



REGIONE SARDEGNA



PROVINCIA SUD SARDEGNA



SEUI



ESCALAPLANO



ESTERZILI

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO
 COMPOSTO DA 12 AEROGENERATORI CON POTENZA COMPLESSIVA DI
 57 MW NEL COMUNE DI SEUI (SU), CON OPERE CONNESSE NEI COMUNI
 DI SEUI (SU), ESCALAPLANO (SU) ED ESTERZILI (SU)**



PropONENTE



LOTO RINNOVABILI SRL

Largo Augusto n.3 20122
Milano
pec:lotorinnovabili@legalmail.it

PROGETTAZIONE



AGREENPOWER s.r.l.

Sede legale: Via Serra, 44
09038 Serramanna (SU) - ITALIA
Email: info@agreenpower.it

Gruppo di lavoro:

Ing. Simone Abis - Civile Ambientale
Ing. Michele Angel - Elettrico
Ing. Enea Tocco - Civile Ambientale
Ing. Stefano Fanti - Civile Ambientale
Dott. Gianluca Fadda

Collaboratori:

Vamirgeoind Ambiente Geologia e Geofisica S.r.l
Ing. Gianluca Vultaggio - Tekto Studio
Ing. Nicola Sollai - Strutturista
Dott.ssa Archeologa Manuela Simbula
Dott. Naturalista Francesco Mascia
Dott. Agronomo Vincenzo Sechi
Ing. Federico Miscali - Tecnico Acustica
Dott. Geologo Luigi Sanciu
Ing. Luigi Cuccu - Elettrotecnico
Ing. Davide Medici - Analisi Anemologica

ELABORATO

Nome Elaborato:

VERIFICA PROTEZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE

| | | | | | |
|----------|---------------|-------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | | | | |
| 00 | Novembre 2022 | Prima emissione | Agreenpower Srl | Agreenpower Srl | Agreenpower Srl |
| Rev. | Data | Oggetto della revisione | Elaborazione | Verifica | Approvazione |
| Scala: | - | | | | |
| Formato: | A4 | Codice Commessa | W2203SEU | Codice Elaborato | REL.PE.04 |

SOMMARIO

| | |
|--|----------|
| 1. CONTENUTO DEL DOCUMENTO..... | 3 |
| 2. NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3. INDIVIDUAZIONE DELLA STRUTTURA DA PROTEGGERE | 4 |
| 4. DATI INIZIALI | 4 |
| 4.1. Densità annua di fulmini a terra | 4 |
| 4.2. Dati relativi alle strutture | 4 |
| 4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne | 4 |
| 4.4. Definizione e caratteristiche delle zone..... | 5 |
| 5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA (STRUTTURA E LINEE ELETTRICHE ESTERNE)..... | 5 |
| 6. VALUTAZIONE DEI RISCHI | 5 |
| 6.1. Aerogeneratore | 5 |
| 6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane..... | 5 |
| 6.1. SSEU..... | 6 |
| 6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane..... | 6 |
| 7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE..... | 6 |
| 8. CONCLUSIONI..... | 6 |
| 9. APPENDICI | 7 |
| 9.1. Caratteristiche delle strutture..... | 7 |
| 9.2. Caratteristiche delle linee elettriche | 7 |
| 9.2.1. Aerogeneratore..... | 7 |
| 9.2.1. SSEU..... | 7 |
| 9.3. Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore | 8 |
| 9.3.1. Struttura | 8 |
| 9.3.2. Impianto interno: ELETTRICO | 8 |
| 9.3.3. Valori medi delle perdite per la zona | 8 |
| 9.4. Caratteristiche delle zone: SSEU | 8 |
| 9.4.1. Struttura | 8 |
| 9.4.2. Impianto interno: ELETTRICO | 8 |
| 9.4.3. Valori medi delle perdite per la zona | 9 |
| 9.5. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: Aerogeneratore | 9 |
| 9.5.1. Struttura | 9 |
| 9.5.2. Linee elettriche..... | 9 |
| 9.6. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: SSEU..... | 9 |
| 9.6.1. Struttura | 9 |

| | |
|---|-----------|
| 9.6.2. Linee elettriche..... | 9 |
| 9.7. Valori delle probabilità P per le strutture non protette..... | 10 |
| 9.7.1. Zona Z1A: Aerogeneratore..... | 10 |
| 9.7.2. Zona Z1B: SSEU..... | 10 |
| 10. DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA..... | 11 |
| 10.1. Aerogeneratore..... | 11 |
| 10.1.1. Dimensioni della struttura..... | 11 |
| 10.1.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD..... | 12 |
| 10.1.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM..... | 13 |
| 10.2. SSEU..... | 14 |
| 10.2.1. Dimensioni della struttura..... | 14 |
| 10.2.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD..... | 15 |
| 10.2.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM..... | 16 |
| 11. VALORE DI N_G..... | 17 |

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;
- per le strutture del parco eolico ubicato nei Comuni di Seui (SU), Esterzili (SU) e Escalaplano (SU).

