



REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI PIETRAGALLA



COMUNE DI POTENZA



COMUNE DI VAGLIO BASILICATA

Committente:

**EXENERGY** s.r.l.s.

Via Principe Amedeo, n. 7 – 85010 Pignola (Pz)

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO  
"PARCO EOLICO POGGIO D'ORO"

Titolo:

Relazione specialistica -  
Studio sugli effetti di  
shadow - flickering

Tavola:

**A.8**

-Progettista Architettonico/Elettromecc.:

Ing. Paolo Battistella

-Committente:

-Responsabile V.I.A.:

Arch. Antonio De Maio



-Consulenza Geologica:

Dott. Geologo Viviani

0	Emissione	06/2019	MS	BP	Data: Giugno 2019
N°	REVISIONE	DATA	RED.	APPR.	

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

Parco Eolico Poggio d' Oro

**CALCOLO DELL'OMBRA E DEL FLICKERING  
 A8**

A. INTRODUZIONE.....	2
B. MODELLO DI SIMULAZIONE.....	3
C. LAY-OUT.....	4
D. DEFINIZIONE PUNTI DI CALCOLO .....	5
E. CARATTERISTICA TURBINA EOLICA.....	10
F. RISULTATI.....	11
F.1 ANALISI COMPLESSIVA.....	11
F.2 ANALISI DETTAGLIATA.....	13
G. CONCLUSIONI .....	16

	Redatto	Note	Data
Emissione	P.Battistella		Aprile 2019

## **A. INTRODUZIONE**

Gli effetti dell'ombra prodotta dalla presenza delle turbine eoliche è da ritenere importante in alcuni casi particolari: si pensi alle conseguenze della formazione del ghiaccio su strade, al mancato soleggiamento di alcune colture o dell'effetto su impianti fotovoltaici.

Per quanto riguarda i punti sensibili gli effetti dello sfarfallio dell'ombra (flickering) prodotto dalla presenza delle turbine eoliche è da ritenere importante a seconda degli orientamenti delle finestre dell'edificio e dell'utilizzo degli ambienti interni.

È quindi divenuta prassi, nel caso di progettazione di un impianto eolico, verificare sia la proiezione dell'ombra delle turbine nell'area circostante sia gli effetti di flickering che essa può comportare.

In questo modo si potranno valutare eventuali conseguenze considerando la natura e l'utilizzo dell'area soggetta per procedere ad eventuali contromisure.

## B. MODELLO DI SIMULAZIONE

Per la simulazione dell'ombra dell'impianto è stato utilizzato il programma "*WindPRO versione 2.7.449*", codice che permette di effettuare una stima delle ore totali in cui ogni singolo edificio è coinvolto da ombra delle turbine e inoltre, tenendo conto delle statistiche locali di irraggiamento solare e di vento, degli effetti di tremolio dell'ombra ("flickering").

Per quanto riguarda la massima distanza considerata tra turbina e recettore è stata assunta conservativamente pari a 2.000m.

Gli altri parametri utilizzati per i calcoli sono:

- a) È stata considerata "*ombra*" la condizione nella quale almeno il 20% del sole è coperto dalla pala/torre;
- b) Il *range* giornaliero di calcolo va dall'alba al tramonto (si considera alba/tramonto quando i raggi del sole formano un angolo di 3° con l'orizzonte).
- c) Tutte le giornate sono considerate con tempo sereno. Il calcolo più realistico andrebbe eseguito considerando dati di irraggiamento solare (provenienti ad esempio da una stazione meteo);
- d) La turbina è costantemente operativa;
- e) Il piano del rotore è sempre perpendicolare alla linea che va dalla WTG al sole (ipotesi conservativa);
- f) le finestre sono considerate perpendicolari alla direzione di visione della turbina (ipotesi conservativa);
- g) Il modello tiene conto della geometria delle turbine e del terreno tridimensionale;
- h) L'altezza dell'osservatore è pari a 1,70m;
- i) Il modello 3D del territorio si basa su un grigliato di 10x10m;

## C. LAY-OUT

Il progetto prevede l'installazione di 13 aerogeneratori di grande taglia posizionate come mostrato nella figura sottostante.

