



REGIONE
UMBRIA



PROVINCIA
DI PERUGIA



COMUNE DI
GUALDO TADINO



COMUNE DI
NOCERA UMBRA

PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Gualdo Tadino" con potenza di immissione in rete pari a 62 MW e relative opere connesse da realizzarsi nei comuni di Gualdo Tadino e Nocera Umbra (PG)

Titolo elaborato

Stima di producibilità

Codice elaborato

F0589AR02A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Alessandro Carmine DE PAOLA
Ing. Stefania CONTE
Ing. Mariagrazia PIETRAFESA
Ing. Federica COLANGELO
Arch. Gaia TELESCA



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Committente



RENEXIA S.p.a.

Viale Abruzzo 410, 66010 Chieti

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Ottobre 2023	Prima emissione	RENEXIA s.p.a.	RENEXIA s.p.a.	RENEXIA s.p.a.

File sorgente: mascherina_studio_anemologico.docx

1	Descrizione progetto	3
1.1	Premessa	3
1.2	Introduzione	4
1.3	Inquadramento geografico	4
2	Anemometria e misurazione della fonte primaria	5
2.1	Metodologia generale	5
2.2	Dati ingresso del modello	6
2.2.1	Condizioni climatiche dell'area	7
3	Previsioni di produzione	7
3.1	Modello tridimensionale del terreno	8
3.2	Aerogeneratore	10
4	L'impianto	11
5	Calcolo della resa energetica	12
5.1	Calcolo della resa energetica ideale	12
5.2	Calcolo della resa energetica reale	13
6	Conclusioni	14

1 Descrizione progetto

1.1 Premessa

Il cambiamento climatico rappresenta la sfida del nostro tempo. I dati mostrano che la comunità globale non sta facendo abbastanza per mantenere l'aumento della temperatura rispetto ai livelli preindustriali al di sotto di 1,5°C, soglia che secondo le stime del Copernicus Climate Change Service sarà raggiunta nel 2034 mantenendo il ritmo di incremento degli ultimi 30 anni. Il cambiamento climatico porta con sé conseguenze note quali i disastri naturali che negli ultimi 20 anni sono stati 7.348 nel mondo, contro i 4.212 del ventennio precedente, causando 1,23 milioni di morti e quasi 3 trilioni di dollari di perdite economiche.

L'Unione Europea ha colto quest'urgenza, definendo obiettivi puntuali in materia di riduzione delle emissioni di gas serra, di quota di fonti rinnovabili nel consumo finale di energia e di miglioramento dell'efficienza energetica, obiettivi che sono stati recentemente rinnovati e resi più ambiziosi. Il 14 luglio 2021, la Commissione Europea ha infatti pubblicato il pacchetto "Fit for 55" che rivede gli obiettivi di transizione energetica al 2030 per l'Unione fissando la riduzione netta delle emissioni di gas serra ad almeno il 55% rispetto ai livelli del 1990, insieme a un obiettivo di 40% di fonti rinnovabili nel mix energetico e un miglioramento dell'efficienza energetica pari al 36%.

In questo contesto è considerato che il settore energetico è responsabile del 53% delle emissioni di gas serra in Europa, il ruolo delle fonti di energia rinnovabili (FER) assume grande rilevanza. Tuttavia, nel 2020 la percentuale di energia da fonti rinnovabili in EU27+UK si attestava ancora al 20,5%. Proiettando l'andamento delle FER negli ultimi 5 anni, si stima che l'Europa mancherà il nuovo obiettivo al 2030 proposto dal pacchetto "Fit for 55" di più di 12 punti percentuali, raggiungendolo solo nel 2043. Un risultato simile è osservabile anche a livello italiano. Nel Paese, la percentuale di energia da fonti rinnovabili ha raggiunto il 20,2% nel 2020. Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) fissa come obiettivo una quota del 30% di energie rinnovabili sul consumo finale di energia entro il 2030, obiettivo che deve ancora essere rivisto al rialzo alla luce della recente revisione europea dei target. Stimando l'obiettivo aggiornato per l'Italia proiettando lo stesso aumento percentuale presente a livello europeo e proiettando l'andamento delle FER degli ultimi 5 anni, l'Italia risulta essere in ritardo di 24 anni rispetto al potenziale obiettivo aggiornato.

