

## REPOWERING DI UN IMPIANTO EOLICO DI POTENZA PARI A 62,00 MW, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI POGGIO IMPERIALE E APRICENA (FG) IN LOCALITÀ ZANCARDI



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 14001:2015  
UNI ISO 45001:2018

### Tecnico

ing. Danilo Pomponio

### Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Valentina SAMMARTINO  
ing. Alessia NASCENTE  
ing. Roberta ALBANESE  
ing. Marco D'ARCANGELO  
ing. Alessia DECARO  
geol. Lucia SANTOPIETRO  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Martino LAPENNA  
per. ind. Lamberto FANELLI  
ing. Mariano MARSEGLIA  
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI  
ing. Dionisio STAFFIERI

### Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>V09</b>		<b>STUDIO EVOLUZIONE DELL'OMBRA (SHADOW FLICKERING)</b>	<b>23048</b>	<b>D</b>		
			CODICE ELABORATO			
			<b>DC23048D-V09</b>			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l. e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)		<b>SOSTITUISCE</b>	<b>SOSTITUITO DA</b>		
<b>00</b>			-	-		
			<b>NOME FILE</b>	<b>PAGINE</b>		
			<b>DC23048D-V09.doc</b>	<b>12+ copertina</b>		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
00	27/10/23	Emissione	Albanese	Miglionico	Pomponio	
01						
02						
03						
04						
05						
06						

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
1.1 Descrizione dell'intervento .....	2
2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE .....	6
3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE .....	6
4. CONCLUSIONI .....	12

## **1. PREMESSA**

La presente relazione descrive l'ammmodernamento complessivo (repowering) di un impianto eolico esistente sito nel Comune di Poggio Imperiale (FG), in località "Zancardi" e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie da realizzarsi, proposto dalla società ERG Wind Energy.

Si evidenzia che nel Documento relativo alla Strategia Energetica Nazionale (SEN 2017) del 10 novembre 2017 si fa riferimento ai progetti di repowering, quali occasione per attenuare l'impatto degli impianti eolici esistenti, considerata la possibilità di ridurre il numero degli aerogeneratori a fronte di una maggiore potenza prodotta dall'installazione di nuove macchine, con ciò garantendo comunque il raggiungimento degli obiettivi assegnati all'Italia.

In particolare, il progetto di integrale ricostruzione prevede la dismissione del vecchio impianto e l'installazione nelle stesse aree di 10 aerogeneratori di grande taglia, aventi diametro del rotore fino a 175 m, altezza al mozzo fino a 132,5 m e altezza totale fino a 220 m, ed una potenza nominale fino a 6,2 MW ciascuno, per una potenza totale di 62 MW.

Il nuovo impianto eolico che ne deriva sarà collegato nello stesso punto di connessione del precedente denominato "Centrale Eolica Poggio Imperiale (FG)". La rete di cavi elettrici interrati a servizio del parco esistente sarà rinnovata lì dove necessario, è importante sottolineare che lì dove possibile si preferirà utilizzare gli scavi già esistenti.

Il progetto proposto, dunque, prevede l'installazione di nuove turbine eoliche in sostituzione delle esistenti, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, e consentirà di ridurre il numero di macchine, per una nuova potenza installata prevista pari a 62 MW, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporterà un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO2 equivalente.

### **1.1 Descrizione dell'intervento**

Il parco eolico di progetto sarà ubicato a ridosso del confine comunale tra Poggio Imperiale (FG) ed Apricena (FG), rispettivamente a distanza di 1,7 km e 8,1 km dai centri urbani. I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie vasta, anche se la quantità di suolo effettivamente occupato è significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, come visibile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto.

