

REGIONE
BASILICATA



Comune
FORENZA



Comune
PALAZZO
SAN GERVASIO



Provincia
POTENZA



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 7 AEROGENERATORI E
DALLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.**

STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW-FLICKERING

ELABORATO

A.8

PROPONENTE:



SKI W A9 s.r.l.

via Caradosso n.9
Milano 20123
P.Iva 12655800964
skiwa9@unapec.it

PROGETTO E SIA:



ATECH srl

Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it
Ing. Alessandro Antezza

Il DIRETTORE TECNICO
Ing. Orazio Tricarico



SOLARITES s.r.l.

piazza V.Emanuele II n.14
Ceva (CN) 12073

CONSULENZA:

EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
0	Dicembre 2023	B.C.C	A.A. - O.T.	A.A. - O.T.	Progetto Definitivo

1.PREMESSA..... 2

2.BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO..... 3

3.ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA 5

4.EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO..... 6

1. PREMESSA

Il presente documento, allegato al progetto definitivo, analizza l'evoluzione dell'ombra (shadow flickering) indotta dagli aerogeneratori nell'area di intervento.

Al momento, solo la Germania ha linee guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono normate dalla "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le linee guida tedesche, il limite per il quale si genera l'impatto dell'ombra è fissato da due fattori:

- L'angolo del sole sull'orizzonte deve essere di almeno 3 gradi;
- Le eliche della WTG devono coprire almeno il 20% del sole.

In Italia, come suddetto, non esistono limiti normati per la definizione e la classificazione di un recettore come sensibile, tuttavia il PIEAR approvato con DGR 2260 del 29.12.2010 e s.m.i. (ultimo aggiornamento L.R. 13/03/2019, n. 4) all'art.3 c.1, lett. c) e d) definisce la corretta interpretazione da attribuire al termine abitazione/edificio in funzione anche della classificazione catastale degli stessi.

Il fenomeno dello shadow flicker consiste in una variazione intermittente dell'intensità di luce naturale provocato da una pala eolica in rotazione. Tale fenomeno, in particolari condizioni di frequenza, di intensità e di durata, può arrecare disturbo all'individuo presente all'interno di un'abitazione che subisce questo effetto.

Se infatti la frequenza delle variazioni di intensità della luce è alta e dura a lungo, il disturbo arrecato è significativo; è stato scientificamente dimostrato che una frequenza dello sfarfallio superiore a 2,5 hertz può causare fastidio e provocare un effetto disorientante su una piccola percentuale della popolazione (2% circa).

In generale, gli aerogeneratori utilizzati nel progetto in oggetto hanno una velocità di rotazione inferiore a 20 giri al minuto, equivalente ad una frequenza inferiore ad 1 Hz, di molto inferiore a quelle incluse nell'intervallo che potrebbe provocare un senso di fastidio, e cioè tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984). Perciò le frequenze di passaggio delle pale risulteranno ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

2. BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in oggetto consiste nella realizzazione di **parco eolico di potenza complessiva pari a 50,4 MW e relative opere di connessione alla RTN da realizzare nel comune di Forenza (Provincia di Potenza, in Regione Basilicata).**