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.

Si considerano come strutture in esame:

- l'aerogeneratore, trattato come struttura a sé stante e fisicamente separato da altre costruzioni;
- la Sottostazione Elettrica dell'Utente (SSEU).

Le dimensioni e le caratteristiche delle strutture considerate, ai sensi dell'art. A.2.2 della norma CEI EN 62305-2, sono quelle dell'aerogeneratore e quelle delle apparecchiature e dei fabbricati costituenti la SSEU.

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 11 - VALORE DI N_g), vale:

$$N_g = 1,28 \text{ fulmini/anno km}^2$$

4.2. Dati relativi alle strutture

La pianta delle strutture è riportata nel capitolo 10 - DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA

La destinazione d'uso prevalente delle strutture è: altro

In relazione anche alla loro destinazione d'uso, le strutture possono essere soggette 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;

L'aerogeneratore ha struttura portante metallica.

Le apparecchiature presenti nella SSEU (trasformatori, sbarre, dispositivi di interruzione e/o sezionamento) sono costituiti prevalentemente da elementi metallici.

4.3. Dati relativi alle linee elettriche esterne

Le strutture sono servite dalle seguenti linee elettriche:

- Linea di energia: ELETTRICA AT
- Linea di energia: ELETTRICA MT

Le caratteristiche delle linee elettriche sono riportate nell'appendice 9.2 - *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:

- Z1A: Struttura aerogeneratore tipo
- Z1B: SSEU

Le caratteristiche delle zone, i valori medi delle perdite, i tipi di rischio presenti e le relative componenti sono riportate nelle Appendici 9.3. *Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore* e 9.4 - *Caratteristiche delle zone: SSEU*

5. CALCOLO DELLE AREE DI RACCOLTA (STRUTTURA E LINEE ELETTRICHE ESTERNE)

L'area di raccolta AD dei fulmini diretti sulla struttura è stata valutata analiticamente o graficamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.2.

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 analiticamente o graficamente come indicato nella norma CEI EN 62305-2, art. A.3.

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 9.5 - *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 9.7 - *Valori delle probabilità P per le strutture non protette*.

6. VALUTAZIONE DEI RISCHI

6.1. Aerogeneratore

6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane

Calcolo del rischio R1

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

Z1A: Struttura

RA: 1,28E-06

RB: 1,57E-07

RU(ELETTRICO): 1,17E-10

RV(ELETTRICO): 2,34E-11

Totale: 1,54E-06

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,54E-06

Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 1,54E-06$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

6.1. SSEU

6.1.1. Rischio R1: perdita di vite umane

Calcolo del rischio R1

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

Z1B: Struttura

RA: 6,50E-09

RB: 1,30E-07

RU(ELETTRICO): 1,73E-10

RV(ELETTRICO): 3,46E-09

Totale: 1,40E-07

Valore totale del rischio R1 per la struttura: 1,40E-07

Analisi del rischio R1

Il rischio complessivo $R1 = 1,40E-07$ è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$

7. SCELTA DELLE MISURE DI PROTEZIONE

Poiché il rischio complessivo:

- $R1 = 1,54E-06$ per l'aerogeneratore
- $R1 = 1,40E-07$ per la SSEU

è inferiore a quello tollerato $RT = 1E-05$, non occorre adottare alcuna misura di protezione per ridurlo ulteriormente.

8. CONCLUSIONI

Secondo la norma CEI EN 62305-2 le strutture:

- **Aerogeneratore**
- **SSEU**

sono protette contro le fulminazioni.

