	SI	SI	SI

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

(2) Soltanto in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

Per ciascun rischio devono essere effettuati i seguenti passi (vedi anche figura successiva):

- identificazione delle componenti  $R_x$  che contribuiscono al rischio;
- calcolo della componente di rischio identificata  $R_x$ ;
- calcolo del rischio totale  $R$ ;
- identificazione del rischio tollerabile  $R_T$ ;
- confronto del rischio  $R$  con quello tollerabile  $R_T$ .



Se  $R_x \leq R_T$  la protezione contro il fulmine non è necessaria.

Se  $R_x > R_T$  devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere  $R_x \leq R_T$  per tutti i rischi a cui è interessata la struttura.

Per il rischio  $R_4$ , oltre a determinare le componenti e il valore del rischio  $R_4$ , deve essere effettuata la valutazione della convenienza economica della protezione effettuando il confronto tra il costo totale della perdita con e senza le misure di protezione.

#### Componenti di rischio

Le componenti di rischio sono raggruppate secondo la sorgente di danno ed il tipo di danno, come si evince dalla precedente tabella.

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 62305-2].

$P_x$  è la probabilità di danno alla struttura [Allegato B, CEI EN 62305-2].

$L_x$  è la perdita conseguente [Allegato C, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura),  $R_A$

Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto e di passo in zone fino a 3 m all'esterno della struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.



$$R_A = N_D \times P_A \times L_A$$

dove:

- $R_A$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura);
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_A$  Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sulla struttura) [§ B.2, CEI EN 62305-2].
- $L_A$  Perdita per danno ad esseri viventi [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura),  $R_B$   
 Componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono essere pericolose per l'ambiente. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B$$

dove:

- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_B$  Probabilità di danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ B.3, CEI EN 62305-2].
- $L_B$  Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura),  $R_C$   
 Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C$$

dove:

- $R_C$  Componente di rischio (guasto di apparati del servizio - fulmine sulla struttura);
- $N_D$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_C$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ B.43, CEI EN 62305-2].
- $L_C$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sulla struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura),  $R_M$

Componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine). In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M$$

dove:

- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura);
- $N_M$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità della struttura) [§ A.3, CEI EN 62305-2];
- $P_M$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ B.5, CEI EN 62305-2];
- $L_M$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità della struttura) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso),  $R_U$   
 Componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovute alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura. Possono verificarsi perdite di tipo L1 (perdita di vite umane) e, in strutture ad uso agricolo, anche di tipo L4 (perdita economica) con possibile perdita di animali.

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U$$

dove:

- $R_U$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio);
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{DJ}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2 della CEI EN 62305-2].
- $P_U$  Probabilità di danno ad esseri viventi (fulmine sul servizio connesso) [§ B.6, CEI EN 62305-2].
- $L_U$  Perdita per danni ad esseri viventi (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso),  $R_V$

Componente relativa ai danni materiali (incendio o esplosione innescati da 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. Possono verificarsi tutti i tipi di perdita: L1 (perdita di vite umane), L2 (perdita di un servizio pubblico), L3 (perdita di patrimonio culturale insostituibile) e L4 (perdita economica).

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V$$

dove:

- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{Da}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_V$  Probabilità di danno materiale nella struttura (fulmine sul servizio connesso) [§ B.7, CEI EN 62305-2].
- $L_V$  Perdita per danno materiale in una struttura (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso),  $R_W$

Componente relativa al guasto di impianti interni causati da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W$$

dove:

- $R_W$  Componente di rischio (danno agli apparati - fulmine sul servizio connesso).
- $N_L$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione sul servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $N_{Da}$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura all'estremità "a" della linea [§ A.2, CEI EN 62305-2].
- $P_W$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio connesso) [§ B.8, CEI EN 62305-2].
- $L_W$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine sul servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso),  $R_z$

Componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura. In tutti i casi possono verificarsi perdite di tipo L2 (perdita di un servizio pubblico) e L4 (perdita economica), unitamente al rischio L1 (perdita di vite umane) nel caso di strutture con rischio di esplosione e di ospedali o di altre strutture in cui il guasto degli impianti interni provoca immediato pericolo per la vita umana.

$$R_z = N_i \times P_z \times L_z$$

dove:

- $R_z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità del servizio).
- $N_i$  Numero di eventi pericolosi per fulminazione in prossimità del servizio [§ A.4, CEI EN 62305-2].
- $P_z$  Probabilità di guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ B.9, CEI EN 62305-2].
- $L_z$  Perdita per guasto di un impianto interno (fulmine in prossimità del servizio) [§ C.3, CEI EN 62305-2].