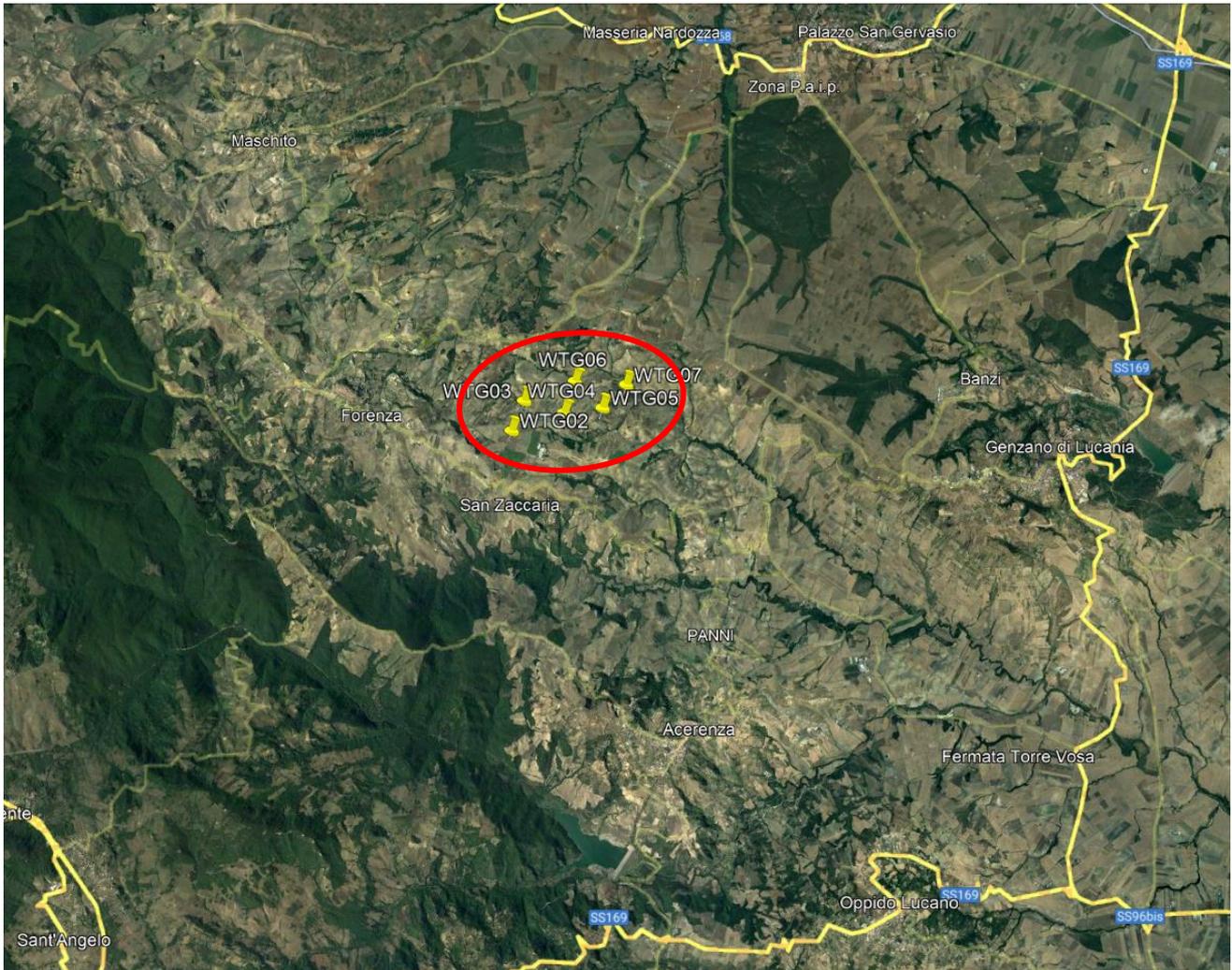


Figura 2-1: Inquadramento intervento di area vasta

Il layout dell'impianto è costituito da **7 turbine eoliche** ciascuna avente **diametro rotore fino a 175 m e altezza al mozzo fino a 135 metri**, ciascuna aventi **potenza massima pari a 7,2 MW.**

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà raccolta dalla cabina di consegna d'impianto, dotata di trasformatore MT/AT, da realizzarsi nei pressi della futura stazione di consegna Terna ubicata nel territorio del comune di Palazzo San Gervasio (PZ – Regione Basilicata).

3. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA

La posizione occupata da un oggetto nel cielo, come il sole, può essere univocamente individuata con due coordinate angolari: azimut ed elevazione.

L'azimut si misura in senso orario sul piano orizzontale a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione o altezza si misura sul piano verticale, partendo dal suddetto punto, su fino all'oggetto.

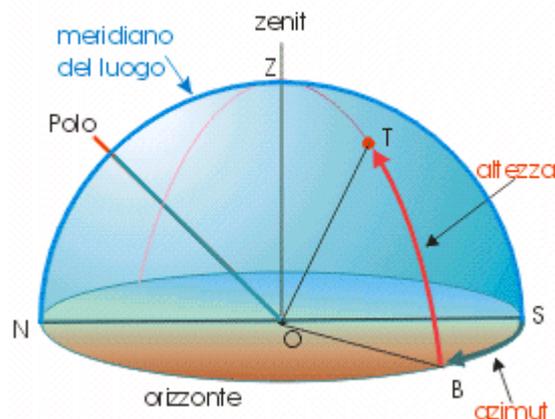


Figura 3-1: Individuazione dell'altezza e dell'azimut

Poiché la Terra si muove rispetto al sole, l'azimut e l'elevazione cambiano continuamente nel tempo ed il percorso seguito nel cielo durante il giorno dal sole appare più o meno come un arco. Ogni giorno ha il suo arco, il quale si discosta leggermente sia da quello percorso il giorno precedente sia da quello che percorrerà il giorno seguente. Tuttavia un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno.

Per giorno s'intende il periodo nel quale giunge a noi la luce solare diretta.; quindi la durata del giorno è il tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale.

Infatti sia prima dell'alba sia dopo il tramonto ci sono intervalli di tempo, chiamati entrambe crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli atmosferici superiori.

Questi, trovandosi a quota superiore, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo e ne riflettono una parte verso la terra. Senza atmosfera il passaggio dal giorno alla notte e viceversa

sarebbe immediato e brusco; la durata dell'illuminazione solare è quindi pari alla somma della durata del giorno e della durata dei crepuscoli mattutino e serale.

4. EVOLUZIONE DELL'OMBRA INDOTTA DALL'IMPIANTO

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta.