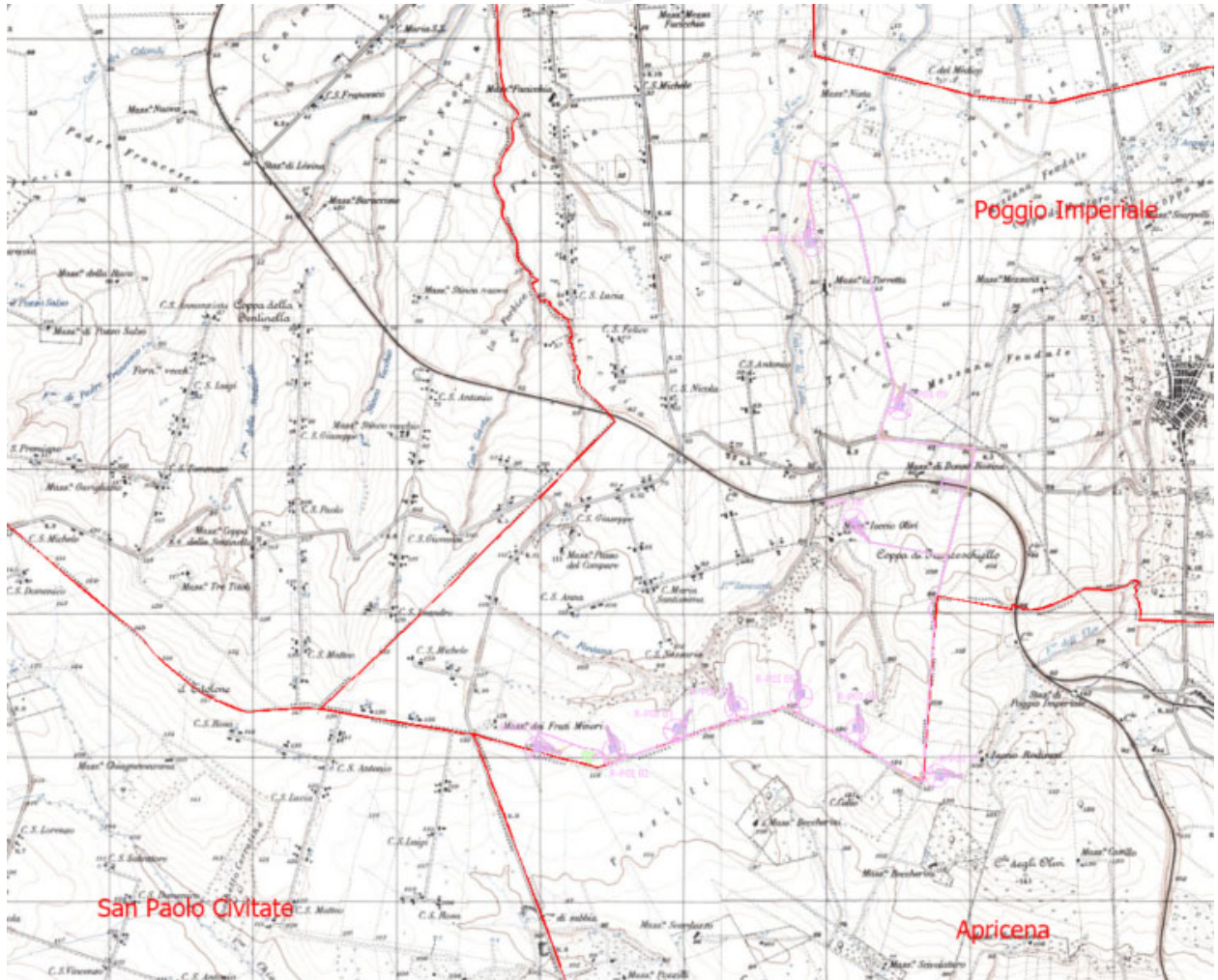
L'area di progetto, intesa come quella occupata dai 10 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, dai cavidotti e dalla sottostazione elettrica interessa i territori comunali di Poggio Imperiale (FG) e Apricena (FG).

Dal punto di vista cartografico, le opere di progetto ricadono nelle seguenti tavolette e fogli di mappa catastale:









- Foglio I.G.M. scala 1:25000 – Tavolette n. 155 II-NO "Coppa di Rose", e n. 155 II-NE "Apricena";
- CTR scala 1:5.000 – Tavolette nn. 382162, 383133 e 383134;
- F.M. 7, 9 e 10 del comune di Poggio Imperiale;
- F.M. 15 del comune di Apricena.