### Determinazione del rischio di perdita di vite umane ( $R_1$ )

Il rischio di perdita di vite umane è determinato come somma delle componenti di rischio precedentemente definite.

$$R_1 = R_A + R_B + R_C^{(1)} + R_M^{(1)} + R_U + R_V + R_W^{(1)} + R_z^{(1)}$$

(1) 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.

dove:

- $R_A$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- $R_C$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- $R_M$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- $R_U$  Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- $R_V$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- $R_W$  Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- $R_z$  Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico ( $R_2$ )

Il rischio di perdita di servizio pubblico è determinato dalla formula:

$$R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_z$$

dove:

- $R_B$  Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).

- R<sub>C</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R<sub>M</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R<sub>V</sub> Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R<sub>W</sub> Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R<sub>Z</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)

Il rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile è dato dalla formula:

$$R_3 = R_B + R_V$$

dove:

- R<sub>B</sub> Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)
- R<sub>V</sub> Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

### Determinazione del rischio di perdita economica (R4)

Il rischio di perdita economica è determinato secondo la formula:

$$R_4 = R_A^{(1)} + R_B + R_C + R_M + R_U^{(1)} + R_V + R_W + R_Z$$

(1) Solo in strutture in cui si può verificare la perdita di animali

dove:

- R<sub>A</sub> Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sulla struttura).
- R<sub>B</sub> Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura).
- R<sub>C</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine sulla struttura).
- R<sub>M</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità della struttura).
- R<sub>U</sub> Componente di rischio (danno ad esseri viventi - fulmine sul servizio connesso).
- R<sub>V</sub> Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso).
- R<sub>W</sub> Componente di rischio (danno agli impianti - fulmine sul servizio connesso).
- R<sub>Z</sub> Componente di rischio (guasto di impianti interni - fulmine in prossimità di un servizio connesso).

### Esito della valutazione

Una volta noti i valori di rischio per la struttura bisogna verificare che essi siano inferiori ai rischi tollerabili.

#### Caso 1 - Struttura autoprotetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R<sub>T</sub> e non sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Autoprotetta".

#### Caso 2 - Struttura protetta

Se per ogni rischio calcolato i valori sono inferiori ai rispettivi R<sub>T</sub> e sono state adottate misure di protezione, la struttura oggetto di verifica può considerarsi "Protetta".

#### Caso 3 - Struttura NON protetta

Se almeno un rischio calcolato è superiore al rispettivo R<sub>T</sub> devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

## 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:

$$F = F_{S1} + F_{S3} + F_{S4}$$

se i circuiti sono collegati ad una linea esterna all'edificio,

oppure con la formula:

$$F = F_{S1} + F_{S2}$$

per i circuiti stand-alone o collegati ad una linea esterna all'edificio tramite una interfaccia isolante

dove:

- $F_{S1}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1).
- $F_{S2}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2).
- $F_{S3}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)
- $F_{S4}$  Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alle linee entranti nella struttura (sorgente S4)

Di seguito le formule per il calcolo di queste frequenze parziali:

$$F_{S1} = N_D \times P_C$$

$$F_{S2} = N_M \times P_M$$

$$F_{S3} = (N_L \times N_{DJ}) \times P_W$$

$$F_{S4} = N_I \times P_Z$$

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 tale valore, secondo la guida CEI 81-29, dovrebbe essere 0.1, e, in ogni caso, inferiore ad 1.

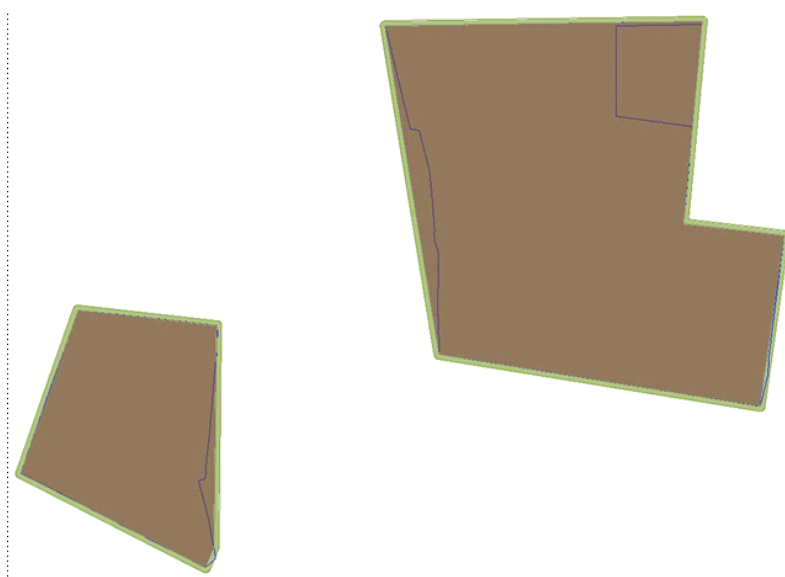
Se il valore di  $F$  risulta essere superiore al valore  $F_T$  stabilito, la frequenza di danno risulta essere non rispettata e, in tal caso, bisognerebbe agire migliorando le protezioni contro le sovratensioni al fine di fare rientrare il valore al di sotto di quello stabilito.




