


Impianto agrivoltaico avanzato denominato “Portomaggiore Fossa” di potenza pari a 24,97 MWp e relative opere di connessione ricadenti nei Comuni di Portomaggiore e Argenta (FE)

Relazione scariche atmosferiche




11/2025	00	Emissione per Autorizzazione	 Ing. Edoardo Coda	Marabeti L. D'Amico G.	Boni Castagnetti F.
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">COD_098_FV_00073_BER</p>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 			ID Documento Appaltatore		


	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 2 / 29
		Numero Revisione
		00

Sommarrio

1	Premessa.....	4
1.1	Dati principali di progetto	4
1.2	Normativa di riferimento	5
1.3	Definizioni	5
1.4	Simboli e abbreviazioni	6
1.5	Valutazione del rischio fulminazione	8
1.5.1	Metodo di valutazione.....	9
1.5.2	Componenti di rischio.....	10
1.6	Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R1).....	13
1.7	Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2).....	14
1.8	Determinazione del rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile (R3)	14
1.9	Determinazione del rischio di perdita economica (R4)	14
1.10	Esito della valutazione	15
1.11	Frequenza di danno	15
2	Struttura.....	17
3	Zone	18
3.1	Zona Z1 - "Zona 1"	18
4	Linee.....	19
4.1	Linea L1 - "Linea 1"	19
5	Impianti	20
5.1	Impianto I1 - "Impianto 1"	20
6	Esito della valutazione	21
6.1	Perdite considerate e rischi tollerabili.....	21
6.2	Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1	21
6.2.1	Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_X	21
6.2.2	Valori di probabilità di perdita di vite umane, P_X	21
6.2.3	Ammontare delle perdite di vite umane, L_X	22
6.2.4	Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_X	22
6.2.5	Grafico delle componenti di rischio.....	23
6.3	Valutazione del rischio di perdita economica R4	23
6.3.1	Numero annuo atteso di eventi pericolosi, N_X	23

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 3 / 29
		Numero Revisione
		00

6.3.2	Valori di probabilità di perdita economica, P_X	23
6.3.3	Ammontare delle perdite economica, L_X	24
6.3.4	Componenti di rischio di perdita economica, R_X	24
6.3.5	Grafico delle componenti di rischio.....	25
7	Conclusioni	26
7.1	FREQUENZA DI DANNO	26
8	Disegno della struttura	29

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 4 / 29
		Numero Revisione
		00

1 Premessa

La presente relazione riguarda il progetto per la realizzazione di un impianto Agrivoltaico avanzato denominato “Portomaggiore Fossa” di potenza pari a 24,98 MWp nei Comuni di Argenta e Portomaggiore (FE), con annesse opere di rete da realizzarsi nel comune di Portomaggiore (FE).

La finalità del presente documento è la valutazione del rischio fulminazione afferente al campo agrivoltaico in oggetto. Si allega alla seguente premessa la “ANALISI E VALUTAZIONE SCARICHE ATMOSFERICHE”.

1.1 Dati principali di progetto


Di seguito si riportano i dati principali di progetto:

- ubicazione impianto e opere di connessione: Comune di Portomaggiore e Argenta (FE);
- potenza installata: 24.979,68 kWp DC e 24.600 kW AC;
- tipologia impianto: impianto Agrivoltaico;
- tipologia di installazione: moduli installati su inseguitori monoassiali a singola vela infissi senza materiali cementizi;
- caratteristiche impianto FV: n. 37.848 moduli FV bifacciali da 660 Wp, 1.577 stringhe fotovoltaiche, 82 convertitori CC/CA (inverter) per la conversione dell’energia prodotta da corrente continua a corrente alternata alla tensione di 800 Vac;
- soluzione di connessione come da descrizione di dettaglio nella Relazione Tecnica (CoD_098_FV_00003_BGR).

L’intervento proposto si svilupperà come da Figura 1-1.



Figura 1-1 Layout di progetto del campo agrivoltaico

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 5 / 29
		Numero Revisione
		00

1.2 Normativa di riferimento

Le seguenti definizioni sono estratte dalla norma CEI 82-93.

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".

1.3 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.


Z_s

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_L

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

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 6 / 29
		Numero Revisione
		00

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.

