

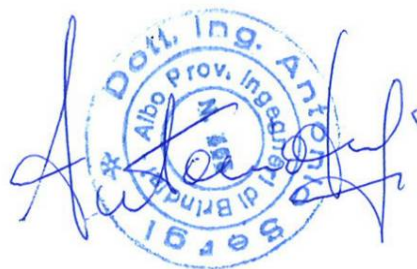
PROPONENTE: ENEL GREEN POWER S.p.A.

**CENTRALE PER LA PRODUZIONE DI
ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA
16,1 MW**

Comune di Monteverdi Marittimo (PI)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE



Novembre 2010

INDICE

3	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	3
3.1	INTRODUZIONE.....	3
3.2	INDIVIDUAZIONE DELL' AREA IN ESAME COME IDONEA ALL' INSTALLAZIONE DI PARCHI EOLICI	4
3.3	CRITERI DI PROGETTO DEL PARCO EOLICO.....	4
3.4	NORMATIVA ELETTRICA.....	5
3.5	CARATTERISTICHE GENERALI DEL PARCO EOLICO	7
3.5.1	<i>Localizzazione</i>	7
3.5.2	<i>Ventosità</i>	8
3.5.3	<i>Prestazioni attese</i>	11
3.6	DEFINIZIONE E TIPOLOGIA DEI COMPONENTI PRINCIPALI	12
3.6.1	<i>Architettura generale dell'impianto</i>	12
3.6.2	<i>Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore tipo Siemens SWT 2.3</i>	13
3.6.3	<i>Perturbazione del campo aerodinamico</i>	15
3.6.4	<i>Infrastrutture elettriche</i>	16
3.6.4.1	Opere elettriche di collegamento fra aerogeneratori	17
3.6.4.2	Connessione alla Rete Elettrica di Distribuzione a 132 kV.....	19
3.6.4.3	Impianto di Rete per la Connessione	20
3.6.4.4	Impianto di Utenza per la Connessione	20
3.6.5	<i>Opere civili</i>	22
3.6.5.1	Opere provvisorie	22
3.6.5.2	Opere civili di fondazione.....	23
3.6.5.3	Opere di viabilità e cavidotti.....	23
3.7	FASE DI CANTIERE	24
3.8	LINEE GUIDA PER LA DISMISSIONE DELL'IMPIANTO.....	27

3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 Introduzione

Nel presente quadro di riferimento progettuale si definiscono i criteri e le scelte essenziali che costituiscono il riferimento dell'impianto eolico della potenzialità di 16,1 MW che la società proponente, ENEL GREEN POWER S.p.A., intende realizzare nel Comune di Monteverdi Marittimo (PI); tale impianto interesserà un'area distante in linea d'aria circa 4 km dal centro di Monteverdi Marittimo e 15 km dal centro di Pomarance.

Il layout di progetto prevede sette aerogeneratori disposti lungo la linea orografica che, a partire da Monte Canneto (525 m slm.), digrada verso SE definendo il Passo di Bocca a 410 m slm. (limite del bacino di alimentazione del torrente Ritasso) e risale verso Poggio Ricciardo (450 m. slm.), per terminare nell'area a sud ovest di Poggio Granaioolo (556 m s.l.m.).

Topograficamente l'area individuata per la realizzazione del parco eolico ricade nel Foglio IGM n. 306 Sezione IV.

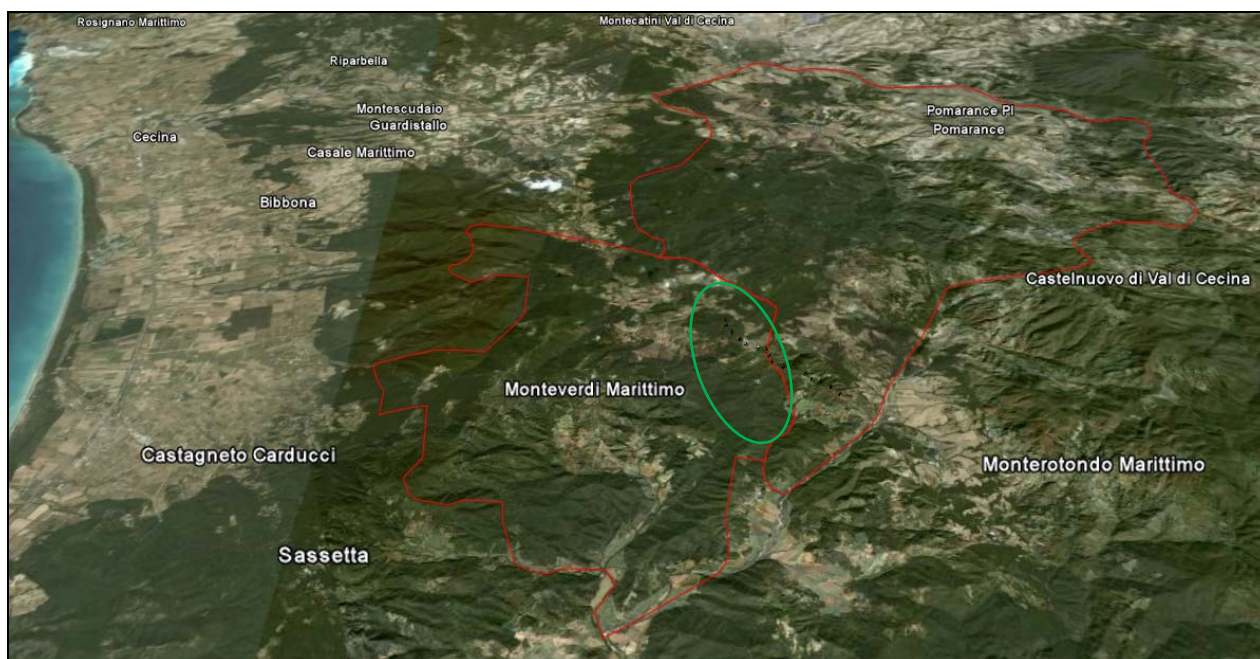


Figura 1 Localizzazione area di progetto

L'ubicazione del sito è stata effettuata in modo da evitare frapposizioni tra i principali punti di vista o di belvedere ed il paesaggio circostante, evitando così la creazione di una barriera paesaggistica.

Il presente quadro di riferimento progettuale è articolato in due parti distinte: la prima volta a precisare le caratteristiche dell'opera progettata, con particolare riferimento alla situazione qualitativa e quantitativa del rapporto domanda-offerta, all'inserimento della stessa nel territorio e al rispetto dei vincoli, all'articolazione delle attività necessarie in fase di cantiere; la seconda, invece, volta a descrivere le caratteristiche tecniche e fisiche del progetto, le scelte di processo e gli interventi di ottimizzazione per l'inserimento dell'opera nel territorio.

3.2 Individuazione dell'area in esame come idonea all'installazione di parchi eolici

La scelta del sito per la realizzazione di un campo eolico è di fondamentale importanza ai fini di un investimento sostenibile, che risulti, quindi, fattibile sotto l'aspetto tecnico, economico ed ambientale.