Rispetto alle altre strutture sviluppate in altezza (come tralicci della alta tensione, pali della illuminazione, pali di media tensione, torrini piezometrici, silos, ecc), il problema che può determinare un aerogeneratore non è la proiezione dell'ombra sul terreno e/o strutture esistenti, bensì il movimento della stessa dovuto alla rotazione delle pale.

Una progettazione attenta a questa problematica permette di evitare lo spiacevole fenomeno di flickering (turbina in moto interposta tra una fonte luminosa e l'osservatore) semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

A tal proposito è stato prodotto lo studio dell'evoluzione dell'ombra generata dagli aerogeneratori, eseguito grazie all'ausilio di un software che effettua analisi informative territoriali sulla base di cartografie digitali in 3D.

Il software ha permesso l'esecuzione dei calcoli della proiezione dell'ombra nell'arco di un intero anno solare.

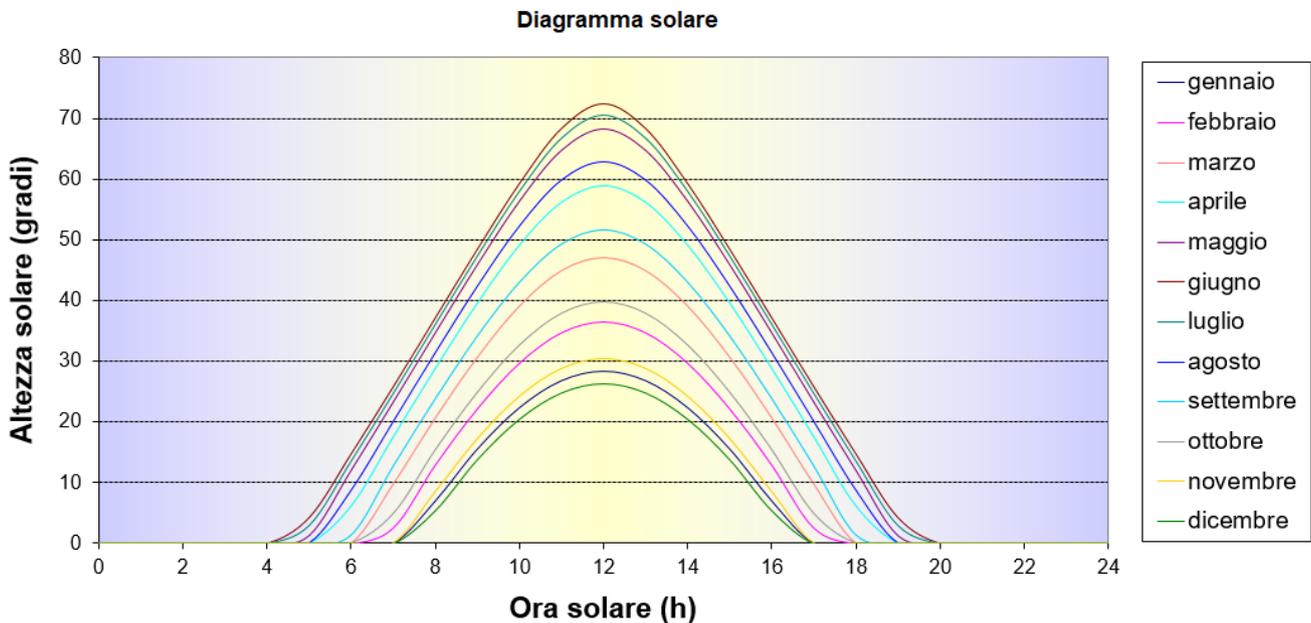


Figura 4-1: Diagramma solare della zona di Forenza

Le simulazioni sono state effettuate considerando due diversi scenari:

- sole con un'altezza sull'orizzonte di 5°;
- sole con un'altezza sull'orizzonte di 10°.

Vengono così generate due aree di ombreggiamento; una più estesa, quella a 5°, in cui l'ombreggiamento avviene dalle ore 5 a.m. alle ore 19 p.m., ed una più ristretta, a 10°, dove si considera l'ombreggiamento dalle ore 5,30 a.m. alle ore 18.30 p.m.

