



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI PIETRAGALLA



COMUNE DI POTENZA



COMUNE DI VAGLIO BASILICATA

Committente:

EXENERGY s.r.l.

GRvalue

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO
"PARCO EOLICO POGGIO D'ORO"

Titolo:

Relazione tecnica
impianto eolico

Tavola:

A.9

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

Ing. Paolo Battistella

-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Viviani

-Responsabile V.I.A.:

Arch. Antonio De Maio

-Studio Paesaggistico:



N°	REVISIONE	DATA	RED.	APPR.
1	Ottimizzazione	05/2021	-	-
0	Emissione	06/2019	-	-

Data:

Maggio 2021

Committente:
EXENERGY S.r.l.
Via Principe Amedeo, 7 – 85010 Pignola (PZ)

Parco Eolico Poggio d'Oro
RELAZIONE TECNICA IMPIANTO EOLICO
A9

O. PREMESSA	2
A. DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO	3
A.1 FONDAZIONI	5
A.2 TORRE	6
A.3 PIAZZOLE	7
A.4 VIABILITÀ.....	9
A.5 TURBINE.....	12
A.6 STAZIONE DI CONSEGNA	15
A.7 CAVIDOTTO	19
B. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO.....	21
B.1 SITO INSTALLAZIONE	21
B.2 POTENZA TOTALE.....	22
B.3 REGIME DI VENTO NEL SITO	25
B.4 DISPOSIZIONE ED ORIENTAMENTO DEGLI AEROGENERATORI	26
B.5 PREVISIONE DI PRODUZIONE ENERGETICA	27
B.6 REQUISITI TECNICI MINIMI	29
C. SOLUZIONI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI	30
C.1 DESCRIZIONE FENOMENO.....	30
C.2 FULMINE E AEROGENERATORE.....	30
C.3 RETE DI TERRA	32

	Redatto	Note	Data
Rev.A	P.Battistella	Ottimizzazione	Aprile 2021
Emissione	P.Battistella		Giugno 2019

O. PREMESSA

La società Exenergy S.r.l. ha presentato il 10/09/2019 istanza di avvio del Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 152/2006 per il "Progetto di impianto per la produzione di energia da fonte eolica ricadente nei comuni di Pietragalla e Potenza in località "Poggio d'Oro", costituito da 13 aerogeneratori da 4,2MW per una potenza complessiva pari a 54,6 MW".

Dopo la pubblicazione del progetto sul portale online "Valutazioni e Autorizzazioni Ambientali" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sono pervenute diverse osservazioni.

Le varie osservazioni sono state attentamente analizzate dalla Società, al fine di valutare possibili soluzioni tecniche migliorative applicabili al progetto per diminuirne l'impatto complessivo e recepire, per quanto possibile, le esigenze ivi rappresentate, in uno spirito di piena collaborazione.

La presente rimodulazione completa del Progetto è il risultato di tale processo di ottimizzazione.

In particolare l'eliminazione di tre aerogeneratori, al fine di rimuovere ogni possibile impatto sul sito archeologico di Cozzo Staccata, viene compensata con la sostituzione dell'aerogeneratore Vestas modello V117, con un altro modello, sempre di fabbricazione Vestas, corrispondente al modello più efficiente "V136" da 4,2MW.

L'altezza al mozzo della torre (pari a 91,5 m. nel progetto originario) viene modificata adottando due opzioni, al fine di meglio adattarsi alle localizzazioni specifiche dei singoli aerogeneratori:

- I. torre di 82 m. per gli aerogeneratori più vicini a case abitate e/o in condizioni di potenziale maggiore visibilità;
- II. torre di 112 m. per tutti gli altri aerogeneratori.

A. DESCRIZIONE DEI DIVERSI ELEMENTI PROGETTUALI CON LA RELATIVA ILLUSTRAZIONE ANCHE SOTTO IL PROFILO ARCHITETTONICO

Il progetto dell'impianto eolico "Poggio d'Oro" prevede la realizzazione delle seguenti opere:

Opere civili:

- **plinti di fondazione**, del tipo diretto o su pali a seconda delle caratteristiche del sottosuolo, su cui vengono solidarizzati gli aerogeneratori;
- **piazzole** a servizio delle singole macchine con superficie più estesa nella fase di costruzione/montaggio in quanto, oltre ad alloggiare gru principale e gru di servizio, dovrà permettere il deposito momentaneo dei componenti da installare (tronchi di torre, navicella e pale). Quest'ultima funzione sarà svolta tramite l'occupazione temporanea di superficie limitrofa che, una volta completata l'operazione di montaggio, sarà ripristinata nelle condizioni originarie. La piazzola rimarrà invece disponibile per l'esercizio e la manutenzione, ovvero per permettere l'accesso dei mezzi di supporto compreso mezzo con cestello per raggiungere le parti più elevate della turbina;
- **viabilità interna** di collegamento delle piazzole, da realizzare con scavi a sezione aperta di sbancamento al di sotto del piano di campagna, formazione di ossatura stradale, compattazione e cilindratura dello strato definitivo in macadam. Non sono previste opere di impermeabilizzazione della sede stradale tramite asfaltatura. Per i tratti di massima pendenza (>16%) sarà invece da valutare l'opportunità di eseguire un fondo di calcestruzzo;
- **area provvisoria di stoccaggio** dei componenti maggiori da installare, quali pale, sezioni di torre, navicella. L'area dovrà prevedere una superficie piana, di dimensione adeguate con una portata consona ai carichi dovuti ai mezzi di trasporto;
- **cavidotto interrato** da realizzarsi con scavi a sezione obbligata, posa di sabbione su fondo scavo, stesura dei cavi elettrici e di segnale, protezione con coppelle prefabbricate, rinterro, compattazione e segnalazione. Non sono previsti tratti di collegamento elettrico aereo;
- **adeguamento strade di accesso** al sito. In particolare, dopo una verifica puntuale da eseguire congiuntamente al trasportatore, si dovranno eventualmente adeguare raggi di raccordo delle curve, le pendenze e la larghezza della carreggiata.

Opere impiantistiche - fornitura e posa in opera:

- dieci **aerogeneratori** completi costituiti da torre, navicella, rotore e di tutta la parte impiantistica;

-
- **generatore elettrico** e apparecchi per la trasformazione dell'energia prodotta, misurazione, collegamento al cavidotto interrato e cessione alla rete pubblica e sezionamento;
 - impianto di **monitoraggio e controllo** della singola macchina e del parco eolico nel suo insieme;
 - **cavidotti** in MT con cabine di raccolta;
 - opere relative alla realizzazione delle opere elettromeccaniche di uno **stallo produttori** in area Terna già esistente.

Le voci più importanti delle opere previste vengono brevemente descritte nei paragrafi seguenti.

A.1 Fondazioni

Le fondazioni di un aerogeneratore sono progettate in base alle caratteristiche del terreno e quindi non è possibile definire la soluzione ideale prima di aver completato tutti gli studi geotecnici.

In linea di principio, le fondazioni si dividono in due tipologie principali:

- ✓ plinto diretto
- ✓ plinto a pali.

Per entrambe le soluzioni si prevede che il loro piano superiore sia ad almeno 1 metro al di sotto del piano di campagna: ciò permetterà, in fase di dismissione, la rimozione della struttura per un metro di profondità.

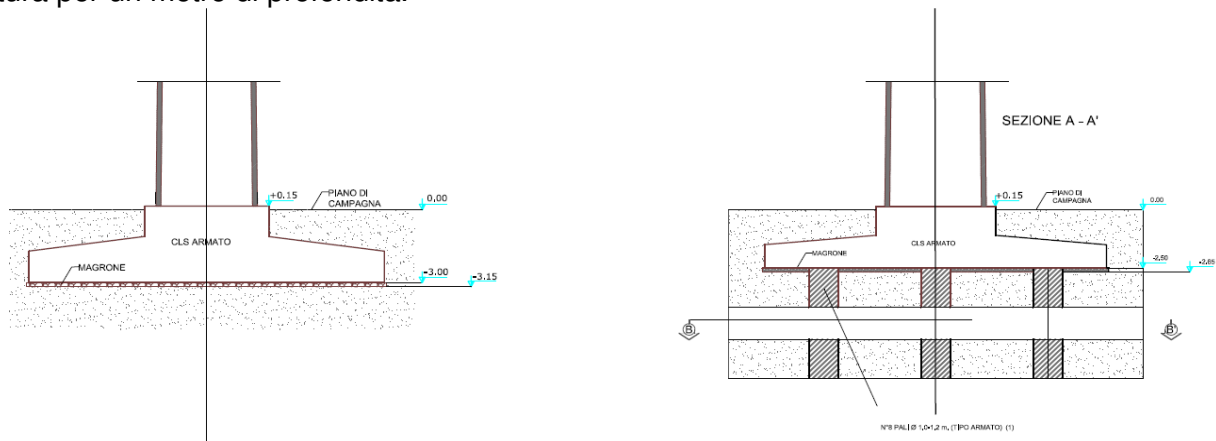


Figura 1 Tipico sezione fondazione diretta e a pali

La soluzione prevista per l'impianto è orientata sull'utilizzo di soluzione diretta (a gravità) per la gran parte delle postazioni. La decisione sarà però effettuata non appena conclusi i sondaggi specifici previsti per ogni postazione.

La pianta della fondazione può assumere varie forme geometriche, dal classico plinto quadro, a quello esagonale al più moderno circolare. La scelta del tipo di fondazione, la forma e il dimensionamento definitivo verranno eseguiti in sede di progetto esecutivo ottimizzando gli aspetti strutturali.

Per quanto riguarda il dimensionamento, è prevista una dimensione massima del lato del plinto, o del diametro nel caso di plinto circolare, di 20m. Viste le caratteristiche del terreno è però ipotizzabile una dimensione inferiore. Lo spessore del plinto è previsto di 2-3m. Nel caso di plinto a pali le dimensioni saranno più contenute.

Il collegamento tra torre e plinto potrà essere eseguito con due diverse metodologie:

- ✓ con bicchiere di fondazione; ovvero con un cono di torre immerso nel plinto con flangia superiore imbullonata con quella di base della torre;
- ✓ Con gabbia di tirafondi; la flangia di base della torre è collegata ad una flangia immersa nella parte inferiore del plinto mediante dei tirafondi (barre in acciaio).