A tal fine un'area per essere ritenuta idonea deve possedere delle caratteristiche specifiche quali:

- una buona ventosità al fine di ottenere una discreta produzione di energia;
- una ridotta distanza dalla rete elettrica per limitare le infrastrutture di collegamento;
- viabilità esistente in buone condizioni che consenta il transito agli automezzi per il trasporto delle strutture, al fine di minimizzare significativi interventi di adeguamento della rete esistente a la realizzazione di nuovi percorsi stradali. Tutto ciò per contenere quanto più possibile i costi sia in termini economici che ambientali.

3.3 Criteri di progetto del parco eolico

La filosofia perseguita nello studio e nella progettazione dell'opera è quella di concepire un impianto poco invasivo, nel rispetto delle linee guida per la realizzazione di impianti eolici della Regione Toscana e di utilizzare le migliori tecnologie disponibili in grado di garantire efficienza, affidabilità e sicurezza. A tale riguardo, come sarà descritto con maggiore dettaglio nel seguito del presente documento, sono state individuate le soluzioni impiantistiche e di processo, sia per l'impianto che per le relative opere di connessione, in grado di garantirne un corretto inserimento.

Il progetto, infatti, è stato sviluppato studiando la disposizione degli aerogeneratori in relazione a diversi fattori quali l'anemologia, l'orografia, le condizioni di accessibilità al sito, le distanze da fabbricati esistenti e da strade e su considerazioni basate sul criterio di massimo rendimento degli aerogeneratori e del parco nel suo complesso.

In particolare, il lay-out individuato prevede che le macchine siano posizionate ad una distanza reciproca minima pari mediamente a quasi tre diametri di rotore, allo scopo di minimizzare le mutue interazioni che possono verificarsi tra una turbina e l'altra per effetto scia o per distacco di vortici.

Più in dettaglio, i criteri ed i vincoli osservati nella definizione del layout di impianto sono stati i seguenti:

- potenziale eolico del sito;
- orografia e morfologia del sito;
- accessibilità e minimizzazione degli interventi sul suolo;
- disposizione delle macchine atta a minimizzare l'effetto scia;
- distanza superiore ai 15 diametri delle turbine dal perimetro dell'area urbana;

Attenzione è stata posta, inoltre, nel curare l'inserimento paesaggistico sfruttando opportunamente la morfologia del sito prescelto ed evitando alte concentrazioni localizzate di aerogeneratori.

3.4 Normativa elettrica

La progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne è regolata dalla Legge n. 339 del 28/6/86; il relativo regolamento di attuazione (D.M. 21/3/88) recepisce la norma CEI 11-4 per le linee elettriche. Il decreto su menzionato è stato aggiornato dal D.M. 16/1/91 che stabilisce le distanze minime dei conduttori dal terreno, da acque non navigabili e da fabbricati, tenendo conto dei campi elettrici e magnetici e del rischio di scarica.

Tale norma si applica alle linee di nuova costruzione, nonché alle varianti di tracciato e alle trasformazioni radicali delle linee esistenti e stabilisce le prescrizioni fondamentali che devono essere osservate nel progetto e nella costruzione della linea.

Le prescrizioni tecniche fanno riferimento alle ipotesi di carico da considerare nella progettazione, alle prestazioni degli elementi componenti della linea, sostegni, conduttori, morsetteria, ecc., alle

distanze di rispetto dei sostegni e dei conduttori da altre opere vicine o attraversate, dal suolo e dalla vegetazione.

Le stesse prescrizioni disciplinano inoltre le seguenti distanze:

- tra i conduttori
- delle parti in tensione da quelle a terra dei sostegni
- dei conduttori dal terreno e dalle acque non navigabili
- dei conduttori dai fabbricati
- dei conduttori dalle linee di trazione delle ferrovie elettriche
- dei conduttori dal piano autostradale
- dei conduttori dal piano di strade statali e provinciali
- dei conduttori dal piano di morbida dei fiumi navigabili
- dei conduttori dal piano delle rotaie delle ferrovie
- dei sostegni dalla rotaia più vicina di ferrovie e di funicolari terrestri
- dei sostegni dall'organo di contatto più vicino di funivie, sciovie e seggiovie
- dei sostegni dal confine di autostrade, strade statali, provinciali e comunali esterne agli abitati
- dei sostegni dal piede degli argini di corsi d'acqua di terza categoria
- dei sostegni da gasdotti e oleodotti

Sono, inoltre, riportate le caratteristiche dei sostegni e le ipotesi di calcolo per la verifica della stabilità dei sostegni stessi.

Per quanto riguarda le linee in cavo, invece, numerose sono le norme CEI che intervengono nello stabilire le modalità di prova, di posa, ecc.

Nel caso specifico, il tracciato dei cavi di media tensione è stato progettato in modo da seguire, per la quasi totalità le opere di viabilità presenti o in progetto, cercando contemporaneamente di minimizzarne la lunghezza e ottimizzarne il collegamento alla stazione di consegna.

È stata prevista in sede di progettazione una profondità di posa di $1\text{m} \div 1,2\text{m}$; i cavi saranno opportunamente protetti e segnalati.

3.5 Caratteristiche generali del parco eolico

3.5.1 Localizzazione

L'area interessata dall'intervento in progetto è ubicata nella parte orientale del comune di Monteverdi Marittimo (PI), ad una distanza dal centro abitato di Monteverdi Marittimo di circa 4,5 km e 15 km dal centro abitato di Pomarance.

Il layout di progetto prevede la presenza di sette aerogeneratori nel comune di Monteverdi Marittimo (identificati con le sigle WTG1, WTG2, WTG3, WTG4, WTG5, WTG6, WTG7).

Il layout prevede che gli aerogeneratori saranno disposti lungo la linea orografica che, a partire da Monte Canneto (525 m slm.), digrada verso SE definendo il Passo di Bocca a 410 m slm. (limite del bacino di alimentazione del torrente Ritasso) e risale verso Poggio Ricciardo (450 m. slm.), per terminare nell'area a sud ovest di Poggio Granaiole (556 m s.l.m.).

Le coordinate e le caratteristiche degli aerogeneratori sono le seguenti:

Coordinate	Gauss-Boaga		UTM WGS84 fuso 32		Geografiche	
WTG	Est	Nord	Est	Nord	Longitudine	Latitudine
1	1642808	4784457	642778	4784445	10°45'26,5"	43°11'57,4"
2	1642946	4783997	642916	4783985	10°45'32,2"	43°11'42,4"
3	1643154	4783778	643124	4783766	10°45'41,2"	43°11'35,2"
4	1643342	4783613	643312	4783601	10°45'49,3"	43°11'29,7"
5	1643825	4783327	643795	4783315	10°46'10,5"	43°11'20,1"
6	1643916	4782841	643886	4782829	10°46'14"	43°11'4,32"
7	1643767	4782447	643737	4782435	10°46'7,01"	43°10'51,6"

Tabella 1- Coordinate Aerogeneratori

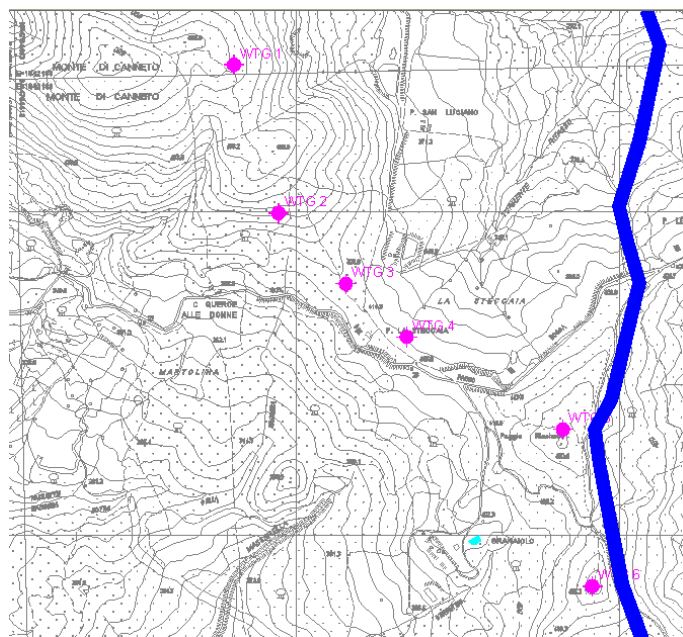


Figura 2 Schema di layout

Non vi sono impatti cumulativi sulla componente paesaggistica derivante dalla presenza di altri impianti eolici nella medesima area.