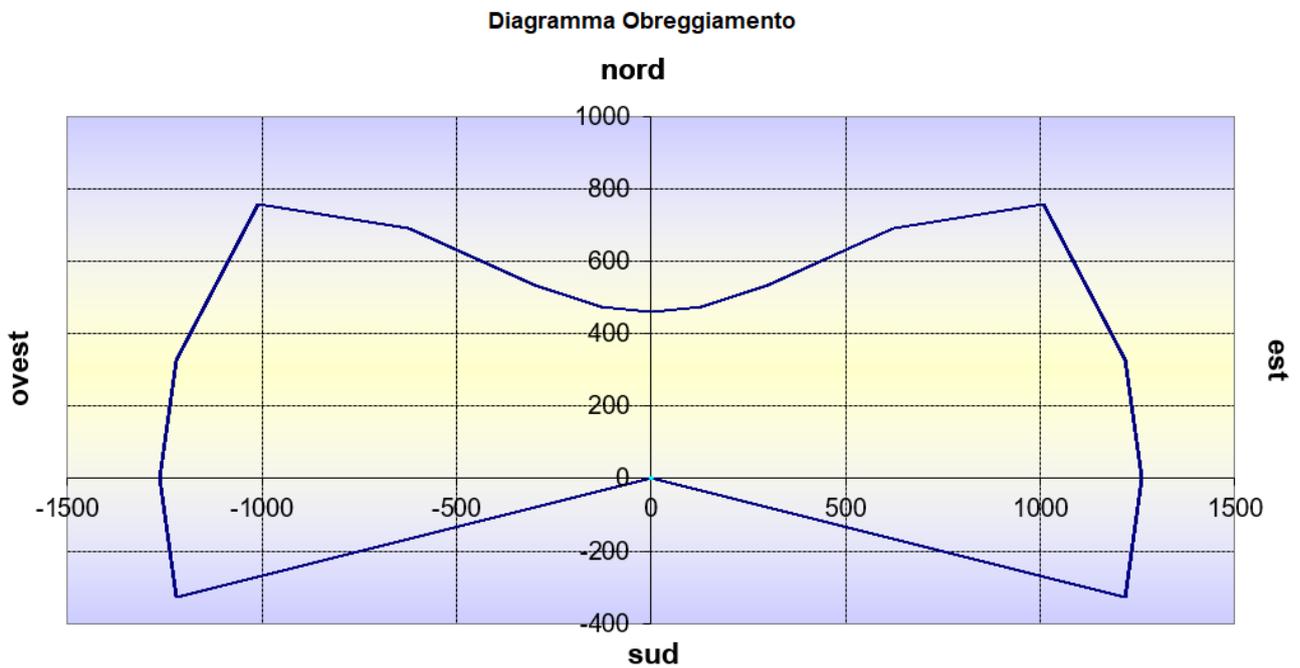


Figura 4-2: Diagramma di ombreggiamento della zona di Forenza (angolo limite 10°)

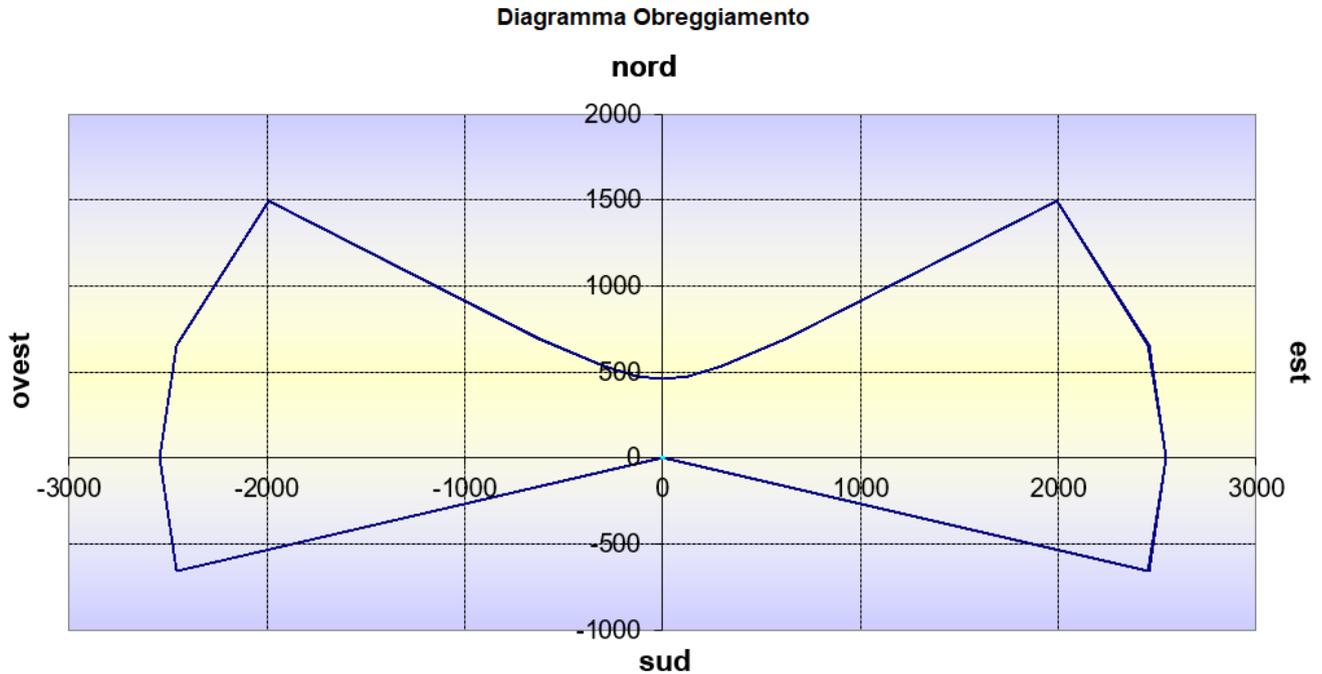


Figura 4-3: Diagramma di ombreggiamento della zona di Forenza (angolo limite 5°)

I diagrammi in figura mostrano, al variare dell'angolo limite considerato e quindi della altezza solare rispetto all'orizzonte, l'ombreggiamento di un aerogeneratore nell'arco della giornata esteso all'intero anno solare.