I vari sistemi di sfruttamento delle diverse fonti rinnovabili hanno raggiunto attualmente un differente grado di maturazione tecnologica. Per alcune fonti lo sfruttamento non è al momento percorribile economicamente. Tuttavia in qualche caso si è raggiunto un livello di maturazione tecnologica tale da rendere possibile il realizzarsi di un grado di utilizzo compatibile con gli

obiettivi fissati. E' il caso dell'energia eolica che per le sue caratteristiche tecniche, ambientale, sociali ed economiche, risponde alle esigenze di diversificazione energetica e di riduzione del livello di contaminazione atmosferica che la situazione attuale impone.

1.2 Introduzione

La presente relazione è stata redatta al fine di descrivere le principali caratteristiche tecniche e la producibilità dell'impianto eolico ubicato nel comune di Gualdo Tadino (PG) e Nocera Umbra (PG).

Il progetto prevede l'installazione di 10 aerogeneratori di potenza unitaria pari a 6.2 MW per una potenza complessiva pari a 62 MW.

1.3 Inquadramento geografico

L'area dove si intende effettuare la costruzione del parco si trova sull'area comunale di Gualdo Tadino e Nocera Umbra, in provincia di Perugia, in zona rurale ad oltre 5 km a sud dal centro abitato di Gualdo Tadino (Figura 1).

Il sito si presenta esteso ed esposto a venti predominanti, con una morfologia sub - pianeggiante con pochi ostacoli naturali e con vegetazione a macchia, favorendo le attività seminatrici e di allevamento. L'altitudine media della zona interessata è di circa 550 m s.l.m.