3.5.2 Ventosità

Sono state effettuate misure di vento in sito tramite una stazione anemometrica con sensori di velocità a tre altezze (50m, 30m e 15m) denominata "Monte Canneto 1" (cod. 4418).

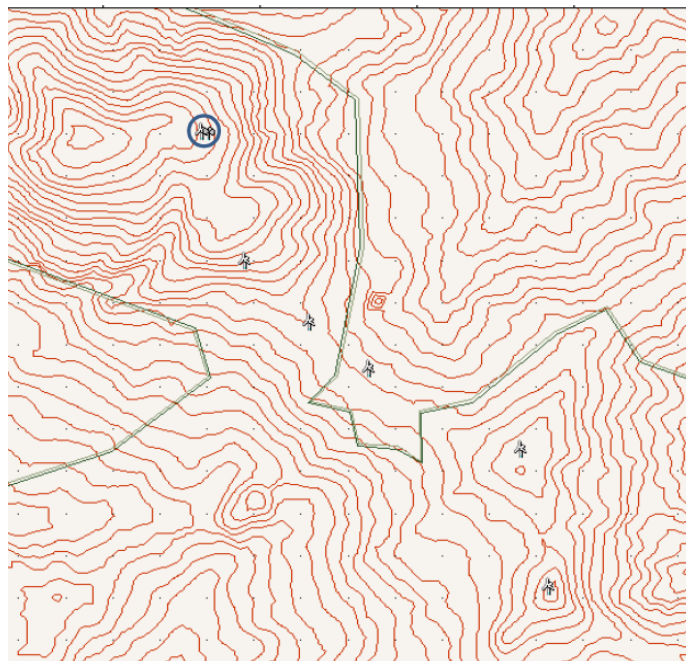


Figura 3 Ubicazione dell'anemometro e degli aerogeneratori

Sono stati utilizzati anche i dati della TA 4408 "Vado La Lepre" con sensori di velocità a due altezze (30m e 15m) denominata Vado LA Lepre che dista dal sito circa 10 km ad Est.

TA	periodo di misura	Stato	Mesi	x	y	N° Sensori
TA - 4418	09/2007 - 06/2010	Attiva	34	1642751	4784258	1
TA - 4408	17/09/2003	Attiva	86	1652687	4785422	1

Tabella 2 Periodo misura e coordinate

La tabella 2 indica:

- il periodo di misura (Data inizio, Data fine, Durata);
- lo stato della torre (Attiva/Dismessa);
- le coordinate in Gauss Boaga - Roma 40 fuso Ovest
- il numero di sensori presenti.

TA	Acquisitore	Disp.	Vmedia(m/s)	Vc	K
TA 4418 - 50m	Nomad 2	77.1%	5.6	6.4	1.89
- 30m		95.0%	5.3	6.0	1.86
- 15m		94.9%	4.3	4.8	1.76
TA 4408 - 30m	Nomad 2	92.3%	6.5	7.4	1.76
- 15m		98.0%	6.1	6.9	1.68

Tabella 3 dati Anemometrici TA

Per ogni sensore la Tabella 3 indica :

- il tipo di acquisitore utilizzato;
- la disponibilità del dato di velocità;
- la velocità media misurata;
- i parametri della curva di Weibull relativa (fattore di scala V_c , fattore di forma k).

Utilizzando la buona correlazione ($R_o = 0.98$) fra la due torri anemometriche è stato possibile ottenere i valori rappresentativi di velocità media di cinque anni relativi alla torre anemometrica 4418.

Dalle elaborazioni effettuate è stato possibile estrapolare le climatologie a lungo termine relative alla TA 4418; queste due risultano essere di 5.75 m/s a 50m, 5.3 m/s a 30m e di 4.3 m/s a 15m.

Dopo aver calibrato il modello di simulazione è stata utilizzata per la stima di producibilità una climatologia a 80 m sintetizzata con Power Law (alfa di circa 0.15) ottenendo 6.15 m/s all'hub.

	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	All
A	5	8.7	8.9	7.1	4.8	8.4	8.3	6.3	4.8	4.9	4.9	4.6	6.50
k	1.8	1.9	2.1	1.7	1.9	2.4	2.4	1.9	1.61	1.9	3.2	2.9	1.61
U	4.5	7.7	7.9	6.3	4.3	7.5	7.4	5.6	4.27	4.4	4.4	4.1	5.84
E	114	572	545	342	98	415	395	219	117	102	69	59	301
f	8.4	13	14	4.6	1.6	5.5	12	13	5.6	6.3	8.5	7.3	100

Tabella 4 Caratteristiche anemologiche TA 4418 - 80m (profilo estrapolato)

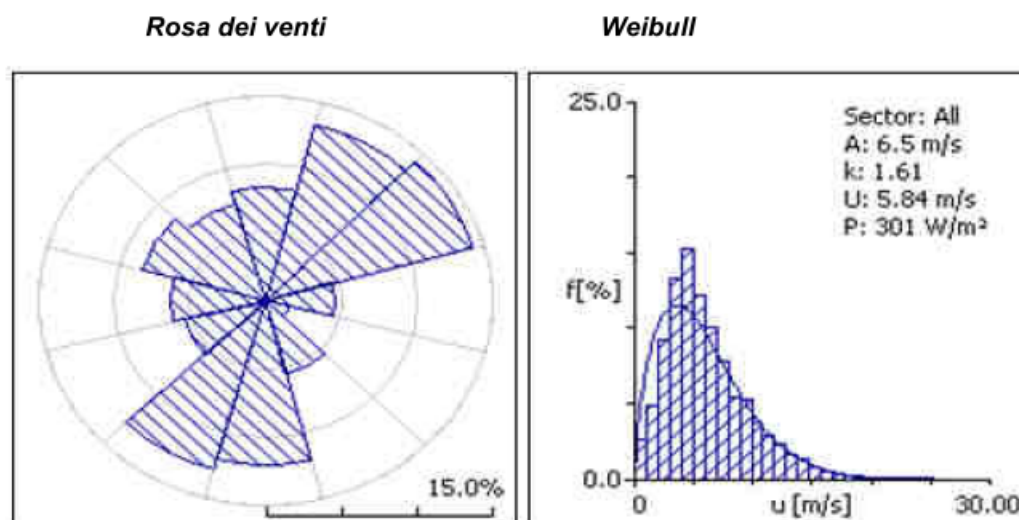


Figura 4 Rosa dei venti e curva della densità di probabilità della velocità del vento

3.5.3 Prestazioni attese

Il layout di impianto prevede 7 aerogeneratori in grado di erogare ciascuno una potenza pari a 2,3 MW, per una potenza complessiva di 16,1 MW.