1.4 Simboli e abbreviazioni

AD	Area di raccolta dei fulmini su una struttura isolata.
ADJ	Area di raccolta dei fulmini su una struttura adiacente.
AI	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una linea.
AL	Area di raccolta dei fulmini su una linea.
AM	Area di raccolta dei fulmini in prossimità di una struttura.
B	Struttura.
CD	Coefficiente di posizione.
CDJ	Coefficiente di posizione di una struttura adiacente.
CE	Coefficiente ambientale.
CI	Coefficiente di installazione di una linea.
CL	Costo annuo della perdita totale senza misure di protezione.
CLD	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini sulla linea stessa.
CLI	Coefficiente dipendente dalla schermatura, dalle condizioni di messa a terra e di separazione di una linea per fulmini in prossimità della linea stessa.
CT	Coefficiente di correzione per un trasformatore AT/BT sulla linea.
D1	Danno ad esseri viventi per elettrocuzione.
D2	Danno materiale.
D3	Guasto di impianti elettrici ed elettronici.
KS1	Coefficiente relativo all'efficacia dell'effetto schermante della struttura.
KS2	Coefficiente relativo all'efficacia di uno schermo interno alla struttura.
KS3	Coefficiente relativo alle caratteristiche dei circuiti interni alla struttura.
KS4	Coefficiente relativo alla tensione di tenuta ad impulso di un impianto interno.
LF	Tipica percentuale di perdita per danni materiali in una struttura.
LO	Tipica percentuale di perdita per guasto di impianti interni in una struttura.
LT	Tipica percentuale di perdita per danni ad esseri viventi per elettrocuzione.
L1	Perdita di vite umane.
L2	Perdita di servizio pubblico.
L3	Perdita di patrimonio culturale insostituibile.
L4	Perdita economica.
NG	Densità di fulmini al suolo.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 7 / 29
		Numero Revisione
		00

n_z	Numero delle possibili persone danneggiate (vittime o utenti non serviti).
n_t	Numero totale di persone (o utenti serviti).
P	Probabilità di danno.
P_A	Probabilità di danno ad esseri viventi per elettrocuzione (fulminazione sulla struttura).
P_B	Probabilità di danno materiale in una struttura (fulm. sulla struttura).
P_C	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla struttura).
P_M	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulmine in prossimità della struttura).
P_U	Probabilità di danno ad esseri viventi (fulm. sulla linea connessa).
P_V	Probabilità di danno materiale nella struttura (fulm. sulla linea connessa).
P_W	Probabilità di guasto di un impianto interno (fulm. sulla linea connessa).
P_X	Probabilità di danno nella struttura.
P_Z	Probabilità di guasto degli impianti interni (fulm. in prossimità della linea connessa).
P_{EB}	Probabilità che riduce P _U e P _V 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).
R₁	Rischio di perdita di vite umane nella struttura.
R₂	Rischio di perdita di un servizio pubblico in una struttura.
R₃	Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile in una struttura.
R₄	Rischio di perdita economica in una struttura.
S	Struttura.
S₁	Sorgente di danno (fulm. sulla struttura).
S₂	Sorgente di danno (fulm. in prossimità della struttura).
S₃	Sorgente di danno (fulm. sulla linea).
S₄	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.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 8 / 29
		Numero Revisione
		00

1.5 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.

- R₁ Rischio di perdita di vite umane (inclusi danni permanenti).
- R₂ Rischio di perdita di servizio pubblico.
- R₃ Rischio di perdita di patrimonio culturale insostituibile.
- R₄ Rischio di perdita economica (struttura, contenuto e perdita di attività).

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 9 / 29
		Numero Revisione
		00

Rischio tollerabile, R_T

La definizione dei valori di rischio tollerabili R_T 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 ($R_T = 10^{-5}$ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di servizio pubblico ($R_T = 10^{-3}$ anni⁻¹).
- Rischio tollerabile per perdita di patrimonio culturale insostituibile ($R_T = 10^{-4}$ anni⁻¹).

1.5.1 Metodo di valutazione

Ai fini della valutazione del rischio (R_1, R_2, R_3, R_4) si deve provvedere a:

- determinare le componenti $R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W$ e R_Z che lo compongono;
- determinare il corrispondente valore del rischio R_x ;
- confrontare il rischio R_x con quello tollerabile R_T (tranne per R_4).