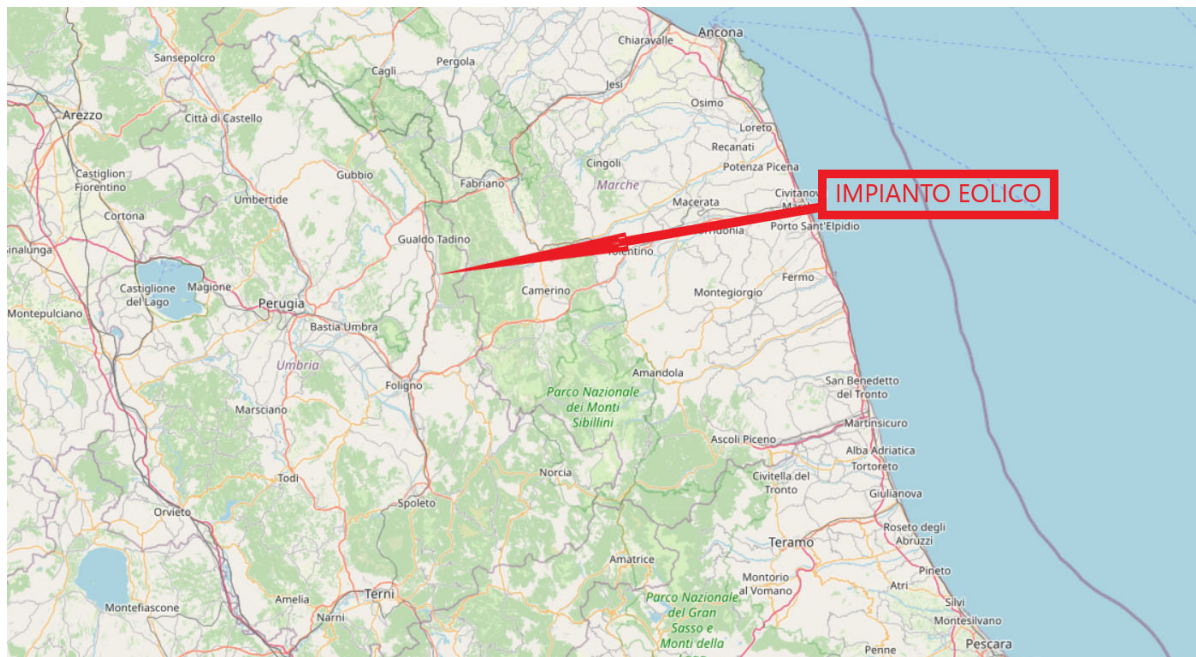


Figura 1. Inquadramento geografico

2 Anemometria e misurazione della fonte primaria

2.1 Misurazione della fonte primaria

Un fattore cruciale per lo sviluppo, l'ubicazione e il funzionamento di un impianto eolico è la capacità di valutare e caratterizzare le risorse eoliche disponibili.

La misurazione della ventosità ai fini della stima della produzione eolica può essere effettuata con diverse tecnologie e strumentazione.

In questo progetto si è deciso di impiegare uno strumento, Lidar, che utilizza tecniche di telerilevamento ottico per poter misurare la velocità e la direzione del vento orizzontale e verticale fino ad altezze di 200m.

Il Lidar è stato installato nelle vicinanze del progetto "Gualdo Tadino – Nocera Umbra" e la campagna di misurazione è stata avviata a novembre del 2022.



Figura 2. Strumento di misura Lidar.

2.2 Dati ingresso del modello

I dati acquisiti sono stati elaborati e validati attraverso l'impiego di software specialistici, successivamente, al fine di "stabilizzare" il dato nel lungo periodo, sono state effettuate correlazioni statiche con dati satellitari ERA5 (LTS).

Il dataset ottenuto copre un arco temporale di circa 20 anni, dal 2003 al 2023, dati sufficienti per poter validare un periodo idoneo allo scopo della valutazione del potenziale eolico del sito preso in esame.

La climatologia della risorsa vento è rappresentata da una rosa dei venti, che rappresenta la distribuzione media della velocità divisa in intervalli di velocità (bin) e direzioni del vento (settori).

La media annuale della velocità del vento calcolata a 115 m di altezza risulta pari a 6.6 m/s.