Il calcolo della produzione attesa (stima della energia prodotta) dell'impianto eolico si basa principalmente sui seguenti tre punti:

1. dati di vento misurati (caratteristici del sito) che determinano il potenziale eolico;
2. orografia del sito e posizionamento degli aerogeneratori (layout) che definiscono la distribuzione del potenziale eolico sul terreno;
3. curva di potenza delle turbine che fornisce la performance energetica dell'impianto.

I dati di vento registrati dalla torre anemometrica vengono sintetizzati dal modello di simulazione matematico ("Wind Farmer") per la valutazione energetica del sito d'impianto.

In particolare nella figura seguente sono riportate le curve di livello dell'area studiata, che rappresentano l'orografia tridimensionale del territorio e la disposizione degli aerogeneratori sul territorio.

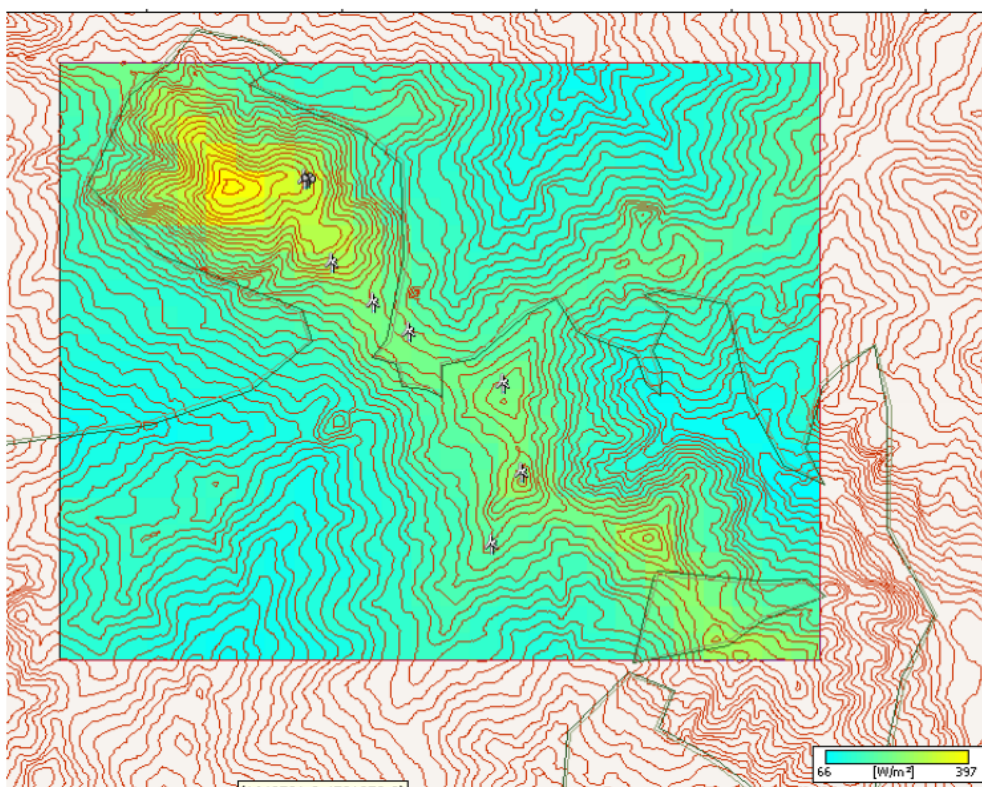


Figura 5 Densità di potenza

Le diverse tonalità di colore con cui viene messa in evidenza l'area studiata evidenziano l'intensità della potenza specifica della vena fluida.

ID	Prod. Lorda (MWh)	Prod. al netto scie (MWh)	Perdita scia (%)	V Mozzo (m/s)	Ore Nette Equivalenti
1	5344	5181	3.05%	6.13	2253
2	4367	4271	2.20%	5.53	1857
3	3798	3700	2.58%	5.12	1609
4	3865	3793	1.86%	5.19	1649
5	4157	3947	5.05%	5.38	1716
6	4383	4207	4.02%	5.52	1829
7	3515	3358	4.47%	5.01	1460

Tabella 5 Produzione energetica turbine

Prod. Totale (GWh/anno)	28.46	Ore Medie Nette Equivalenti	1768
-------------------------	-------	-----------------------------	------

Tabella 6 Producibilità stimata dell'impianto

3.6 Definizione e tipologia dei componenti principali

3.6.1 Architettura generale dell'impianto

L'impianto eolico è essenzialmente costituito dall'insieme degli aerogeneratori installati su torri tubolari, opportunamente disposte sul sito interessato, di altezza pari a circa 80 m, e dall'impianto elettrico necessario al funzionamento degli stessi. Si distingue, così, l'impianto elettrico interno al parco, che ha la funzione di collegare tutti gli aerogeneratori, e l'impianto elettrico necessario al collegamento con la rete elettrica nazionale che provvede alla connessione della cabina di trasformazione e consegna. Nel caso specifico l'energia elettrica prodotta dall'intero parco eolico viene convogliata alla stazione elettrica di consegna.

Il parco eolico viene, inoltre, dotato della necessaria rete di viabilità in modo da assicurare l'accesso al trasporto di ogni aerogeneratore.

Come già detto, sulla base della elaborazione dei dati di vento e delle successive simulazioni eseguite, si sono individuate le aree più indicate all'installazione di ogni singolo aerogeneratore e si è proceduto a definire il miglior layout possibile al fine di ottenere per ogni macchina un'alta

producibilità e contemporaneamente di ridurre al minimo le perdite per effetto scia, nonché l'impatto paesaggistico.

Il posizionamento delle macchine sull'area di progetto è stato effettuato mediante l'ausilio di codici di calcolo ed in base a tali risultati, all'estensione dei terreni indicati ed alla loro disposizione rispetto alle direzioni dei venti prevalenti, si sono collocati 7 aerogeneratori in grado di erogare ognuno 2,3 MW per una potenza totale installata corrispondente a 16,1 MW. Tali macchine sono del tipo con rotore ad asse orizzontale, tre pale, regolazione del passo e sistema attivo di regolazione dell'angolo di imbardata, in modo da poter funzionare a velocità variabile e ottimizzare costantemente l'angolo di incidenza tra la pala e il vento. L'installazione dei succitati sistemi di controllo consente non solo di ottimizzare la produzione di energia elettrica, ma anche di contenere il livello di rumorosità entro valori decisamente accettabili.

