



REGIONE BASILICATA
PROVINCIA DI MATERA
COMUNE DI FERRANDINA



AUTORIZZAZIONE UNICA EX. D. LGS. 387/03

Progetto Definitivo Parco Eolico "Montagnola"

Titolo elaborato

A.9 - Relazione tecnica impianto eolico

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0302	B	R11	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Aprile 2020	Prima emissione	RSA	FMO	GDS

Proponente



GR VALUE DEVELOPMENT S.r.l.

**c.so Venezia, 37
20121 Milano**

Progettazione



F4 ingegneria srl

via Di Giura - Centro Direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1 944 797 - Fax: +39 0971 5 54 52
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni DI SANTO)



Società certificata secondo la norma UNI-EN ISO 9001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).





Sommario

1	Aerogeneratori	3
1.1	Torre tubolare di sostegno	3
1.2	Rotore e pale	4
1.3	Navicella	4
1.4	Generatore	5
1.5	Sistema d'imbardata	5
1.6	Sistema di controllo	5
1.7	Sistema frenante	6
2	Opere Civili	7
2.1	Fondazioni	7
2.2	Adeguamenti viabilità esistente	7
2.2.1	Descrizione della viabilità di accesso all'area	7
2.2.2	Strade	8
2.3	Piazzole di montaggio e stoccaggio	9
2.4	Area Cantiere e Area Trasbordo	10
2.5	Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade e Piazzole	11
3	Connessione alla RTN	13
3.1	Cavidotti, rete elettrica e sottostazione	13
4	Ripristini e Stato finale dell'opera	16
5	Dimensionamento dell'impianto	17
5.1	Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori	18



5.2	Previsione di produzione energetica	18
5.3	Impianto elettrico	22
6	Criteria di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere	27
6.1	Individuazione delle strutture da proteggere	27
6.2	Calcolo delle componenti di rischio	27
6.3	Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini	32

1 Aerogeneratori

Il parco eolico sarà composto da 2 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 5.0-145 o similare e da 4 aerogeneratori del tipo Siemens Gamesa SG 6.0-155 o similare, i quali presentano le seguenti caratteristiche dimensionali:

SG 5.0-145	SG 6.0-155
• potenza nominale aerogeneratore: 5.0MW	• potenza nominale aerogeneratore: 6.0MW
• altezza hub: 102,50 m	• altezza hub: 122 m
• diametro rotore: 145 m	• diametro rotore: 155 m
• altezza totale 175 mt	• altezza totale 200 mt

Gli aerogeneratori sono ad asse orizzontale, costituiti da un sistema tripala. La tipica configurazione di un aerogeneratore di questo tipo prevede un sostegno costituito da una torre tubolare che porta alla sua sommità la navicella, all'interno della quale sono contenuti l'albero di trasmissione lento, il moltiplicatore di giri, l'albero veloce, il generatore elettrico, il trasformatore MT/BT e i dispositivi ausiliari.

La struttura in elevazione dell'aerogeneratore è costituita da una torre in acciaio di forma tronco-conica, realizzata in 4 tronchi assemblati in sito per quanto riguarda gli aerogeneratore SG 5.0-145 e 5 per il modello SG 6.0-155.

Il rotore si trova all'estremità dell'albero lento, è posto sopravento rispetto al sostegno, ed è costituito da tre pale fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella. La navicella può ruotare rispetto al sostegno in modo tale da tenere l'asse della macchina sempre parallela alla direzione del vento (movimento di imbardata).

Rotore e generatore elettrico possono essere direttamente collegati oppure associati ad un moltiplicatore di giri. Indispensabile nei grandi aerogeneratori, il moltiplicatore di giri fa sì che la lenta rotazione delle pale permetta comunque una corretta alimentazione del generatore elettrico.

Opzionalmente gli impianti di energia eolica possono essere dotati di un ascensore in grado di trasportare due persone dalla base della torre alla gondola o viceversa.

Gli aerogeneratori potranno essere dotati di segnalazione cromatica, costituendo un ostacolo alla navigazione aerea a bassa quota. In particolare ciascuna delle tre pale potrà essere verniciata sulle estremità con tre bande di colore rosso/bianco/rosso ognuna di larghezza minima pari a 6m, fino a coprire 1/3 della lunghezza della pala. È inoltre prevista l'installazione delle segnalazioni "notturne", costituite da luci intermittenti di colore rosso sull'estradosso della navicella. Ad ogni modo le prescrizioni degli Enti preposti (ENAC/ENAV) potranno modificare le suddette segnalazioni.

1.1 Torre tubolare di sostegno

La torre di sostegno di tipo tubolare avrà una struttura in acciaio ed un'altezza complessiva fino all'asse del rotore pari al massimo a 102,5 m per il modello SG 5.0-145 e 122 m per il tipo SG 6.0-155, il colore della struttura sarà chiaro, avrà una forma tronco-conica e sarà costituita da quattro o più tronchi. Le diverse sezioni sono state ottimizzate per lunghezza, diametro e peso allo scopo di assicurare anche un peso adeguato al trasporto. Il collegamento tra le singole sezioni è realizzato in cantiere tramite flange bullonate fra loro. Il design dei tubi in acciaio è scelto in modo tale da permettere una combinazione modulare dei segmenti alle altezze al mozzo necessarie.



Le torri hanno un diametro della base di circa 4 m e sono composte da un diverso numero di sezioni ottimizzate per lunghezza, diametro e peso dal punto di vista del peso e del trasporto. In questo modo è assicurata la possibilità di un più semplice trasporto

Le sezioni di cui si compongono le torri saranno realizzati in officina quindi trasportati e montati in cantiere. La protezione dalla corrosione necessaria è realizzata da un rivestimento a più strati da sistemi di verniciatura conformi alla specificazione di protezione dalla corrosione.

La struttura interna delle torri tubolari in acciaio corrisponde ai requisiti generali per interventi industriali di montaggio e di servizio. A tal proposito le singole sezioni delle torri sono dotate di relative piattaforme di montaggio, sistemi di scale con elementi di sostegno, sistemi di illuminazione a norma e sistemi di illuminazione di emergenza. In questo modo interventi di assistenza e di montaggio sono quasi completamente indipendenti dalle condizioni atmosferiche esterne.

Alla base della torre ci sarà una porta che permetterà l'accesso ad una scala montata all'interno, dotata ovviamente di opportuni sistemi di protezione (parapetti). Per ogni tronco di torre è prevista una piattaforma di riposo. È previsto inoltre un sistema di illuminazione di emergenza interno.

1.2 Rotore e pale

Il rotore si trova all'estremità dell'albero ed è costituito da tre pale realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e fissate ad un mozzo, corrispondente all'estremo anteriore della navicella; il mozzo del rotore, realizzato in ghisa sferoidale, è montato sull'albero con un attacco a flangia e le dimensioni sono sufficienti a garantire l'accesso ai tecnici durante le fasi di manutenzione.

Il rotore è posto sopravento rispetto alla torre di sostegno e, nel caso del parco in oggetto, caratterizzato da un diametro pari a 145 m per il modello SG 5.0-145 e 155 m per il tipo SG 6.0-155, con velocità variabile progettata per massimizzare la potenza e minimizzare emissioni acustiche.

Nelle turbine "sopravento", che sono di gran lunga le più diffuse è importante mantenere un allineamento più continuo possibile tra l'asse del rotore e la direzione del vento, per assicurare sempre il massimo rendimento dell'aerogeneratore. Nel grande eolico, per orientare il rotore nella direzione del vento rilevata da appositi sensori, e mantenerlo entro un opportuno angolo, si usa un *sistema di imbardata* poggiato su dei cuscinetti e dotato di un motore.

Le pale, a profilo alare e incernierate al mozzo, hanno lunghezza massima pari a 71 m nel caso dell'aerogeneratore SG 5.0-145 e 76 m per il modello SG 6.0-155; sono realizzate in fibra di vetro rinforzata con resina epossidica e ottimizzate per operare a velocità variabile.

Le pale saranno verniciate con colore chiaro e protette dalle scariche atmosferiche da un sistema parafulmine integrato.

1.3 Navicella

La navicella è il corpo centrale dell'aerogeneratore posizionato sulla cima della torre, è una cabina in cui sono ubicati tutti i componenti di un aerogeneratore ed è vincolata alla testa della torre tramite un cuscinetto a strisciamento che le consente di ruotare sul suo asse di imbardata.

All'interno della navicella sono contenute le principali apparecchiature elettromeccaniche necessarie alla generazione di energia elettrica; in particolare si distinguono:



- Albero Lento
- Moltiplicatore di giri
- Albero Veloce
- Generatore
- Convertitore
- Trasformatore MT/BT

Tutti i componenti sono assemblati modularmente sul basamento. Ciò consente l'utilizzo di una gru di dimensioni ridotte per l'assemblaggio in sito e semplifica i successivi lavori di manutenzione e riparazione. La navicella contiene l'albero lento, unito direttamente al mozzo, che trasmette la potenza captata dalle pale al generatore attraverso un moltiplicatore di giri.

Il moltiplicatore di giri serve per trasformare la rotazione lenta delle pale in una rotazione più veloce dell'albero alla velocità tipica di un alternatore (3.000 – 3.600 giri al minuto) che genera la corrente alternata.

1.4 Generatore

Il generatore trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. I giri al minuto dell'aerogeneratore, e quindi la frequenza dell'energia elettrica prodotta, sono molto variabili (come lo è la velocità del vento).

Il generatore è del tipo asincrono trifase a induzione con rotore a gabbia, collegato alla rete tramite un convertitore di frequenza PWM che consente il funzionamento del generatore a velocità e tensione variabile, fornendo al contempo potenza costante. L'alloggiamento del generatore consente la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore. L'aria-acqua per lo scambio di calore avviene in uno scambiatore di calore esterno

1.5 Sistema d'imbardata

Negli aerogeneratori di media e grossa taglia l'esatto allineamento del rotore alla direzione del vento è un requisito essenziale per ottimizzare la resa e contemporaneamente evitare carichi aggiuntivi sull'aerogeneratore causati da un flusso d'aria obliquo, l'allineamento è garantito da un servomeccanismo, detto sistema di imbardata, mentre nei piccoli aerogeneratori è sufficiente l'impiego di una pinna direzionale. Nel sistema di imbardata un sensore, la banderuola, indica lo scostamento dell'asse della direzione del vento e aziona un motore che riallinea la navicella; essa forniscono una misurazione molto accurata della direzione del vento.