9. APPENDICI

9.1. Caratteristiche delle strutture

Dimensioni: vedi disegni

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

Schermo esterno alla struttura: assente

Densità di fulmini a terra (fulmini/anno km^2) $N_g = 1,28$

9.2. Caratteristiche delle linee elettriche

9.2.1. Aerogeneratore

Caratteristiche della linea: ELETTRICA

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

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

Lunghezza (m) $L = 1000$

Resistività (ohm x m) $r = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

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

SPD ad arrivo linea: livello I ($PEB = 1$)

9.2.1. SSEU

Caratteristiche della linea: ELETTRICA AT

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

Tipo di linea: energia - aerea

Lunghezza (m) $L = 50$

Resistività (ohm x m) $r = 400$

Coefficiente ambientale (CE): rurale

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

SPD ad arrivo linea: livello I ($PEB = 1$)

Si considera una struttura adiacente (stazione AT TERNA) con dimensioni stimate in:

- L_{ADJ} 85 m
- W_{ADJ} 50 m
- H_{ADJ} 10 m

Caratteristiche della linea: ELETTRICA MT

La linea ha caratteristiche uniformi lungo l'intero percorso

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

Lunghezza (m) $L = 1000$

Resistività (ohm x m) $r = 400$

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 = 1)

9.3. Caratteristiche delle zone: Aerogeneratore

9.3.1. Struttura

Tipo di zona: esterna

Tipo di pavimentazione: erba ($r_t = 0,01$)

Rischio di incendio: nullo ($r_f = 0$)

Pericoli particolari: ridotto rischio di panico ($h = 1$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 1$)

Schermatura di zona: assente ($KS2 = 1$)

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna (PTA = 1)

9.3.2. Impianto interno: ELETTRICO

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: nessuna precauzione, cavo non schermato ($Ks3 = 1$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

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

9.3.3. Valori medi delle perdite per la zona

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) $LB = LV = 2,28E-07$

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

9.4. Caratteristiche delle zone: SSEU

9.4.1. Struttura

Tipo di zona: esterna

Tipo di pavimentazione: cemento ($r_t = 0,01$)

Rischio di incendio: medio ($r_f = 1E-01$)

Pericoli particolari: ridotto medio di panico ($h = 2$)

Protezioni antincendio: manuali ($r_p = 0,5$)

Schermatura di zona: assente ($KS2 = 1$)

Protezioni contro le tensioni di contatto e di passo: nessuna (PTA = 1)

9.4.2. Impianto interno: ELETTRICO

Alimentato dalla linea ELETTRICA

Tipo di circuito: nessuna precauzione, cavo non schermato ($Ks3 = 1$)

Tensione di tenuta: 2,5 kV

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

9.4.3. Valori medi delle perdite per la zona

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 = 2,28E-05

Rischi e componenti di rischio presenti nella zona: Struttura

Rischio 1: Ra Rb Ru Rv

9.5. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: Aerogeneratore

9.5.1. Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 4,39E-01 km²

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 8,10E-01 km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 1,12

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 1,04

9.5.2. Linee elettriche

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

ELETTRICA

AL = 0,04 km²

AI = 4,00 km²

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

ELETTRICA

NL = 5,12E-03

NI = 5,12E-01

9.6. Aree di raccolta e numero annuo di eventi pericolosi: SSEU

9.6.1. Struttura

Area di raccolta per fulminazione diretta della struttura AD = 8,89E-03 km²

Area di raccolta per fulminazione indiretta della struttura AM = 8,92E-01 km²

Numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura ND = 5,69E-03

Numero di eventi pericolosi per fulminazione indiretta della struttura NM = 1,14

9.6.2. Linee elettriche

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

| LINEA ENTRANTE | ELETTRICA AT | ELETTRICA MT |
|----------------|--------------|--------------|
|----------------|--------------|--------------|

| | | |
|----|-----------------------|----------------------|
| AL | 0,002 km ² | 0,04 km ² |
| AI | 0,2 km ² | 4,00 km ² |

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

| LINEA ENTRANTE | ELETTRICA AT | ELETTRICA MT |
|----------------|--------------|--------------|
| NL | 5,12E-04 | 5,12E-03 |
| NI | 5,12E-02 | 5,12E-01 |