La scelta della tecnologia da applicare sarà eseguita dal Progettista civile in sintonia con il costruttore/fornitore dell'aerogeneratore.

A.2 Torre

L'altezza al mozzo della torre (pari a 91,5 m. nel progetto originario) viene modificata adottando due opzioni, al fine di meglio adattarsi alle localizzazioni specifiche dei singoli aerogeneratori:

- I. torre¹ di 82m per gli aerogeneratori più vicini a case abitate e/o in condizioni di potenziale maggiore visibilità;
- II. torre di 112m per tutti gli altri aerogeneratori.

La torre ha le seguenti caratteristiche;

- ✓ torre tubolare in acciaio;
- ✓ colore grigio antiriflesso;
- ✓ suddivisione in elementi collegati a mezzo flangiatura per permettere il trasporto dei singoli segmenti sul sistema viario nazionale;
- ✓ la frequenza propria della torre è superiore alla frequenza di giri del rotore per evitare problemi di risonanza;
- ✓ nessuna restrizione nel range di velocità di rotazione per assenza di sovrapposizione nelle frequenze;
- ✓ la progettazione della torre sarà eseguita secondo NTC2018 considerando i carichi operativi ed eccezionali secondo normativa IEC61400-1. Inoltre sarà eseguita verifica sismica;
- ✓ la costruzione sarà eseguita in conformità alle leggi nazionali;
- ✓ alcune torri saranno dotate del sistema di segnalazione per l'Aeronautica.

Per i particolari si veda la tavola "A.16.b2 Sezioni tipo degli aerogeneratori".

¹ In realtà la torre è più bassa di 82m. Infatti c'è più di 1m tra la ralla di appoggio della navicella alla sommità della torre e l'asse del mozzo del rotore che definisce l'altezza mozzo (Hhub). È però consuetudine definire l'altezza torre con l'altezza Hhub risultante.

A.3 Piazzole

Il progetto prevede la riduzione al minimo dei movimenti di terra, e quindi degli impatti sul territorio. Le necessità di spazio per il montaggio dell'aerogeneratore è però importante, infatti è necessario:

- posizionare la gru principale, considerare che la distanza dall'asse della fondazione deve essere di 25m e che il montaggio del traliccio della gru richiede uno spazio libero rettilineo di 100m circa;
- posizionare la gru ausiliaria;
- permettere l'arrivo dei trasporti entro il raggio di lavoro della gru principale;
- eseguire le operazioni di scarico dei componenti (tronchi di torre, navicella, pale, ecc.) prevedendo aree libere per lo stoccaggio momentaneo;
- montare a terra il rotore
- considerare la presenza della fondazione e relativa distanza operativa.

Un tipico esempio di piazzola richiesta per la turbina V136 è riportata. Si sottolinea la possibilità di adeguare la geometria al caso specifico.

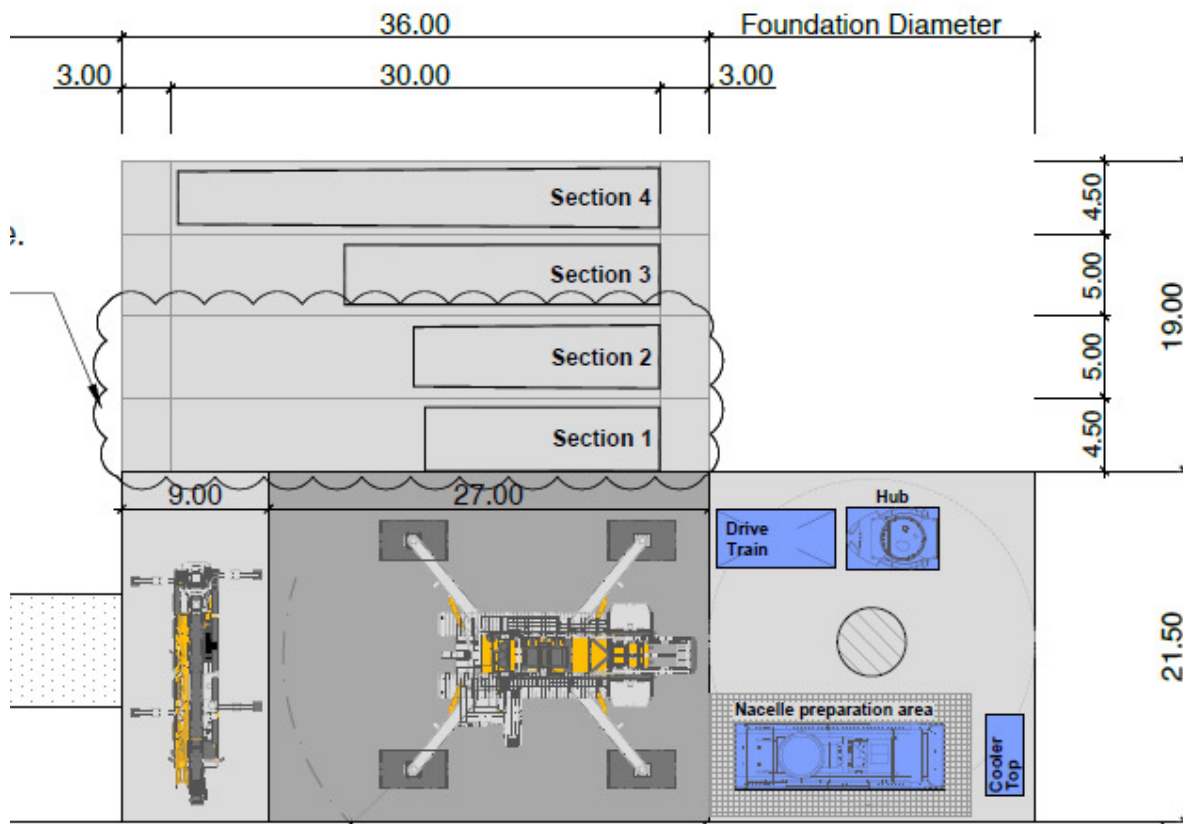


Figura 2 Piazzola tipica per WTG V136 82m²

² Si consideri l'area di stoccaggio delle torri quale area provvisoria. Previo accordi con Vestas, è possibile limitare lo stoccaggio a due sezioni di torre. Il diametro di fondazione massimo atteso è di 20m.

Il posizionamento della gru richiede un margine di sicurezza dal margine della scarpata in riporto come mostrato in figura. Nel caso ciò non fosse garantito si dovrà provvedere ad apposito lavoro di consolidamento in accordo con VESTAS.

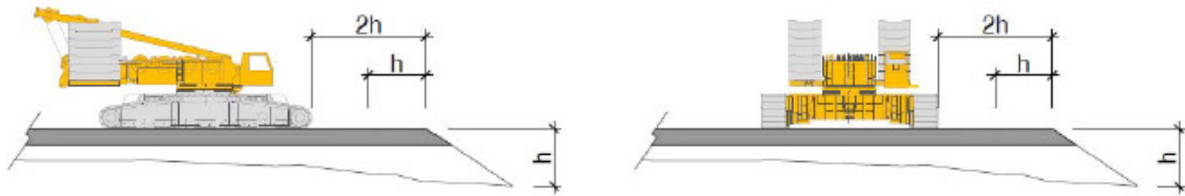


Figura 3 Posizionamento della gru e scarpata in riporto

Per l'area di stoccaggio delle pale è previsto l'utilizzo provvisorio di una superficie adiacente alla piazzola nella quale verranno predisposte, dopo una pulizia dell'intera area da vegetazione o altro, due strutture di appoggio come visibile nella seguente figura.

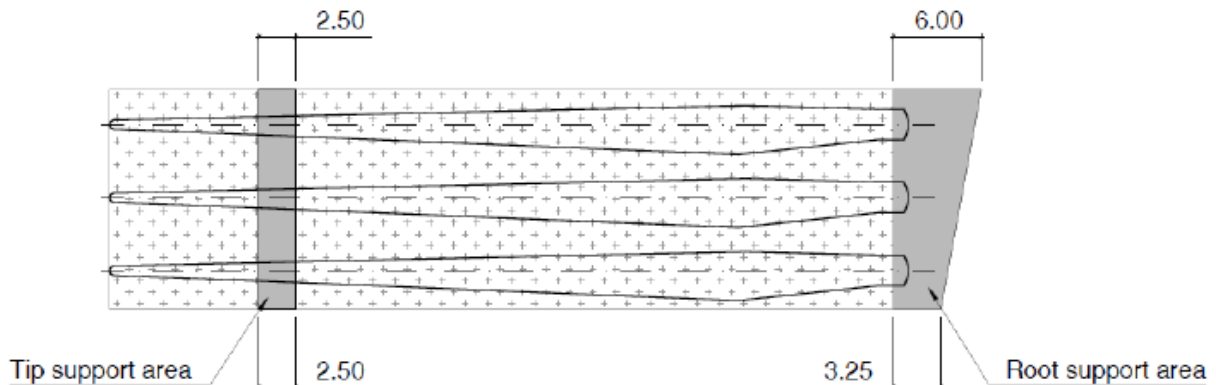


Figura 4 Area di stoccaggio delle pale con evidenziate le due zone di appoggio.

Finito il montaggio le due aree di appoggio verranno ripristinate allo stato originale.

A.4 Viabilità

Le caratteristiche delle strade di accesso devono essere tali da soddisfare le richieste di trasporto che sono di seguito elencate.

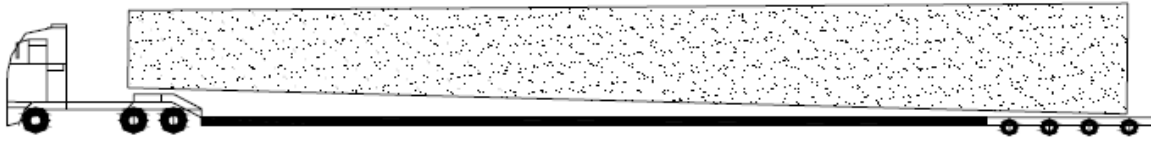


Figura 5 Trasporto tratto di torre metallica

Pendenza Massima

La pendenza massima della strada che i camion dei componenti delle turbine eoliche possono superare è direttamente proporzionale alla qualità della pavimentazione.