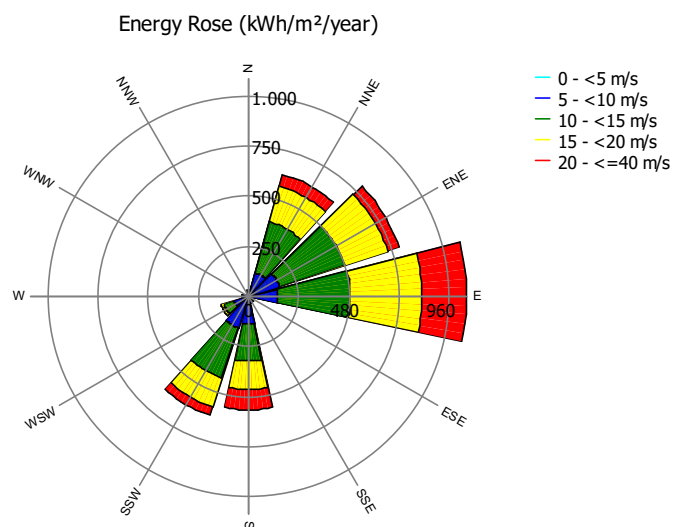


Figura 3. Rosa dei venti

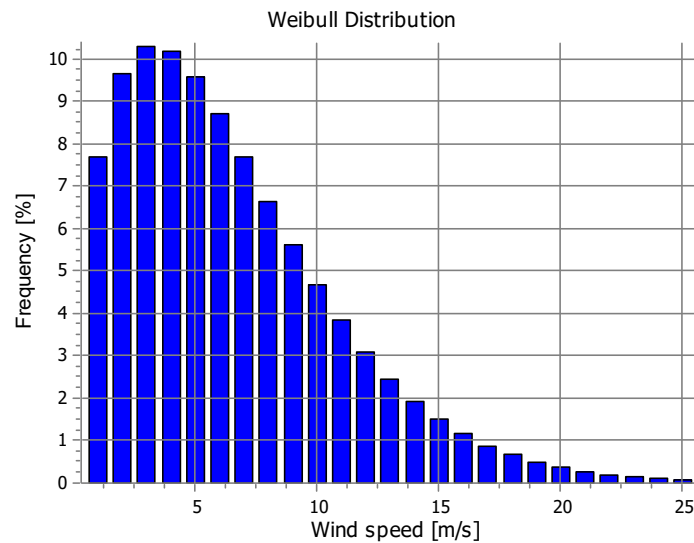


Figura 4. Distribuzione di Weibull

2.2.1 Condizioni climatiche dell'area

Nell'area in esame si può descrivere il clima, ad eccezione di alcuni cambiamenti denunciati negli ultimi anni, in temperato-sublitoraneo. L'**estate** è calda e secca e non di rado si possono superare i 30° mentre l'**inverno** è spesso freddo e umido e si possono registrare temperature sotto lo zero. Le piogge sono relativamente abbondanti (circa 842 mm annui), con i picchi precipitativi nel periodo autunnale e invernale. Anche la neve fa la sua comparsa per qualche giorno cumulando una media di 20 cm/anno.

La temperatura media si attesta intorno ai 11.8°C. Considerando quindi una altezza media sul livello del mare pari a 550 m, si dovrà considerare, per la densità dell'aria, un valore uguale a circa 1,15 kg/m³.

3 Previsioni di produzione

Le elaborazioni, a partire dai dati di vento registrati, sono state svolte mediante l'uso del software WindPRO, che si avvale a sua volta del modello di calcolo WASP; questo permette di elaborare, a partire dai dati vento e da informazioni relative alle specifiche puntuali dell'area analizzata, il vento geostrofico, ovvero quel vento che si realizza alla sommità dello strato limite atmosferico, dove il flusso risulta imperturbato dai fenomeni di attrito dovuti alla superficie terrestre. L'analisi della velocità del vento geostrofico costituisce il percorso obbligato al fine di studiare i fenomeni eolici dell'area in oggetto. La stima della distribuzione della velocità del vento a livello geostrofico permette infatti di ricostruire, sempre utilizzando il modello di calcolo WASP, la distribuzione della velocità al suolo e a vari livelli, in funzione di vari valori di rugosità attribuibili al territorio, ovvero delle mappe climatologiche dei venti caratteristici.

Il software si basa fondamentalemente su 3 grandi dati di input: Modello digitale del terreno (DEM), analisi della misurazione della risorsa eolica ed il tipo di aerogeneratore.

3.1 Modello tridimensionale del terreno

Per la caratterizzazione anemologica dell'area in esame si è provveduto alla realizzazione di un modello orografico di dimensioni opportune che descrive l'andamento altimetrico della zona interessata. In particolare, il modello ricopre una superficie che si estende fino a coprire una distanza pari di 30 km dai limiti definiti dal layout d'impianto:

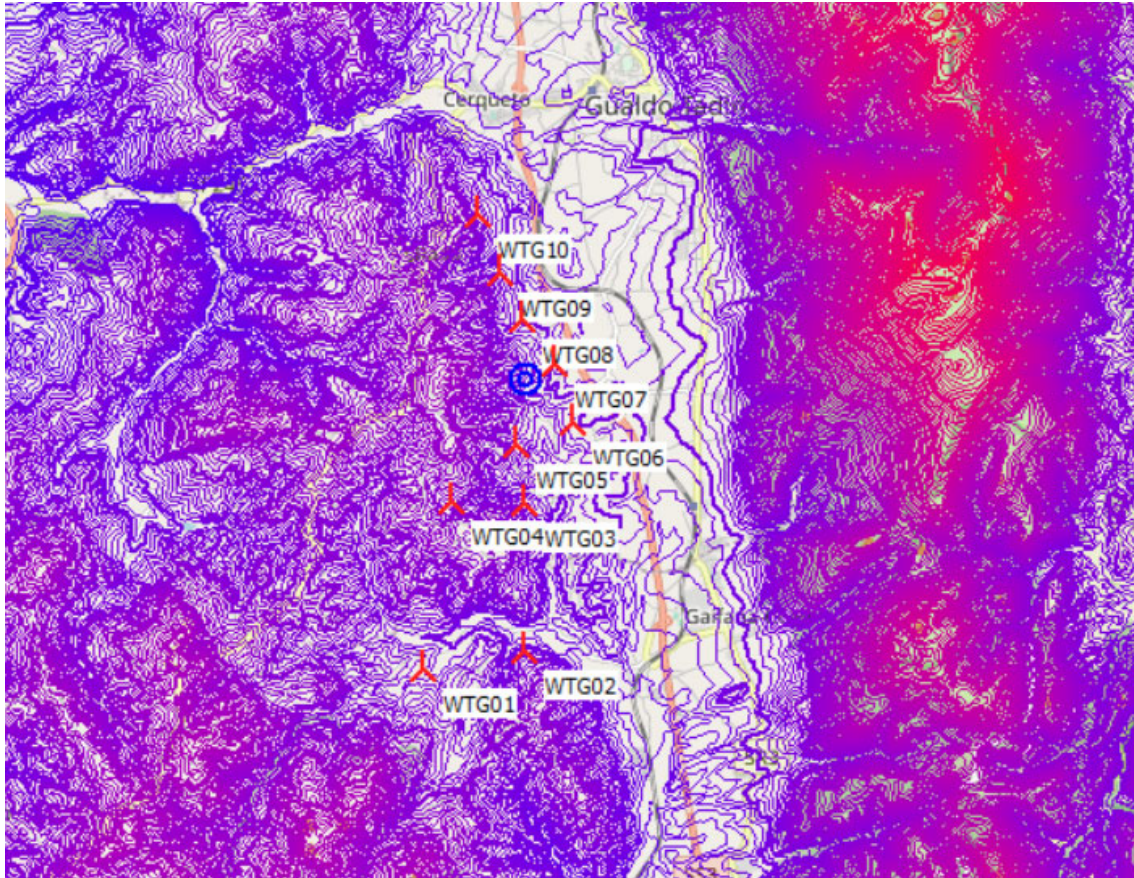


Figura 5. Modello digitale del terreno

La mappa digitale ottenuta è stata utilizzata come primo input per la simulazione del campo di vento sul sito. Al modello orografico deve essere assegnato un valore di rugosità che dà un'idea chiara delle proprietà della superficie del terreno. I valori di rugosità più elevati rappresentano zone con più ostacoli per la propagazione della risorsa vento.