Tale ombreggiamento, determinato per una superficie piana, è stato poi adattato alla orografia del suolo, note le quote altimetriche del terreno dell'area del parco.

Lo studio dell'ombreggiamento è finalizzato alla verifica dell'effetto flickering sui ricettori sensibili (rappresentati nell'immagine seguente) presenti nei pressi del parco eolico, in particolare è stata definita un'area di indagine avente 2,2 km di raggio da ciascuna WTG, ovvero 10 volte l'altezza complessiva.

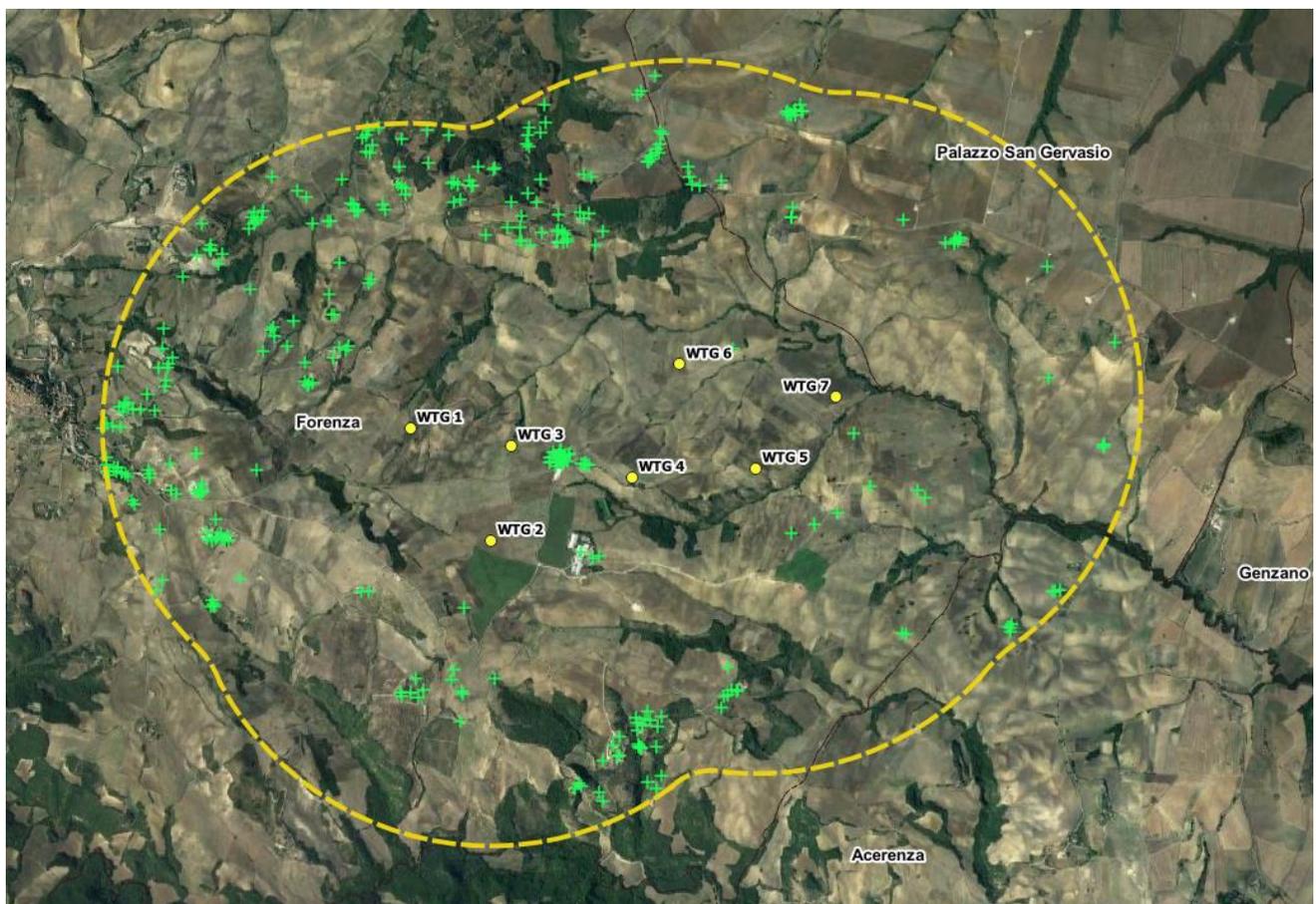


Figura 4-4: Individuazione dei ricettori sensibili nell'area di indagine

Nell'area di indagine sono stati individuati i potenziali ricettori presenti nell'area di progetto.

