



PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO  
EOLICO DELLA POTENZA DI 61,2 MW DENOMINATO "LACCANU"  
DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI BESSUDE, ITTIRI, THIESI E  
BANARI(SS) CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE  
ELETTRICHE

Committente:

**Queequeg Renewables Due S.r.l.**  
Piazza Cinque Giornate, 10  
20129 Milano (MI)  
C.F. e P.IVA: 04578310163  
PEC: queequegrenewablesdue@pec.it

VERIFICA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE  
ATMOSFERICHE.

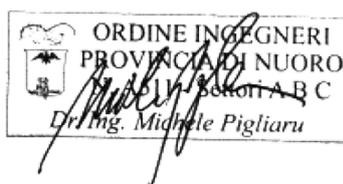
Progetto e sviluppo:

**Queequeg Renewables, ltd**  
2nd Floor, the Works,  
14 Turnham Green Terrace Mews,  
W41QU London (UK)  
Company number: 11780524  
email: mail@quren.co.uk

Rev. 0.0

Data: novembre 2023

QQR-WIND-026.REL005d



---

## Sommario

1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO.....	4
2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	4
3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE .....	5
4. DATI INIZIALI.....	5
4.1. Densità annua di fulmini a terra.....	5
4.2. Dati relativi alla struttura .....	5
4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne.....	5
4.4. Definizione e caratteristiche delle zone.....	6
5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE .....	6
6. VALUTAZIONE DEI RISCHI.....	7
6.1. Rischio R1: perdita di vite umane .....	7
6.1.1. Calcolo del rischio R1 .....	7
6.1.2. Analisi del rischio R1.....	7
7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE.....	7
7.1. Rischio R1: perdita di vite umane .....	8
7.2. Analisi della convenienza economica.....	9
8. CONCLUSIONI.....	11
9. APPENDICI .....	12
9.1. APPENDICE - Caratteristiche della struttura .....	12
9.2. APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche .....	12
9.3. APPENDICE - Caratteristiche delle zone.....	12
9.3.1. Impianto interno: ELETTRICO .....	13
9.3.2. Impianto interno: DATI.....	13
9.4. Valori medi delle perdite per la zona: Struttura.....	13
9.4.1. Rischio 1 .....	13

---

9.4.2.	Rischio 4.....	13
9.4.3.	Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura .....	13
9.5.	APPENDICE - Frequenza di danno.....	14
9.5.1.	Impianto interno 1 .....	14
9.5.2.	Impianto interno 2 .....	14
9.5.3.	Impianto interno 1 .....	14
9.5.4.	Impianto interno 2 .....	14
9.6.	APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi.....	15
9.6.1.	Struttura.....	15
9.6.2.	Linee elettriche .....	15
9.7.	APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta .....	15
9.7.1.	Zona Z1: Struttura .....	15
10.	DIMENSIONI STRUTTURA E AREE DI RACCOLTA .....	17
10.1.	Dimensioni della struttura.....	17
10.2.	Area di raccolta per fulminazione diretta AD .....	18
10.3.	Allegato - Area di raccolta per fulminazione indiretta AM.....	19
11.	VALORE DI $N_G$ .....	20

## 1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO

Questo documento contiene:

- la relazione sulla valutazione dei rischi dovuti al fulmine;
- la scelta delle misure di protezione da adottare ove necessarie.

## 2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Questo documento è stato elaborato con riferimento alle seguenti norme:

- CEI EN 62305-1  
"Protezione contro i fulmini. Parte 1: Principi generali"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-2  
"Protezione contro i fulmini. Parte 2: Valutazione del rischio"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-3  
"Protezione contro i fulmini. Parte 3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone"  
Febbraio 2013;
- CEI EN 62305-4  
"Protezione contro i fulmini. Parte 4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture"  
Febbraio 2013;
- CEI 81-29  
"Linee guida per l'applicazione delle norme CEI EN 62305"  
Maggio 2020;
- CEI EN IEC 62858  
"Densità di fulminazione. Reti di localizzazione fulmini (LLS) - Principi generali"  
Maggio 2020.

### 3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE

L'individuazione della struttura da proteggere è essenziale per definire le dimensioni e le caratteristiche da utilizzare per la valutazione dell'area di raccolta.

La struttura che si vuole proteggere coincide con un intero aerogeneratore a sé stante, fisicamente separato da altre costruzioni.