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate e le particelle catastali dei Comuni di Poggio Imperiale (FG) e Apricena (FG).

	COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	NORD (Y)	EST (X)	Comune	foglio	p.lla
R-PGI					
R-PGI 01	4627872	525905	POGGIO IMPERIALE	9	229
R-PGI 02	4627852	526446	POGGIO IMPERIALE	9	229
R-PGI 03	4627993	526873	POGGIO IMPERIALE	9	226
R-PGI 04	4628147	527298	POGGIO IMPERIALE	10	375
R-PGI 05	4628229	527748	POGGIO IMPERIALE	10	359
R-PGI 06	4627992	528136	POGGIO IMPERIALE	10	311
R-PGI 07	4627678	528692	APRICENA	15	105/104
R-PGI 08	4629456	528117	POGGIO IMPERIALE	10	232/186
R-PGI 09	4630231	528436	POGGIO IMPERIALE	7	171
R-PGI 10	4631368	527819	POGGIO IMPERIALE	7	867/789










**LEGENDA**

-  Aerogeneratori e piazzola definitiva
-  Piazzola di montaggio
-  Viabilità da realizzare
-  Viabilità da adeguare
-  Adeguamenti stradali temporanei
-  Cavidotto
-  Stazione ERG esistente oggetto di adeguamento
-  Limiti comunali

**Figura 1 – Ubicazione dell'area di impianto su IGM**



**LEGENDA**

-  Aerogeneratori e piazzola definitiva
-  Piazzola di montaggio
-  Viabilità da realizzare
-  Viabilità da adeguare
-  Adeguamenti stradali temporanei
-  Cavidotto
-  Stazione ERG esistente oggetto di adeguamento
-  Limiti comunali

**Figura 2 - Ubicazione dell'area di impianto su Ortofoto**

## **2. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE SOLARE ANNUALE**

La posizione occupata nel cielo dal sole è compiutamente individuata mediante la misura di due coordinate angolari, azimut ed elevazione (altezza). L'azimut viene misurato, in senso orario, sul piano orizzontale, a partire dal nord geografico fino al punto sull'orizzonte direttamente sotto all'oggetto; l'elevazione, invece, viene misurata sul piano verticale, partendo da tale punto sino ad arrivare in corrispondenza dell'oggetto. A causa del moto della Terra intorno al sole, tali coordinate variano senza soluzione di continuità e la traiettoria descritta nel cielo dal sole è assimilabile ad un arco; ogni giorno si caratterizza per un proprio arco, il quale si discosta, se pur di poco, da quello del giorno immediatamente precedente e successivo. Ad ogni modo, si può affermare che un certo arco si ripete quasi esattamente ogni anno. Dicesi giorno l'intervallo di tempo nel quale giunge al suolo luce solare diretta per cui, la sua durata è pari al tempo che intercorre tra alba e tramonto.

La durata del giorno non coincide con la durata della luce naturale dato che sia prima dell'alba che dopo il tramonto sono rilevabili due periodi, chiamati entrambi crepuscolo (rispettivamente crepuscolo mattutino e crepuscolo serale o serotino), durante i quali giunge a terra una luce diffusa naturale fornita dai livelli più esterni dell'atmosfera i quali, trovandosi a quote più elevate, ricevono infatti luce solare diretta per un tempo più lungo riflettendola in parte verso la terra. Per quanto detto, la durata dell'illuminazione solare è pari alla somma della durata del giorno e della durata del crepuscolo mattutino e serale. Se non si verificasse il fenomeno descritto, il passaggio dal giorno alla notte e viceversa avverrebbe in maniera repentina.

## **3. VALUTAZIONE PREVENTIVA DELLE OMBRE GENERATE**

Le turbine eoliche, come altre strutture spiccatamente sviluppate in altezza, proiettano ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. In particolare, si hanno fenomeni quasi statici legati alla presenza della torre fissa ed effetti dinamici legati alla rotazione del rotore con le sue tre pale.