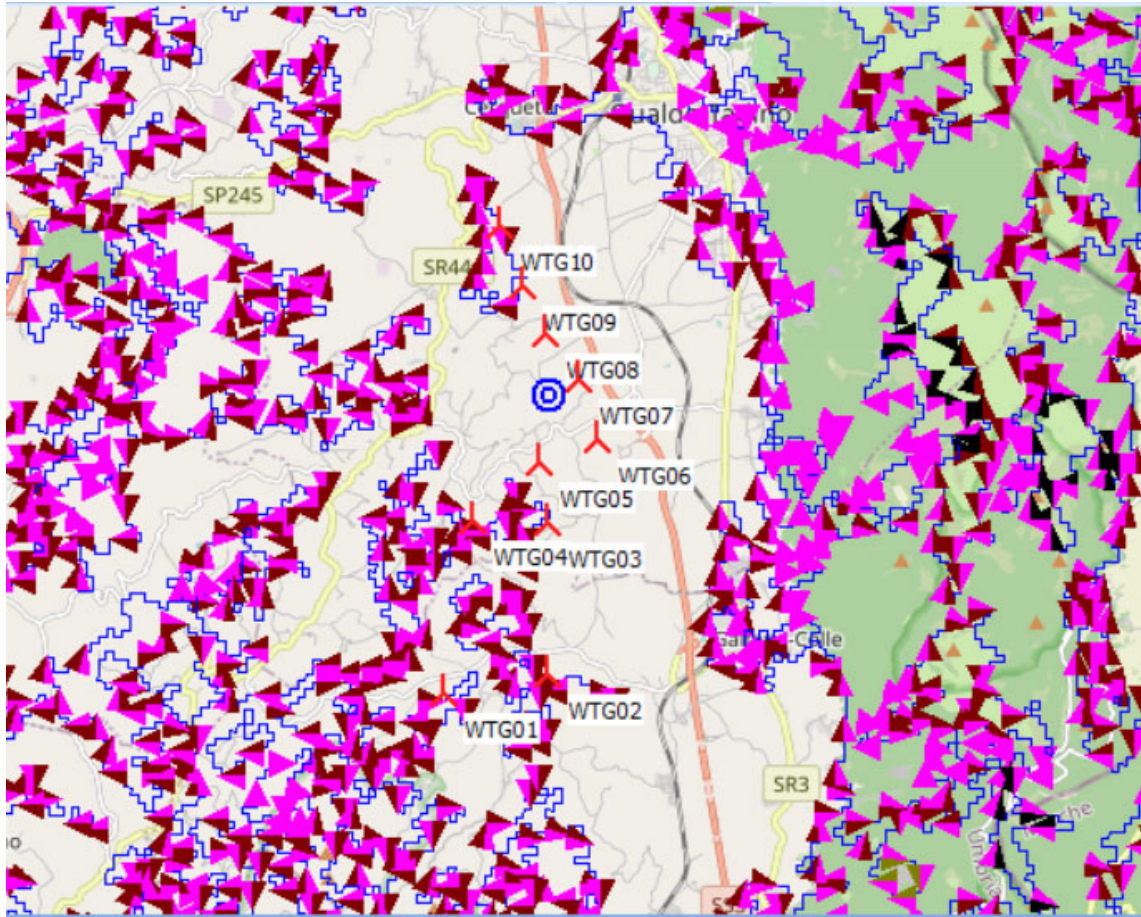


Figura 6. Rugosità del terreno.

I dati di elevazione e rugosità definiti sopra vengono utilizzati per definire il modello tridimensionale del suolo diviso in celle con una risoluzione orizzontale e verticale variabile.

3.2 Aerogeneratore

Per il progetto di cui trattasi, si è scelto di fare una stima della producibilità ipotizzando l'aerogeneratore che risponde al meglio al potenziale eolico del sito. Nella fattispecie l'aerogeneratore scelto ha un diametro di rotore pari a 170 m ed altezza al mozzo di 115 m.