Pertanto, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, le dimensioni e le caratteristiche della struttura da considerare sono quelle dell'aerogeneratore stesso.

### 4. DATI INIZIALI

#### 4.1. Densità annua di fulmini a terra

La densità annua di fulmini a terra al kilometro quadrato nella posizione in cui è ubicata la struttura (in proposito vedere l'allegato "Valore di  $N_g$ "), vale:

$$N_g = 1,09 \text{ fulmini/anno km}^2$$

#### 4.2. Dati relativi alla struttura

La pianta della struttura è riportata nel disegno (Allegato *Disegno della struttura*).

La destinazione d'uso prevalente della struttura è: altro

In relazione anche alla sua destinazione d'uso, la struttura può essere soggetta a:

- perdita di vite umane

In accordo con la norma CEI EN 62305-2 per valutare la necessità della protezione contro il fulmine, deve pertanto essere calcolato:

- rischio R1;

Per valutare la convenienza economica ad adottare le misure di protezione, è necessario calcolare il rischio R4.

L'aerogeneratore ha struttura portante metallica.

#### 4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne

La struttura è servita dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di segnale: DATI
- Linea di energia: ELETTRICA

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle linee elettriche*.

#### 4.4. Definizione e caratteristiche delle zone

Tenuto conto di:

- compartimenti antincendio esistenti e/o che sarebbe opportuno realizzare;
- eventuali locali già protetti (e/o che sarebbe opportuno proteggere specificamente) contro il LEMP (impulso elettromagnetico);
- i tipi di superficie del suolo all'esterno della struttura, i tipi di pavimentazione interni ad essa e l'eventuale presenza di persone;
- le altre caratteristiche della struttura e, in particolare il lay-out degli impianti interni e le misure di protezione esistenti;

sono state definite le seguenti zone:

Z1: Struttura aerogeneratore tipo

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nell'Appendice *Caratteristiche delle Zone*.

## 5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA DELLA STRUTTURA E DELLE LINEE ELETTRICHE ESTERNE

L'area di raccolta AD dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta AD*).

L'area di raccolta AM dei fulmini a terra vicino alla struttura, che ne possono danneggiare gli impianti interni per sovratensioni indotte, è stata valutata graficamente secondo il metodo indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3, ed è riportata nel disegno (Allegato *Grafico area di raccolta AM*).

Le aree di raccolta AL e AI di ciascuna linea elettrica esterna sono state valutate analiticamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.4 e A.5.

I valori delle aree di raccolta (A) e i relativi numeri di eventi pericolosi all'anno (N) sono riportati nell'Appendice *Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi*.

I valori delle probabilità di danno (P) per il calcolo delle varie componenti di rischio considerate sono riportate nell'Appendice *Valori delle probabilità P per la struttura non protetta*.

## 6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

### 6.1. Rischio R1: perdita di vite umane

#### 6.1.1. Calcolo del rischio R1

I valori delle componenti ed il valore del rischio R1 sono di seguito indicati.

Z1: Struttura

RA: 1,44E-06

RB: 1,44E-08

RU(ELETTRICO): 6,68E-10

RV(ELETTRICO): 6,68E-12

RU(DATI): 4,17E-09

RV(DATI): 4,17E-11

Totale: 1,46E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,46E-06

#### 6.1.2. Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo  $R1 = 1,56E-06$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$

## 7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo  $R1 = 1,46E-06$  è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ , non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo.

Si è comunque ritenuto opportuno adottare le misure di protezione seguenti:

- dotare la struttura di un LPS di classe I ( $P_b = 0,02$ )
- nella zona Z1 - Struttura:
  - Impianto interno: ELETTRICO
    - ❖ Sistema di SPD - livello: I
  - Impianto interno: DATI
    - ❖ Sistema di SPD - livello: I

L'adozione di queste misure di protezione modifica i parametri e le componenti di rischio.

I valori dei parametri per la struttura protetta sono di seguito indicati.