In seguito è stata elaborata la mappa sotto riportata relativa all'evoluzione dell'ombra.

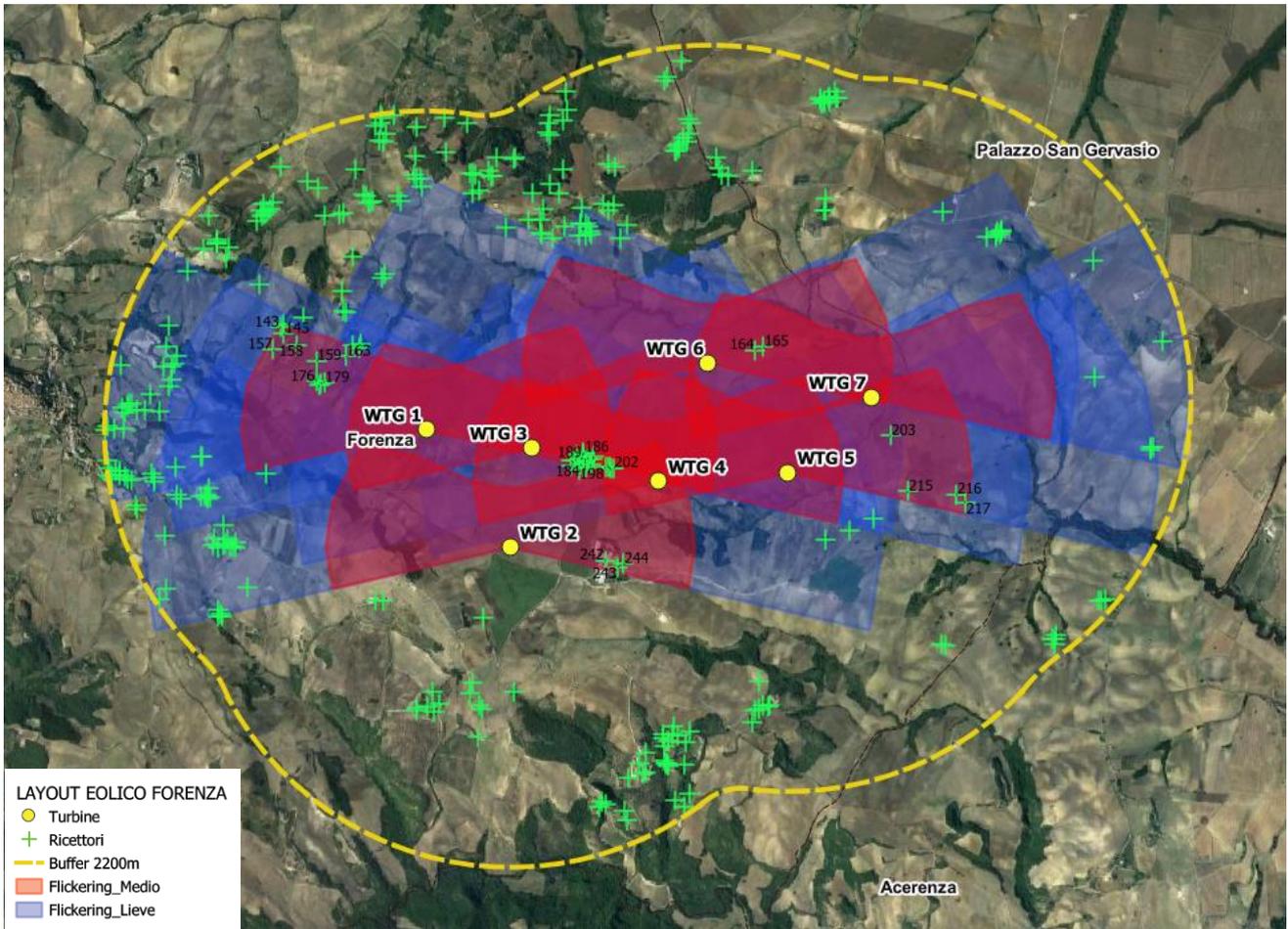


Figura 4-5: Evoluzione dell'ombra nell'area di indagine

La differenziazione di colore individua il passaggio dell'altezza dell'angolo solare da 5° a 10°.

L'effetto flickering, ossia l'oscillazione dell'ombra prodotta dal rotore, non deve verificarsi, secondo la normativa vigente, in maniera prolungata in prossimità di abitazioni, masserie, o comunque luoghi dove sia prevista una sosta superiore alle 4 ore.