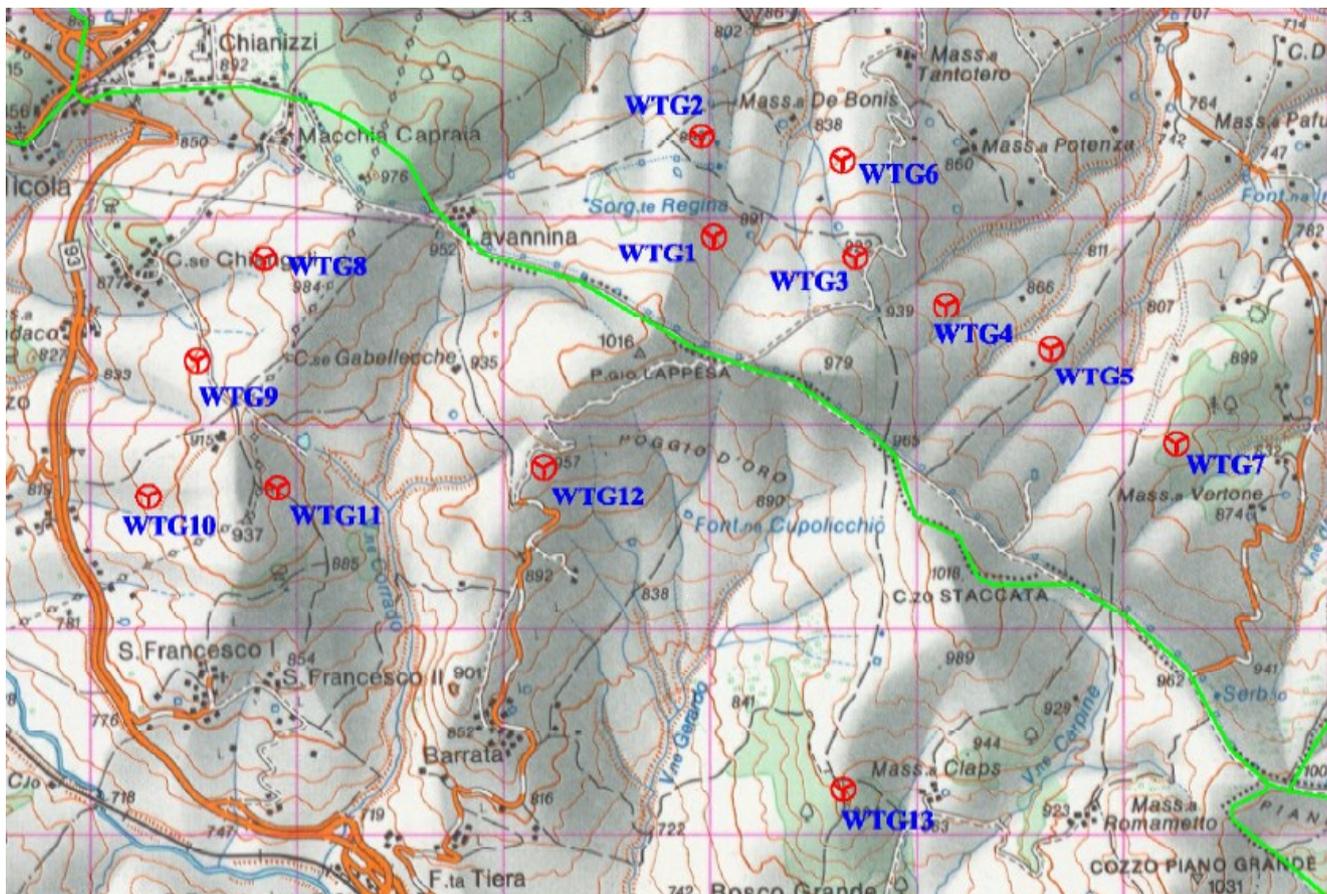


Figura 1 Lay-out su IGM 1:50.000

## D. DEFINIZIONE PUNTI DI CALCOLO

La determinazione dei punti sensibili sul territorio è fondamentale per eseguire un corretto studio di impatto ombra e flickering. La legislazione, infatti, prevede di verificare i valori di esposizione nei luoghi in cui la presenza umana è protratta per più di 4 ore/giorno.

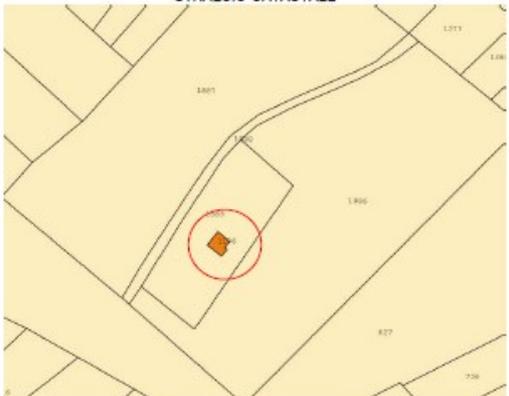
Per la corretta individuazione dei punti, è indispensabile eseguire uno studio approfondito del territorio, valutando:

- aspetto visivo: si verifica l'attuale presenza di persone e l'utilizzo del luogo. Lo stato di conservazione/manutenzione è un fattore indicativo;
- utilizzo reale attuale: basato sulla documentazione e sulle notizie raccolte localmente;
- situazione documentale: indispensabile la situazione catastale (eseguire le visure) e le verifiche al Comune.