La tabella seguente riporta tutti gli elementi da valutare:

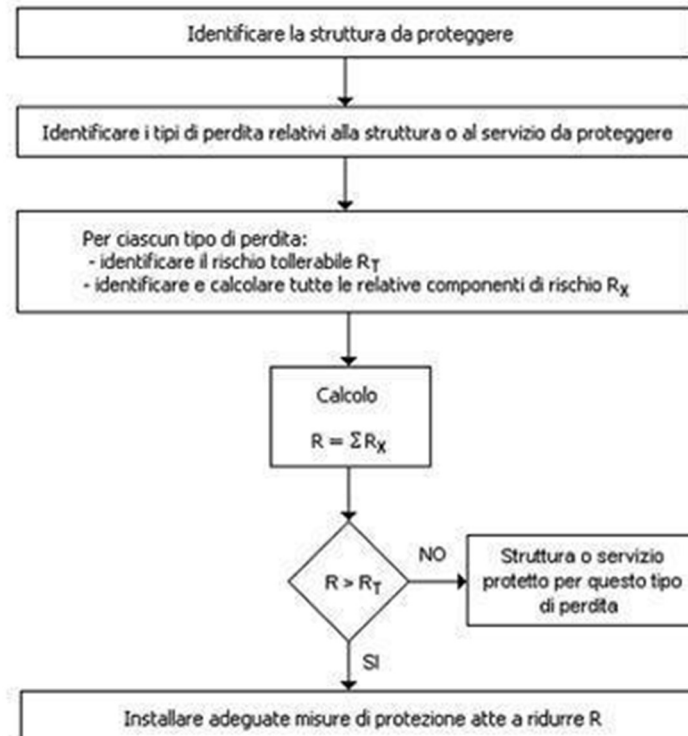
Sorgente	S1			S2	S3			S4
								
Danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Comp. di rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
R_1	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾	SI	SI	SI ⁽¹⁾	SI ⁽¹⁾
R_2	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
R_3	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO
R_4	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI	SI ⁽²⁾	SI	SI	SI

(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.

1.5.2 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].

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 11 / 29
		Numero Revisione
		00

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

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 12 / 29
		Numero Revisione
		00

(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].

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 13 / 29
		Numero Revisione
		00

- 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.

$$R_w = (N_L + N_{Df}) \times P_w \times L_w$$

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].

1.6 Determinazione del rischio di perdita di vite umane (R₁)

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

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

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 14 / 29
		Numero Revisione
		00

(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).

1.7 Determinazione del rischio di perdita di servizio pubblico (R2)

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_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_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).

1.8 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_B Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sulla struttura)
- R_V Componente di rischio (danno materiale alla struttura - fulmine sul servizio connesso)

1.9 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

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 15 / 29
		Numero Revisione
		00

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).

1.10 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_T 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_T 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_T devono essere adottate misure di protezione al fine di rendere il rischio inferiore.

1.11 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).

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 16 / 29
		Numero Revisione
		00

- 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.

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 17 / 29
		Numero Revisione
		00

2 Struttura

Dati generali	
Denominazione	IMPIANTO PORTOMAGGIORE
Destinazione d'uso	Industriale
Indirizzo	PONTE BOTTICINO (Portomaggiore) FE
Comune	Portomaggiore (FE)
Cap	44015
N _G	2.64 fulmini/anno km²
Fonte dati	TUTTONORMEL

Caratteristiche della struttura	
Ubicazione	Isolata [C_D = 1]
Geometria della struttura	Struttura regolare: Lunghezza: 1 300.0 m Larghezza: 1 200.0 m Altezza: 5.0 m Altezza protrusione: 2.0 m Distanza struttura: 500 m (per il calcolo di A_M) Area raccolta della struttura isolata A_D: 1 635 706.86 m² Area raccolta fulmini in prossimità della struttura A_M: 3 285 398.16 m²
Schermatura	Assente K_{S1} = 1
LPS	Struttura protetta con LPS di classe III [PB = 0.10]
N° persone totali nella struttura (L1)	n_T = 3
Valore complessivo della struttura (L4)	c_t = 4 500 000.00 €

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 18 / 29
		Numero Revisione
		00

3 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.