Si è quindi analizzata **l'intensità dell'effetto flickering**, valutandola in base al quantitativo di ore (da 0 a 4) in cui il flickering ha interferenza con i recettori sensibili.

L'assenza di flickering si verifica quando ci si trova sulla **linea blu** di confine della proiezione dell'ombra; si passa da trascurabile a lieve entità nella fascia che degrada dal **bordo blu** verso il **bordo interno rosso**; ovviamente diventa di media intensità all'interno dell'**area rossa**, sino a divenire intenso in prossimità dell'aerogeneratore.

Nelle immagini seguenti sono individuate planimetricamente le aree ombreggiate su descritte, con la finalità di verificare nel dettaglio se insistono sui recettori sensibili individuati e quantificarne l'intensità dell'impatto prodotto.

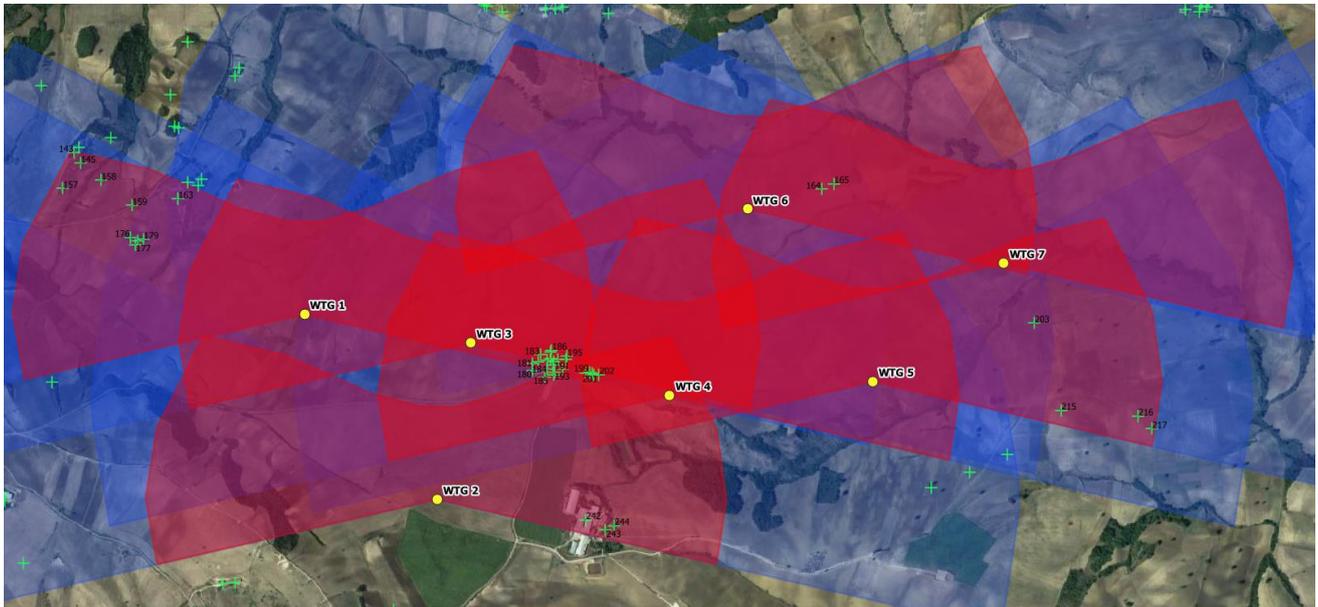


Figura 4-6: Effetto delle turbine

Al fine di valutare la percezione dell'effetto flickering sui recettori presenti nell'area a media intensità, ovvero quelli presenti all'interno dell'**area rossa** è stata elaborata la seguente tabella che ha consentito di identificare i **recettori sensibili** ai sensi del comma 1 dell'Art. 3. Definizioni del Disciplinare PIEAR:

(...)

c) per "abitazioni" di cui al punto 1.2.1.4 – comma a)-bis ed al paragrafo 1.2.2.1. "Requisiti tecnici minimi per gli impianti di potenza superiore a 200kW" dell'Appendice "A" del PIEAR: i fabbricati o porzioni di fabbricati che risultino registrati al catasto Fabbricati alle categorie da A/1 a A/10 o al Catasto Terreni quali fabbricati adibiti ad abitazione e dunque provvisti dei requisiti di cui all'art. 9, comma 3 della legge 133/94 (...).