Zona Z1: Struttura

PA = 1,00E-02

PB = 0,01

PC (ELETTRICO) = 1,00E-02

PC (DATI) = 1,00E-02

PC = 1,99E-02

PM (ELETTRICO) = 4,44E-11

PM (DATI) = 1,78E-04

PM = 1,78E-04

PU (ELETTRICO) = 8,00E-03

PV (ELETTRICO) = 8,00E-03

PW (ELETTRICO) = 8,00E-03

PZ (ELETTRICO) = 0,00E+00

PU (DATI) = 1,00E-02

PV (DATI) = 1,00E-02

PW (DATI) = 1,00E-02

PZ (DATI) = 5,00E-03

rt = 0,01

rp = 0,5

rf = 0,001

h = 2

### 7.1. Rischio R1: perdita di vite umane

I valori delle componenti di rischio per la struttura protetta sono di seguito indicati.

Z1: Struttura

RA: 2,88E-08

RB: 2,88E-10

RU(ELETTRICO): 6,68E-10

RV(ELETTRICO): 6,68E-12

RU(DATI): 4,17E-09

RV(DATI): 4,17E-11

Totale: 3,40E-08

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 3,40E-08

## 7.2. Analisi della convenienza economica

L'analisi della convenienza economica della protezione è stata condotta come indicato dalla norma CEI EN 62305-2 calcolando il risparmio annuo, in termini di perdite economiche, che ogni soluzione permette di ottenere, al fine di individuare la più conveniente.

I valori economici relativi alla struttura sono indicati nell'Appendice *Caratteristiche delle zone*.

Il costo delle misure di protezione è di seguito indicato.

Costo delle misure di protezione globali (LPS + SPD arrivo linea): € 10 000,00

Z1 - Struttura

- Impianto interno: ELETTRICO
  - Sistema di SPD - livello: I - costo: € 1 500,00
- Impianto interno: DATI
  - Sistema di SPD - livello: I - costo: € 900,00

I valori assunti per il tasso di interesse, ammortamento e manutenzione delle misure di protezione è di seguito indicato:

- Interesse: 2,5 %
- Ammortamento: 10 anni
- Manutenzione: 5 %

Il valore delle componenti del rischio R4 per la struttura non protetta è di seguito indicato:

Z1: Struttura

RA: 0,00E+00

RB: 6,31E-05

RC: 3,05E-05

RM: 1,98E-07

RU(ELETTRICO): 0,00E+00

RV(ELETTRICO): 2,93E-08

RW(ELETTRICO): 1,42E-06

RZ(ELETTRICO): 0,00E+00

RU(DATI): 0,00E+00

RV(DATI): 1,83E-07

RW(DATI): 8,86E-06

RZ(DATI): 4,43E-04

Il valore delle perdite residue CRL è stato calcolato in conformità all'appendice D della norma CEI EN 62305-2 sulla base dei nuovi valori che le componenti del rischio R4 assumono una volta adottate le misure di protezione previste nelle soluzioni individuate.

Il valore delle perdite CL per la struttura non protetta e quello delle perdite residue CRL per la struttura protetta secondo le varie soluzioni individuate è di seguito indicato.

#### Zona Z1 - Struttura

Perdite senza protezioni: € 2 859,69

Perdite con protezioni: € 34,56

Costo delle misure di protezione: € 420,00

Risparmio: € 2 405,13

Costo LPS e SPD ad arrivo linea: € 1 750,00

Totale perdite senza protezioni: € 2 859,69

Totale perdite con protezioni: € 34,56

Totale costo delle misure di protezione: € 2 170,00

Totale risparmio: € 655,13

## 8. CONCLUSIONI

A seguito dell'adozione delle misure di protezione (che devono essere correttamente dimensionate) vale quanto segue:

- Rischio R1 - perdita di vite umane
  - **R1 = 3,65E-08** (valore calcolato a seguito dell'adozione delle misure di protezione) è inferiore a quello tollerato  $RT = 1E-05$ ;
- Rischio R4 – perdite economiche annue
  - Totale perdite senza protezioni: € 3 071,99
  - Totale perdite con protezioni: € 37,11
  - Totale costo delle misure di protezione: € 2 170,00
  - **Totale risparmio: € 655,13** (l'adozione delle misure di protezione risulta economicamente conveniente)

Secondo la norma CEI EN 62305-2 la struttura è protetta contro le fulminazioni.