1.6 Sistema di controllo

Tutti i generatori eolici possiedono sistemi più o meno sofisticati di regolazione e controllo, in grado di adeguare istantaneamente le condizioni di lavoro della macchina al variare della velocità e della direzione dei venti.

Il funzionamento di un aerogeneratore quindi è regolato da un sistema di controllo che ne gestisce le diverse operazioni di lavoro e aziona il dispositivo di sicurezza per l'arresto in caso di malfunzionamento e di sovraccarico dovuto ad eccessiva velocità del vento.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono costantemente monitorate e controllate da diverse unità a microprocessore. La turbina eolica è dotata di sistema SGRE SCADA, il quale



attraverso controllo remoto invia informazioni utili per la valutazione del funzionamento delle macchine tra cui dati elettrici e meccanici, stato di funzionamento e guasto, dati meteorologici e della stazione.

Oltre al sistema SGRE SCADA, la turbina eolica è caratterizzata da un sistema che controlla il livello di vibrazione dei componenti principali e confronta l'effettivo spettro di vibrazione con una serie di spettri di riferimento stabiliti, revisionando poi i risultati si ottiene un'analisi dettagliata sullo stato degli aerogeneratori.

I dati trasmessi ai centri diagnostici, consentono la rilevazione precoce di anomalie e la prevenzione di potenziali guasti ottimizzando il piano di assistenza e anticipando le riparazioni prima che si verifichino danni gravi.

1.7 Sistema frenante

L'aerogeneratore è equipaggiato con 2 sistemi indipendenti di frenata (aerodinamico e meccanico) attivati idraulicamente e interconnessi al fine di controllare la turbina in tutte le condizioni di funzionamento. Il primo viene utilizzato per controllare la potenza dell'aerogeneratore, come freno di emergenza in caso di sovravelocità del vento e per arrestare il rotore. Il secondo viene utilizzato per completare l'arresto del rotore e come freno di stazionamento. Ciascun sistema, indipendentemente dall'inserimento dell'altro, è in grado di fermare la macchina.

2 Opere Civili

2.1 Fondazioni

L'aerogeneratore andrà a scaricare gli sforzi su una struttura di fondazione in cemento armato del tipo indiretto su pali. La fondazione è stata calcolata preliminarmente in modo tale da poter sopportare il carico della macchina e il momento prodotto sia dal carico concentrato posto in testa alla torre che dall'azione cinetica delle pale in movimento.

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione sono state eseguite con i metodi ed i procedimenti della geotecnica, tenendo conto delle massime sollecitazioni sul terreno che la struttura trasmette. Le strutture di fondazione sono dimensionate in conformità alla normativa tecnica vigente.

La fondazione degli aerogeneratori è costituita da un plinto su pali. Il plinto ed i pali di fondazione sono stati dimensionati in funzione delle caratteristiche tecniche del terreno derivanti dalle indagini geologiche e sulla base dall'analisi dei carichi trasmessi dalla torre (forniti dal costruttore dell'aerogeneratore), la giunzione tra torre e fondazione sarà realizzata mediante una flangia in acciaio a T bullonata. Si prevedono 12 pali di diametro pari a 0,8 m e lunghezza pari a 10 m.

I plinti saranno in C40/50, di forma tronco-conica con diametro pari a circa 23 m. Ad ogni buon conto, tutti i calcoli eseguiti e la relativa scelta dei materiali, sezioni e dimensioni andranno verificati in sede di progettazione esecutiva e potranno pertanto subire variazioni anche significative per garantire i necessari livelli di sicurezza. Pertanto, quanto riportato nel presente progetto, potrà subire variazioni in fase di progettazione esecutiva, in termini sia dimensionali (diametro platea, lunghezza e diametro pali) sia di forma (platea circolare/dodecagonale/etc., numero pali) fermo restando le dimensioni di massima del sistema fondazionale.

2.2 Adeguamenti viabilità esistente

2.2.1 Descrizione della viabilità di accesso all'area

L'accesso all'area parco potrà avvenire dalla SS407 Basentana, prendendo poi la SP27 Salandra-Grottole fino alla frazione Montagnola. L'accessibilità alle aree in cui sono collocati gli aerogeneratori FER A5 e FER A6 (località Masseria Bitonto) e in cui sono localizzati gli aerogeneratori FER A1, FER A2, FER A3 e FER A4 (località Monte Pocchiano) avviene mediante viabilità locale/interpodereale.

Alcuni tratti di queste strade sterrate necessitano interventi di miglioramento ed adeguamento della sede stradale, al fine di consentire il passaggio di trasporti eccezionali, tuttavia non saranno necessari movimenti terra significativi, per le condizioni generalmente discrete delle strade stesse. L'adeguamento di dette strade avrà un impatto positivo per i coltivatori della zona, andando a migliorarne la fruibilità e lasciando immutata la destinazione d'uso delle stesse, che rimarranno pubbliche.



2.2.2 Strade

La morfologia del territorio si presenta caratterizzato da suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della Fossa Bradanica, con l'altimetria variabile tra i 100 e i 860 m s.l.m.

La viabilità interna al parco eolico quindi sarà costituita da una serie di infrastrutture, in parte esistenti adeguate, in parte da adeguare e da realizzare ex-novo, che consentiranno di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui verranno posizionati gli aerogeneratori.

La realizzazione di nuovi tratti stradali sarà contenuta e limitata ai brevi percorsi che vanno dalle strade esistenti all'area di installazione degli aerogeneratori, i percorsi stradali ex novo saranno genericamente realizzati in massicciate tipo macadam (oppure cementata nei tratti in cui le pendenze diventano rilevanti) similmente alle carrarecce esistenti e avranno una larghezza pari a 5 m per uno sviluppo lineare pari a circa 2.000 metri.

Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento, per poter essere riutilizzato nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Inoltre, per ridurre il fenomeno dell'erosione delle nuove strade causato dalle acque meteoriche, lungo i cigli delle stesse sono previste delle fasce di adeguata larghezza, realizzate con materiale lapideo di idonea pezzatura, che oltre a consentire il drenaggio delle stesse acque meteoriche, saranno di contenimento allo strato di rifinitura delle strade.

Nelle zone in cui le strade di progetto percorreranno piste interpoderali esistenti, ove necessario, le opere civili previste consisteranno in interventi di adeguamento della sede stradale per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore. Detti adeguamenti prevedranno degli allargamenti in corrispondenza delle viabilità caratterizzate da raggi di curvatura troppo stretti ad ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza. Nella fattispecie, le necessità di trasporto dei componenti di impianto impongono che le strade abbiano larghezza minima di 5 m, nei tratti in curva la larghezza potrà essere aumentata ed i raggi di curvatura dovranno essere ampi (almeno 70 m); saranno quindi necessari interventi di adeguamento di alcune viabilità presenti al fine di consentire il trasporto degli aerogeneratori.

Nello specifico, tra gli aerogeneratori FER A2 e FER A3 e tra FER A5 e FER A6, la viabilità di cantiere e gli adeguamenti realizzati sono da considerarsi temporanei, così come le aree di manovra con opportuni raggi di curvatura in quanto si prevede il ripristino allo stato originario al termine delle attività di cantiere.

Si precisa che gli allargamenti delle sedi stradali avverranno in sinistra o in destra in funzione dell'esistenza di vegetazione di pregio (aree arboree o colture di pregio); laddove non si riscontrano situazioni particolari, legate all'eventuale uso del territorio, l'allargamento avverrà indifferentemente in entrambe le direzioni.

Tutte le strade saranno in futuro solo utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori, e saranno realizzate seguendo l'andamento topografico esistente in loco, cercando di ridurre al minimo eventuali movimenti di terra, utilizzando come sottofondo materiale calcareo e rifinandole con una pavimentazione stradale a macadam, oppure cementata nei tratti in cui le pendenze diventano rilevanti.



Tracciati stradali	adeguamento	Ex novo (m)	Misto stabiliz Ex novo (m)	Misto stabiliz Adeguamento (m)	Misto cement Ex novo (m)	Misto cement Adeguamento (m)
FER A1	-	700	700	-	-	-
FER A2	-	418	418	-	59	-
FER A2-FER A3	575	-	-	530	-	45
FER A3	-	111	111	-	-	-
FER A4	-	254	254	-	-	-
FER A5	653	-	-	599	-	54
FER A5-FER A6	-	263	555	-	102	-
FER A6	-	298	298	-	-	-
Totali	1228	2044	2336	1129	161	99

2.3 Piazzole di montaggio e stoccaggio

Ogni aerogeneratore è collocato su una piazzola contenente la struttura di fondazione delle turbine e gli spazi necessari alla movimentazione dei mezzi e delle gru di montaggio.

Le piazzole di montaggio dei vari componenti degli aerogeneratori sono poste in prossimità degli stessi e devono essere realizzate in piano o con pendenze minime (dell'ordine del 1-2% al massimo) che favoriscano il deflusso delle acque e riducano i movimenti terra. Le piazzole devono contenere un'area sufficiente a consentire sia lo scarico e lo stoccaggio dei vari elementi dai mezzi di trasporto, sia il posizionamento delle gru (principale e secondarie). Esse devono quindi possedere i requisiti dimensionali e plano altimetrici specificatamente forniti dall'azienda installatrice degli aerogeneratori, sia per quanto riguarda lo stoccaggio e il montaggio degli elementi delle turbine stesse, sia per le manovre necessarie al montaggio e al funzionamento delle gru.

Nel caso di specie, la scelta delle macchine comporta la necessità di reperire per ogni aerogeneratore un'area libera da ostacoli di dimensioni pari a circa 2.900 mq per gli aerogeneratori FER A1 e FER A2 (SG 5.0-145) e di circa 3.600 mq per i restanti aerogeneratori FER A4, FER A5 e FER A6 (SG 6.0-155), costituita da:

- Area oggetto di installazione turbina e relativa fondazione (non necessariamente alla stessa quota della piazzola di montaggio);
- area montaggio e stazionamento gru principale;
- area stoccaggio navicella;
- area stoccaggio trami torre;
- area movimentazione mezzi.