Come criterio generale di progettazione, su strade sterrate in ghiaia o un aggregato classificato la massima pendenza longitudinale stradale dei parchi eolici non dovrebbe superare un valore del 10%. Migliorando le condizioni della superficie è consentito arrivare al 14% superando i quali è necessario accordarsi con il costruttore al fine di prendere in considerazione l'uso di autocarri speciali o veicoli aggiuntivi per trainare i camion in condizioni di sicurezza.

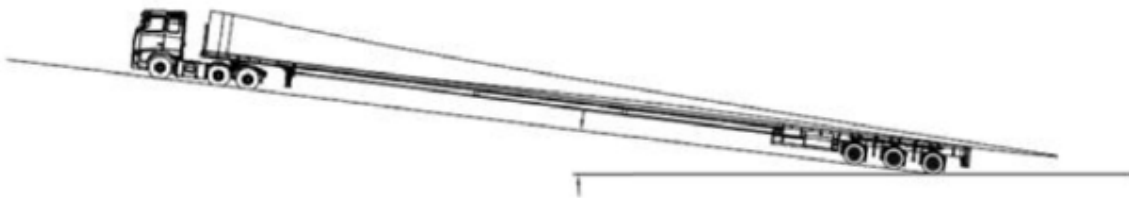


Figura 6 Pendenza longitudinale

Raggio raccordo verticale

I cambi di pendenza longitudinali devono essere raccordati con un raggio di raccordo minimo di 500m per la V136.

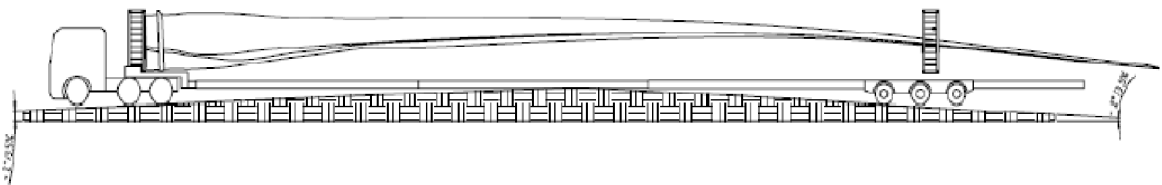


Figura 7 Trasporto pala

Pendenza trasversale

La pendenza trasversale della sezione stradale non deve eccedere il 2%.



Figura 8 Pendenza trasversale

Altezza libera

Lo spazio libero sopra il piano stradale deve essere di almeno 4,7m. Questo valore dipende dalla disponibilità di speciali rimorchi idraulici a pianale ribassato per il trasporto delle sezioni della torre.

Qualsiasi ostacolo o pericolo permanente situato in alto (ad esempio linee elettriche e telefoniche) deve essere segnalato con appositi marker visivi che saranno mantenuti in posizione per tutta la durata del costruzione e installazione del parco eolico.

Capacità portante delle strade

La capacità di carico delle strade del parco eolico deve essere di almeno 2 Kg/cm². Come ulteriore criterio le strade saranno progettate per sopportare un carico per asse di camion di 12 Ton.

Geometria delle strade

Le richieste legate alla geometria del percorso stradale sono quindi importanti e vanno attentamente analizzate specialmente verificando la larghezza della carreggiata e i raggi di curvatura, i quali sono nell'ordine dei 40m di raggio alla corda interna della curva.

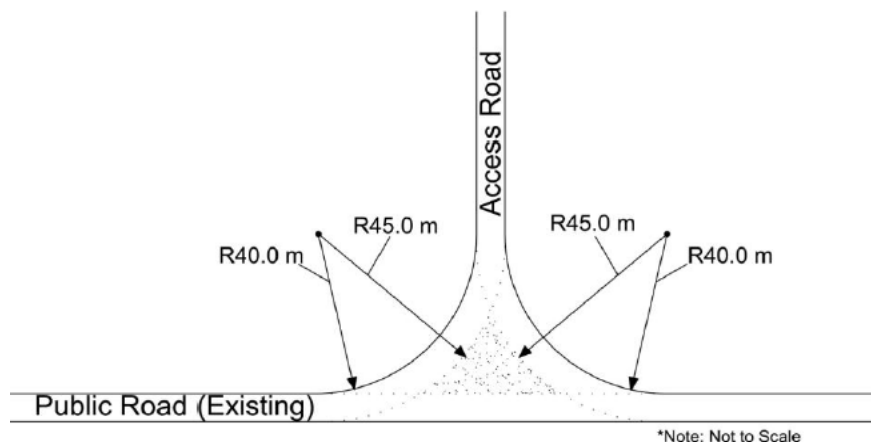


Figura 9 Schema di intersezione delle strade

In figura è rappresentata una intersezione a T. Per le considerazioni sulle curve si veda documento Vestas “Wind Farm Roads Requirements” VESTAS doc. nr. 0054-6051 del 6/09/18 vers.7.

Stato attuale

Per la viabilità interna al parco si mette in evidenza che le strade attualmente esistenti necessitano adeguamenti e manutenzioni straordinarie per permettere il passaggio dei vari componenti e dei normali carichi per i lavori civili. Si tratta soprattutto di una rettifica della sede stradale e di un adeguamento della banchina ai carichi massimi previsti.

I nuovi tratti vengono invece costruiti secondo i tracciati riportati. Per tutti questi brevi tratti di collegamento non sono state evidenziati particolari problematiche e verranno costruite secondo le seguenti indicazioni:

- A. Pendenza laterale per drenaggio acque meteoriche max 2%
- B. Larghezza Carreggiata: 5,5m.
- C. Garanzia drenaggio Massicciata

Il carico per asse massimo previsto è di 17ton. La capacità portante minima del piano stradale deve essere di 180kN/m^2 .

La pendenza massima delle piste per i trasporti è di 14° salvo due piste che per brevi tratti raggiungono i 16° . Tali segmenti saranno analizzati singolarmente in collaborazione con il trasportatore per valutare eventuali soluzioni particolari (fondo in calcestruzzo ad esempio).

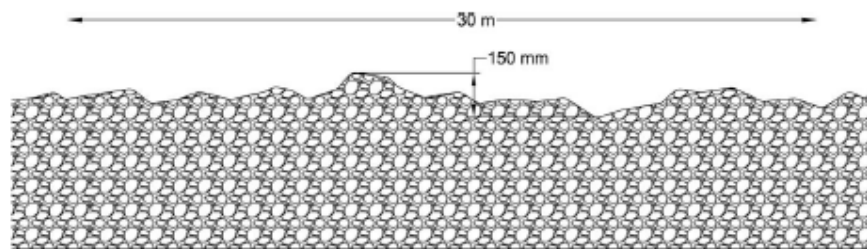


Figura 10 Piano stradale

Le irregolarità del piano stradale devono essere inferiori ai 15cm su tratti di 30m.

Salvo gli eventuali brevi tratti in calcestruzzo, non verranno alterate le caratteristiche di permeabilità del terreno e su indicazione del Geologo, dove richiesto, sarà effettuata una attenta analisi della regimentazione delle acque meteoriche.

Per quanto riguarda la viabilità nazionale, non sono stati individuati particolari criticità per il trasporto, anche dei componenti più ingombranti, dal porto di Brindisi fino all'impianto.

A.5 Turbine

L'aerogeneratore considerato nella progettazione è di fabbricazione VESTAS, modello V136 caratterizzato da un diametro rotore di 136m ed una doppia altezza al mozzo pari a 82 e 112m. L'altezza complessiva, altezza mozzo più pala, è pertanto pari a 150 e 180m.

Lo schema costruttivo rimane quello classico, in cui la navicella è progettata con struttura portante saldata. Al suo interno sono alloggiati il sistema di trasmissione con moltiplicatore di giri, il generatore elettrico e i dispositivi ausiliari.

L'avvio della turbina avviene con un vento di 3m/s, a passo massimo.

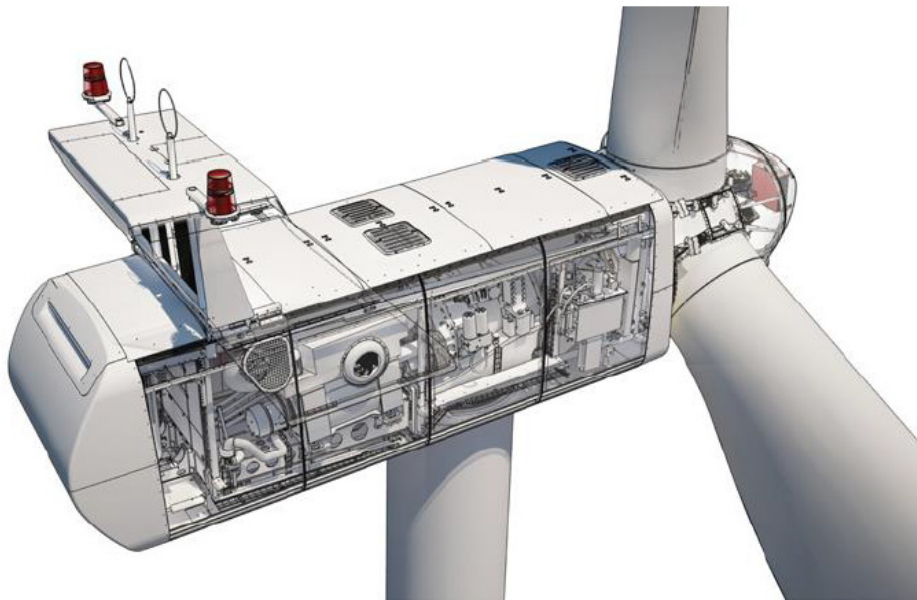


Figura 11 - Navicella Vestas

Al crescere del vento il rotore può aumentare la sua velocità fino a quella nominale, variando il passo delle pale e regolando il generatore.

A velocità del vento alte, oltre quella di raggiungimento della potenza nominale, il sistema di regolazione del passo e quello del generatore mantengono la potenza al valore prefissato, indipendentemente da variazioni di velocità del vento, di carico, di temperatura o di densità dell'aria.

Quando necessario, l'aerogeneratore frena aerodinamicamente mettendo completamente in bandiera le pale.

Tutte le funzioni dell'aerogeneratore sono monitorate e controllate da diverse unità di controllo basate su microprocessori.

Le pale del rotore, aventi forte influenza sull'*output* della turbina e sull'emissione sonora, sono di materiale a base epossidica rinforzato da fibre di vetro e di carbonio, quindi

caratterizzate da durezza, resistenza all'abrasione e alta resistenza ai fattori chimici e alle radiazioni solari. Hanno inoltre un rivestimento di protezione contro i fattori atmosferici.