3.1 Zona Z1 - "Zona 1"

Dati generali	
Denominazione	Zona 1
Tipo di zona	Esterna
Pavimentazione	Agricolo ($R \leq 1k\Omega$) [$rt = 10^{-2}$]
Protezioni dalle tensioni di passo e di contatto	Nessuna [PTA = 1]

Perdita di vite umane (L1)	
N° persone presenti (n_z)	3
Ore presenza/anno (t_z)	500
L_T	10^{-2}
L_F	10^{-2}

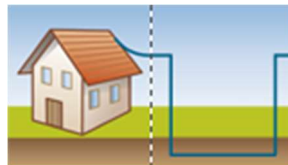
Perdita economica (L4)	
Valore animali	€ 0.00
Valore edificio	€ 0.00
Valore contenuto zona	€ 0.00
Valore impianti interni zona	€ 4 500 000.00
L_T	10^{-2}
L_F	1
L_O	0.10

	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 19 / 29
		Numero Revisione
		00

4 Linee

Alla struttura è collegata una linea di seguito descritta.


4.1 Linea L1 - "Linea 1"



Dati generali	
Denominazione	Linea 1
Tipo linea	Linea di energia
Protezione	Nessuna
Ambiente circostante	Rurale [Ce = 1.00]
Protezioni dalle tensioni di contatto	Cartelli ammonitori [PTU = 0.10]
SPD su linea entrante	Sistema di SPD con LPL di classe III o IV [PEB = 0.05]
Trasformatore AT/BT	Assente [CT = 1]

Sezioni della linea:

Tratto interrato	
Denominazione	Tratto 1
Lunghezza	1 500 m
Schermatura cavi	Assente
Dispersore magliato	fittamente No


	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 20 / 29
		Numero Revisione
		00

5 Impianti

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

5.1 Impianto I1 - "Impianto 1"

Dati generali	
Denominazione	Impianto 1
Linea collegata all'impianto	Linea 1
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	Nessuna precauzione nella scelta del percorso
Tipo SPD	Sistema di SPD con LPL di classe I (Protezione rinforzata 1,5x) [PSPD = 0.005]

 iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER		Pagina 21 / 29
			Numero Revisione
			00

6 Esito della valutazione

6.1 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


6.2 Valutazione del rischio di perdita di vite umane R1

6.2.1 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	4.32			8.67	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	7.92×10^{-2}			7.92

6.2.2 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	0.10	0	0	0	5×10^{-4}	5×10^{-2}	5×10^{-3}	3×10^{-3}
- II	-	-	5×10^{-3}	2.22×10^{-11}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	5×10^{-4}	5×10^{-2}	5×10^{-3}	3×10^{-3}

 iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER		Pagina 22 / 29
			Numero Revisione
			00

6.2.3 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	5.71×10^{-6}	0	0	0	5.71×10^{-6}	0	0	0

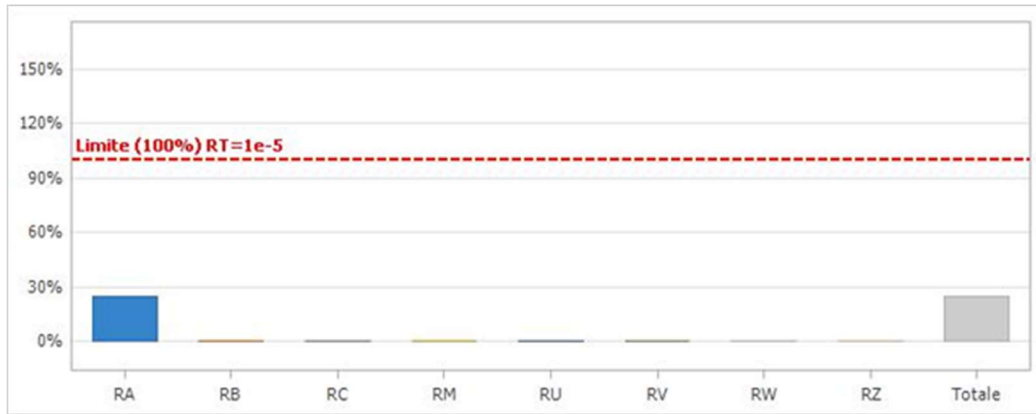
6.2.4 Componenti di rischio di perdita di vite umane, R_x

Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Rischio	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1	2.46×10^{-6}	0			0	0		
Totale	2.46×10^{-6}	0			0	0		

Rischio di perdita di vita umana, $R_{1,Struttura}$ $(R_{1,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$	2.46×10^{-6}
--	---

Il valore del rischio dovuto al fulmine è inferiore al valore di rischio tollerato R_T .