Tali spazi devono essere organizzati in posizioni reciproche tali da consentire lo svolgimento logico e cronologico delle varie fasi di lavorazione, come può evincersi anche dall'elaborato grafico del progetto allegato alla presente, in cui è riportato in dettaglio uno schema tipo di distribuzione.

In merito all'aerogeneratore FER A3 (SG 6.0-155), essendo esso nelle vicinanze di aree sottoposte a vincolo archeologico, si è resa necessaria la realizzazione di una piazzola funzionale al montaggio "just in time" di dimensioni ridotte rispetto alle precedenti (quasi 1.800 mq); in questo caso non è previsto prima lo stoccaggio e poi il successivo montaggio di tutti i componenti dell'aerogeneratore, ma alcuni di essi (ad es. i tronchi della torre) saranno assemblati direttamente all'arrivo nella suddetta area.



Attigua alle piazzole precedenti è prevista un'area destinata temporaneamente allo stoccaggio delle pale, di dimensioni pari a circa 2.000 mq, che potrà eventualmente solo essere spianata e livellata, al fine di ospitare i supporti a sostegno delle pale.

Il montaggio del braccio della gru principale sarà effettuato tra la piazzola dove sarà ubicato l'aerogeneratore e parte della viabilità di invito alla medesima, mentre saranno realizzate 2 piccole aree ausiliarie di dimensioni approssimative 8 x 12 m che ospiteranno le gru ausiliarie necessarie all'installazione del braccio della gru principale.

Le superfici delle piazzole realizzate per consentire il montaggio e lo stoccaggio degli aerogeneratori, verranno in parte ripristinate all'uso originario (piazzole di stoccaggio) e in parte ridimensionate (piazzole di montaggio) seguendo le indicazioni per la realizzazione di piazzole funzionali alla modalità di montaggio "just in time", in modo da consentire facilmente eventuali interventi di manutenzione o sostituzione di parti danneggiate dell'aerogeneratore.

Le caratteristiche e la tipologia della sovrastruttura delle piazzole devono essere in grado di sostenerne il carico dei mezzi pesanti adibiti al trasporto, delle gru e dei componenti. Lo strato di terreno vegetale proveniente dalla decorticazione da effettuarsi nel luogo ove verrà realizzata la piazzola sarà opportunamente separato dal materiale proveniente dallo sbancamento per poterlo riutilizzare nei riporti per il modellamento superficiale delle scarpate e delle zone di ripristino dopo le lavorazioni.

Al termine dei lavori per l'installazione degli aerogeneratori la sovrastruttura in misto stabilizzato verrà rimossa nelle aree di montaggio e stoccaggio componenti, nonché nelle aree per l'installazione delle gru ausiliarie e nella zona di stoccaggio pale laddove presente.

Infine, la realizzazione delle piazzole prevede opere di regimazione idraulica tali da garantire il deflusso regolare delle acque e il convogliamento delle stesse nei compluvi naturali esistenti, prevenendo dannosi fenomeni di dilavamento del terreno.

2.4 Area Cantiere e Area Trasbordo

In prossimità dell'aerogeneratore FER A4 saranno realizzate un'area di cantiere ed un'area di trasbordo.

L'area di cantiere di circa 4.300 mq, sarà utilizzata per l'installazione di prefabbricati, adibiti a uffici, magazzini, servizi etc... L'area sarà altresì utilizzata come deposito mezzi ed eventuale stoccaggio di materiali.

L'area di trasbordo di dimensioni pari a circa 6.000 mq, sarà utilizzata per lo scarico delle pale (lunghezza pale pari a 71 m nel caso dell'aerogeneratore SG 5.0-145 e 76 m per il modello SG 6.0-155) dai comuni convogli di trasporto e carico su mezzi Blade Lifter per consentire un più agevole attraversamento all'interno dell'area del parco fino al sito di installazione.

Analogamente alcuni dei componenti dell'aerogeneratore verranno trasbordati dai convogli tradizionali e approvvigionati alle postazioni di montaggio mediante convogli più agili ovvero dotati di rimorchio semovente.



Figura 1 – Trasporto mediante Blade Lifter



Figura 2 - Trasporto con convoglio semovente

Montate le torri e installate su ciascuna delle loro sommità la navicella con il rotore e le pale, si procederà a smantellare i collegamenti ed i piazzali di servizio (opere provvisori) in quanto temporanei e strumentali alla esecuzione delle opere, ripristinando così lo status quo ante.

2.5 Dimensioni Complessive e Stima Movimenti terra di Strade e Piazzole

Nel presente paragrafo sono illustrate le dimensioni complessive delle strade e le stime di massima dei volumi di terreno interessati dalla realizzazione delle:

- Nuove Strade
- Piazzole di Montaggio e definitive
- Aree temporanee di stoccaggio
- Svincoli Temporanei
- Cavidotto MT



La movimentazione dei terreni per lo scavo dei cavidotti sarà limitata alle zone di scavo stesso (il terreno viene accantonato nei pressi dello scavo stesso) e per i brevi periodi necessari alla posa dei cavi.

Il volume di terreno da movimentare per la realizzazione del progetto nelle varie fasi di lavoro è riportato nella seguente tabella:

Tabella 1 - Movimento materie, volumi di scavi e riporti

Tracciati	Scavo (m ³)	Riporto (m ³)
FER A1	13772.32	23794.36
FER A2	1587.45	14287.87
FER A3	5189.49	3054.70
FER A4	13381.07	1180.17
FER A5	4432.24	3931.19
FER A6	2827.44	1272.40
Area stoccaggio e trasbordo	5333.59	3286.29
Allargamenti stradali	4833.01	2134.30
CAVIDOTTO	13000	1690
Totali	64356.61	54631.28

Tabella 2 – Interventi sulla viabilità

viabilità	(m)
viabilità da adeguare	1228
viabilità ex novo	2044
Totale	3272

Complessivamente, per le opere civili (strade/fondazioni/piazzole di stoccaggio e montaggio), si prevede uno scavo di ca. 64.300 m³ inclusa la rimozione dello strato vegetale superficiale per uno spessore di 30 cm, mentre lo scavo per i cavidotti è di ca. 13.000 m³.

Il materiale proveniente dagli scavi sarà accantonato temporaneamente nei pressi degli stessi siti di scavo (ad esempio nelle piazzole dei singoli aerogeneratori) e riutilizzato all'interno dello stesso sito o trasportato in altro sito all'interno del cantiere-impianto eolico per poi essere in seguito utilizzato per il ripristino di quelle aree da riportare alla situazione ante operam.

Dal momento che l'area delle piazzole di stoccaggio pale e delle aree adibite ad ospitare le gru ausiliarie verrà ripristinata, la stessa sarà rinaturalizzata mediante ricoprimento di terreno vegetale proveniente dallo scotico in fase di realizzazione e opportunamente stoccato.

Per poter ripristinare tutte le aree non funzionali alla fase di esercizio, sarà necessario utilizzare altri volumi di terreno provenienti dall'esterno del cantiere per una quantità pari a circa 1750 m³.



3 Connessione alla RTN

Per la connessione dell'impianto eolico, in base alla soluzione di connessione (soluzione tecnica minima generale STMG - codice pratica del preventivo di connessione 201901107 del 04.12.2019), il futuro impianto eolico sarà collegato a 150 kV sulla futura stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV denominata "Garaguso" da inserire in entra – esce sulla linea RTN a 380 kV "Matera – Laino".

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle infrastrutture di rete, sarà necessario condividere lo stallo in stazione con gli impianti codice pratica 201900320 della società ITW San Mauro Forte, codice pratica 201900196 della società Agricola Nipio S.a.r.l., codice pratica 201800254 della società Wind Salandra S.r.l., codice pratica 201900195 della società Energia Fotovoltaica 11 S.r.l., codice pratica 201900261 della società Ferrandina S.r.l., e con ulteriori utenti della RTN. Il nuovo elettrodotto a 150 kV per il collegamento del parco in oggetto allo stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione a 380/150 kV della RTN, costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

In particolare, l'energia prodotta dagli aerogeneratori verrà convogliata, tramite un cavidotto interrato a 30 kV. A valle del cavidotto esterno in MT è prevista la realizzazione di una sottostazione elettrica di condivisione e trasformazione da media ad alta tensione (MT/AT) situata nelle immediate vicinanze del punto di consegna. Tale sottostazione, pertanto, sarà distinguibile in due unità separate: la prima, indicata anche come "stazione di condivisione a 150 kV", sarà utilizzata per condividere lo stallo di connessione assegnato da Terna SpA tra diversi produttori di energia e la seconda, indicata anche come "stazione utenza di trasformazione 30/150 kV". Il collegamento tra la sottostazione di trasformazione e la sottostazione di consegna verrà realizzato mediante cavo in alta tensione come previsto dalla STMG in modo da trasferire l'energia elettrica prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante la futura Stazione Elettrica (SE) 150 kV RTN denominata "Garaguso", ubicata in località "Vaccarizza" nel settore sud orientale del territorio comunale di Garaguso (MT).

3.1 Cavidotti, rete elettrica e sottostazione

Le opere relative alla rete elettrica interna al parco eolico, oggetto del presente lavoro, possono essere schematicamente suddivise in due sezioni:

- opere elettriche di trasformazione e di collegamento fra aerogeneratori;
- opere di collegamento alla rete del Gestore Nazionale.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore è trasformata da bassa a media tensione per mezzo del trasformatore installato a bordo navicella e quindi trasferita al quadro MT posto a base torre all'interno della struttura di sostegno tubolare.

Di qui l'energia elettrica prodotta da ciascun circuito (sottocampo) è trasferita mediante un cavidotto interrato MT al nuovo stallo per essere trasformata in alta tensione ed infine immessa nella rete di trasmissione nazionale AT di proprietà TERNA S.p.A..

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi che verranno posati ad una profondità non inferiore a 120 cm, con un tegolo di protezione in prossimità dei giunti (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore.