Il profilo alare si estende fino alla navicella, ottimizzando così l'andamento delle linee di corrente per l'intera lunghezza della pala.

SISTEMI DI CONTROLLO

I sistemi di controllo, come accennato, sono il *pitch control* e lo *yaw control*.

Il primo, *pitch control*, di cui è dotata ciascuna pala in modo indipendente, esegue la rotazione delle pale intorno al loro asse principale e permette la riduzione della potenza al suo valore nominale, evitando così l'utilizzo di freni meccanici. Gli angoli aerodinamici e costruttivi sono costantemente monitorati, in modo da permettere veloci regolazioni in funzione del vento.

Il secondo, *yaw control* detto anche *imbardata*, modifica l'orientamento della navicella, allineando la macchina rispetto alla direzione del vento e garantendo, indipendentemente dalla direzione del vento, la migliore esposizione del rotore ovvero perpendicolare alla direzione del vento in posizione sopravento rispetto alla torre.

COMPONENTI PRINCIPALI DELLA TURBINA

Pale:

- ✓ Lunghezza 68m
- ✓ Materiale: materiale composito a matrice epossidica rinforzata con fibra di vetro e carbonio

Rotore:

- ✓ Diametro 136 m
- ✓ Area spazzata 14.527 m²
- ✓ Rotazione: oraria (vista frontale)
- ✓ Orientamento: sopravento
- ✓ Angolo di tilt: 6°
- ✓ Intervallo funzionamento 5,6 – 14 rpm

Sistema di controllo del passo (*pitch control*):

- ✓ Sistema idraulico
- ✓ massima affidabilità grazie al sistema di gestione della turbina
- ✓ Manutenzione meccanica e del software

Mozzo:

- ✓ design compatto ideale per la trasmissione dei carichi

- ✓ integrazione degli azionamenti delle pale

Generatore e convertitore di frequenza:

- ✓ generatore asincrono a doppia alimentazione.
- ✓ regime di rotazione variabile per un ottimo rendimento
- ✓ temperatura contenuta del generatore anche a temperature ambientali molto elevate; le aree a temperatura più elevata sono costantemente monitorate da numerosi sensori

Sistema di imbardata (*yaw control*):

- ✓ azionamento mediante motoriduttori
- ✓ grazie allo scarso attrito del cuscinetto e la completa ventilazione dei freni, lo sforzo dei motoriduttori durante la rotazione è ridotto al minimo

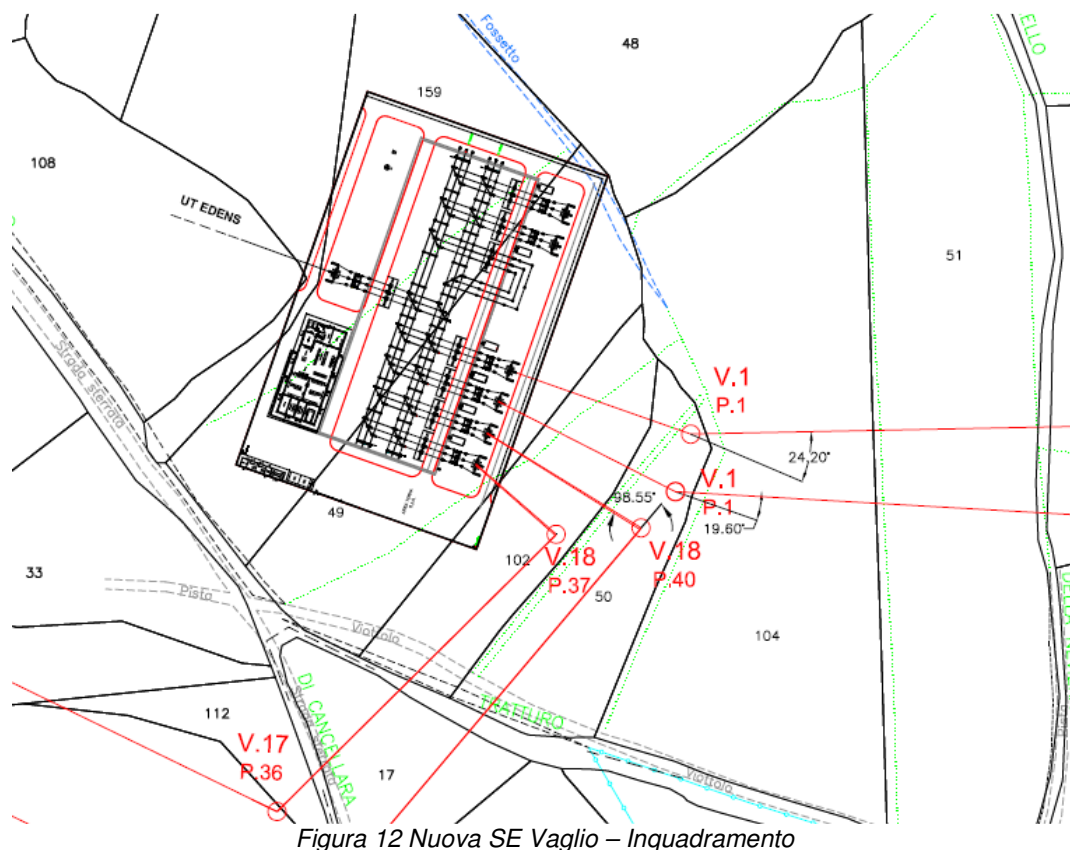
Manutenzione:

- ✓ notevole disponibilità di spazio nella navicella per interventi facili ed ergonomici
- ✓ accesso al mozzo agevole e indipendente dalle condizioni climatiche: direttamente dalla navicella
- ✓ facilità nel raggiungere tutti i componenti
- ✓ sicurezza durante la manutenzione grazie alla protezione di tutte le parti rotanti
- ✓ in caso di necessità, la macchina consente lo smontaggio di molti componenti
- ✓ procedura stabilita con interventi di manutenzione visiva, manutenzione con ispezione lubrificanti, elettrica e meccanica.

A.6 Stazione di Consegna

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata da Terna prevede il collegamento dell’Impianto eolico Poggio d’Oro in antenna su un futuro ampliamento a 150kV della stazione elettrica (SE) di Smistamento a 150kV della RTN “Vaglio” previa realizzazione di:

- ampliamento a 150kV della SE RTN Vaglio FS;
- nuovo elettrodotto RTN a 150kV di collegamento SE Vaglio e la SE Vaglio FS;
- nuovo elettrodotto RTN a 150kV di collegamento SE Vaglio e la SE Oppido;
- nuovo elettrodotto RTN a 150kV di collegamento SE Oppido e la SE 380/150kV di Genzano.



Il sito per la connessione è stato scelto in quanto è:

- ✓ in prossimità di strade pubbliche comunali/provinciali e statali, con un accesso diretto nella restante porzione delle particelle interessate;
- ✓ si trova nelle immediate vicinanze della stazione 150 kV di “Vaglio” di proprietà di Terna Spa, le cui coordinate sono: 40.688434N, 15.916622E;
- ✓ lontano dai centri abitati in particolare di Vaglio-Cancellara-Pietragalla-Potenza, e dei paesi limitrofi e soprattutto da insediamenti di qualsiasi natura e genere.

L'impianto di "UTENZA" a 150 kV è stato ubicato a nord-ovest della stazione di Vaglio di Terna Spa ed individuato catastalmente al foglio n.03 particelle 259-234 con accesso dalla strada comunale "Tratturo della Marina" sita nel comune di Vaglio Basilicata(PZ) con accesso da altre strade pubbliche presenti in zona di facile accessibilità.

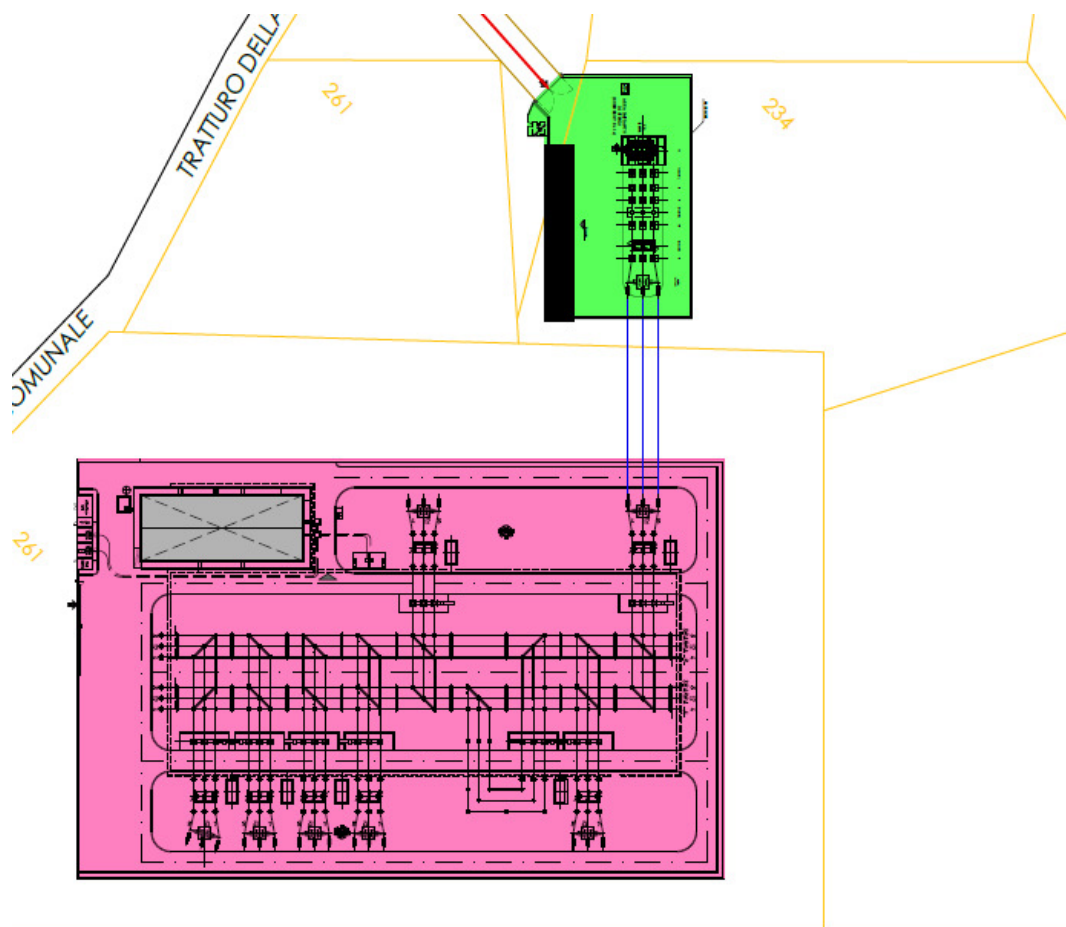


Figura 13 Area utente (Verde) e Area RTN (fucsia)

L'individuazione del sito e la sistemazione della stazione elettrica nello stesso risultano facilitati sia dalla dimensione del lotto individuato, sia dalla vicinanza delle stazione 150 kV in parola e sia soprattutto dalla mancanza di qualsiasi tipo di infrastruttura agricola e/o residenziale in genere.