9.7. Valori delle probabilità P per le strutture non protette

9.7.1. Zona Z1A: Aerogeneratore

$$PA = 1,0$$

$$PB = 1,0$$

$$PU = 0,02$$

$$PV = 0,02$$

9.7.2. Zona Z1B: SSEU

$$PA = 1,0$$

$$PB = 1,0$$

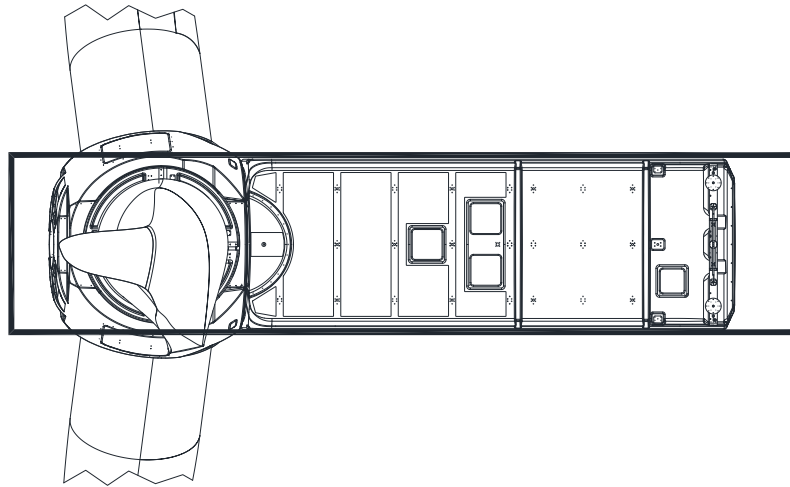
$$PU = 0,02$$

$$PV = 0,02$$

10.DIMENSIONI STRUTTURE E AREE DI RACCOLTA

10.1. Aerogeneratore

10.1.1. Dimensioni della struttura

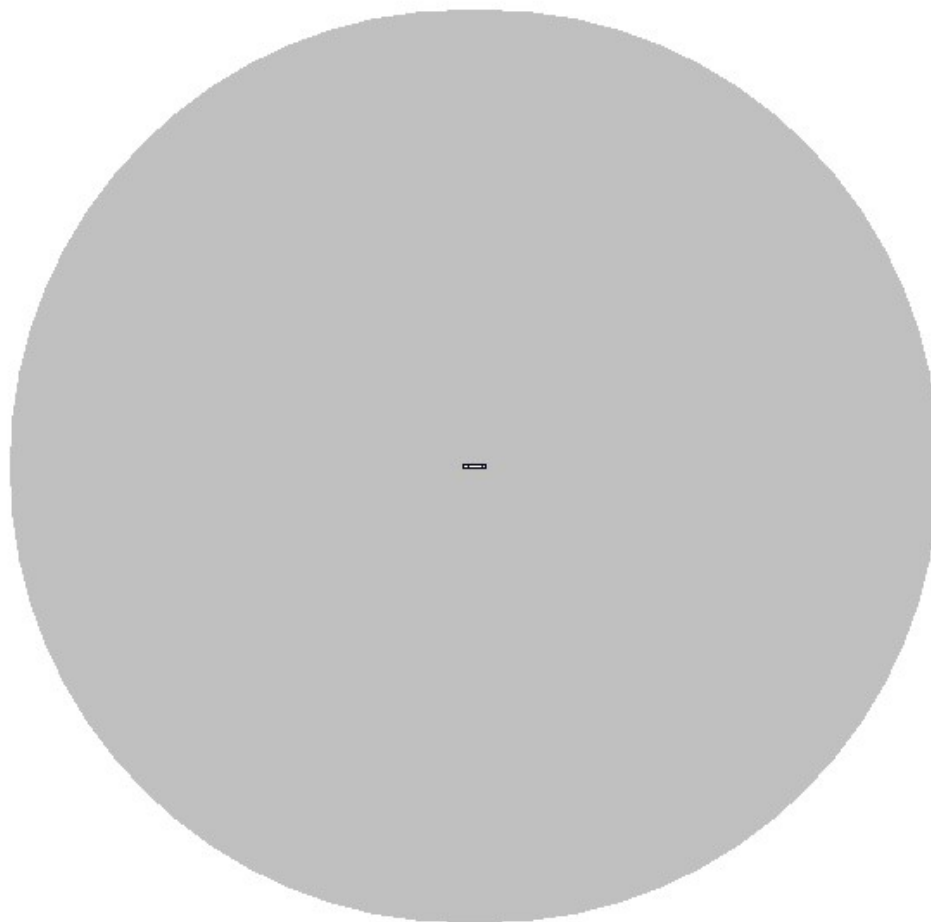


Allegato – Dimensioni della struttura.