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che, sia per una che per due terne, avrà una larghezza di 50 cm, mentre la sezione di posa sarà variabile a seconda della loro ubicazione in sede stradale o in terreno. Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

Presso la SSE è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV;
- la misura dell'energia prodotta dal parco;
- la consegna a TERNA S.p.A.

All'interno della sottostazione sarà presente un edificio adibito ad ospitare i locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo ed il gruppo elettrogeno. È prevista la realizzazione di uno stallo di trasformazione a servizio del presente parco.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 35 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;
- trasformatori di corrente per misure e protezione;
- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.



4 Ripristini e Stato finale dell'opera

Al termine dei lavori, cioè quando non è più richiesta la presenza dei mezzi di trasporto di grandi dimensioni, l' "uso di suolo" sarà molto limitato in quanto molte delle aree impegnate in fase di cantiere verranno ripristinate al loro stato originario.

È il caso, ad esempio, della viabilità di cantiere tra gli aerogeneratori FER-A2 e FER-A3. Si prevede, inoltre, la riduzione delle piazzole a servizio degli aerogeneratori ed il ripristino di tutti gli allargamenti temporanei, nonché delle aree di cantiere e trasbordo.

Tutte le scarpatine ai bordi della viabilità e delle piazzole definitive dell'impianto saranno oggetto di interventi di rinverdimento con specie arbustive ed arboree. L'interessamento delle superfici boscate o ad esse assimilabili interessate dai lavori è stata attentamente valutata in termini di compatibilità ecologica, ambientale e paesaggistica, in virtù della quale saranno realizzati degli interventi compensativi di riequilibrio in area limitrofa all'impianto.

Gli interventi di cui sopra, si rendono necessari anche in virtù del vigente quadro normativo di settore, che subordina la trasformazione di boschi ad interventi compensativi su superficie doppia rispetto a quella interessata.

Le opere di ripristino del terreno vegetale superficiale possono attenuare notevolmente gli impatti sull'ambiente naturale, annullandoli quasi del tutto nelle condizioni maggiormente favorevoli. Tali opere hanno anche la finalità di evitare o limitare i fenomeni erosivi innescati dalla sottrazione e dalla modifica dei suoli. Inoltre, la ricostituzione della coltre erbosa può consentire notevoli benefici anche per quanto riguarda le problematiche legate all'impatto visivo.

Le stesse opere, inoltre, devono essere realizzate in funzione dello specifico sito di installazione del parco eolico, per cui la tipologia di piante e materiali impiegati a tale scopo dovrà essere adottata seguendo il criterio dell'uso di semine autoctone e materiali naturali.

Le aree che saranno ripristinate allo stato originario, sono chiaramente evidenziate negli elaborati di progetto e possono essere così sintetizzate:

- Piazzole di stoccaggio;
- Piazzole di montaggio (saranno ridimensionate e la parte restante verrà ripristinata);
- Scarpate delle Piazzole di montaggio;
- Aree per lo stoccaggio dei componenti e delle pale;
- Aree per l'installazione del braccio della gru principale;
- Allargamenti e manti stradali;
- Area di cantiere e trasbordo.

Saranno ripristinati i manti stradali utilizzando quanto più possibile i materiali di risulta dello scavo stesso; naturalmente, dove il manto stradale sarà di tipo sterrato sarà ripristinato allo stato originale mediante un'operazione di costipatura del terreno, mentre dove eventualmente il manto stradale è in materiale asfaltato sarà ripristinato l'asfalto asportato.

Per le scarpate (zone in scavo e riporto) sono previste in generale pendenze contenute, in modo da poter intervenire quasi esclusivamente con riporti di terreno vegetale e, quindi, consentire un efficace ripristino del manto vegetale senza alcuna necessità di ricorso ad operazioni più complesse ed onerose.

5 Dimensionamento dell'impianto

Il sito scelto per l'installazione degli aerogeneratori interessa i territori comunali di Ferrandina, Salandra e Garaguso.

L'intera zona è caratterizzata principalmente da terreni ad uso agricolo (principalmente a seminativo). Nella parte che comprende gran parte dell'area di progetto, si evidenzia la presenza di suoli delle colline sabbiose e conglomeratiche della Fossa Bradanica. Si trovano a quote comprese tra 100 e 860 m s.l.m. ed il loro uso è prevalentemente agricolo, a seminativi asciutti e oliveti.

Nella tabella sottostante sono illustrate le coordinate delle posizioni scelte per l'installazione degli aerogeneratori.

Tabella 3 - ubicazione planimetrica degli aerogeneratori di progetto

WTG	D rotore	H tot	Coordinate UTM-WGS84 fuso 33		Coordinate GB-Roma 40 fuso est	
			E	N	E	N
FERA1	145	175	617028	4489752	2637037	4489758
FERA2	145	175	617533	4489769	2637542	4489775
FERA3	155	200	618333	4489221	2638342	4489227
FERA4	155	200	617799	4488906	2637809	4488912
FERA5	155	200	617725	4488258	2637735	4488264
FERA6	155	200	617322	4487501	2637232	4487507

L'impianto è costituito da 6 aerogeneratori di grande taglia, due dei quali con potenza nominale unitaria pari a 5 MW (SG 5.0-145) e i restanti quattro con potenza pari a 6 MW (SG 6.0-155). L'aerogeneratore ha le seguenti caratteristiche dimensionali:

SG 5.0-145	SG 6.0-155
• potenza nominale aerogeneratore: 5.0MW	• potenza nominale aerogeneratore: 6.0MW
• altezza hub: 102,50 m	• altezza hub: 122 m
• diametro rotore: 145 m	• diametro rotore: 155 m
• altezza totale 175 mt	• altezza totale 200 mt

Negli studi ambientali e specialistici sono stati comunque utilizzati i parametri in generale più penalizzanti per i diversi aspetti a favore di sicurezza per gli eventuali impatti potenziali previsti.

Il layout di impianto è scaturito tenendo in considerazione i seguenti fattori principali:

- condizioni geomorfologiche del sito;
- direzione principale del vento;
- vincoli ambientali e paesaggistici;
- distanze di sicurezza da infrastrutture e fabbricati;
- pianificazione territoriale ed urbanistica in vigore.

Il tutto come meglio illustrato negli studi specialistici facenti parte integrante del progetto.



5.1 Regime di vento del sito e disposizione ed orientamento degli aerogeneratori

È possibile giungere ad una valutazione utile della risorsa eolica grazie a calcoli e confronti con dati di stazioni anemometriche ritenute storiche perché con un periodo di rilevazione di 10 anni e oltre. La caratterizzazione anemologica dell'area di interesse è stata effettuata da società specializzata che dispone di oltre 30 serie di dati anemometrici misurati a terra su duecento complessivamente pertinenti l'anemologia lucana. Tali dati sono stati utilizzati per qualificare, col rigore necessario, la risorsa eolica nella regione in generale e nel sito di interesse in particolare. Tale base si consolida ulteriormente grazie ad alcune misure, tuttora attive, che da circa vent'anni, senza soluzione di continuità e costantemente mantenute ed aggiornate, consentono di soddisfare i requisiti temporali richiesti dalla vigente normativa regionale e, soprattutto, permettono di validare la ventosità di lungo periodo con dati sperimentali di consistenza e qualità ineguagliabile a fini statistici.

Nel caso specifico, si è potuto disporre di due serie di dati storici con una disponibilità di circa 19 anni e 11 anni, che per confronti e correlazioni, sono risultate appartenenti ai medesimi regimi di vento dell'area più estesa che include il sito di interesse.

Le valutazioni anemologiche di producibilità sono state effettuate considerando i modelli di WTG SG 5.0-145 e SG 6.0-155, entrambi modelli Siemens Gamesa, con potenza complessiva di 34 MW.

5.2 Previsione di produzione energetica

La stima energetica del parco in progetto è stata ottenuta a partire dal campo di velocità sulle posizioni delle turbine, considerando la curva di potenza caratteristica della macchina considerata. I valori di produzione lorda attesa tenendo conto delle sole perdite dovute alla scia degli aerogeneratori è pari a 89,8 GWh/anno, ad essi vanno sottratte le perdite di impianto in modo da ottenere una producibilità netta dell'impianto pari a **81,2 GWh/anno, corrispondente a circa 2.387 ore equivalenti nette di operatività alla massima potenza.**

Nelle tabelle di seguito si riportano il dettaglio della produzione per singola turbina al netto delle sole perdite di scia, le perdite di impianto e la producibilità netta dell'impianto.

Tabella 4 – produzione delle singole turbine al netto delle sole perdite di scia

ID	Velocità Media Vento (m/s)	Perdite di Scia (%)	Energia annua con Perdite di scia (GWh)	Ore Equivalenti (h)
FER A1	6.22	2.6	13.864	2773
FER A2	6.86	4.9	15.949	3190
FER A3	5.96	5.7	14.226	2371
FER A4	6.55	5.7	16.863	2810
FER A5	6.04	5.2	14.591	2432
FER A6	5.86	1.7	14.338	2390
media Impianto	6.25	4.3	14.972	2642

Tabella 5 – Perdite d’impianto

Perdite considerate	%
Densità dell’aria (1.158 kg/m ³)	-4.0%
Disponibilità aerogeneratori	-3.0%
Perdite elettriche dell’impianto	-2.0%
Altre perdite	-1.0%
Totale perdite	-9.7%

Tabella 6 - Produzione stimata per il parco in progetto.

Producibilità netta P50%						
Impianto	Potenza nominale [MW]	N° AG	H mozzo (m)	Potenza impianto [MW]	Producibilità [GWh/anno]	Ore [Ore/anno]
Ferrandina	5.0	2	102.5	34.0	81.157	2387
	6.0	4	122.5			

I risultati del monitoraggio riportano che la velocità media del vento a 25 m dal suolo è superiore a 4 m/s, con direzioni prevalenti da nord-ovest a sud-est.