## STRUTTURA

Dati generali	
Denominazione	Impianto Fotovoltaico Carpi Fossoli
Destinazione d'uso	Industriale
Indirizzo	Via Remesina Esterna
Comune	Carpi (MO)
Cap	41012
N <sub>G</sub>	2.50 fulmini/anno km <sup>2</sup>
Fonte dati	

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [ $C_D = 1$ ]
Geometria della struttura	<p>Calcolo aree da disegno:</p> <p>Distanza struttura: 350 m (per il calcolo di <math>A_M</math>)</p> <p>Area raccolta della struttura isolata <math>A_D</math>: 504 009.75 m<sup>2</sup></p> <p>Area raccolta fulmini in prossimità della struttura <math>A_M</math>: 2 407 634.11 m<sup>2</sup></p>
Schermatura	Assente $K_{S1} = 1$
LPS	Struttura protetta con LPS di classe IV [ $PB = 0.20$ ]
N° persone totali nella struttura (L1)	$n_T = 4$
Valore complessivo della struttura (L4)	$C_t = \mathbf{22\,000\,000.00\,€}$

## DI SEGNO DELLA STRUTTURA



-  Struttura
-  Area di raccolta  $A_D$
-  Area di raccolta  $A_M$

## ZONE

Nella struttura è presente una sola zona, per cui la zona comprende l'intera struttura.  
Di seguito si riportano i dati relativi alla zona.

### Zona Z1 - "Zona 1"

Dati generali	
Denominazione	Zona 1
Tipo di zona	Interna
Pavimentazione	<b>Agricolo (<math>R \leq 1k\Omega</math>) [<math>r_t = 10^{-2}</math>]</b>
Pericoli particolari	Nessuno [ $h_z = 1$ ]
Rischio esplosione	Assente
Rischio incendio	Assente
Schermatura	Assente $K_{s2} = 1$
Misure antincendio	Nessuna protezione [ $r_p = 1$ ]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (nz)	4
Ore presenza/anno (tz)	1000
$L_T$	$10^{-2}$
$L_F$	$10^{-2}$
Perdita economica (L4)	
Valore animali	<b>€ 0.00</b>
Valore edificio	<b>€ 0.00</b>
Valore contenuto zona	<b>€ 0.00</b>
Valore impianti interni zona	<b>€ 22 000 000.00</b>
$L_T$	$10^{-2}$
$L_F$	1
$L_o$	0.10

#### Legenda:

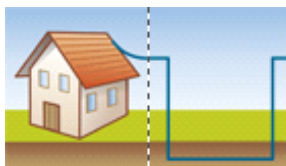
- $L_T$  è la percentuale media di vittime per elettrocuzione (danno D1) causato da un evento pericoloso.
- $L_F$  è la percentuale media di vittime per danno materiale (danno D2) causato da un evento pericoloso.
- $L_o$  è la percentuale media di vittime per guasto degli impianti interni (danno D3) causato da un evento pericoloso.



## LINEE

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.

### Linea L1 - "Arrivo linea 36 kV"



Dati generali	
Denominazione	Arrivo linea 36 kV
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [ $C_e = 1.00$ ]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Nessuna misura di protezione [ $PTU = 1$ ]
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe I [ $PEB = 0.01$ ]
Trasformatore AT/BT	Assente [ $C_T = 1$ ]

#### Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	1 000 m
Schermatura cavi	Presente [ $R_s = 0.2 \Omega/m$ ]
Dispersore fittamente magliato	No