Lo schema elettrico dell'impianto di è descritto dall'unifilare di tav. A16b7.

La produzione elettrica del parco eolico, costituito da 13 aerogeneratori, viene raccolta con due differenti Rami tramite due cabine di impianto.

La sottostazione verrà collegata con cavo AT a 150kV con la nuova stazione elettrica di Vaglio di Basilicata.

La Stazione Elettrica Utente a 150 kV interesserà un'area di circa 30*50 m e verrà interamente recintata; sarà connessa in "antenna" alla stazione di RETE 150 kV "Vaglio", di Terna Spa.

Per raggiungere sia la nuova Stazione Elettrica 150 kV di Terna Spa e sia il punto di consegna di Exenergy si utilizzeranno strade comunali/provinciali/statali ad uso pubblico.

La realizzazione del collegamento "in antenna" avverrà con linea aerea a 150 kV con campata unica che si atterrerà sui portali di ammarro delle rispettive stazioni (Rete ed utente).

Un unico edificio conterrà i quadri 30 kV ove si assesteranno le linee MT proveniente dalla cabine MT di raccolta dell'energia realizzata nelle vicinanze del parco integrato, la sala protezione e di telegestione nonché la sala dei SA in c.a. e c.c. alimentati dalla batteria.

Nello stesso edificio è stato ricavato il locale misure con accesso indipendente direttamente dal piazzale esterno antistante;

A servizio di dette strutture è stata studiata una viabilità sia esterna e sia interna che prevede l'accesso diretto ed indipendente.

La recinzione lungo il perimetro del lotto è del tipo a "a pettine" in elementi prefabbricati di altezza così come prevede la normativa vigente.

COMPONENTI PRINCIPALI

Il macchinario principale sarà costituito da n° 1 **trasformatore** 30/150 kV le cui caratteristiche principali sono:

- ✓ Potenza nominale 55/60 MVA
- ✓ Tensione nominale 150/30 kV
- ✓ Vcc% 10%
- ✓ Commutatore sotto carico variazione del $\pm 10\%$ Vn con +5 e -5 gradini
- ✓ Raffreddamento ONAN/ONAF
- ✓ Gruppo DYn11
- ✓ Potenza sonora <82 dB (A)

Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

- ✓ Tensione massima sezione 150 kV 170 kV
- ✓ Frequenza nominale 50 Hz

Correnti limite di funzionamento permanente:

- ✓ Potere di interruzione interruttori 150 kV 40 kA
- ✓ Corrente di breve durata 150 kV 40 kA

- ✓ Condizioni ambientali limite □25/+40 °C
- ✓ Salinità di tenuta superficiale degli isolamenti:
- ✓ Elementi 150 kV 14 g/l

La sezione 150 kV con isolamento in aria sarà costituita da:

- ✓ n° 1 stallo linea per il collegamento alla stazione di Terna;
- ✓ n° 1 stallo TR AT/MT;

EDIFICI

La struttura degli edifici sarà realizzata a telai in cemento armato e sarà calcolata secondo le leggi 1086/71, 64/74 e D.M. 17.01.2018 e s.m.i.

Le fondazioni verranno scelte a seguito dello studio geologico-tecnico.

La costruzione degli edifici è in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile.

La copertura a tetto è a falda, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale.

Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge n. 373 del 04/04/1975 e successivi aggiornamenti nonché alla Legge n. 10 del 09/01/1991, il D.Lgs. 192/05 e successivi regolamenti di attuazione.

All'interno di detti edifici sono stati ricavati tutti i locali per le apparecchiature MT, bt e di telecontrollo, locale protezione e gestione dell'impianto nonché il locale misure.

Per la componentistica si veda la Relazione "A15 Disciplinare degli Elementi Tecnici".

A.7 Cavidotto

Il collegamento al sito è effettuato mediante un cavidotto interrato a 30kV di due o più terne.

Lungo il percorso del cavidotto sono previste due cabine di raccolta per ottimizzare l'utilizzo dei conduttori. Lo schema del collegamento elettrico dell'impianto è descritto dall'unifilare di tav. A16b7.

In linea generale la definizione del tracciato è stata eseguita tenendo in considerazione i seguenti fattori:

- Minimizzazione dei percorsi;
- Far coincidere il tracciato con piste/strade esistenti o da costruire;
- Nessuna interferenza con l'area archeologica;
- Evitare il più possibile l'attraversamento di centri abitati;
- Impattare al minimo con l'area del tratturo della Marina.

Il ripristino dopo lo scavo sarà curato al fine di rendere agevole ed idoneo il transito sia alle macchine agricole sia a tutti i mezzi di comune circolazione. Si provvederà inoltre all'apposizione di cippi segnalatori.

L'impatto ambientale dell'elettrodotta viene sostanzialmente annullato adottando la soluzione di completo interrimento del cavo ad una profondità di almeno 120cm. La trincea avrà poi una larghezza di circa 70cm in singola o doppia terna, di almeno 90cm in tripla (o più) terna.

La posa avviene realizzando uno scavo largo avente le caratteristiche dimensionali secondo i tipici qui riportati.

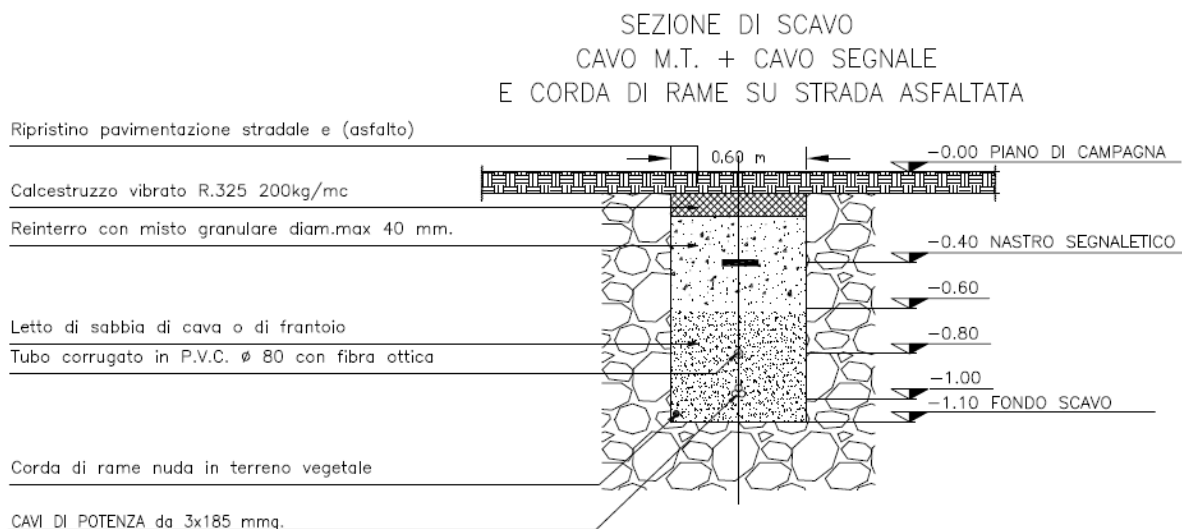


Figura 14 Tipico sistemazione cavidotto su strada

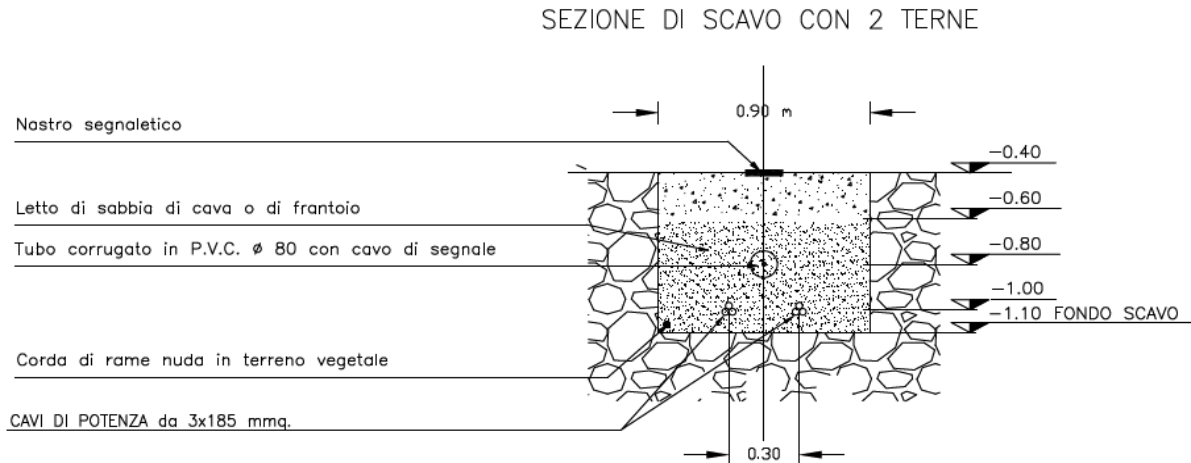


Figura 15 Tipico posizionamento di due terne

Poco al di sopra viene posizionato un elemento protettivo in resina ed a una profondità di 30cm viene posto un nastro segnalatore per evitare il rischio di interferenze con nuovi scavi.

La linea di potenza sarà costituita da conduttori di rame o alluminio e presumibilmente, salvo più puntuale dimensionamento, di sezione pari a 185mmq ciascuno, isolato con gomma etilenpropilenica ad elevato modulo di qualità G7 e protezione esterna a mezzo di guaina in PVC aventi tensione nominale pari $U_0/U = 18/30$ kV.