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

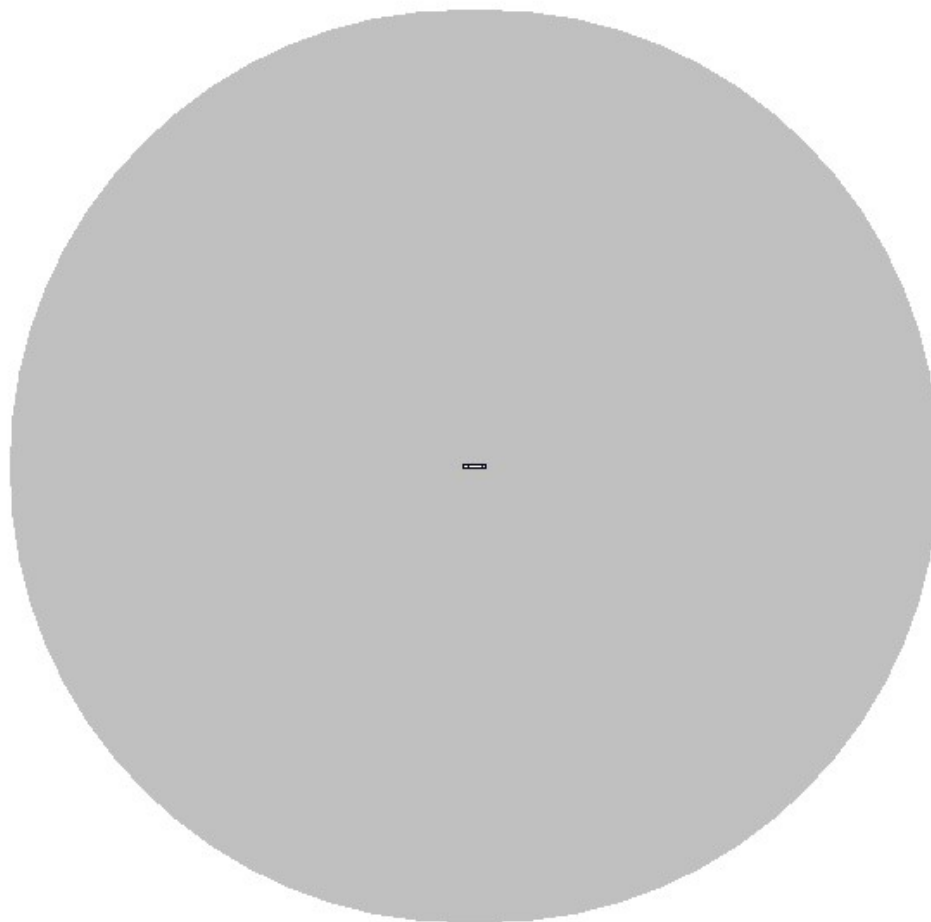
Dimensioni: **20mx4,5mx122m.**

10.1.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD



Area di raccolta AD = **4,39E-01 km²**

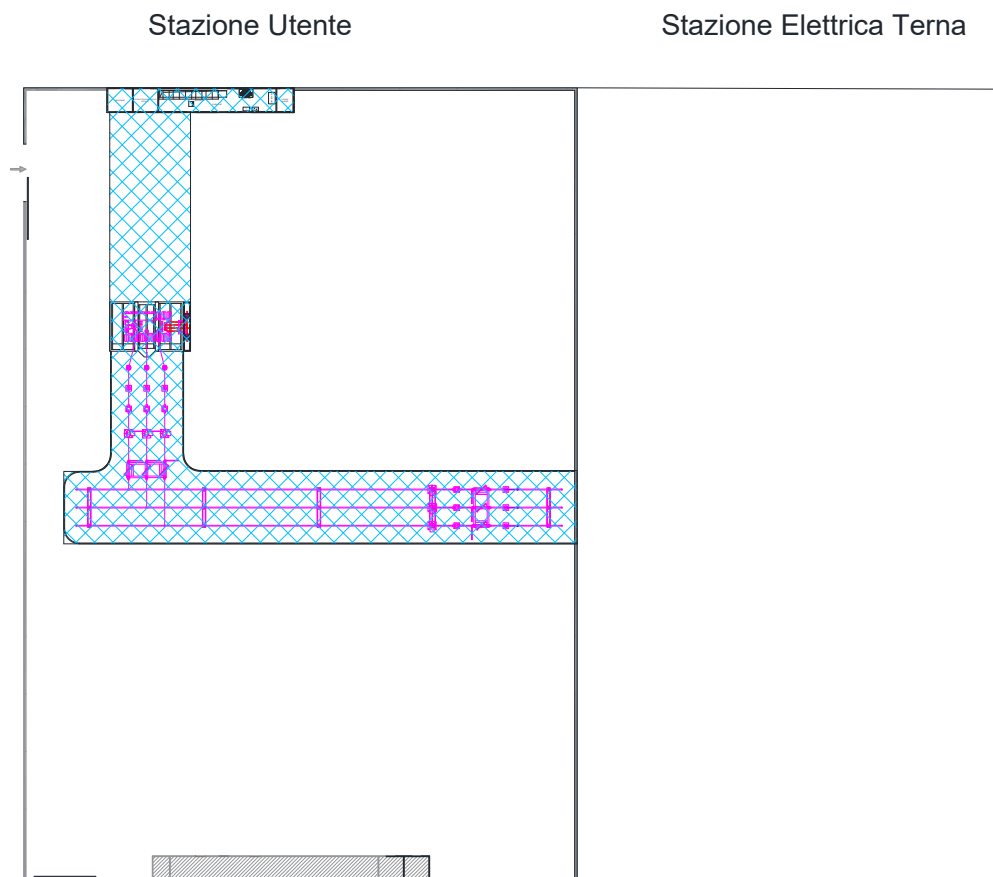