6.2.5 Grafico delle componenti di rischio




6.3 Valutazione del rischio di perdita economica R4

6.3.1 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	4.32			8.67	-			-
Eventi	N_D			N_M	$N_L + N_{DJ}$			N_I
L1	-			-	7.92×10^{-2}			7.92












6.3.2 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	0.10	0	0	0	5×10^{-4}	5×10^{-2}	5×10^{-3}	3×10^{-3}












 iren green generation Iren Green Generation Tech s.r.l.	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER						Pagina 24 / 29	
							Numero Revisione	
							00	

- I1	-	-	5×10^{-3}	2.22×10^{-11}	-	-	-	-
- L1	-	-	-	-	5×10^{-4}	5×10^{-2}	5×10^{-3}	3×10^{-3}

6.3.3 Ammontare delle perdite economica, L_x

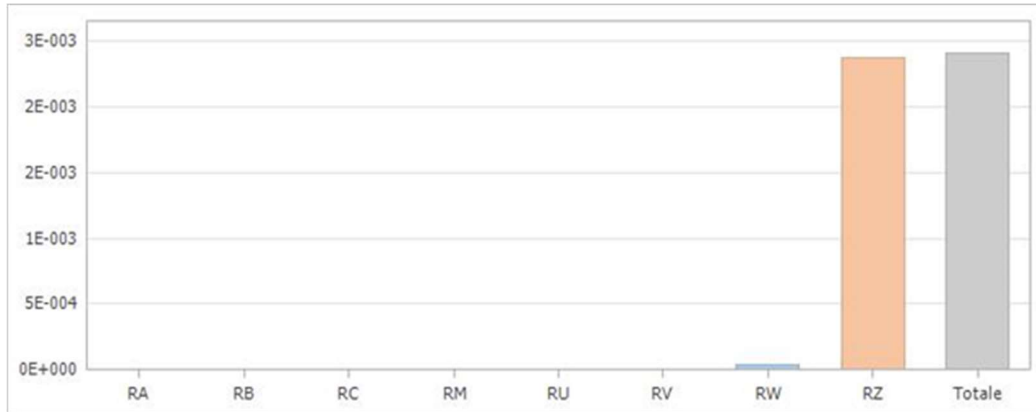
Sorgente di danno	S1			S2	S3			S4
								
Tipo di danno	D1	D2	D3	D3	D1	D2	D3	D3
								
Perdite	L_A	L_B	L_C	L_M	L_U	L_V	L_W	L_Z
Z1	0	0	0.10	0.10	0	0	0.10	0.10


6.3.4 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_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Z1		0	0	0		0	3.96×10^{-5}	2.38×10^{-3}
Totale		0	0	0		0	3.96×10^{-5}	2.38×10^{-3}

Rischio di perdita economica, $R_{4,Struttura}$ $(R_{4,Struttura} = R_{A,Struttura} + R_{B,Struttura} + R_{C,Struttura} + R_{M,Struttura} + R_{U,Struttura} + R_{V,Struttura} + R_{W,Struttura} + R_{Z,Struttura})$	2.42×10^{-3}
--	---

6.3.5 Grafico delle componenti di rischio



	ID Documento Committente CoD_098_FV_00073_BER	Pagina 26 / 29
		Numero Revisione
		00

7 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.

7.1 FREQUENZA DI DANNO

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

Impianto	Linea	F _{S1}	F _{S2}	F _{S3}	F _{S4}	F	F _T
Impianto 1	Linea 1	2.16 x 10 ⁻²	1.93 x 10 ⁻¹⁰	3.96 x 10 ⁻⁴	2.38 x 10 ⁻²	4.57 x 10 ⁻²	0.10

Legenda:

Impianto	Denominazione dell'impianto.
Linea	Denominazione della linea a cui è collegato l'impianto.
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)
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 _T	Frequenza di danno tollerabile

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



VALORI N_G - N_{SG}

(CEI EN IEC 62305 - CEI EN IEC 62858)

$N_G = 2,64$ - $N_{SG} = 3,69$

POSIZIONE

Latitudine: **44,675975° N**

Longitudine: **11,775430° E**

INFORMAZIONI

- I valori di N_0 (numero medio di fulmini a terra all'anno e al kilometro quadrato) e N_{50} (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_0 e N_{50} derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- I valori di N_0 e N_{50} dipendono dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di N_0 e N_{50} .
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di N_0 e N_{50} 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_0 e N_{50} 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_0 e N_{50} riportati sul presente attestato, in accordo con la norma CEI EN IEC 62858, art. 4.3, dovranno essere rivalutati a partire dal 1° gennaio 2030.