Il cavo di segnale è del tipo multifibre armato con polimeri ad alta resistenza e privo di parti metalliche, protetto all'interno di un tubo corrugato in PVC.

Nel caso di attraversamento di aree a rischio frana si procederà con tutte le tecniche e cautele del caso secondo le normative applicabili (scavo a 45° etc) in accordo con Geologo e con gli Enti Preposti.

Per le soluzioni delle interferenze con altri servizi (metanodotto, linea telefonica) si veda Tav. A10 Relazione Tecnica Opere Architettoniche.

B. DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

B.1 Sito Installazione

L'impianto è situato nell'entroterra della Regione Basilicata, sul versante medio occidentale dell'Appennino Lucano, nel comprensorio comunale di Potenza e Pietragalla, ad un'altitudine media di 850 - 950m s.l.m.

Il crinale attorno al quale si sviluppa il sito costituisce il confine naturale tra i comuni di Potenza e Pietragalla e tra Vaglio di Basilicata e Cancellara.

È stato oggetto di studi anemologici dai primi anni 90' al fine di studiarne la potenzialità eolica. I risultati ne hanno evidenziato la potenzialità e la Società Edison ha costruito un primo impianto nel Comune di Vaglio di Basilicata nelle località Piano Grande – Piano la Giova.

Nei primi anni 2000 è stata invece ENEL a sviluppare un impianto eolico ad ovest del primo, nei Comuni di Potenza e Pietragalla intorno a Poggio Lappesa.

Il Parco Eolico Poggio d'Oro è stato ideato verificando che intorno ai parchi esistenti ci sono aree che risultano libere da vincoli e vanno a completare la linea di aerogeneratori presente. In altre parole l'impianto risulta un "completamento" dell'area rendendo il tutto armonico dal punto di vista paesaggistico.

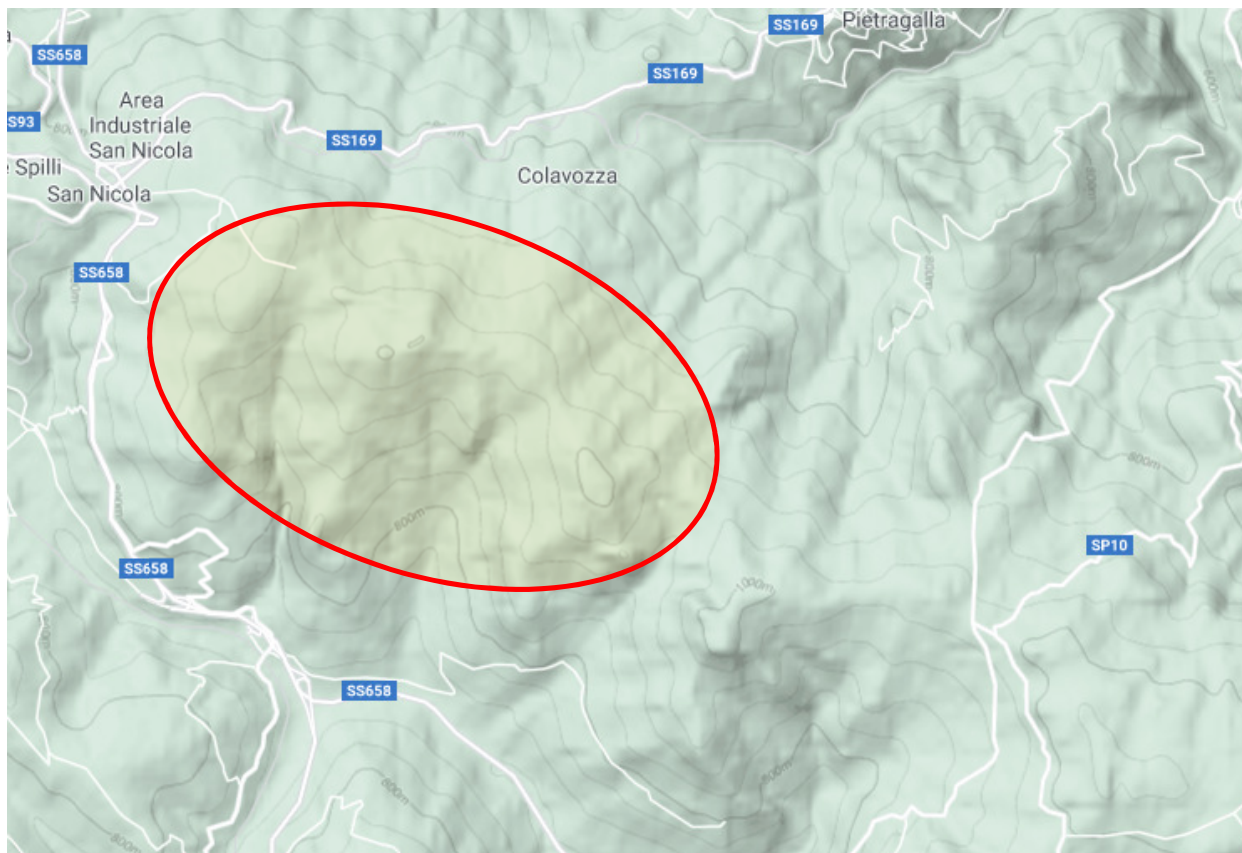


Figura 16 Area Sito Parco Eolico Poggio d'Oro

B.2 Potenza totale

La società Exenergy S.r.l. ha presentato il 10/09/2019 istanza di avvio del Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. n. 152/2006 per il "Progetto di impianto per la produzione di energia da fonte eolica ricadente nei comuni di Pietragalla e Potenza in località "Poggio d'Oro", costituito da 13 aerogeneratori da 4,2MW per una potenza complessiva pari a 54,6 MW" (Progetto originario).

L'analisi delle singole osservazioni pervenute nell'ambito del procedimento di VIA ha messo in luce degli aspetti che hanno suggerito alcuni criteri di ottimizzazione del progetto originario (ferma restando la generale conformità dello stesso alla normativa e regolazione applicabile).

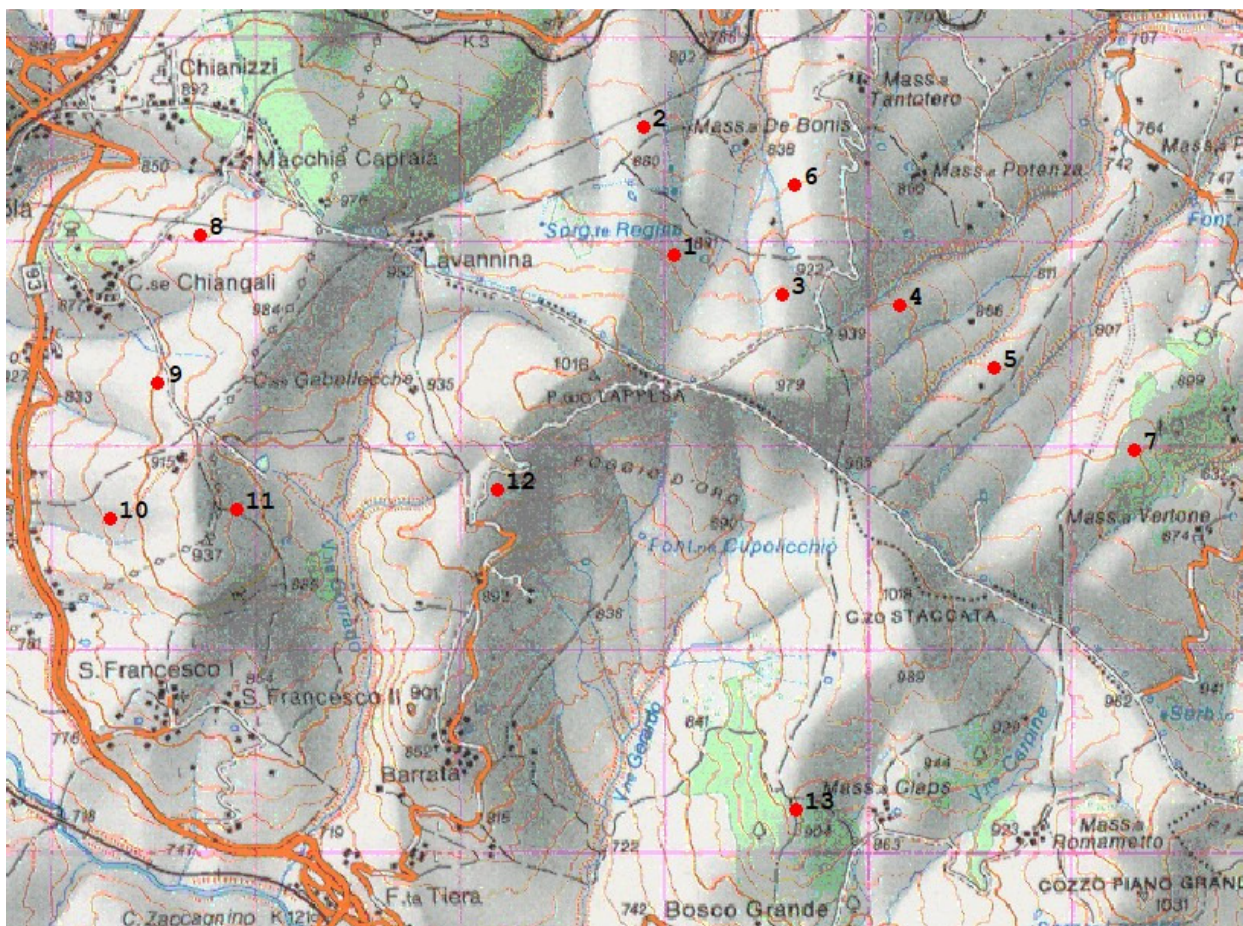


Figura 17 Lay-out originario (13WTG V117)

In particolare le azioni di ottimizzazioni individuate sono:

- 1) eliminazione degli aerogeneratori "WTG4", "WTG5" e "WTG13", al fine di rimuovere ogni possibile impatto sul sito archeologico di Cozzo Staccata;
- 2) spostamento dell'aerogeneratore "WTG8", al fine di eliminare qualsiasi possibile impatto sull'area urbana di San Nicola;
- 3) spostamento dell'aerogeneratore "WTG7", al fine di allontanarsi ulteriormente dall'area boscata;

4) data l'eliminazione di 3 aerogeneratori rispetto al progetto originario, viene cambiato il modello di turbina di tipologia "Vestas", passando dal modello "V117" al modello più efficiente "V136";

5) con riguardo all'altezza al mozzo della torre (pari a 91,5 m. nel progetto originario), si propongono due opzioni, al fine di meglio adattarsi alle localizzazioni specifiche dei singoli aerogeneratori:

- (i) torre di 82 m. per gli aerogeneratori più vicini a case abitate e/o in condizioni di potenziale maggiore visibilità;
- (ii) torre di 112 m. per tutti gli altri aerogeneratori;

6) date le nuove dimensioni dei rotori, vengono effettuati alcuni spostamenti minori degli aerogeneratori al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni relative alle distanze minime espresse in diametri.