## 9. APPENDICI

### 9.1. APPENDICE - Caratteristiche della struttura

Dimensioni: vedi disegno

Coefficiente di posizione: isolata in cima ad un collina (CD = 2)

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km<sup>2</sup>) Ng = 1,22

### 9.2. APPENDICE - Caratteristiche delle linee elettriche

Caratteristiche della linea: ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - interrata con trasformatore MT/BT

Lunghezza (m) L = 15000

Resistività (ohm x m)  $\rho = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

Schermo collegato alla stessa terra delle apparecchiature alimentate:  $1 < R \leq 5$  ohm/km

SPD ad arrivo linea: livello I (PEB = 0,01)

Caratteristiche della linea: DATI

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: segnale - interrata

Lunghezza (m) L = 15000

Resistività (ohm x m)  $\rho = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

SPD ad arrivo linea: livello I (PEB = 0,01)

### 9.3. APPENDICE - Caratteristiche delle zone

Caratteristiche della zona: Struttura

Tipo di zona: interna

Tipo di pavimentazione: erba (rt = 0,01)

Rischio di incendio: ridotto (rf = 0,001)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico (h = 2)

Protezioni antincendio: manuali (rp = 0,5)

Schermatura di zona: assente

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna

### 9.3.1. Impianto interno: ELETTRICO

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: Cavo schermato o canale metallico ( $Ks3 = 0,0001$ )

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ( $PSPD = 1$ )

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

### 9.3.2. Impianto interno: DATI

Alimentato dalla linea DATI

Tipo di circuito: Cond. attivi e PE con stesso percorso (spire fino a 10 m<sup>2</sup>) ( $Ks3 = 0,2$ )

Tensione di tenuta: 1,5 kV

Sistema di SPD - livello: Assente ( $PSPD = 1$ )

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

## 9.4. Valori medi delle perdite per la zona: Struttura

### 9.4.1. Rischio 1

Tempo per il quale le persone sono presenti nella struttura (ore all'anno): 100

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R1)  $LA = LU = 1,14E-06$

Perdita per danno fisico (relativa a R1)  $LB = LV = 1,14E-08$

### 9.4.2. Rischio 4

Valore degli animali (€): 0

Valore dei muri (€): 0

Valore del contenuto (€): 3960000

Valore degli impianti interni inclusa l'attività (€): 1265000

Valore totale della struttura (€): 5225000

Perdita per tensioni di contatto e di passo (relativa a R4)  $LA = LU = 0,00E+00$

Perdita per avaria di impianti interni (relativa a R4)  $LC = LM = LW = LZ = 2,42E-05$

Perdita per danno fisico (relativa a R4)  $LB = LV = 5,00E-05$

### 9.4.3. Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

Rischio 4: Ra Rb Rc Rm Ru Rv Rw Rz

## 9.5. APPENDICE - Frequenza di danno

### 9.5.1. Impianto interno 1

Zona: Struttura

Linea: ELETTRICA

Circuito: ELETTRICO

FS Totale: 1,3201

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: NO

### 9.5.2. Impianto interno 2

Zona: Struttura

Linea: DATI

Circuito: DATI

FS Totale: 19,9275

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: NO

A seguito dell'adozione delle misure di protezione scelte, la frequenza di danno si modifica come di seguito indicato:

### 9.5.3. Impianto interno 1

Zona: Struttura

Linea: ELETTRICA

Circuito: ELETTRICO

FS Totale: 0,0132

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: SI

### 9.5.4. Impianto interno 2

Zona: Struttura

Linea: DATI

Circuito: DATI

FS Totale: 0,1993

Frequenza di danno tollerabile: 1,0

Circuito protetto: SI

## 9.6. APPENDICE - Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi

### 9.6.1. Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 5,17E-01 km<sup>2</sup>

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 3,77E-01 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 1,26E+00

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 4,60E-01

### 9.6.2. Linee elettriche

Area di raccolta per fulminazione diretta (AL) e indiretta (AI) delle linee:

#### DATI

AL = 0,600000 km<sup>2</sup>

AI = 60,000000 km<sup>2</sup>

#### ELETTRICA

AL = 0,600000 km<sup>2</sup>

AI = 60,000000 km<sup>2</sup>

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta (NL) e indiretta (NI) delle linee:

#### DATI

NL = 0,366000

NI = 36,600000

#### ELETTRICA

NL = 0,073200

NI = 7,320000

## 9.7. APPENDICE - Valori delle probabilità P per la struttura non protetta

### 9.7.1. Zona Z1: Struttura

PA = 1,00E+00

PB = 1,0

PC (ELETTRICO) = 1,00E+00

PC (DATI) = 1,00E+00

PC = 1,00E+00

PM (ELETTRICO) = 4,44E-09

---

PM (DATI) = 1,78E-02

PM = 1,78E-02

PU (ELETTRICO) = 8,00E-03

PV (ELETTRICO) = 8,00E-03

PW (ELETTRICO) = 8,00E-01

PZ (ELETTRICO) = 0,00E+00

PU (DATI) = 1,00E-02

PV (DATI) = 1,00E-02

PW (DATI) = 1,00E+00

PZ (DATI) = 5,00E-01

## 10. DIMENSIONI STRUTTURA E AREE DI RACCOLTA

### 10.1. Dimensioni della struttura

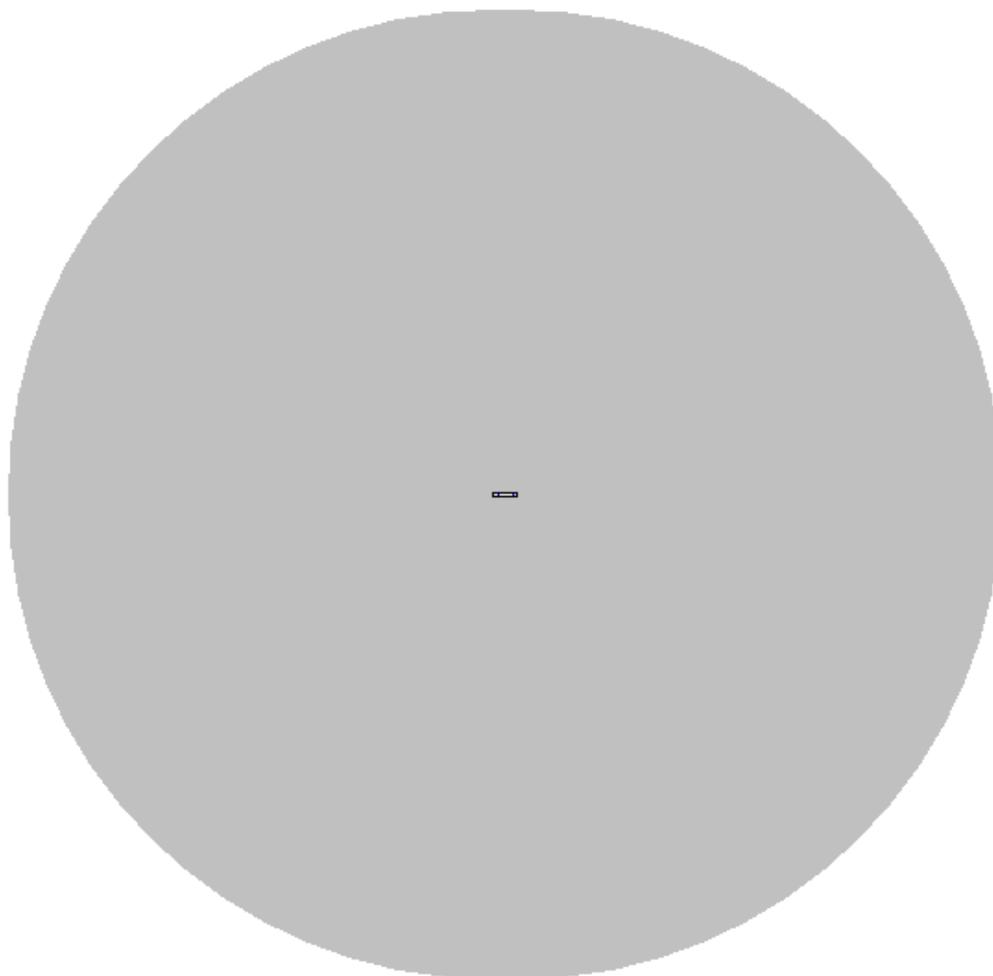


Allegato – Dimensioni della struttura.

Si è ipotizzata una struttura avente dimensioni in pianta coincidenti con quelle della navicella e altezza pari a quella del soffitto della navicella stessa.