## IMPIANTI

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

### Impianto I 1 - "Impianto fotovoltaico"

Dati generali	
Denominazione	Impianto fotovoltaico
Linea collegata all'impianto	nessuna
Zone servite dall'impianto	Zona 1
Tensione di tenuta	1500
Cavi impianto schermati	Sì
Schermi o condotti metallici connessi alla barra equipotenziale	No
Tipo cablaggio	Precauzione nella scelta del percorso al fine di evitare larghe spire
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe I [PSPD = 0.01]

## ESITO DELLA VALUTAZIONE

### Perdite considerate e rischi tollerabili

Per la valutazione dei rischi sono state considerate le seguenti perdite:













L1 - Perdita di vite umane o danni permanenti

(Rischio tollerabile  $R_T = 10^{-5}$ )













L4 - Perdita economica

### Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1













Numero annuo atteso di eventi pericolosi,  $N_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
Struttura	1.26			6.02	-			-
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
L1	-			-	$5 \times 10^{-2}$			5













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

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P_M$	$P_U$	$P_V$	$P_W$	$P_Z$
Z1	0.20	0.20	0	$4.44 \times 10^{-11}$	0	0	0	0
- I1	-	-	0	$4.44 \times 10^{-11}$	-	-	-	-

Ammontare delle perdite di vite umane,  $L_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	$L_A$	$L_B$	$L_C$	$L_M$	$L_U$	$L_V$	$L_W$	$L_Z$
Z1	$1.14 \times 10^{-5}$	0	0	0	$1.14 \times 10^{-5}$	0	0	0

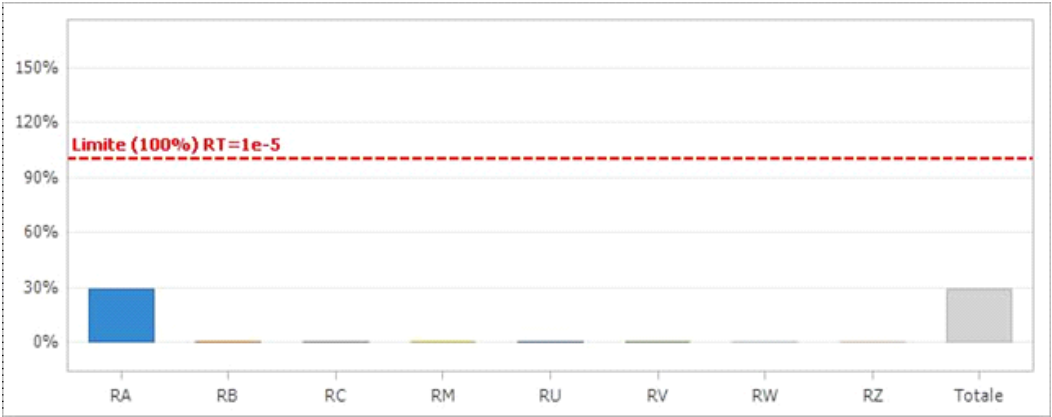
Componenti di rischio di perdita di vite umane, Rx

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	RA	RB	RC	RM	RU	RV	RW	RZ
Z1	2.88 x 10 <sup>-6</sup>	0			0	0		
Totale	2.88 x 10 <sup>-6</sup>	0			0	0		

Rischio di perdita di vita umana, R1,Struttura (R1,Struttura = RA,Struttura + RB,Struttura + RC,Struttura + RM,Struttura + RU,Struttura + RV,Struttura + RW,Struttura + RZ,Struttura)	2.88 x 10 <sup>-6</sup>
--	-------------------------













Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R<sub>T</sub>.

Grafico delle componenti di rischio















## Valutazione del rischio di perdita economica R4













Numero annuo atteso di eventi pericolosi,  $N_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
Struttura	1.26			6.02	-			-
Eventi	$N_D$			$N_M$	$N_L + N_{DJ}$			$N_I$
L1	-			-	$5 \times 10^{-2}$			5












Valori di probabilità di perdita economica,  $P_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Probabilità	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P_M$	$P_U$	$P_V$	$P_W$	$P_Z$
Z1	0.20	0.20	0	$4.44 \times 10^{-11}$	0	0	0	0
- I1	-	-	0	$4.44 \times 10^{-11}$	-	-	-	-

Ammontare delle perdite economica,  $L_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	$L_A$	$L_B$	$L_C$	$L_M$	$L_U$	$L_V$	$L_W$	$L_Z$
Z1	0	0	0.10	0.10	0	0	0.10	0.10