3.6.2 Caratteristiche tecniche dell'aerogeneratore tipo Siemens SWT 2.3

Le caratteristiche relative all'aerogeneratore scelto come macchina di riferimento del progetto vengono di seguito riportate:

- Rotore: è composto da tre pale ed è montato sopravento. La potenza in uscita è controllata regolando l'incidenza delle pale.
- Pale: realizzate in materiale composito a matrice polimerica. Nelle giunzioni tra le varie parti della pala non viene utilizzato alcun tipo di colla, non ci sono punti deboli e vi è totale protezione da acqua e agenti atmosferici. Montate su cuscinetti appositi, possono essere variate di incidenza fino a 80 gradi per scopi di arresto. Ciascuna pala ha un suo meccanismo indipendente di regolazione dell'inclinazione, con tale accorgimento è possibile arrestare la pala in qualsiasi condizione operativa e permettere una massimizzazione della potenza erogata alle varie condizioni di velocità del vento attraverso regolazioni di fino.
- Riduttore e freno: il riduttore è un sistema dedicato di tipo planetario elicoidale a 3 stadi, montato sulla navicella con supporti in gomma flessibili. Si ottiene così un sistema compatto e ad alte prestazioni e un livello di rumore il più basso possibile. Il riduttore è dotato di un freno meccanico a sicurezza intrinseca sull'albero veloce.
- Generatore: la costruzione del rotore del generatore e dell'avvolgimento dello statore sono specificatamente progettati per un'alta efficienza a carichi parziali. Il generatore è dotato di un sistema separato di ventilazione controllata a termostato che, garantendo un efficace

raffreddamento, gli permette di funzionare a temperature ben al di sotto del normale livello previsto dalla classe di isolamento standard, favorendo in tal modo l'allungamento della vita attesa per l'isolamento degli avvolgimenti.

- Torre: la SWT-2,3-93 è montata su una torre rastremata cava in acciaio; la torre internamente consente un accesso diretto alla navicella ed al sistema di rotazione della stessa.
- Sistema di controllo: il sistema di controllo della turbina è basato su un microprocessore industriale. Il controllore è completo di interruttori e di dispositivi di protezione. È auto-diagnostico e ha una tastiera e un display per una facile lettura dello stato della macchina e per la regolazione delle impostazioni.
- Sistema di sicurezza: la turbina ha diversi livelli di ridondanza nel sistema di sicurezza: ogni pala è dotata di un sistema indipendente che le consente di variare la propria incidenza. Tali accorgimenti consentono alla turbina di fermarsi in modo sicuro in qualsiasi condizione operativa.
- Remote control: la turbina è dotata del sistema SCADA WebWPS. Il sistema consente un controllo a lunga distanza e una varietà di schermate e utili resoconti visualizzabili attraverso un comune web browser.
- Interfacciamento alla rete: la SWT-2.3-93 è equipaggiata con un sistema compatibile anche con codici molto rigidi di rete. Il sistema adottato permette il ride-through per tutte le usuali condizioni di guasto.

La turbina eolica entra in funzione con avvio automatico, quando il vento raggiunge una velocità media di circa 3-5 m/s. Con funzionamento a potenza inferiore rispetto al valore della potenza nominale, passo, angolo e velocità del rotore sono continuamente adeguati per massimizzare l'efficienza aerodinamica. Raggiunta la potenza nominale, a velocità del vento di circa 13-14 m/s o maggiore, la produzione viene regolamentata in modo da ottimizzare i carichi sulla rete di trasmissione. Se la velocità media del vento supera il massimo limite operativo di 25 m/s, la turbina si arresta; Quando la velocità del vento torna al di sotto del livello di riavvio, i sistemi di sicurezza consentono il riavviamento della turbina, che riprende il suo normale funzionamento.

I principali dati tecnici di ciascun aerogeneratore sono qui di seguito evidenziati:

Potenza nominale	2300 kW
Sistema di controllo	WebWPS Scada System
Diametro rotore	93 m

Numero pale	3
Velocità del vento di attivazione / bloccaggio	3-5/ 25 m/s
Velocità del vento nominale	13-14 m/s
Altezza del mozzo	80 m/100 m o site-specific

3.6.3 Perturbazione del campo aerodinamico

Il vento è causato da differenze di pressione che si verificano al di sopra della superficie terrestre a causa delle diverse quantità di calore ricevute dal sole. Oltre alle forze prodotte dalle differenze di pressione, esistono altre forze determinate dalla curvatura e dalla rotazione della terra; ad altitudini elevate, la risultante di tali forze produce un vento costante parallelo alle isobare, noto come vento di gradiente. L'altitudine a cui il vento è pari al vento di gradiente è nota come altezza di gradiente, e si trova tra i 1000 e i 2000 m dal terreno. Al di sotto dell'altezza di gradiente, il vento è rallentato da ostacoli superficiali ed attrito, con conseguente riduzione dell'energia cinetica totale del flusso. Ostacoli e attrito generano anche turbolenza nel flusso cosicché si produce un trasferimento di energia cinetica dal flusso medio alle fluttuazioni turbolente. La turbolenza introduce, a sua volta, ulteriori sforzi di taglio nel flusso che portano ad uno scambio della quantità di moto tra masse d'aria che si trovano a diverse altitudini. Il risultato di tutto ciò è una diminuzione della velocità del vento, dal vento di gradiente fino ad un valore pari a zero in prossimità del terreno.

Tale turbolenza, definita come ambientale, è molto elevata vicino al suolo, dove viene generata, e diminuisce fino ad annullarsi all'altezza di gradiente e, per definizione, lo stesso si verifica per gli sforzi di taglio.

Una parte importante dello strato limite è quella vicino al suolo, noto come strato superficiale che si estende fino ad un'altitudine tra 50 e 150 m a seconda dell'ondulazione del terreno. Nello strato superficiale, gli sforzi di taglio sono praticamente costanti.

Le principali caratteristiche del flusso nello strato limite atmosferico sono le seguenti:

- 1) velocità media del vento aumenta con l'altitudine
- 2) turbolenza esiste a tutte le altitudini
- 3) turbolenza si estende ad un'ampia gamma di frequenze
- 4) turbolenza è forte per piccole distanze ed alle basse frequenze

La turbolenza ambientale è una caratteristica intrinseca del sito, dell'orografia e dell'uso del suolo precedenti alla costruzione del parco. Per valutarla è necessario individuare, quindi, le caratteristiche di rugosità delle aree interessate e limitrofe all'impianto.

L'inserimento delle turbine eoliche nell'area oggetto di studio provoca una turbolenza, definita turbolenza aggiuntiva, che risulta essere provocata dalla scia degli aerogeneratori ed è espressa empiricamente come una funzione della turbolenza ambientale, del coefficiente di spinta, della distanza dal piano del rotore e la lunghezza della scia vicina¹:

Tale turbolenza è da considerarsi in particolare per le sollecitazioni meccaniche che i rotori delle turbine eoliche subiscono dai moti turbolenti delle scie delle altre macchine. Tali moti, comunque, decrescono in funzione della distanza orizzontale dal rotore, come evidente dall'analisi della suddetta equazione.

Dai test² eseguiti in galleria del vento si evince come la perturbazione del flusso si riduca più velocemente sull'asse verticale che su quello orizzontale.

3.6.4 Infrastrutture elettriche

Tra la produzione e l'immissione in rete dell'energia elettrica, cioè tra gli aerogeneratori e la rete elettrica di distribuzione a 132 kV di competenza TERNA, sono previste una serie di infrastrutture elettriche necessarie al trasporto, smistamento, trasformazione, misura e consegna dell'energia elettrica.