10.1.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM



Area di raccolta AM = **8,10E-01 km²**

10.2. SSEU

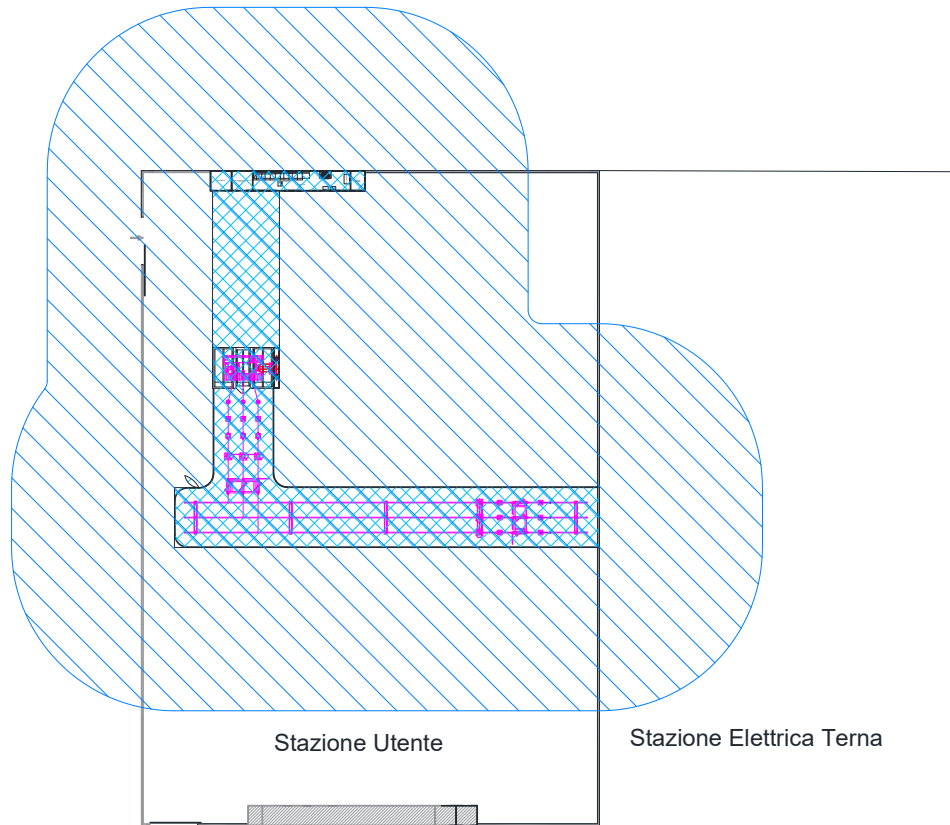
10.2.1. Dimensioni della struttura



Allegato – Dimensioni della struttura.