Gli aerogeneratori sono stati quindi disposti in modo da massimizzare la produzione elettrica del parco e ridurre gli effetti aerodinamici; considerando inoltre il requisito imposto dal PIEAR, all’art. 1.2.1.6 dell’Appendice A, così come modificato dalla LR 38 del 22/11/2018, secondo la quale: “Per garantire adeguate condizioni di funzionalità produttiva, nonché la presenza di corridoi di transito per la fauna oltre che per ridurre l’impatto visivo a causa dell’effetto selva, gli aerogeneratori appartenenti allo stesso impianto, ovvero posti in prossimità di altri impianti di qualunque consistenza, devono essere disposti in modo tale che:

- 1) La distanza minima tra gli aerogeneratori, misurata a partire dall’estremità delle pale disposte orizzontalmente, sia pari a tre volte il diametro del rotore più grande;
- 2) La distanza minima tra le file di aerogeneratori, disposti lungo la direzione prevalente del vento, sia pari a 6 volte il diametro del rotore più grande; nel caso gli aerogeneratori siano disposti su file parallele con una configurazione sfalsata, la distanza minima tra le file non può essere inferiore a 3 volte il diametro del rotore più grande.”

In questo caso la distanza minima considerata tra le file è di 3 volte il diametro massimo del rotore tra i modelli di aerogeneratori di progetto. Nella figura sottostante è illustrato il rispetto di tale condizione, così come di quella prevista al punto 1), con particolare riguardo alla distanza minima tra gli aerogeneratori, misurata a partire dall’estremità delle pale disposte orizzontalmente, che deve risultare pari a tre volte il diametro del rotore di dimensioni maggiori. La figura di seguito mostra (con cerchi color magenta) la distanza di 3D, pari a 465 m (155 m*3), a partire dall’estremità delle pale disposte orizzontalmente di ciascuna turbina, rappresentate dai cerchi di color rosso. È evidente che detti cerchi non intersecano gli asse aerogeneratore, ovvero la distanza di 3D così definita è ampiamente rispettata.

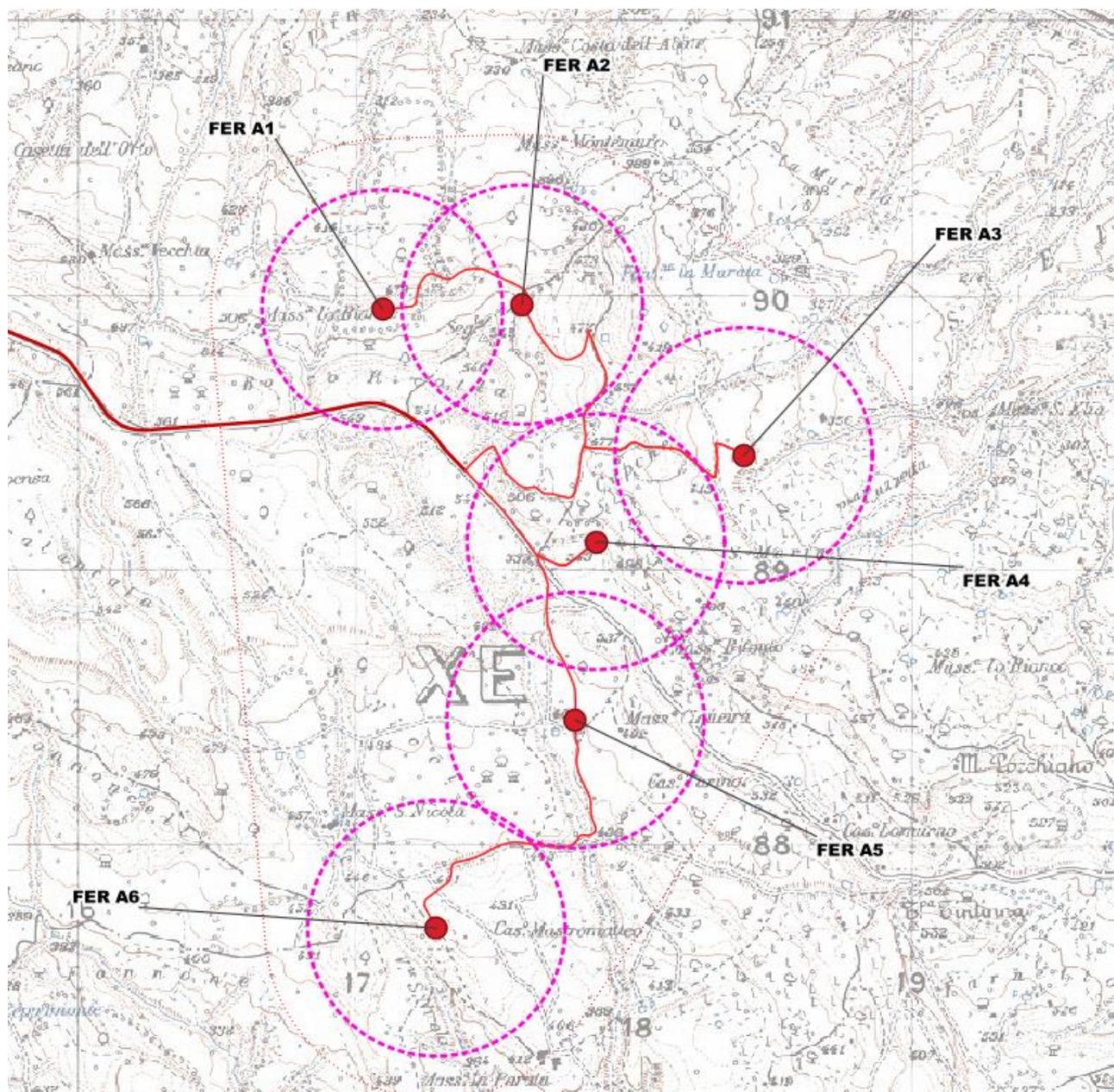


Figura 5 – Verifica 3D

L' Appendice A del PIEAR al punto 1.2.1.3 definisce i requisiti tecnici minimi per gli impianti eolici di grande generazione, che devono soddisfare i vincoli tecnici minimi:

1. Velocità media annua del vento a 25 m dal suolo non inferiore a 4 m/s;
2. Ore equivalenti di funzionamento dell'aerogeneratore non inferiori a 2.000 ore;
3. Densità volumetrica di energia annua unitaria non inferiore a 0,15 kWh/(anno·m³), (così come modificato dalla LR. 4/2014) come riportato nella formula seguente.

$$Ev = \frac{E}{18D^2H} \geq 0,15$$

Dove:

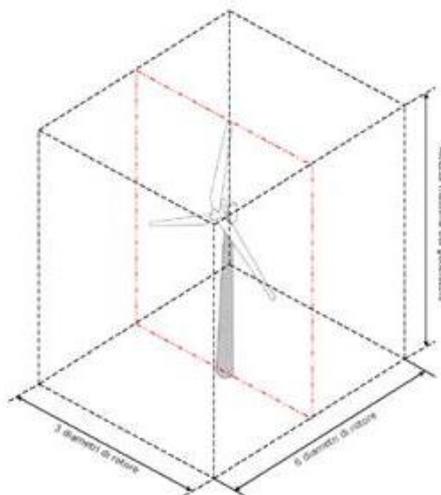
- E = energia prodotta dalla turbina (espressa in kWh/anno); D = diametro del rotore (espresso in metri);
- H = altezza totale dell'aerogeneratore (espressa in metri), somma del raggio del rotore e dell'altezza da terra del mozzo;
- d) Numero massimo di aerogeneratori: 30 (10 nelle aree di valore naturalistico, paesaggistico ed ambientale) (...).

Ai fini della valutazione delle ore equivalenti, di cui al punto b, e della densità volumetrica, di cui al punto c, valgono le seguenti definizioni:

Ore equivalenti di funzionamento di un aerogeneratore: rapporto fra la produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in megawattora (MWh) (basata sui dati forniti dalla campagna di misure anemometriche) e la potenza nominale dell'aerogeneratore espressa in megawatt (MW).

Densità volumetrica di energia annua unitaria (Ev): rapporto fra la stima della produzione annua di energia elettrica dell'aerogeneratore espressa in chilowattora anno, e il volume del campo visivo occupato dall'aerogeneratore espresso in metri cubi e pari al volume del parallelepipedo di lati 3D, 6D e H, dove D è il diametro del rotore e H è l'altezza complessiva della macchina (altezza del mozzo + lunghezza della pala);

La densità volumetrica di energia annua unitaria è un parametro di prestazione dell'impianto che permette di avere una misura dell'impatto visivo di due diversi aerogeneratori a parità di energia prodotta. Infatti, avere elevati valori di Ev significa produrre maggiore energia a parità di impatto visivo dell'impianto.



Il punto d) è evidentemente soddisfatto, dato che il progetto prevede l'installazione di 6 WTG. Anche gli altri punti sono soddisfatti come illustrato nella tabella di seguito, in cui si riportano i risultati delle attività di verifica dei requisiti minimi richiesti dalla Regione Basilicata (Rispetto di quanto richiesto dal punto 1.2.1.3 del PIEAR).

Identificativo della Norma	Requisito tecnico	Valore soglia	Valore di verifica	Esito
a.	Velocità media annua a 25 m dal suolo	≥4 m/s	4.53 m/s	Positivo
b.	Ore equivalenti di funzionamento (MWh/MW) considerando: Potenza impianto 34 MW Energia prodotta 89,830 MWh/anno	≥2000 h/anno	2642 h/anno	Positivo
c.	Densità volumetrica di energia annua unitaria (kWh/(anno·m³)) considerando: 1. Energia media 14,972 MWh/anno 2a. H mozzo 102.5 m / D rotore 145 m 2b. H mozzo 122.5 m / D rotore 155 m	≥0.2	≥0.2	Positivo
d.	Numero di aerogeneratori	≤ 30 (0 10)	6	Positivo

L'impianto in progetto soddisfa dunque tutti i requisiti tecnici minimi richiesti dal PIEAR della Regione Basilicata.

L' Appendice A del PIEAR al punto 1.2.1.5 definisce inoltre requisiti anemologici per gli impianti eolici di grande generazione. Per essi, la campagna di misura della velocità del vento deve avere determinate caratteristiche, facilmente verificabili, per il caso in esame.