Le opere elettriche che fanno parte dell'impianto eolico possono essere schematicamente suddivise in:

- opere elettriche di collegamento fra aerogeneratori;
- opere elettriche di trasformazione e collegamento alla rete a 132 kV.

Le opere elettriche di trasformazione e collegamento alla rete elettrica a 132 kV sono costituite da una stazione elettrica Utente (detta Impianto di Utenza per la Connessione) e da una stazione elettrica di Consegna (detta Impianto di Rete per la Connessione); l'insieme dei due impianti costituisce l'Impianto per la Connessione.

¹ U. Hassan, "Awind Tunnel Investigation of the Wake Structure within Small Wind Turbine Farms", Department of Energy, E/5A/CON/5113/1890, 1992.

² Test in galleria del vento di Garrad Hassan.

L'impianto per la connessione alla Rete Elettrica Nazionale a 132 kV sarà realizzato in agro di Monteverdi presso la Centrale ENEL "Monteverdi 1", in posizione non distante dal sito.

3.6.4.1 Opere elettriche di collegamento fra aerogeneratori

L'energia prodotta in bassa tensione da ciascun aerogeneratore viene trasformata in media tensione per mezzo del trasformatore installato a bordo navicella e quindi trasferita al quadro di media tensione a 20 kV posto alla base della torre (all'interno) di sostegno.

Gli aerogeneratori della centrale eolica sono tra loro collegati mediante una rete di collegamento interna al parco, alla tensione di 20 kV; i cavi elettrici saranno direttamente interrati con protezione meccanica supplementare (lastra piana a tegola), entro apposito scavo con profondità di circa 1,50 m e larghezza minima variabile in funzione del numero di terne:

- 0,50 m nel caso di una sola terna di cavi;
- 0,70 m nel caso di due terne di cavi;
- 1,0 m nel caso di tre terne di cavi;
- 1,30 m nel caso di quattro terne di cavi.

All'interno dello stesso scavo verranno posati la corda di terra (in rame nudo), i tegolini di protezione, il nastro segnalatore nonché il cavo di trasmissione dati.

Lo schema proposto per il collegamento degli aerogeneratori consiste in una soluzione mista di linee radiali e di linee ad albero, in funzione della disposizione degli stessi, dell'orografia del territorio e della viabilità interna del parco.

I 7 aerogeneratori sono stati suddivisi in 3 gruppi (o rami) costituiti rispettivamente da quattro uno e due aerogeneratori, che si attestano direttamente alla cabina di centrale prossima allo stallo AT.

Il percorso dei cavi elettrici che collegano gli aerogeneratori alla Stazione Elettrica Utente seguirà, per quanto possibile, la viabilità esistente; è prevista la realizzazione di nuove strade per l'accesso agli aerogeneratori ove saranno collocati i relativi cavidotti. Il percorso del cavidotto di collegamento seguirà preferibilmente il tracciato delle strade poderali.

Il tracciato è stato studiato in conformità con quanto previsto dall'art. 121 del R.D. 1775/1933, comparando le esigenze di pubblica utilità dell'opera con gli interessi sia pubblici che privati, e

progettato in modo da arrecare il minor pregiudizio possibile alle proprietà interessate, avendo cura di vagliare le situazioni esistenti sui fondi da asservire rispetto anche alle condizioni limitrofe.

La tipologia dei cavi elettrici e la sezione del relativo conduttore sono state selezionate sulla base del tipo di servizio e del tipo di posa previsti.

E' stato considerato un cavo unipolare, per posa interrata in piano con terreno avente resistività termica (R_t) pari a 200 °C cm/W, ed adottando un opportuno fattore di sicurezza.

Le sezioni dei conduttori, determinate secondo la norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici" sono di seguito riportate.

LINEA 1 (magenta): WTGs [WT1-WT2-WT3-WT4] – Stazione di Consegna				
Percorso	Sezione (mm ²)	Lunghezza (m)		n.ro terne nello scavo
WT1 – WT2	3x(1x50)	1125		x1
WT2 – WT3	3x(1x70)	416		x1
WT3 – WT4	3x(1x95)	284		x1
WT4 - SC	3x(1x185)	1072	622	x1
			450	X3
	TOTALE	2897		
LINEA 2 (blu): WTGs [-WT5] - Stazione di Consegna				
Percorso	Sezione (mm ²)	Lunghezza (m)		n.ro terne nello scavo
WT5 – SC	3x(1x50)	1760	320	x1
			990	X2
			450	X3
	TOTALE	1760		
LINEA 3 (rossa): WTGs [WT7-WT6] – Stazione di Consegna				
Percorso	Sezione (mm ²)	Lunghezza (m)		n.ro terne nello scavo
WT7 – WT6	3x(1x50)	618		x1
WT6 – SC	3x(1x70)	1810	205	x1
			494	X2
			1110	X3
	TOTALE	2428		

3.6.4.2 Connessione alla Rete Elettrica di Distribuzione a 132 kV

L'allacciamento dell'impianto in progetto alla Rete Elettrica TERNA a 132 kV avverrà presso la Stazione Elettrica di Consegna da realizzarsi in agro di Monteverdi in prossimità della esistente Centrale geotermica ENEL "Monteverdi 1", come individuata nell'atlante elettrodotti della Toscana ed ubicata in posizione non distante dal sito.

In particolare, il collegamento alla rete elettrica a 132 kV comporterà la realizzazione delle seguenti opere:

1. *Impianto di Utenza per la Connessione:* Stazione di Trasformazione e Consegna comprensivo delle apparecchiature di manovra-sezionamento-protezione, del trasformatore elevatore 20/132 kV/kV, delle apparecchiature di misura, del quadro MT, ecc.;
2. *Impianto di Rete per la Connessione:* costituito da palogatto e relativa linea di raccordo per la connessione al primo palo della linea TERNA a 132 kV esistente.

La Soluzione Tecnica Minima Generale n.07027455 del 18.02.2008 comunicata da TERNA prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV con la esistente Stazione a 132 kV di proprietà ENEL e denominata Monteverdi 1.

I due impianti contigui, costruttivamente e funzionalmente distinti tra loro sono:

- *Impianto di Rete per la Connessione* (di proprietà e gestione TERNA), con funzione di smistamento e interfacciamento tra la rete elettrica a 132 kV esistente ed il Punto di Consegna, attraverso il quale transita l'energia prodotta o assorbita dal campo eolico (nel caso in cui gli aereogeneratori siano fermi);
- *Impianto di Utente per la Connessione* (di proprietà e gestione del Produttore), con funzione di ricevere l'energia prodotta dall'intero parco alla tensione di 20 kV, elevare la stessa energia al livello di tensione di 132 kV per mezzo del trasformatore elevatore e consegnare in rete al Punto di Consegna precedentemente descritto.

La contabilizzazione dell'energia immessa nella rete a 132 kV viene effettuata attraverso il gruppo di misura di proprietà del Produttore e facente parte dell'impianto del produttore medesimo; la contabilizzazione dell'energia prelevata dalla rete viene invece effettuata attraverso il gruppo di misura di Proprietà TERNA.

Le due parti d'impianto saranno localizzate in unico sito ricadente in agro di Monteverdi, separate da recinzione di confine, in prossimità della linea aerea a 132 kV.