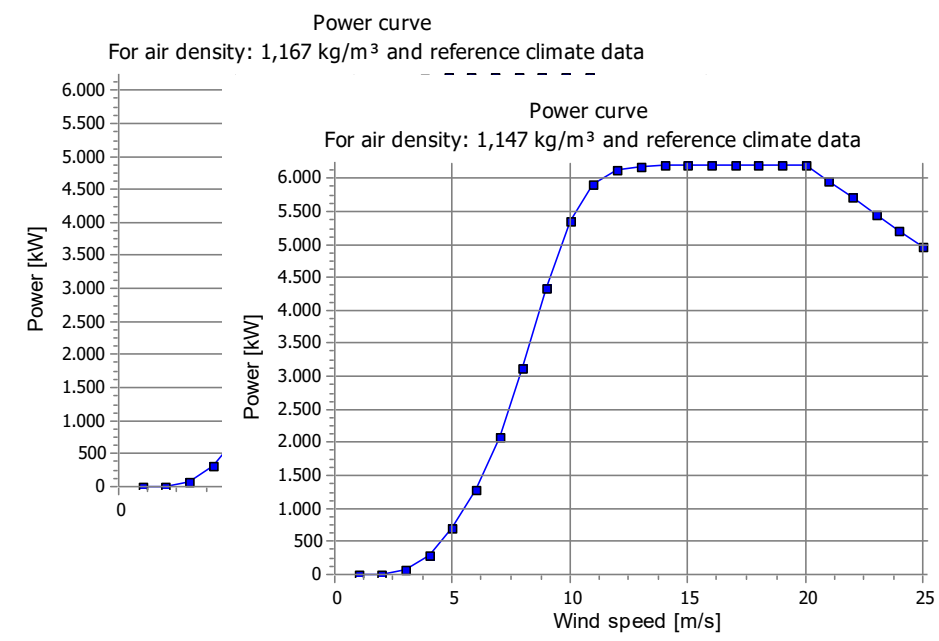
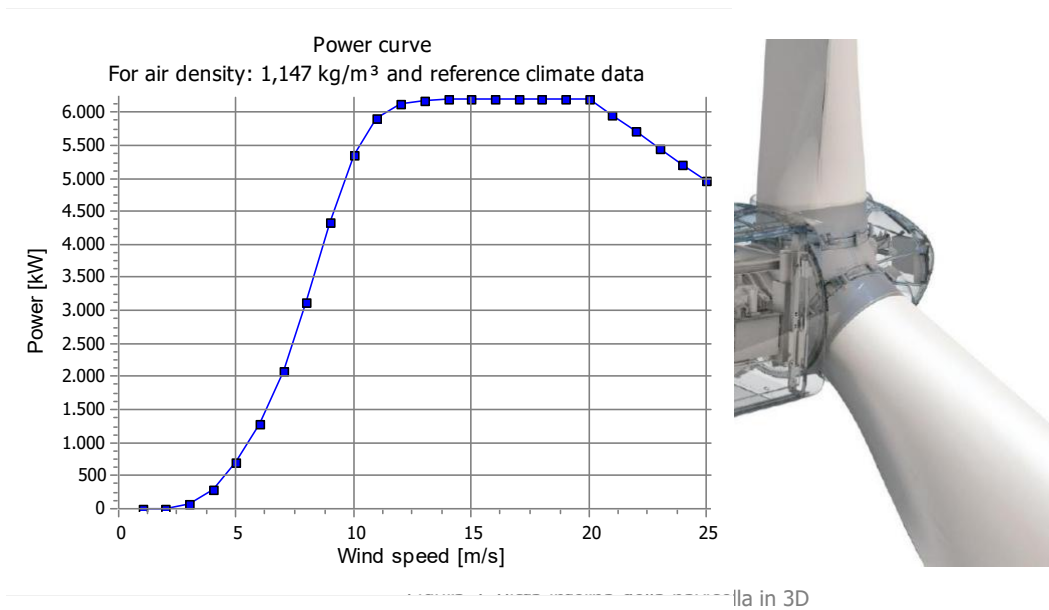


Figura 8. Curva di potenza alla densità dell'aria di 1,147 kg/m³

4 L'impianto

Il posizionamento degli aerogeneratori è stato fatto in funzione dei seguenti criteri:

- Il risultato dello studio del vento e dell'analisi anemologica fatta;
- L'orografia dell'area;
- L'esistenza o assenza di strade o sentieri (avendo cura di utilizzare sentieri già esistenti);
- Rispetto della normativa vigente in materia di vincoli ambientali;
- Rispetto di distanza minima regolamentare da edifici preesistenti;
- Considerazioni basate sul criterio del massimo rendimento degli aerogeneratori, evitando l'interazione tra le singole macchine al fine di non pregiudicarne la produttività;
- Minimizzazione dell'alterazione dello stato attuale dei luoghi, compatibilmente con le caratteristiche richieste di pendenza, superficie, larghezza e curvatura delle vie di collegamento e di spazio adeguato alla installazione degli aerogeneratori e alle infrastrutture ad essi associate avendo cura di preservare, per quanto possibile, l'orografia dell'area.