Il primo fenomeno potrebbe avere come conseguenza l'incremento della probabilità di formazione di ghiaccio sulle strade asfaltate soggette a rilevante traffico (se presenti) in particolare nelle prime ed ultime ore del giorno.

Il secondo fenomeno è legato alla presenza di un osservatore posto in modo da vedere interposto il rotore tra sé e il sole. Si precisa che i fenomeni di ombreggiamento descritti attualmente non sono regolati da una specifica normativa.

Ai fini della presente trattazione è stato preso in considerazione un modello tipologico di aerogeneratore avente un'altezza massima (altezza al mozzo + lunghezza della pala) pari a 220 m, dato che l'aerogeneratore di progetto non avrà un'altezza massima superiore a tale valore.

È stato stimato l'effetto "flicker" prodotto dall'impianto eolico; trattasi di un fenomeno per cui si genera un'intermittenza dell'ombra (una sorta di effetto stroboscopico) a seguito del movimento del rotore dell'aerogeneratore quando è in esercizio (in particolare quando il piano del rotore risulta perpendicolare alla congiungente tra l'osservatore e il sole), e che potrebbe risultare spiacevole per un osservatore.

Per tale analisi è stato impiegato il software WindPRO.

Nel calcolo sono state assunte le seguenti ipotesi ampiamente conservative (caso peggiore – worst case):

- Sole splendente tutto il giorno e per tutto l'anno;
- Impianto costantemente in funzione (presenza costante di vento);
- Piano del rotore sempre ortogonale alla congiungente tra l'osservatore e il sole;
- Altezza minima del sole sull'orizzonte pari a 3°;
- Effetto dell'ombra proiettata fino a una distanza di 2000 m dalle torri;
- Totale assenza di ostacoli o schermi vegetazionali presenti negli spazi circostanti i possibili recettori.

Il report di calcolo restituisce un grafico finale che riporta in pianta il numero massimo di ore/anno in cui ad altezza dell'occhio umano si verifica l'effetto flicker descritto. Tale numero è rappresentato graficamente sul territorio con aree di diverse sfumature di colore in base al numero di ore/anno di possibile effetto flicker.

Di seguito, viene allegato il calcolo dell'evoluzione dell'ombra per i fabbricati destinati a "civile abitazione" o "edifici pubblici" maggiormente coinvolti dall'effetto flicker, presenti nel raggio di 1 km.

Dai tabulati è possibile verificare che, nonostante siano assunte le condizioni peggiorative assolute, cioè:

- sole sempre presente, ovvero soleggiamento massimo in tutti i giorni dell'anno;
- pale eoliche sempre in rotazione;



- orientamento delle finestre sempre in direzione delle turbine ("modalità serra");
- dimensione tipica finestra 1,5x1,5 m, in tutte le esposizioni, altezza della finestra da terra 1m;
- altezza occhio umano 1,6m.

L'effetto ombra è modesto per gli immobili presenti nell'area di progetto, infatti:

- la massima durata dell'ombra all'anno è di circa 337,28 ore/anno con un ombreggiamento giornaliero massimo di 2,46 ore/giorno;
- sempre dai tabulati risulta che la media di ombreggiamento sui recettori è 1 ora/giorno.