Data 18/09/2025



Coordinate in formato decimale (WGS84)

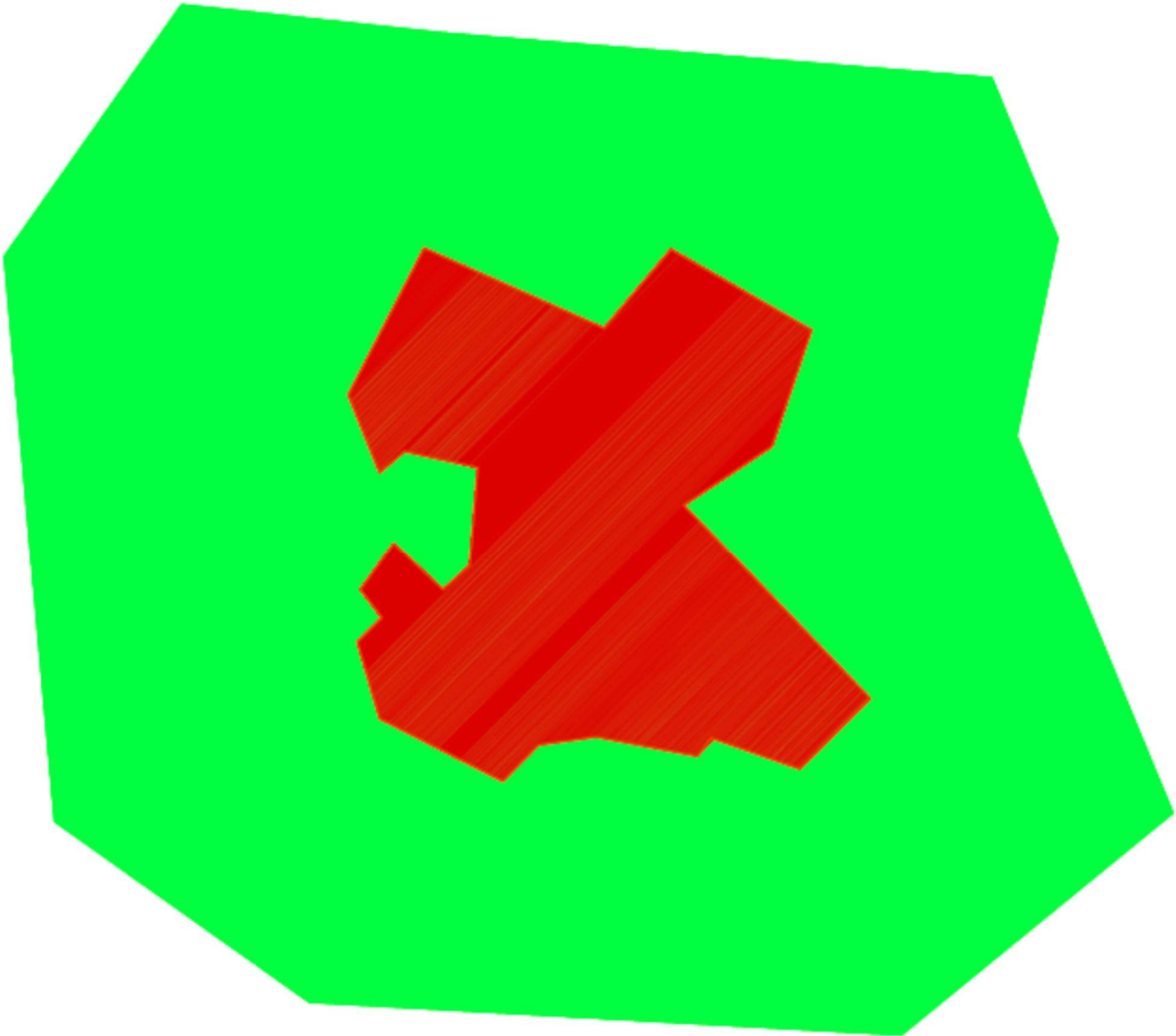
Indirizzo: Coordinate manuali

Latitudine: 44,675975

Longitudine: 11,775430



8 Disegno della struttura



- STRUTTURA
- AREA DI RACCOLTA (Ad)
- AREA DI RACCOLTA (Am)