Componenti di rischio di perdita economica,  $R_x$

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								

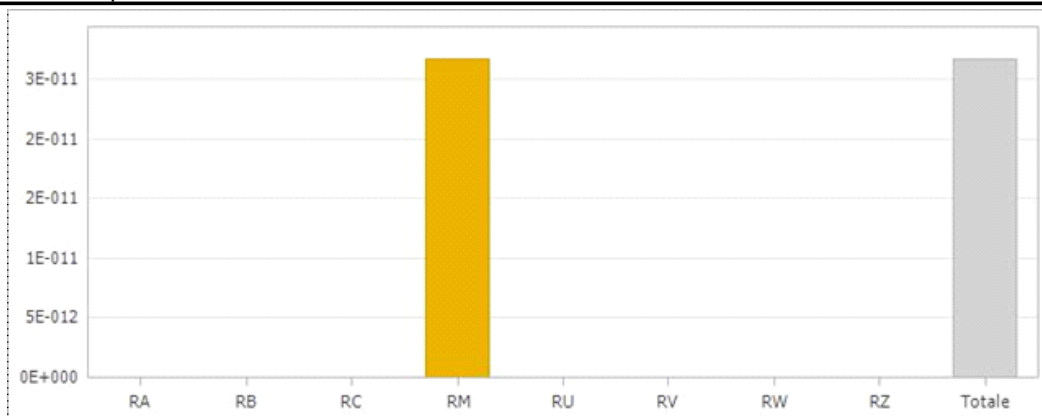
Rischio	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Z1		0	0	$2.68 \times 10^{-11}$		0	0	0
Totale		0	0	$2.68 \times 10^{-11}$		0	0	0

Rischio di perdita economica, R<sub>4,Struttura</sub>

(R<sub>4,Struttura</sub> = R<sub>A,Struttura</sub> + R<sub>B,Struttura</sub> + R<sub>C,Struttura</sub> + R<sub>M,Struttura</sub> + R<sub>U,Struttura</sub> + R<sub>V,Struttura</sub> + R<sub>W,Struttura</sub> + R<sub>Z,Struttura</sub>)

$2.68 \times 10^{-11}$

#### Grafico delle componenti di rischio



## 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 il rischio dovuto al fulmine è già al di sotto del limite tollerato.

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.

Per il rischio di perdite economiche R4, la valutazione della convenienza dell'installazione di misure di protezione deve essere valutata caso per caso.

Nell'appendice E della norma CEI EN 62305-2 è riportata una apposita procedura di valutazione.

## FREQUENZA DI DANNO

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

Impianto	Linea	F <sub>S1</sub>	F <sub>S2</sub>	F <sub>S3</sub>	F <sub>S4</sub>	F	F <sub>T</sub>
Impianto fotovoltaico	nessuna	0	$2.68 \times 10^{-10}$	0	0	$2.68 \times 10^{-10}$	0.10

Legenda:

Impianto Denominazione dell'impianto.

Linea Denominazione della linea a cui è collegato l'impianto.

F<sub>S1</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulla struttura (sorgente S1)

F<sub>S2</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini vicino alla struttura (sorgente S2)

F<sub>S3</sub> Frequenza di danno dovuta alle sovratensioni per fulmini sulle linee entranti nella struttura (sorgente S3)

F<sub>S4</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

DATI GENERALI	2
Committente	2
Tecnico	2
ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE	3
Normativa di riferimento	3
Definizioni	3
Simboli e abbreviazioni	4
Valutazione del rischio fulminazione	5
Metodo di valutazione	6
Componenti di rischio	7
Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1)	10
Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)	10
Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)	11
Determinazione del rischio di perdita economica (R4)	11
Esito della valutazione	11
Frequenza di danno	12
STRUTTURA	13
DISEGNO DELLA STRUTTURA	14
ZONE	15
Zona Z1 - "Zona 1"	15
LINEE	16
Linea L1 - "Arrivo linea 36 kV"	16
IMPIANTI	17
Impianto I1 - "Impianto fotovoltaico"	17
ESITO DELLA VALUTAZIONE	18
Perdite considerate e rischi tollerabili	18
Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1	18
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	18
Valori di probabilità di perdita di vite umane, PX	18
Ammontare delle perdite di vite umane, LX	18
Componenti di rischio di perdita di vite umane, RX	19
Grafico delle componenti di rischio	19
Valutazione del rischio di perdita economica R4	20
Numero annuo atteso di eventi pericolosi, NX	20
Valori di probabilità di perdita economica, PX	20
Ammontare delle perdite economica, LX	20
Componenti di rischio di perdita economica, RX	20
Grafico delle componenti di rischio	21
CONCLUSIONI	22
FREQUENZA DI DANNO	23
INDICE	24