Pertanto una volta individuati i recettori presenti nell'area a effetto flickering di media intensità si è indagata la categoria catastale degli immobili:

ID	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
143	42	260	A3/Abitazioni di tipo economico
145	42	139	NON ACCATASTATO
157	42	277	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
158	42	248	NON ACCATASTATO
159	42	249	NON ACCATASTATO
163	43	127	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
176	52	179	C2/Magazzini e locali di deposito
177	52	193	NON ACCATASTATO
178	52	191	C2/Magazzini e locali di deposito A4/Abitazioni di tipo popolare
179	52	177	C2/Magazzini e locali di deposito
180	53	65	NON ACCATASTATO
181	53	80	NON ACCATASTATO
182	53	66	NON ACCATASTATO
183	53	78	C6/Stalle, scuderie, rimesse e autorimesse
184	53	67	NON ACCATASTATO
185	53	68	NON ACCATASTATO
186	53	81	NON ACCATASTATO
187	53	73	NON ACCATASTATO
188	53	72	NON ACCATASTATO
189	53	70	NON ACCATASTATO
190	53	69	NON ACCATASTATO
191	53	71	NON ACCATASTATO
192	53	82	NON ACCATASTATO
193	53	83	NON ACCATASTATO
194	53	84	NON ACCATASTATO
195	53	76	C2/Magazzini e locali di deposito
196	53	77	C2/Magazzini e locali di deposito
197	53	74	NON ACCATASTATO
198	54	1	NON ACCATASTATO
199	54	76	NON ACCATASTATO
200	54	77	NON ACCATASTATO
201	54	78	NON ACCATASTATO
202	54	79	NON ACCATASTATO
242	54	112	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole A2/Abitazioni di tipo civile A4/Abitazioni di tipo popolare
243	54	153	D1/Opifici
244	54	154	D1/Opifici
164	45	73	NON ACCATASTATO
165	45	74	NON ACCATASTATO
203	47	40	NON ACCATASTATO
215	55	106	NON ACCATASTATO
216	55	214	NON ACCATASTATO
217	55	110	NON ACCATASTATO

Figura 4-7: Categoria catastale dei recettori all'interno dell'area a effetto flickering di media intensità

Dalla tabella sopra riportata si evince che gli immobili classificati di cat. catastale da A/1 a A/10 risultano i ricettori **R143, R178, R242, rispettivamente a 1,2 km, 0,8 km e 0,65 m.**

Tuttavia **i dati espressamente richiamati dalle definizioni del Disciplinare di "abitazione", non sono accessibili alla Società proponente. Tali attività, pertanto sono espletabili dal Comune ovvero dalla Regione, in quanto titolati a dette verifiche.**

Qualora tali ulteriori verifiche dovessero dare un esito positivo, si provvederà ad un'analisi più dettagliata.

Ad ogni modo, ad ulteriore garanzia delle condizioni di sicurezza desunte dalle analisi, si può considerare che:

- ❖ i recettori sensibili sono tutti ubicati a distanza superiori ai 200 m rispetto alle turbine;
- ❖ le turbine eoliche non sono funzionanti per tutte le ore dell'anno;
- ❖ in molte ore all'anno, il sole è oscurato e non genera ombra diretta;
- ❖ molte delle ore di luce analizzate corrispondono a frazioni della giornata poco attive da parte delle attività antropiche (primissime ore mattutine).

LAYOUT EOLICO FORENZA

- Turbine
- + Ricettori
- Buffer 2200m
- Flickering_Medio
- Flickering_Lieve

ID	FOGLIO	PARTICELLA	CAT. FABBRICATO
143	42	260	A3/Abitazioni di tipo economico
145	42	139	NON ACCATASTATO
157	42	277	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
158	42	248	NON ACCATASTATO
159	42	249	NON ACCATASTATO
163	43	137	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
176	52	179	C2/Magazzini e locali di deposito
177	52	193	NON ACCATASTATO
178	52	191	C2/Magazzini e locali di deposito
179	52	177	C2/Magazzini e locali di deposito
180	53	65	NON ACCATASTATO
181	53	80	NON ACCATASTATO
182	53	66	NON ACCATASTATO
183	53	78	C6/Stalle, scuderie, rimesse e autorimesse
184	53	67	NON ACCATASTATO
185	53	68	NON ACCATASTATO
186	53	81	NON ACCATASTATO
187	53	73	NON ACCATASTATO
188	53	72	NON ACCATASTATO
189	53	70	NON ACCATASTATO
190	53	69	NON ACCATASTATO
191	53	71	NON ACCATASTATO
192	53	82	NON ACCATASTATO
193	53	83	NON ACCATASTATO
194	53	84	NON ACCATASTATO
195	53	76	C2/Magazzini e locali di deposito
196	53	77	C2/Magazzini e locali di deposito
197	53	74	NON ACCATASTATO
198	54	1	NON ACCATASTATO
199	54	76	NON ACCATASTATO
200	54	77	NON ACCATASTATO
201	54	78	NON ACCATASTATO
202	54	79	NON ACCATASTATO
242	54	112	D10/Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole
243	54	153	A2/Abitazioni di tipo civile
244	54	154	A4/Abitazioni di tipo popolare
164	45	73	NON ACCATASTATO
165	45	74	NON ACCATASTATO
203	47	40	NON ACCATASTATO
215	55	106	NON ACCATASTATO
216	55	214	NON ACCATASTATO
217	55	110	NON ACCATASTATO