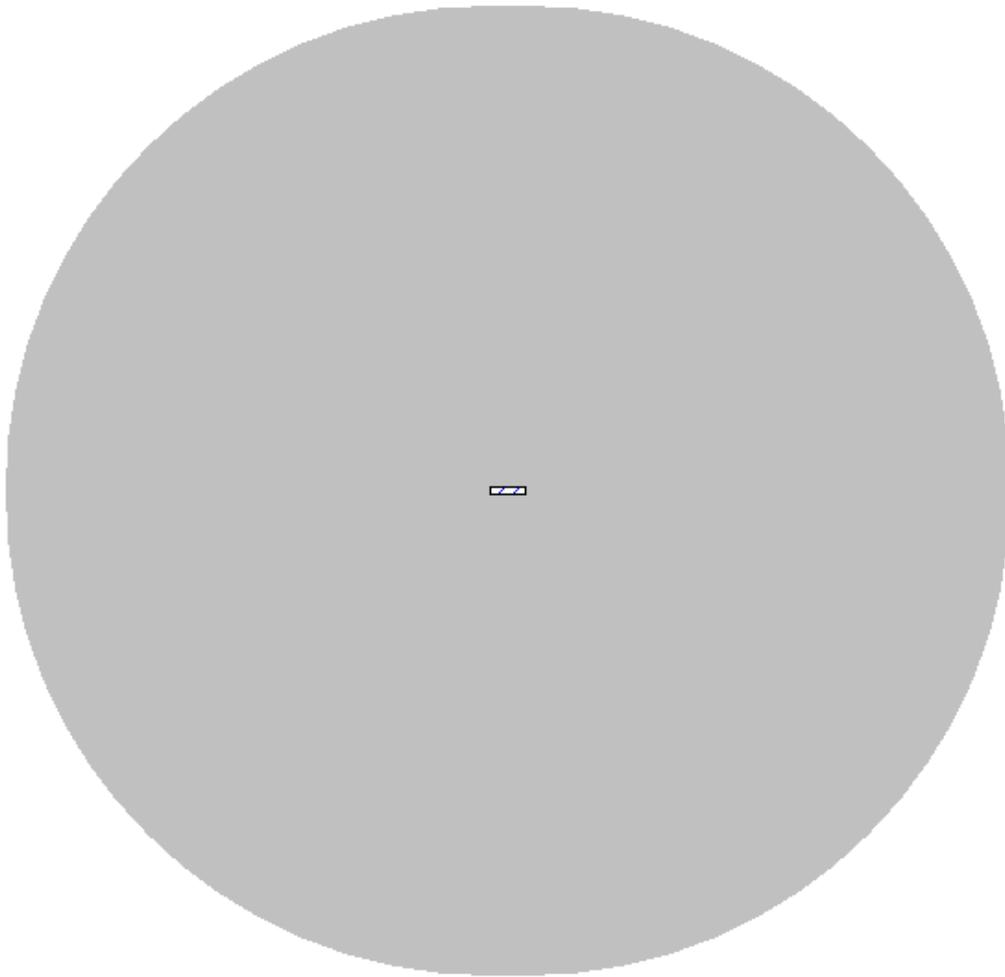
Dimensioni: 19x4x137.

## 10.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD



Area di raccolta AD = 5,17E-01 km<sup>2</sup>

### 10.3. Allegato - Area di raccolta per fulminazione indiretta AM



Area di raccolta AM = 3,77E-01 km<sup>2</sup>

## 11. VALORE DI $N_G$



# VALORE DI $N_G$

(CEI EN 62305 - CEI EN IEC 62858)

$$N_G = 1,09 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

### POSIZIONE

Latitudine: **40,542102° N**

Longitudine: **8,630283° E**

### INFORMAZIONI

- Il valore di  $N_G$  è riferito alle coordinate geografiche fornite dall'utente (latitudine e longitudine, formato WGS84). E' 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  $N_G$  derivano da rilevazioni ed elaborazioni effettuate secondo lo stato dell'arte della tecnologia e delle conoscenze tecnico-scientifiche in materia.
- Il valore di  $N_G$  dipende dalle coordinate inserite. In uno stesso Comune si possono avere più valori di  $N_G$ .
- Piccole variazioni delle coordinate possono portare a valori diversi di  $N_G$  a causa della natura discreta della mappa cartografica.
- I dati forniti da TNE srl possiedono le caratteristiche indicate dalla norma CEI EN IEC 62858 per essere utilizzati nella analisi del rischio prevista dalla norma CEI EN 62305-2.
- I valori di  $N_G$  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.

### VALIDITA' TEMPORALE

- Il valore di  $N_G$  riportato sul presente attestato, in accordo con la norma CEI EN IEC 62858, art. 4.3, dovrà essere rivalutato a partire dal 1° gennaio 2028.

Data 24/11/2023