### Risultati dei calcoli

Recettore d'ombra

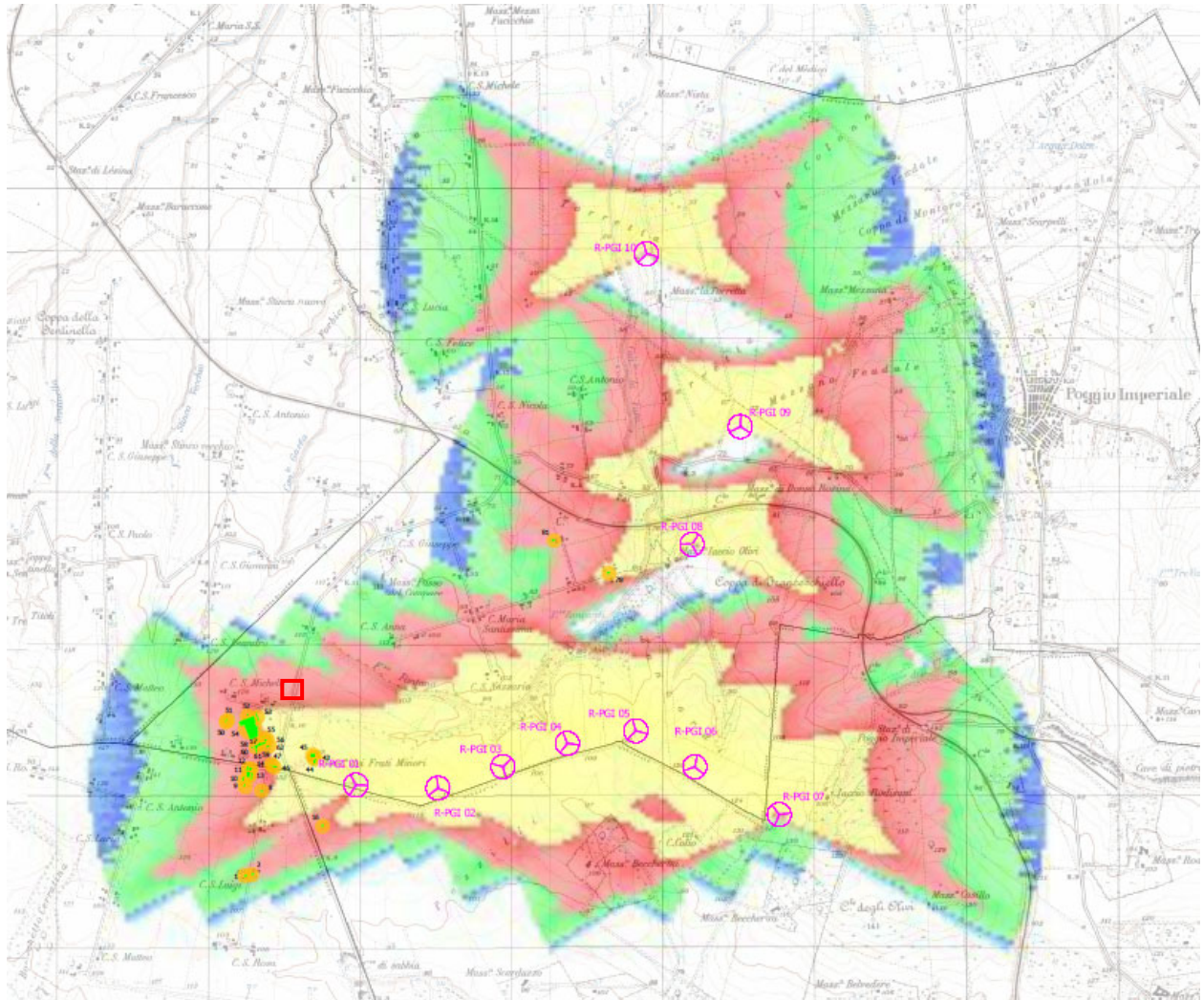
#### Ombra, caso peggiore

n. Ore d'ombra per anno Giorni con ombra per anno Massima durata dell'ombra per giorno

	[ore/anno]	[giorni/anno]	[ore/giorno]
A	125:44	126	1:09
B	84:55	118	0:53
C	316:16	175	2:46
D	337:28	199	2:46
E	317:31	217	2:31
F	45:57	79	0:53
G	47:23	82	0:52
H	86:28	161	0:54
I	102:35	162	0:58
J	76:26	123	1:04
K	92:48	122	1:18
L	96:35	119	1:22
M	97:40	111	1:26
N	83:51	104	1:19
O	71:09	93	1:13
P	76:31	95	1:16
Q	75:46	95	1:15
R	75:28	92	1:15
S	103:09	93	1:35
T	94:56	89	1:30
U	58:29	71	1:09
V	62:03	73	1:11
W	59:04	73	1:10
X	62:56	76	1:13
Y	53:13	70	1:07
Z	54:38	77	1:04
AA	82:31	104	1:10
AB	31:48	72	0:43
AC	34:23	82	0:32
AD	34:50	79	0:33

Figura 3: Risultati dei calcoli

Si riporta la carta dello shadow flickering con indicazione del recettore più esposto (riquadro in rosso); per maggior dettagli si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.