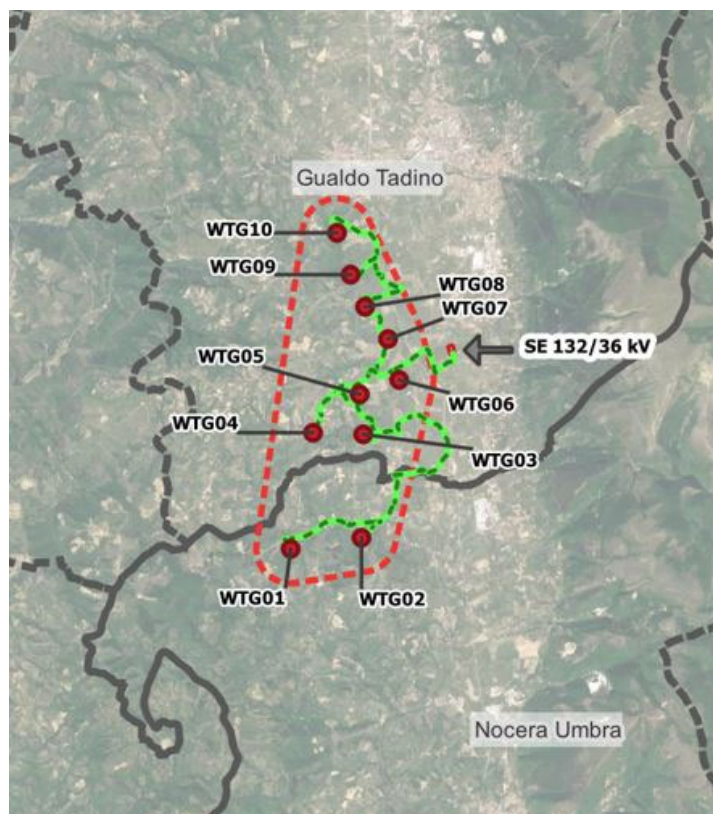


Figura 9. Ortofoto dell'impianto

5 Calcolo della resa energetica

5.1 Calcolo della resa energetica ideale

La produzione di energia lorda è la produzione di energia del parco eolico calcolata, tenendo conto dell'orografia e della rugosità del terreno e della presenza di impianti esistenti, della distribuzione della velocità del vento a flusso libero prevista all'altezza del mozzo di ogni posizione della turbina e della curva di potenza della turbina fornita dal produttore.

La distribuzione della velocità del vento a flusso libero è ottenuta dal modello di calcolo di WindPRO e dalle condizioni del vento in loco a lungo termine.

Le turbine eoliche, estraendo energia dal vento, fanno sì che la velocità della risorsa a valle dell'aerogeneratore si riduce. Man mano che il flusso procede, la scia si disperde e si recuperano le condizioni di flusso libero.

Il software inoltre calcola la densità dell'aria nella zona interessata, in modo da poter determinare le perdite energetiche dovute al cambio di densità dell'aria attraverso il rotore dell'aerogeneratore.

Nello specifico, il sito presenta una densità dell'aria di $1,147 \text{ kg/m}^3$ ad altezza del mozzo.

La produzione energetica lorda annua stimata è di circa 183.361 MWh corrispondenti a 2.957 ore equivalenti.

5.2 Calcolo della resa energetica reale

Ai fini del calcolo della producibilità reale di impianto, ovvero quella effettivamente messa in rete e dunque utile ai fini della vendita dell'energia, sono stati considerati i seguenti fattori:

Produzione energetica lorda	183.361	MWh/anno
Disponibilità aerogeneratori	97,00	%
Efficienza elettrica	97,00	%
Disponibilità non contrattuale	99,50	%
Performance curva di potenza	99,00	%
Condizioni atmosferiche e degradazione pale	99,00	%
Manutenzione sottostazione	99,00	%
Disponibilità rete	99,50	%
Produzione energetica annua netta stimata	165.730,4	MWh/anno
Fattore di capacità stimato	30,5	%

Sulla base delle suddette considerazioni, si può stimare che la producibilità reale media annua della centrale eolica di sia pari a **165.730,4 MWh/anno**, corrispondenti a **2.673 ore equivalenti annue** a potenza nominale.

6 Conclusioni

Aerogeneratori (WTGs)	N.	10
Potenza nominale dell'impianto	MWp	62
Stima producibilità P₅₀	MWh/year	165.730,4
Ore equivalenti nette - NET P₅₀	h/y	2673
Capacity Factor	%	30,5