Dal complesso delle ottimizzazioni sopra descritte deriva la ridefinizione del lay-out tecnico del progetto, basato sull'utilizzo di 10 aerogeneratori di tipologia "VESTAS" modello "V136" da 4,2 MW di potenza, per **una potenza complessiva totale di 42 MW.**

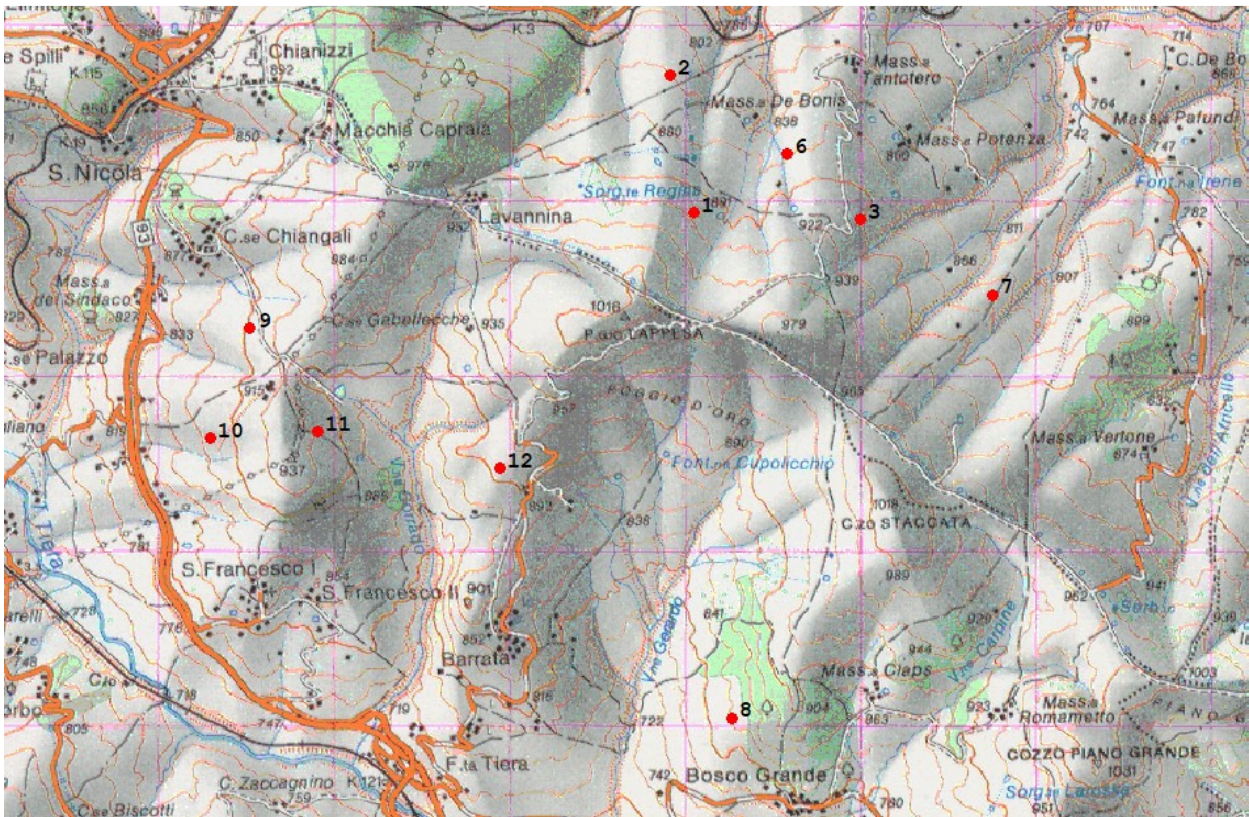


Figura 18 Lay-out ottimizzato (10WTG V136)

La scelta progettuale fondamentale, caratterizzata dal tipo di macchine da impiegare e dal loro posizionamento sul terreno, è stata formulata in modo da ottenere il massimo rendimento degli aerogeneratori tenendo a riferimento i seguenti aspetti:

- caratteristiche anemologiche del sito, favorevoli all'insediamento produttivo, relativamente a direzione ed intensità del vento;
- orografia e morfologia dell'area d'intervento, di tipo ottimale;

- posizionamento delle macchine tali da evitare interferenze negative indotte da effetti scia;
- utilizzo di due diverse altezze di torri a seconda della posizione della turbina;
- accessibilità all'area di impianto idonea a macchine di grande taglia;
- distanze ottimali da insediamenti civili;
- assenza di vincoli paesistici;
- morfologia di zona in grado di garantire un ottimo grado d'inserimento ambientale.

Le coordinate UTM Wgs84 delle 10 macchine sono:

V136	UTM33T Wgs84	
	Est	Nord
WTG01	570981	4508756
WTG02	570849	4509536
WTG03	571932	4508712
WTG06	571511	4509088
WTG07	572684	4508286
WTG08	571200	4505872
WTG09	568452	4508099
WTG10	568224	4507468
WTG11	568839	4507504
WTG12	569872	4507295

Figura 19 Lay-out ottimizzato

La configurazione di impianto comprende turbine con rotore di 136m, e quota mozzo di 82,00m e di 112m. Nei due casi l'altezza complessiva, altezza mozzo più pala, è di 150m e di 180m rispettivamente. Sono state verificate le distanze dalle abitazioni secondo il vincolo indicato dal PIEAR pari a 2,5 volte Hmax.

Le configurazioni delle singole turbine sono qui riportate:

V136	Torre
	Alta/Bassa
WTG01	A
WTG02	A
WTG03	A
WTG06	B
WTG07	B
WTG08	A
WTG09	B
WTG10	B
WTG11	A
WTG12	A

Figura 20 Altezza torri

B.3 Regime di vento nel sito

Per quanto riguarda gli aspetti anemologici è importante sottolineare che la rosa dei venti della macroarea indica due direzioni prevalenti:

- Sud-Ovest (maggiore)
- Nord

A questo bisogna aggiungere le valutazioni locali che indicano una rotazione dei venti dovuta alla disposizione Est-ovest della valle. Il vento di libeccio (SW) che apporta la maggior quantità di energia, tende pertanto a ruotare in senso orario disponendosi da Ovest e la conseguente disposizione delle macchine è stata fatta cercando di sfruttare al meglio tale componente. Di conseguenza la disposizione in linee risulta pressoché ortogonale a tale direzione.

Per maggiori dettagli si veda la relazione specialistica "Studio anemologico" (Tav. A5)..

B.4 Disposizione ed orientamento degli aerogeneratori

Come già anticipato, il processo di ottimizzazione ha definito un Lay-out ottimizzato costituito da 10 aerogeneratori di tipologia "VESTAS" modello "V136" da 4,2 MW di potenza.

La scelta progettuale fondamentale, caratterizzata dal tipo di macchine da impiegare e dal loro posizionamento sul terreno, è stata formulata in modo da ottenere il massimo rendimento degli aerogeneratori tenendo a riferimento i seguenti aspetti:

- caratteristiche anemologiche del sito, favorevoli all'insediamento produttivo, relativamente a direzione ed intensità del vento;
- orografia e morfologia dell'area d'intervento, di tipo ottimale;
- posizionamento delle macchine tali da evitare interferenze negative indotte da effetti scia;
- utilizzo di due diverse altezze di torri a seconda della posizione della turbina;
- accessibilità all'area di impianto idonea a macchine di grande taglia;
- distanze ottimali da insediamenti civili;
- assenza di vincoli paesistici;
- morfologia di zona in grado di garantire un ottimo grado d'inserimento ambientale.



Figura 21 Lay-out ottimizzato (10WTG V136) con indicazione tipo di torre (A/B)

B.5 Previsione di produzione energetica

L'aerogeneratore di riferimento per il progetto del Parco Eolico Poggio d'Oro è di fabbricazione VESTAS modello V136 con potenza da 4,2MW, diametro rotore di 136m e con doppia configurazione di torre (Hhub 82 e 112m).

Per il calcolo della stima della produzione energetica del Parco è stato utilizzato il codice numerico *WindFarm versione 5.0.1.2*, inserendo caratteristiche aerogeneratore, layout, dati di vento elaborati dalle misure sul sito e modello del terreno (orografia, ostacoli e rugosità).

La curva di potenza dell'aerogeneratore è presentata nel documento Vestas nr.0067-7066 V07 - Performance Specification V136-4.0/4.2 MW 50/60 Hz (Low HH) del 2020-04-14.

La rappresentazione grafica della curva utilizzata nella simulazione è rappresentata nella seguente immagine:



Figura 22 Curva di potenza V136

La curva è data secondo i parametri dettati dalla IEC61400-11ed 3, ovvero:

- per specifiche densità dell'aria (il valore sarà automaticamente corretto dal codice considerando quota e temperatura media del sito);
- turbolenza ad altezza mozzo massima del 30%;
- angolo del flusso di verticale compreso tra +/- 2°.

La simulazione eseguita con il codice di calcolo ha definito, macchina per macchina, la produzione elettrica e le relative ore equivalenti di funzionamento. Tenere ben presente che nel calcolo non sono state inserite le perdite dovute alla disponibilità dell'aerogeneratore e alle perdite elettriche complessive del parco.

I risultati sono riportati nella seguente tabella:

WTG	Produzione	Potenza	Ore equivalenti
Nr.	GWh/a	MW	h/a
1	11,1853	4,2	2.663
2	11,0529	4,2	2.632
3	11,3857	4,2	2.711
6	9,0454	4,2	2.154
7	9,9937	4,2	2.379
8	11,0792	4,2	2.638
9	12,0624	4,2	2.872
10	11,7444	4,2	2.796
11	12,3527	4,2	2.941
12	11,7317	4,2	2.793

Figura 23 Produzione Parco Eolico Poggio d'Oro

La produzione complessiva lorda del Parco eolico è pari a 111,6GWh/anno per 2.658 ore equivalenti di funzionamento.