L'area individuata, di forma pressoché regolare, presenta una superficie in lieve pendenza, libera da vegetazione ed agevolmente accessibile attraverso la viabilità esistente. Queste condizioni richiederanno modeste opere di sbancamento e/o rilevati per la predisposizione delle aree necessarie alla realizzazione della Stazione Utente.

L'estensione complessiva delle parti anzidette non supera i 550 m².

In definitiva, si ritiene idonea la localizzazione dell'impianto per la connessione, in relazione a:

- conformazione topografica del sito;
- buona accessibilità, assicurata dalla viabilità delle strade esistenti;
- ridotto impatto visivo degli impianti, per modeste dimensioni delle opere;
- ridotto impatto ambientale, in quanto le opere in progetto non incideranno significativamente sulla vegetazione delle aree interessate;
- ridotta onerosità dei raccordi, data la facile realizzazione e la ridotta lunghezza.

3.6.4.3 Impianto di Rete per la Connessione

L'Impianto di Rete per la Connessione sarà costituito dalle seguenti opere ed apparecchiature:

- Realizzazione di palogatto per la connessione al primo palo della linea TERNA;
- Linea di raccordo 132 kV per il collegamento con l'impianto del Produttore (Impianto Utente).

Le caratteristiche tecnico-funzionali delle apparecchiature e dei componenti della stazione di Consegna saranno conformi alle prescrizioni tecniche di TERNA.

3.6.4.4 Impianto di Utenza per la Connessione

L'Impianto di Utenza per la connessione sarà costituito dalle seguenti opere ed apparecchiature:

- montante a 132 kV per la connessione tra l'impianto Utente e l'Impianto di Rete;
- trasformatore 132/20 kV;
- quadro a 20 kV;
- fabbricato destinato ad alloggiare il quadro a 20 kV, i dispositivi e le apparecchiature di comando ed i servizi ausiliari della stazione stessa.

Il montante a 132 kV sarà costituito dalle seguenti apparecchiature elettriche AT:

- N.1 sezionatore di linea con dispositivo di messa a terra;
- N.9 trasformatori di tensione per il sistema di protezione, misure e contabilizzazione dell'energia;
- N.1 interruttore generale;
- N.3 trasformatori di corrente (TA) per il sistema di protezione e per il complesso di misura e contabilizzazione dell'energia;
- N.3 scaricatori per il trasformatore AT/MT.

Il trasformatore 132/20 kV avrà le seguenti caratteristiche:

- trasformatore trifase tipo ONAN/ONAF;
- potenza 40 MVA
- frequenza 50 Hz
- rapporto di trasformazione a vuoto $132.000 \pm 8 \times 1,5 \% / 21.000 \text{ V/V}$
- collegamenti e gruppo Ynd11

All'interno dell'area predisposta per lo stallo dell'impianto eolico sarà ubicato il fabbricato di centrale, avente dimensioni in pianta di m 14,00 per m 3,50 con altezza di m 3,00 e comprendente i seguenti locali:

- Locale Quadro MT contenente il Quadro MT di interfaccia tra i sottocampi del parco eolico ed il trasformatore elevatore MT/AT;
- Locale di Centrale contenente il Quadro di Controllo dell'impianto eolico, le protezione dello stallo AT, il sistema di trasmissione dati alla postazione di teleconduzione del parco eolico, il sistema di alimentazioni protette c.a. e c.c., il Quadro di Distribuzione di BT;
- Locale Trasformatore MT/BT, contenente il trasformatore (20/0,4 kV) destinato all'alimentazione degli ausiliari della stazione elettrica;
- Locale Misure per la contabilizzazione dell'energia elettrica.

All'interno del fabbricato verranno alloggiate le apparecchiature di comando, protezione, telecontrollo dei servizi ausiliari, i quadri elettrici dei servizi ausiliari, la batteria e il quadro di media tensione.

I servizi ausiliari della Stazione Utente saranno derivati, attraverso un trasformatore MT/BT dedicato, direttamente dal quadro a 20 kV e sarà garantita un'alimentazione trifase da 10 kW all'Impianto di Rete per la connessione per i propri servizi ausiliari.

Il dimensionamento definitivo del fabbricato sarà determinato in funzione delle dimensioni dei vari ambienti interni, nel rispetto di quanto previsto dalle norme.

Il fabbricato sarà dotato di impianto antintrusione, di impianto rilevazione fumo e gas, di impianto elettrico, telefonico, condizionamento e riscaldamento elettrico.

La viabilità interna della Stazione Utente sarà assicurata da strade asfaltate di larghezza non inferiore a 3 m. La Stazione Utente sarà dotata di adeguato impianto di illuminazione esterna.

3.6.5 Opere civili

Per la realizzazione dell'impianto eolico sono da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- opere provvisionali;
- opere civili di fondazione;
- opere di viabilità;
- cavidotti.

3.6.5.1 Opere provvisionali

Le opere provvisionali comprendono, principalmente, la predisposizione delle aree da utilizzare durante la fase di cantiere e la predisposizione, con conseguente carico e trasporto del materiale di risulta, delle piazzole per i montaggi meccanici ad opera delle gru. In particolare, si tratta di creare superfici piane di opportuna dimensione e portanza al fine di consentire il lavoro in sicurezza dei mezzi di sollevamento che, nel caso specifico, sono rappresentate da gru da 120 t e da 630 t.

Per tali piazzole si dovrà effettuare l'eventuale predisposizione dell'area, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e la compattazione della superficie.

In ogni caso, a montaggio ultimato, la superficie occupata dalle piazzole verrà ripristinata come "ante operam", prevedendo il riporto di terreno vegetale, la posa di geostuoia, la semina e l'eventuale piantumazione di cespugli ed essenze tipiche della flora locale. Solamente una limitata area attorno alle macchine verrà mantenuta piana e sgombra da piantumazioni, prevedendone il solo ricoprimento con uno strato superficiale di stabilizzato di cava; tale area serve a consentire di effettuare le operazioni di controllo e/o manutenzione degli aerogeneratori.

Eventuali altre opere provvisorie (protezioni, slarghi, adattamenti, piste, ecc.), che si rendessero necessarie per l'esecuzione dei lavori, saranno rimosse al termine degli stessi, ripristinando i luoghi allo stato originario.

3.6.5.2 Opere civili di fondazione

La fondazione di ciascuna torre tubolare – aerogeneratore, sarà costituita da un plinto in calcestruzzo di c.a. di forma parallelepipedica con larghezza di 15.00 m avente altezza pari a 1,5 m, sormontato da un dado anch'esso a base quadrata. Nel plinto è annegato il concio di base della torre di sostegno dell'aerogeneratore, al quale verrà unito, tramite un giunto bullonato, il concio successivo della torre stessa.

Il sito di ciascuna torre, in fase di progetto esecutivo, dovrà essere oggetto di puntuali indagini finalizzate a determinare la successione stratigrafica, la natura degli strati e le caratteristiche geologiche-geotecniche di ciascuno strato, la presenza di fenomeni carsici e di eventuali sacche di materiale incoerente non compatibile con le sollecitazioni indotte dalle sovrastrutture e necessarie quindi di preventiva bonifica; in caso di necessità da valutare per ciascuna torre in fase di progetto esecutivo i plinti di fondazione verranno ancorati con pali trivellati e gettati in opera di opportuno diametro e lunghezza, adeguatamente armati.