5.3 Impianto elettrico

I cavi principali MT saranno dimensionati in modo tale che risulti soddisfatta la relazione:

$$I_b \leq I_z$$

$$\Delta V\% \leq 4\%$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego del cavo;
- I_z è la portata del cavo, calcolata tenendo conto del tipo di cavo e delle condizioni di posa;
- $\Delta V\%$ è la massima caduta di tensione calcolata a partire dalla cabina di consegna fino all'aerogeneratore più lontano (massima caduta di tensione su ogni sottocampo).

Come sopra accennato, il parco eolico in progetto sarà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale per mezzo di un nuovo stallo condiviso con altri produttori realizzato in adiacenza a quella già autorizzata nel territorio comunale di Garaguso.

Gli aerogeneratori del campo saranno suddivisi in 2 circuiti (o sottocampi):

- Sottocampo 1: 6 x3 = 18 MW (FER A6 - FER A5 - FER A4)
- Sottocampo 2: 5 x3 = 16 MW (FER A1 - FER A2 - FER A3)

La rete avrà una lunghezza complessiva di circa 22 km, si riporta nella tabella seguente il calcolo delle perdite di tensione nei cavi elettrici.

Tabella 7: perdite di tensione nei cavi

Circuito	Tratto	Potenza	Corrente	Sezione cavo	Lunghezza	Caduta di tensione	Caduta di tensione	Caduta di tensione complessiva



		MW	A	mmq	m	V	%	%
1	A6-A5	6	115.47	120	1263	82.85	0.28%	0.28%
	A5-A4	12.0	230.94	240	887	57.83	0.19%	0.47%
	A4-SET	18.0	346.41	630	15936	611.94	2.04%	2.51%
2	A1-A2	5	96.23	120	700	38.27	0.13%	0.13%
	A2-A3	10	192.45	240	1642	89.22	0.30%	0.42%
	A3-SET	16	307.92	630	16739	571.36	1.90%	2.33%

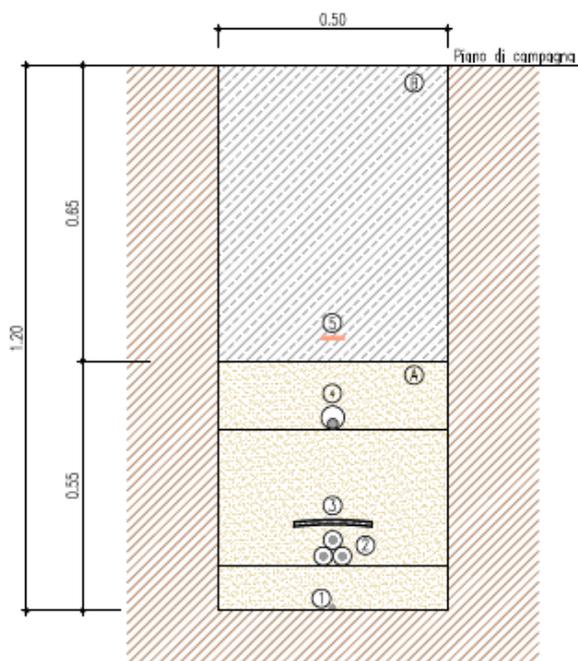
I cavi verranno posati ad una profondità non inferiore a 120 cm, con una tegolo di protezione in prossimità dei giunti (nei casi in cui non è presente il tubo corrugato) ed un nastro segnalatore. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligata che avrà una larghezza di 50 cm.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi.

Le figure seguenti riportano alcune sezioni tipo del cavidotto

SEZIONE TIPO 1A - SU TERRENO IN FREGIO ALLA VIABILITA'



LEGENDA		
(A) Sabbia ϕ 0-3 mm	(F) Stabilizzato ϕ 0-25 mm	(3) Tegolino di protezione
(B) Rinterro con terreno proveniente dagli scavi	(G) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(4) Fibra ottica in tubazione ϕ 50
(C) Terreno vegetale	(H) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Bynder)	(5) Nastro monitor
(D) Conglomerato cementizio C 15/25	(1) Cavo di terra	(6) Cavidotto in PEAD SN 8 ϕ 150
(E) Pietrisco ϕ 70-120 mm	(2) Cavi MT	

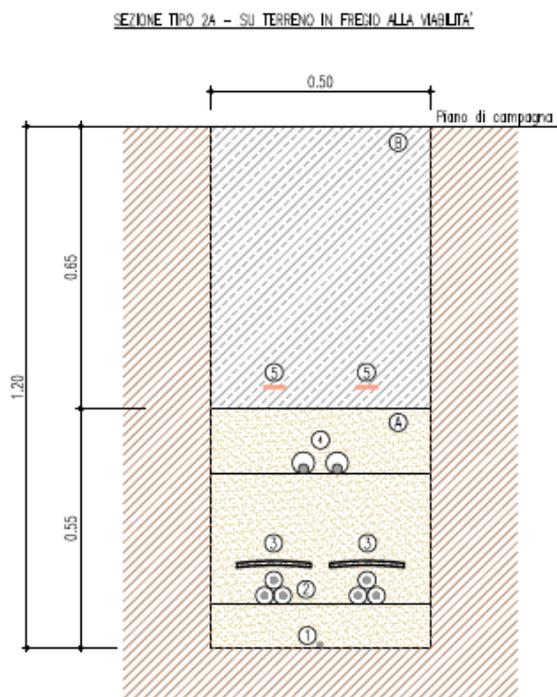
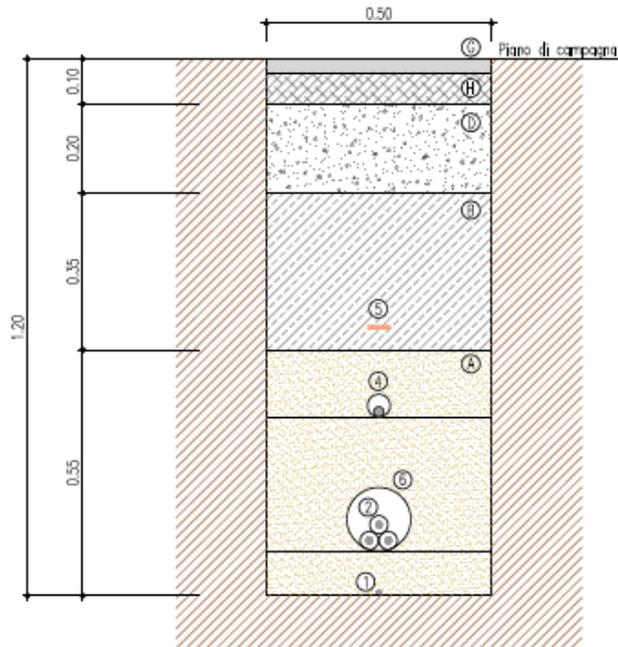


Figura 6: sezioni tipo 1A e 2A cavidotto

SEZIONE TIPO 1B - SU STRADE ASFALTATE



LEGENDA		
Ⓐ Sabbia ϕ 0-3 mm	Ⓕ Stabilizzato ϕ 0-25 mm	③ Tegolino di protezione
Ⓑ Rinterro con terreno proveniente dagli scavi	Ⓖ Conglomerato bituminoso - Strato di base	④ Fibra ottica in tubazione ϕ 50
Ⓒ Terreno vegetale	Ⓗ Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Bynder)	⑤ Nastro monitor
Ⓓ Conglomerato cementizio C 15/25	① Cavo di terra	⑥ Cavidotto in PEAD SN 8 ϕ 150
Ⓔ Pietrisco ϕ 70-120 mm	② Cavi MT	

SEZIONE TIPO 2B - SU STRADE ASFALTATE

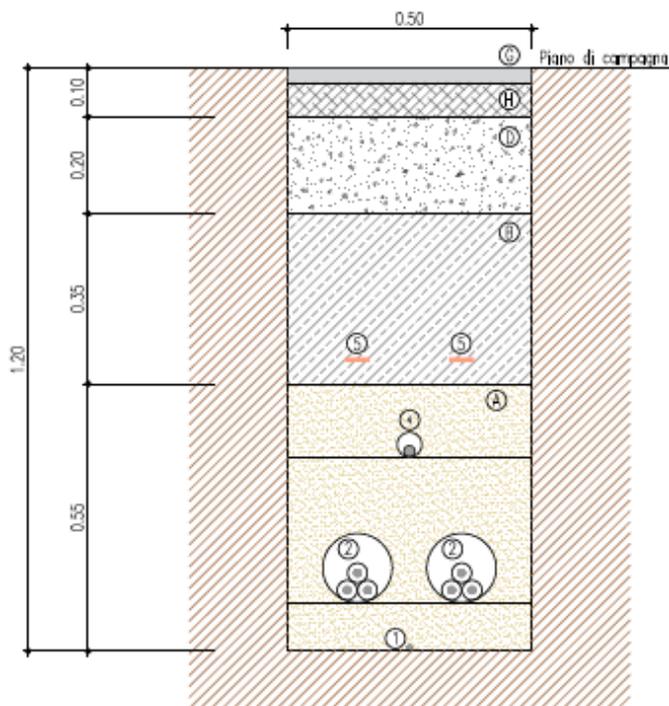
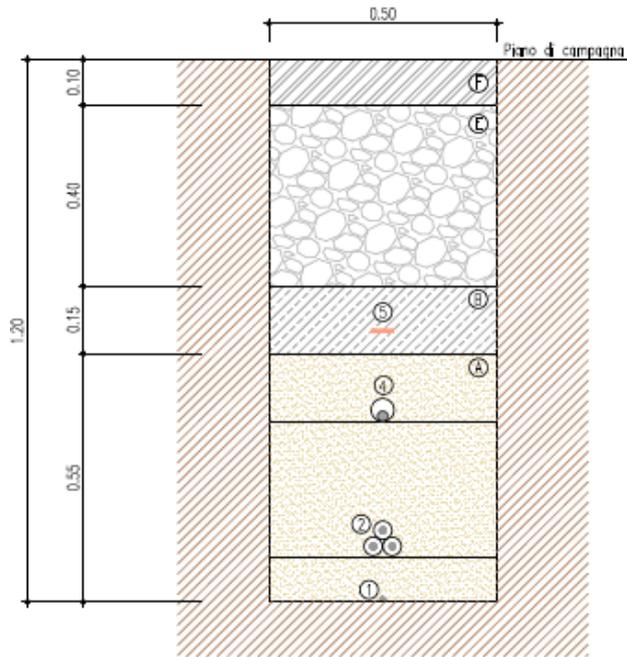