B.6 Requisiti Tecnici Minimi

Si riportano i requisiti tecnici richiesti dal PIEAR calcolati sulla base dello studio anemologico effettuato (Vedi Tav.A5 Studio Anemologico).

Le analisi dei requisiti tecnici minimi sono le seguenti:

- a) **Velocità media annua** ad altezza 25m: L'anemometro di riferimento ("Serra Carpaneto") ha una raccolta di dati che supera i tre anni di durata. Elaborando i dati e correlandoli al sito di "Poggio d'Oro" la velocità a 25m di altezza risulta compresa tra i 5,4 e i 4,9m/s, a seconda della turbina considerata, e quindi la velocità media risulta superiore ai 4,50 m/s richiesti dal PIEAR.
- b) **Ore equivalenti** di funzionamento dell'aerogeneratore (media della producibilità dell'intero parco eolico): il calcolo eseguito con apposito codice di calcolo indica un valore medio pari a 2.658 Ore Equivalenti/anno e quindi superiore alle 2.000 ore richieste dal PIEAR. Per il valore relativo alle singole macchine si veda la tabella di figura precedente;
- c) Verifica del valore della **densità volumetrica** di Energia annua (Ev) unitaria:

$$Ev = E / (18 D^2 H)$$

dove: D diametro del rotore

H altezza totale dell'aerogeneratore (Raggio+altezza mozzo)

E Energia prodotta singola macchina

Sviluppando la verifica per ogni singolo aerogeneratore:

WTG	Produzione	Diametro rotore	Altezza mozzo	Densità Ev
Nr.	GWh/a	m	m	kW/m ³
1	11,1853	136	112	0,19
2	11,0529	136	112	0,18
3	11,3857	136	112	0,19
6	9,0454	136	82	0,18
7	9,9937	136	82	0,20
8	11,0792	136	112	0,18
9	12,0624	136	82	0,24
10	11,7444	136	82	0,24
11	12,3527	136	112	0,21
12	11,7317	136	112	0,20

Figura 24 Verifica requisito Ev

Il valore di Ev risulta sempre maggiore di 0,15 e pertanto il requisito minimo risulta soddisfatto.

- d) Il **numero di macchine** complessive è minore di 30.

C. SOLUZIONI DI PROTEZIONE CONTRO I FULMINI

C.1 Descrizione Fenomeno

Il fulmine è una forma di elettricità statica creata dal movimento delle gocce di pioggia e della grandine all'interno delle nuvole.

La maggior parte dei fulmini si formano, sviluppano e concludono all'interno delle nuvole, senza toccare il terreno.

Un fulmine scarica a terra in media una corrente negativa di 40.000 ampere (40 kA) e trasferisce 500 MJ di energia.

Durante la fase iniziale del fulmine, la corrente aumenta di circa 40 kA/ μ s, per raggiungere anche i 120 kA e oltre.

Il fulmine riscalda l'aria circostante fino a circa 10.000 °C istantaneamente, provocando un'onda d'urto che noi percepiamo come un tuono.

Le correnti dei fulmini contengono un mix di frequenze che raggiungono anche centinaia di kHz. A queste alte frequenze, la corrente scorre preferenzialmente vicino alla superficie dei conduttori elettrici (skin effect), causando alcune complicazioni per i progettisti dei sistemi parafulmine.

Quando cade un fulmine, edifici e alberi vengono regolarmente danneggiati e può persino accadere che persone o animali rimangano uccisi. Non c'è dunque da sorprendersi che le turbine eoliche, ben più alte degli alberi e collocate deliberatamente nei luoghi più esposti, siano obiettivi privilegiati.

C.2 Fulmine e aerogeneratore

Oggi le turbine eoliche Vestas sono praticamente immuni dai danni provocati dai fulmini, ma in passato abbiamo affrontato innumerevoli problemi.

Il raggiungimento di questo livello di affidabilità ha richiesto un lungo lavoro. L'utilizzo di maggiore quantità di fibra di carbonio nelle pale della turbina, in particolare, ha richiesto un'attenta ricerca e verifica dei sistemi di protezione contro i fulmini.

Vestas, inoltre, ha sviluppato metodi efficaci per impedire che le scariche elettriche danneggino i cuscinetti e i sistemi elettrici che consentono di trasportare la corrente del fulmine lungo la torre e disperderla in sicurezza al suolo.

Le turbine Vestas sono progettate per picchi di corrente fino a 200 kA.

PALE DANNEGGIATE

L'estremità della pala è il punto più alto della turbina e quindi la parte che ha maggiori probabilità di essere colpita da un fulmine. I materiali compositi utilizzati per la fabbricazione delle pale, come la fibra di vetro, la fibra di carbonio e a volte il legno, vengono facilmente danneggiati dai fulmini.

Un fulmine che colpisce una pala non protetta provoca generalmente un solco di un centimetro o due attraverso il quale l'acqua penetra nella struttura delle pale indebolendola e rendendola ancora più esposta ai fulmini. Il risultato finale è un'avaria ma un fulmine potente è in grado di distruggere una pala all'istante.

Una prima soluzione per proteggere la struttura principale è stata quella di utilizzare punte delle pale in metallo. Cavi interni conducono la corrente del fulmine in sicurezza fino al piede della pala. Questo sistema ha dato ottimi risultati e molte turbine Vestas sono ancora funzionanti con la punta della pala in metallo.

La soluzione successiva è stata l'adozione di piccoli dischetti in metallo posizionati con precisione lungo la pala che assumono il ruolo di ricettori di fulmini. Le più moderne pale degli aerogeneratori Vestas sono dotate di un ricettore all'estremità e di una serie di ricettori collocati ad intervalli di cinque metri lungo tutta la pala, fino ad un raggio di venti metri dal mozzo.

LA FIBRA DI CARBONIO

Fare in modo che i fulmini colpiscano i ricettori è solo una parte del lavoro. La fibra di carbonio utilizzata nelle moderne pale conduce l'elettricità, anche se non allo stesso modo del metallo. Il progetto della pala deve considerare il diverso comportamento del carbonio e del metallo, considerando che la corrente del fulmine lasci i cavi di metallo collegati ai ricettori dopo aver individuato un percorso preferenziale lungo la fibra di carbonio.

La corrente che viaggia lungo la fibra di carbonio non costituisce di per sé un problema, sono piuttosto le modalità costruttive della pala a creare delle difficoltà. Ad esempio le pale della V90-3.0 MW presentano sezioni in composto di carbonio inserite in una struttura in fibra di vetro. Non vi è quindi alcun percorso continuo attraverso la fibra di carbonio e, come risultato, la corrente del fulmine deve "saltare" dalle parti in carbonio a quelle metalliche. Il risultante "flashover" (combustione generalizzata) può danneggiare o addirittura incendiare la fibra di carbonio. Per impedirlo bisogna introdurre delle buone connessioni elettriche tra il carbonio e il metallo nei punti critici della pala.

SISTEMI INTERNI

La corrente dei fulmini è in grado di danneggiare anche gli ingranaggi e i cuscinetti, perciò è importante mantenere al di fuori del percorso della scarica elettrica il mozzo della pala, il moltiplicatore di giri e il cuscinetto principale.

Per raggiungere tale scopo vengono inseriti contatti striscianti a molla tra la fascia in acciaio inossidabile fissata al mozzo attorno alla parte esterna della pala, e il conduttore in metallo interno alla pala stessa. Questo mantiene il contatto quando la pala gira secondo la velocità del meccanismo di controllo del passo posizionato all'interno del mozzo.

L'intero impianto, noto come unità di trasferimento della corrente del fulmine (LCTU), assicura che le scariche elettriche bypassino gli ingranaggi del controllo del passo, il moltiplicatore di giri e il cuscinetto principale.

Confinare la corrente del fulmine alla struttura della navicella riduce notevolmente il rischio di danno ai componenti elettronici interni, alla navicella e alla torre. I dispositivi elettronici necessitano tuttavia di un'ulteriore protezione che viene realizzata attraverso schermature, collegamenti a terra e inibitori (tutti sistemi che impediscono alle correnti dei fulmini di indurre voltaggi pericolosi nei circuiti circostanti) e scegliendo componenti robusti capaci di resistere a voltaggi incredibilmente alti.

TORRE

Il passo successivo è incanalare in sicurezza la corrente lungo la torre fino a terra.

L'ostacolo principale è il supporto della ralla che fa ruotare la navicella nella direzione del vento, che viene perciò protetta da un altro gruppo di contatti striscianti.

All'interno della torre, i conduttori arrivano fino al livello del terreno. L'acciaio, presente in abbondanza all'interno della torre, funge da percorso obbligato per la corrente. Alla base della torre, il sistema di messa a terra disperde infine la corrente del fulmine al suolo.

Nella torre gli scaricatori sono collegati senza interruzione dalla fondazione fino alla sezione in acciaio garantendo una scarica sicura della corrente del fulmine.

C.3 Rete di terra

La rete di terra è costituita da una serie di conduttori nudi in rame, collegati con la struttura metallica della torre e posati all'interno dello scavo della fondazione dell'aerogeneratore in quantità adeguata, in conformità con la normativa vigente in merito alla sicurezza degli impianti elettrici.

Nella fondazione vengono disposti dispersori ad anello in posizioni diverse. Essi consistono in nastri di acciaio zincato a caldo e collegati tra di loro attraverso appositi connettori per i dispersori di fondazione.

La protezione interna riguarda i componenti elettrici ed elettronici.

I componenti elettronici interni all'aerogeneratore sono isolati galvanicamente e sono collocati all'interno di contenitori metallici collegati a terra. In caso di fulmini o di insolite sovratensioni, tutti i componenti elettrici ed elettronici sono protetti da componenti fissi ad assorbimento di energia.

Il quadro elettrico di controllo e il generatore sono protetti mediante scaricatori di sovratensione. Tutte le schede elettroniche con le rispettive unità di alimentazione sono equipaggiate con filtri ad elevata attenuazione. I dispositivi elettronici di controllo e di regolazione sono disaccoppiati galvanicamente.