3.6.5.3 Opere di viabilità e cavidotti

Questa categoria è costituita dalle strade di accesso e di servizio e dagli scavi necessari per la posa dei cavi per il collegamento elettrico delle turbine. Gli interventi di ripristino saranno limitati ad alcune strade vicinali esistenti mentre gli unici percorsi stradali che verranno realizzati ex novo sono rappresentati da quelli di accesso ad alcuni aerogeneratori. Sulla base del censimento e dell'analisi dello stato attuale della viabilità esistente, il progetto riguardante le opere di viabilità prevede quindi il transito degli automezzi su:

- viabilità esistente e già di larghezza adeguata sui quali sono previsti esclusivamente interventi di sistemazione e manutenzione ed una deviazione in prossimità della località "Canneto";
- viabilità esistente da ripristinare con dei semplici allargamenti;
- nuove strade da realizzare interne all'area del parco di larghezza media pari a m 5.

Verranno, inoltre, ripristinate o realizzate le opere di regimazione e canalizzazione delle acque di superficie, atte a prevenire i danni provocati dal ruscellamento delle acque piovane ed a canalizzare le medesime verso i compluvi naturali. Tali opere potranno essere: canalette realizzate in terra, in calcestruzzo vibrato prefabbricato, canali semicircolari costituiti da elementi prefabbricati semicircolari in calcestruzzo vibrato, fossi di guardia in canali trapezi per il convogliamento delle acque verso i fossi naturali costituiti da elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato o in elementi in lamiera ondulata in acciaio zincato.

Le vie cavo interne all'impianto saranno realizzate secondo le norme valide per le reti di distribuzione urbana e seguiranno essenzialmente percorsi disposti lungo o ai margini della viabilità. I cavi saranno posti direttamente in trincea, opportunamente distanziati, su un letto di sabbia vagliata e ricoperti mediante tegolini di protezione; il ricoprimento della trincea avverrà con terra vagliata e posa di nastro segnalatore, corda di rame e cavo telefonico.

3.7 Fase di cantiere

Le opere da realizzare consistono essenzialmente nelle seguenti fasi:

- a) sistemazione e ripristino della viabilità esistente;
- b) realizzazione della nuova viabilità prevista per il collegamento alle piazzole degli aerogeneratori e opere minori ad essa relative;
- c) realizzazione di opere minori di regimazione idraulica superficiale quali canalette in terra, cunette, trincee drenanti, ecc.;
- d) formazione delle piazzole per l'alloggiamento degli aerogeneratori;
- e) realizzazione delle fondazioni in calcestruzzo armato degli aerogeneratori, formazione del piano di posa dei basamenti prefabbricati delle cabine di macchina e dei blocchi di ancoraggio delle torri anemometriche;
- f) realizzazione di opere varie di sistemazione ambientale;
- g) realizzazione dei cavidotti interrati interni all'impianto;
- h) trasporto in sito dei componenti elettromeccanici;
- i) sollevamenti e montaggi meccanici;
- j) montaggi elettrici.

Prima dell'inizio dei lavori sarà predisposto un dettagliato programma cronologico dello svolgimento dei medesimi. In ogni caso, si stima che il tempo di realizzazione dell'impianto sarà di 18 mesi a partire dall'ottenimento di tutte le autorizzazioni.

Le principali attrezzature necessarie alle varie fasi di lavorazione del cantiere sono riportate nella tabella seguente:

- Funi di canapa, nylon e acciaio omologata CIFAST, con ganci a collare
- Attrezzi portatili manuali USAG, BETA etc.
- Attrezzi portatili elettrici: avvitatori, trapani, smerigliatrici BOSCH, STAR, RUPES etc.
- Scale in alluminio e legno a norma
- Gruppo elettrogeno gen. Set MTM 8,3 kVA
- Saldatrici del tipo a elettrodo o a filo 380 V
- Ponteggi mobili

Si riporta di seguito l'elenco degli automezzi che si prevede saranno necessari durante le varie fasi di lavorazione del cantiere (per opere civili e montaggi):

Tipologia	N. di automezzi
Escavatore cingolato	4
Pala cingolata o gommata	2
Autocarro mezzo d'opera	5
Rullo ferro – gomma vibrante	1
Gru 630 t	1
Gru 120 t	1
Piattaforma mobile autocarrata tipo Merlo	1

Per quanto riguarda i materiali di risulta, questi, opportunamente selezionati, saranno riutilizzati, per quanto è possibile, nell'ambito dei cantieri per formazione di rilevati, di riempimenti od altro; il rimanente materiale di risulta prodotto dal cantiere e non utilizzato dovrà essere trasportato a discarica autorizzata.

Si darà priorità, nella scelta delle aree di discarica, a quelle individuate o già predisposte allo scopo ove sarà realizzata l'opera ed in ogni caso a quelle più vicine al cantiere, mantenendo tuttavia una distanza dallo stesso non inferiore ai 200 m.

Il cantiere occuperà la minima superficie di suolo, aggiuntivo rispetto a quella dell'impianto. Al termine dei lavori si procederà al ripristino morfologico, alla stabilizzazione ed inerbimento di tutte le aree soggette a movimento di terra e al ripristino della viabilità pubblica e privata.

3.8 Linee guida per la dismissione dell'impianto

A premessa della definizione di linee guida per un piano di dismissione dell'impianto, si tiene a precisare che, per l'intero periodo di funzionamento della centrale, sarà assicurata ai cittadini la disponibilità dei terreni, nelle aree non direttamente interessate dalla presenza di manufatti (macchine e relative fondazioni, cabine elettriche, strade, etc.), per il diritto di coltivazione/pascolo. Alla fine della vita dell'impianto, che in media è stimata intorno ai 25-30 anni, si procede al suo smantellamento e conseguente ripristino del territorio.

Materiali o elementi pericolosi sono tassativamente esclusi dalla progettazione dell'impianto.

La dismissione di una centrale eolica si presenta comunque di estrema facilità se confrontata con quella di centrali di tipologia diversa. In particolare si tratta di operazioni ripetitive.

Il decommissioning dell'impianto prevede, sulla base di un programma definito a valle della decisione, la disinstallazione di ognuna delle unità produttive con mezzi e utensili appropriati. Successivamente per ogni macchina si procederà al disaccoppiamento e separazione dei macrocomponenti (generatore, mozzo, torre, etc.). Verranno quindi selezionati i componenti:

- riutilizzabili;
- riciclabili;
- da rottamare secondo le normative vigenti;
- materiali plastici da trattare secondo la natura dei materiali e le normative vigenti.

Una volta liberato il territorio dalle macchine, si procederà alla rimozione dei singoli elementi costituenti il parco (aerogeneratori, cabine elettriche), secondo le norme di demolizione dei materiali edili. Saranno quindi condizionati secondo le normative vigenti. Le linee elettriche verranno completamente rimosse e saranno conferite agli impianti di recupero e trattamento secondo la normativa vigente.

Le misure di ripristino dovranno interessare anche le strade e le piazzole che, a meno che, nel corso del tempo, non abbiano trovato interesse da parte della comunità, dovranno essere lasciate a ricoprirsi naturalmente oppure essere rilavorate con trattamenti addizionali, per il riadattamento al terreno e l'adeguamento al paesaggio.