Figura 7: sezioni tipo 1B e 2B cavidotto

SEZIONE TIPO 1C - SU STRADE IN MISTO STABILIZZATO



LEGENDA		
(A) Sabbia ϕ 0-3 mm	(F) Stabilizzato ϕ 0-25 mm	(3) Tegolino di protezione
(B) Rintiro con terreno proveniente dagli scavi	(G) Conglomerato bituminoso - Strato di base	(4) Fibra ottica in tubazione ϕ 50
(C) Terreno vegetale	(H) Conglomerato bituminoso - Strato di collegamento (Byrider)	(5) Nastro monitor
(D) Conglomerato cementizio C 15/25	(1) Cavo di terra	(6) Cavidotto in PEAD SN 8 ϕ 150
(E) Pietrisco ϕ 70-120 mm	(2) Cavi MT	

SEZIONE TIPO 2C - SU STRADE IN MISTO STABILIZZATO

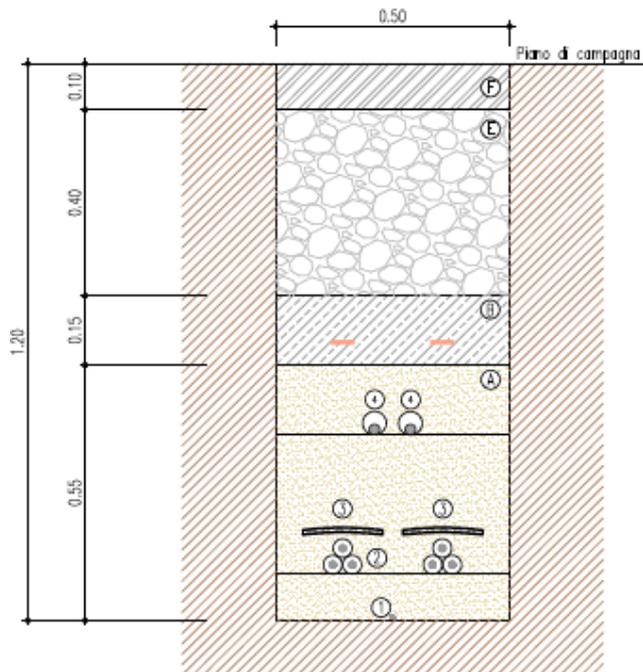


Figura 8: sezioni tipo 1C e 2C cavidotto

6 Criteri di scelta delle soluzioni impiantistiche di protezione contro i fulmini, con l'individuazione e la classificazione del volume da proteggere

Nel presente capitolo si effettua la valutazione del rischio di fulminazione delle strutture facenti parte dell'impianto eolico in oggetto, con riferimento al rischio di perdita di vita umana. Il calcolo non tiene conto del fatto che l'area in esame, data la sua collocazione, è caratterizzata da una scarsa presenza di persone, che di fatto riduce la probabilità di danno a valori inferiori a quelli risultanti dall'applicazione della suddetta procedura.

6.1 Individuazione delle strutture da proteggere

Le strutture da installare all'interno dell'impianto eolico di "Montagnola" consistono in:

- gli aerogeneratori comprendenti al loro interno tutte le apparecchiature elettriche
- nuovo impianto di trasformazione MT/AT

Per tali strutture si è proceduto al calcolo del solo rischio di perdita di vite umane (rischio di tipo 1), secondo quanto previsto dalla Norma CEI EN 62305-2.

6.2 Calcolo delle componenti di rischio

L'impostazione della valutazione del rischio secondo la Norma CEI EN 62305-2 si basa sulle seguenti definizioni:

Sorgenti di danno

S1: fulmine sulla struttura

S2: fulmine in prossimità della struttura

S3: fulmine sulla linea

S4: fulmine in prossimità della linea

Tipo di danno

D1: danno ad esseri viventi per elettrocuzione

D2: danno materiale

D3: guasto di impianti elettrici ed elettronici

Tipo di perdita

L1: perdita di vite umane, alla quale è associato il rischio R1

L2: perdita di servizio pubblico, alla quale è associato il rischio R2

L3: perdita di patrimonio culturale insostituibile, alla quale è associato il rischio R3

L4: perdita economica, alla quale è associato il rischio R4

Nel presente documento si fa riferimento alla sola perdita di vite umane (L1), in quanto le altre non sono di interesse per il caso specifico.

Componenti di rischio

Le singole componenti di rischio definite nella suddetta norma sono le seguenti:

**Sorgente S1**

- RA = componente relativa ai danni ad esseri viventi per elettrocuzione dovuta a tensioni di contatto e di passo all'interno della struttura e all'esterno in zone fino a 3 m attorno alle calate.
- RB = componente relativa ai danni materiali causati da scariche pericolose all'interno della struttura che innescano l'incendio e l'esplosione e che possono anche essere pericolose per l'ambiente.
- RC = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S2

- RM = componente relativa al guasto di impianti interni causata dal LEMP (impulso elettromagnetico del fulmine)

Sorgente S3

RU = componente relativa ai danni ad esseri viventi dovuti a tensioni di contatto all'interno della struttura dovuta alla corrente di fulmine iniettata nella linea entrante nella struttura stessa.

RV = 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 la linea entrante.

RW = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

Sorgente S4

RZ = componente relativa al guasto di impianti interni causata da sovratensioni indotte sulla linea e trasmesse alla struttura.

La Tabella seguente della Norma, di seguito riportata, associa le componenti di rischio ai rischi relativi a ciascun tipo di perdita.

Sorgente di danno	Fulminazione diretta della struttura (S1)			Fulminazione in prossimità della struttura (S2)	Fulminazione diretta di una linea entrante (S3)	Fulminazione in prossimità di una linea entrante (S4)		
	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Componente di rischio								
Rischio per ciascun tipo di perdita								
R1	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾	X	X	X ⁽¹⁾	X ⁽¹⁾
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X ⁽²⁾	X	X	X	X ⁽²⁾	X	X	X

⁽¹⁾ Solo 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 ad uso agricolo in cui si può verificare la perdita di animali



Nel caso in esame, ove è di interesse il solo rischio R1 si ha pertanto:

$$R_1 = R_A + R_U + R_B + R_V$$

Il calcolo delle componenti di rischio è effettuato con le seguenti formule:

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \text{ dove: } L_A = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \text{ dove: } L_B = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_U = (N_L + N_{Dj}) \times P_U \times L_U \text{ dove: } L_U = r_t \times L_T \times n_z / n_t \times t_z / 8760$$

$$R_V = (N_L + N_{Dj}) \times P_V \times L_V \text{ dove: } L_U = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times n_z / n_t \times t_z / 8760 \text{ e}$$

dove:

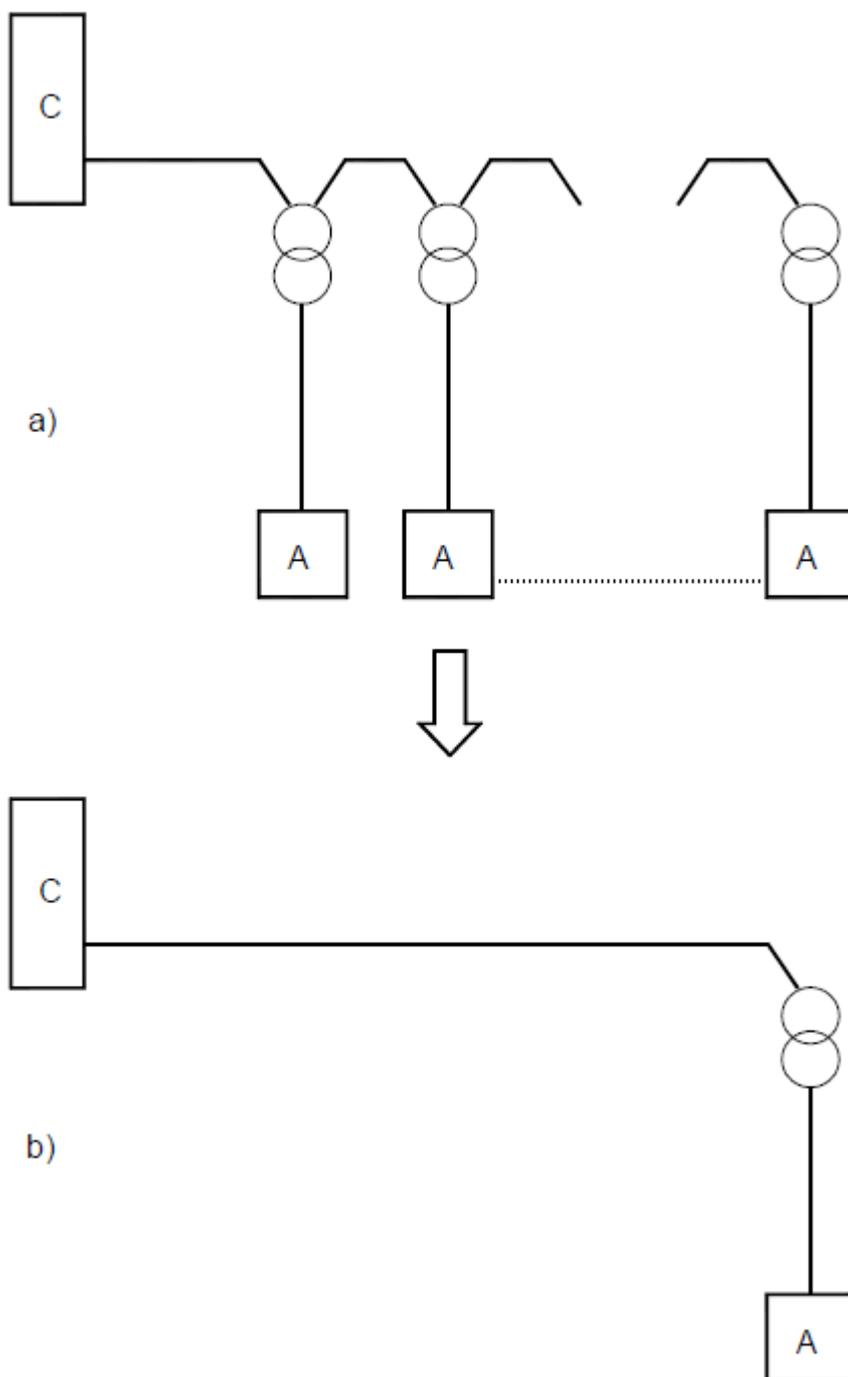
- N_D = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura
- N_L = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta di una linea
- N_{Dj} = numero di eventi pericolosi per fulminazione diretta della struttura adiacente
- P_A = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sulla struttura)
- P_B = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sulla struttura) P_U = probabilità di danno ad esseri viventi (fulminaz. sul servizio connesso)
- P_V = probabilità di danno materiale in una struttura (fulminaz. sul servizio connesso)
- L_T = percentuale media di vittime per elettrocuzione (D1) causato da un evento pericoloso
- L_F = percentuale media di vittime per danno materiale (D2) causato da un evento pericoloso
- r_t = fattore di riduzione dipendente dal tipo di terreno o pavimentazione
- r_p = fattore di riduzione delle perdite correlato alle misure antincendio
- r_f = fattore di riduzione delle perdite correlato al carico di incendio
- h_z = fattore che incrementa le perdite in presenza di pericoli particolari n_z = numero delle persone nella zona
- n_t = numero di persone nella struttura
- t_z = tempo in ore all'anno per cui le persone sono presenti nella zona