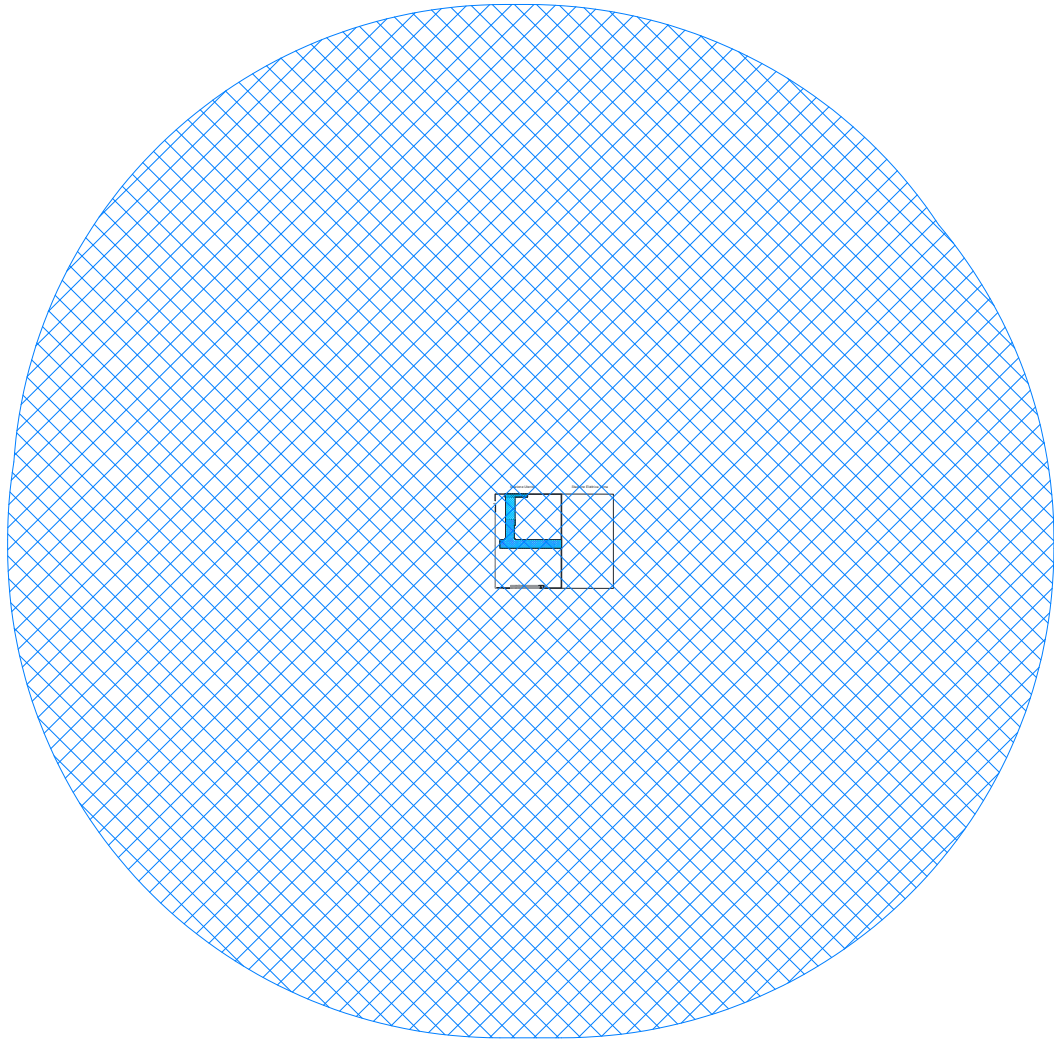
Si è ipotizzata una struttura avente dimensioni in pianta coincidenti con quelle occupate dalle apparecchiature e dagli edifici e altezza pari a quella dell'apparecchiatura più alta (8 m).

10.2.2. Area di raccolta per fulminazione diretta AD



Area di raccolta AD = **8894 m²**

10.2.3. Area di raccolta per fulminazione indiretta AM



Area di raccolta AM = **891850 m²**

11. VALORE DI N_G



VALORE DI N_G

(CEI EN 62305 - CEI EN IEC 62858)

$$N_G = 1,28 \text{ fulmini / (anno km}^2\text{)}$$

POSIZIONE

Latitudine: **39,709561° N**

Longitudine: **9,352186° 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 2027.

Data 21/07/2022

TNE srl - Strada dei Ronchi 29 - 10133 Torino - Tel. 011.661.12.12 - Fax 011.661.81.05 - info@tne.it - www.tne.it