**Figura 4: Carta dell'evoluzione dell'ombra giornaliera - Shadow Flickering**

Recettori sensibili				
id	Comune	Foglio	Particella	Categoria
1	San Paolo di Civitate	5	184	A03
2	San Paolo di Civitate	5	186	A04
16	Apricena	14	286	A07
43	Poggio Imperiale	9	167	A04/D01
44	Poggio Imperiale	9	167	A04/D01
45	Poggio Imperiale	9	167	A04/D01
50	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
51	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
52	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
53	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
54	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
55	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
56	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
57	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
58	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
59	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
60	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
61	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
62	Poggio Imperiale	9	157	A03/D07
78	Poggio Imperiale	8	491	A04
81	Poggio Imperiale	8	222	FABB RURALE


**Tabella 1: Recettori sensibili considerati nel raggio di circa 1 km dall'impianto**

Il recettore più esposto corrisponde al fabbricato n. 43, ubicato in Poggio Imperiale catastalmente individuato al foglio di mappa n. 9, particella 167; coord. UTM WGS84-33T: 525642.90, 4628039.79.

Tale fabbricato classificato come categoria *A04/D01 - Abitazioni di tipo popolare/Opifici* dista 300 m circa dell'aerogeneratore più vicino R-PGI01.

Per tale recettore sono state calcolate 2,46 ore/giorno di ombreggiamento.



<b>SCHEDA FABBRICATO n. 43</b> <b>Poggio Imperiale</b>	Coordinate: (UTM WGS84-33T) X = 525642.90 Y = 4628039.79
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 45%; padding: 5px;">                 Fonte: Google Earth             </div> <div style="width: 10%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 45%;"></div> </div>	
BREVE DESCRIZIONE: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fg. 9, p.lla 167, categoria <b>A04/D01</b>: abitazione di tipo popolare/Opifici</li> </ul>	
DISTANZA MINIMA DALL'IMPIANTO: <b>300 m circa dall'aerogeneratore più vicino R-PGI01</b>	

Al fabbricato si accede per mezzo di una strada connessa alla Strada Provinciale SP35 o alla strada statale SS16, da cui è possibile avere una panoramica della zona in cui sorge il fabbricato in questione. L'edificio presenta filari di alberature lungo il perimetro, questa condizione rappresenta per il fabbricato una schermatura naturale all'effetto shadow flickering valutato in precedenza, proprio perché la vegetazione alta attenua (se non annulla) l'impatto dell'ombra. Inoltre, si precisa che l'analisi teorica dello shadow flickering non ha tenuto conto della naturale morfologia e della vegetazione sparsa che possono attenuare ulteriormente gli effetti ombra nell'intorno degli aerogeneratori.



**Figura 5: Vista della posizione del fabbricato n. 43**

Per quanto concerne l'effetto "flickering", quindi, valutando i risultati ottenuti in relazione al contesto antropico locale, si può affermare che il fenomeno non ha impatti negativi sul territorio, dove i fabbricati adibiti a civile abitazione sono in numero limitato (n. 21 fabbricati) e a distanze sempre superiori a 300 metri dagli aerogeneratori di progetto, distanze oltre le quali il fenomeno di ombreggiamento si può considerare praticamente modesto o nullo.

#### **4. CONCLUSIONI**

Per quanto concerne l'effetto "flickering", quindi, valutando i risultati ottenuti in relazione al contesto antropico locale, si può affermare che il fenomeno non ha impatti negativi sul territorio, dove i fabbricati adibiti a civile abitazione sono in numero limitato e a distanze sempre superiori a 300 metri dagli aerogeneratori di progetto, distanze oltre le quali il fenomeno di ombreggiamento si può considerare praticamente modesto o nullo.

## **TABULATI DI CALCOLO**