Individuazione delle strutture da proteggere e delle linee ad esse collegate

Per l'impianto in oggetto le strutture da proteggere sono le seguenti:

- Aerogeneratori (A)
- Stazione elettrica SSE AT/MT (C)

Il collegamento tra tali strutture è schematizzato nella seguente figura seguente: si nota la presenza di un trasformatore (MT/BT) in corrispondenza dell'arrivo di ciascun aerogeneratore



Sulla base delle caratteristiche delle strutture in esame e delle modalità di collegamento tra di esse si può affermare quanto segue:

- relativamente agli aerogeneratori, la componente N_{Da} che tiene conto del rischio di danno materiale causato da un fulmine che colpisce la struttura connessa a quella in esame, può ritenersi nullo, in quanto gli aerogeneratori sono tra loro separati da due trasformatori. Pertanto, ai fini del calcolo del rischio dovuto a fulminazione indiretta

lo schema equivalente da considerare è quello di figura (b), dove sono state trascurate le connessioni fra aerogeneratori;

- relativamente alla cabina di consegna, la linea che alimenta il sottocampo, ai fini del calcolo della probabilità di fulminazione indiretta tale linea è schematizzata come un'unica linea equivalente;
- ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, per tale linea è stata considerata cautelativamente una tensione di tenuta all'impulso $U_m = 6 \text{ kV}$, anche se, la loro tensione di tenuta all'impulso è senz'altro maggiore;
- sempre ai fini del calcolo delle probabilità PU e PV, tale linea è caratterizzata da uno schermo avente resistenza $1 < R_s < 5 \text{ } \Omega/\text{km}$;
- coefficienti di installazione CI delle linee sopra dette, riportati in tabella A.2 (Norma CEI 81-10), sono riferiti a $\rho = 400 \text{ } \Omega\text{m}$.

I parametri di base assunti per il calcolo del rischio di fulminazione sono i seguenti (desunti da una banca dati europea conforme alla guida CEI 81-30):

- $N_g = 1.80 \text{ fulmini/anno/km}^2$ – area parco eolico;
- $N_g = 2.00 \text{ fulmini/anno/km}^2$ – area SET.

Tipi di struttura: Struttura di tipo industriale

Tipo di suolo fino a 5m di distanza dalla struttura:

- SSE AT/MT: cemento
- Aerogeneratori: vegetale

Rischio di incendio:

- Aerogeneratori: ordinario
- Cabina di consegna: ordinario

Rischio ammissibile: 10^{-5} (n° morti/anno)

Coefficiente di posizione delle strutture:

- SSE AT/MT: $C_d = 1$ (struttura isolata)
- Aerogeneratori: $C_d = 2$ (struttura isolata sulla cima di una collina).

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'utilizzo di apposito software (Impiantus - Fulmini ACCA Software) si può concludere che le strutture non autoprotette sono gli aerogeneratori, a causa dell'elevata componente di rischio RA.

Per la SSE AT/MT il rischio ottenuto è inferiore al valore limite, nonostante le numerose ipotesi cautelative assunte per i calcoli.

Per quanto riguarda gli aerogeneratori, per ridurre la componente di rischio RA, secondo la Tabella B.2 della Norma verrà adottato un LPS di classe I unito ad un adeguato sistema disperdente per limitare le tensioni di passo e contatto.

In tal modo i nuovi valori del rischio calcolato R saranno compatibili con la normativa di settore.

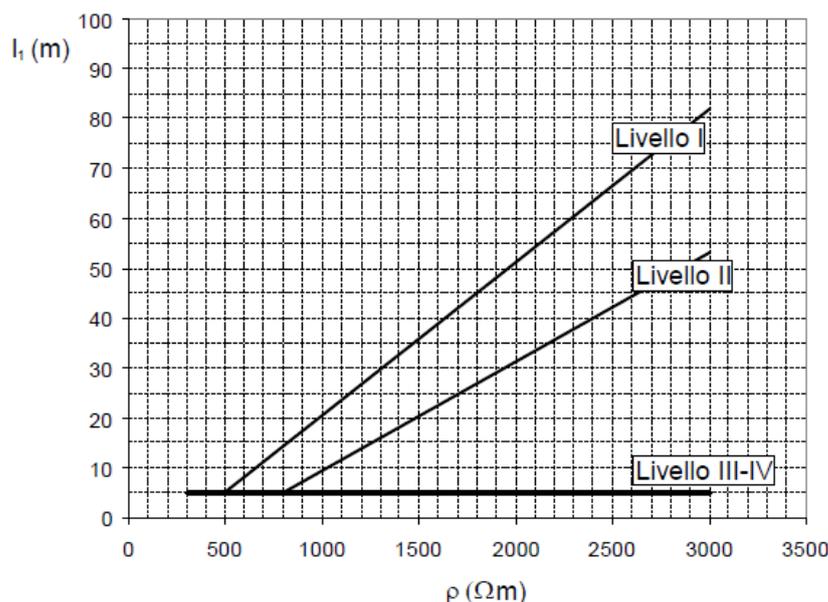
6.3 Verifica del dispersore dell'aerogeneratore ai fini della protezione contro i fulmini

La verifica si riferisce al dispersore dell'aerogeneratore il quale dovrà assolvere agli scopi di protezione contro i contatti indiretti e di protezione contro le scariche atmosferiche (LPS).

Il dispersore sarà posato intorno alla struttura dell'aerogeneratore e sarà formato da almeno quattro anelli di cui tre posati sopra la fondazione ed uno annegato all'interno della stessa. Gli anelli saranno collegati tra loro nel collettore principale.

Con riferimento alla Norma CEI EN 62305-3 il dispersore d'impianto è di tipo B; appartengono a questo tipo di dispersore sia quello ad anello esterno alla struttura in contatto con il suolo per almeno l'80% della sua lunghezza totale, sia il dispersore di fondazione. Nel caso in esame, l'anello che circonda il basamento del sostegno di ogni singolo aerogeneratore dovrà essere tale che, il raggio r del cerchio equivalente all'area racchiusa dallo stesso dispersore ad anello, non risulti essere inferiore al valore di l_1 rilevato dal grafico riportato nella figura seguente (vedi Fig.2 par.5.4.2.1 Norma CEI EN 62305-3), secondo i livelli di protezione I, II, III, IV rispettivamente.

Nel caso in oggetto, poiché il LPS è di livello I nel caso dell'aerogeneratore e la resistività del suolo è pari a $100 \Omega\text{m}$, si ha di $l_1 = 5 \text{ m}$.

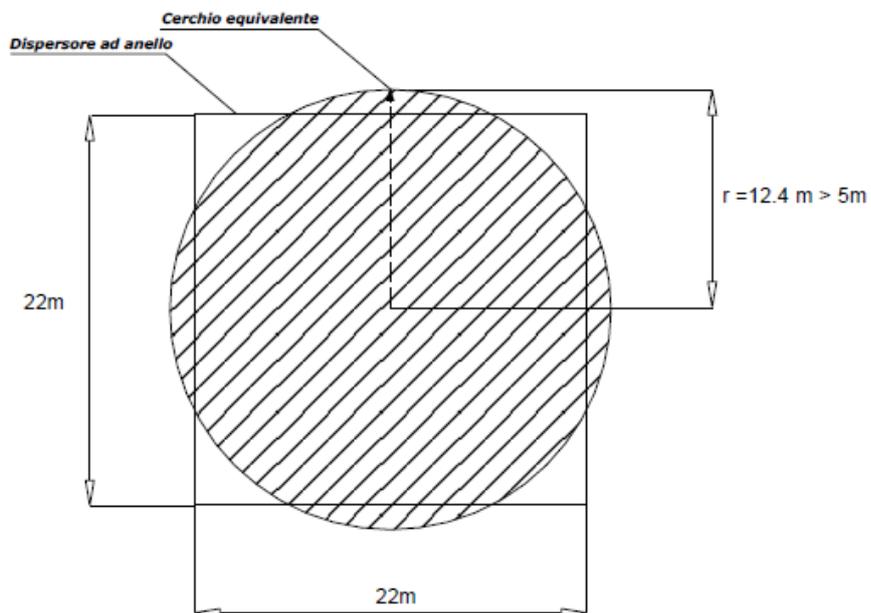


Lunghezza minima degli elementi del dispersore in funzione dei livelli di protezione (il III e IV sono indipendenti dalla resistività del suolo)

Dovrà essere pertanto:

$$r \geq 5 \text{ m}$$

Nel caso dell'aerogeneratore risulta che il raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore di terra dell'aerogeneratore misura 13 m circa, pertanto è conforme alla suddetta prescrizione normativa.



Raggio del cerchio equivalente all'area del dispersore ad anello tipo "B" di ogni singolo aerogeneratore