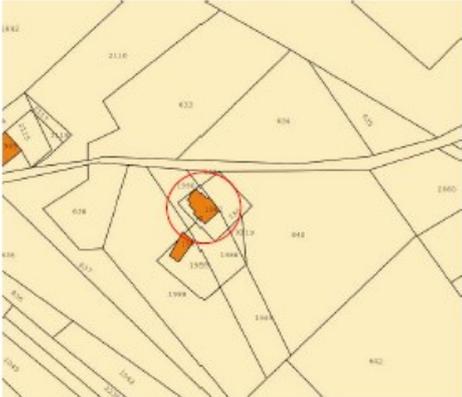
La metodologia di lavoro prevede la verifica di qualsiasi tipo di costruzione attualmente presente sul territorio o sulle relative carte geografiche. Vista la natura del luogo e l'utilizzo agricolo del territorio la maggior parte delle costruzioni risulta essere destinata a rifugio per animali o a semplice deposito.

Il risultato dell'analisi ha definito 7 recettori descritti nelle schede che riportano la foto, le caratteristiche principali, lo stralcio catastale e lo stralcio su ortofoto.

RECETTORE: A

	<p style="text-align: center;"><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <span style="float: right;">COMUNE DI POTENZA Foglio 3 Particella 1196</span></li> <li>• Categoria catastale <span style="float: right;">A/2 - C/2</span></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <span style="float: right;">EST: 568525 NORD: 4508816</span></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <span style="float: right;">306 m dal WTG 08</span></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <span style="float: right;">Edificio accatastato abitato (Abitazioni di tipo civile Magazzini e locali di deposito)</span></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: B

	<p style="text-align: center;"><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <span style="float: right;">COMUNE DI POTENZA Foglio 3 Particella 1982</span></li> <li>• Categoria catastale <span style="float: right;">A/3</span></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <span style="float: right;">EST: 568433 NORD: 4508659</span></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <span style="float: right;">308 m dal WTG 08</span></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <span style="float: right;">Edificio accatastato non abitato (Abitazioni di tipo economico)</span></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: C

	<p style="text-align: center;"><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <span style="float: right;">COMUNE DI POTENZA Foglio 3 Particella 2386</span></li> <li>• Categoria catastale <span style="float: right;">A/2 - C/2 - C/6</span></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <span style="float: right;">EST: 568230 NORD: 4508400</span></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <span style="float: right;">343 m dal WTG 09</span></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <span style="float: right;">Edificio accatastato abitato (Abitazioni di tipo civile, magazzini, autorimesse)</span></li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: D

	<p><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <b>COMUNE DI POTENZA Foglio 3 Particella 1768</b></li> <li>• Categoria catastale <b>D/10</b></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <b>EST: 568564 NORD: 4507741</b></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <b>357 m dal WTG 11</b></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <b>Edificio accatastato abbandonato (Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole)</b></li> </ul>
<p><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: E

	<p><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <b>COMUNE DI POTENZA Foglio 5 Particella 820</b></li> <li>• Categoria catastale <b>A/2</b></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <b>EST: 567865 NORD: 4507334</b></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <b>370 m dal WTG 10</b></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <b>Abitazioni di tipo civile</b></li> </ul>
<p><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: F

	<p><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <b>COMUNE DI PIETRAGALLA Foglio 60 Particella 524</b></li> <li>• Categoria catastale <b>A/4</b></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <b>EST: 572895 NORD: 4508607</b></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <b>26 m dal WTG 06</b></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <b>Edificio accatastato non abitato (Abitazioni di tipo popolare)</b></li> </ul>
<p><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: G

	<p><b>CARATTERISTICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi <b>COMUNE DI PIETRAGALLA Foglio 64 Particella 312</b></li> <li>• Categoria catastale <b>C/6</b></li> <li>• Coordinate WGS84 33est <b>EST: 573494 NORD: 4507489</b></li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino <b>390 m dal WTG 07</b></li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione <b>Edificio accatastato abitato (Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse)</b></li> </ul>
<p><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

RECETTORE: H

	<p style="text-align: right;"><b>CARATTERISTICHE</b></p> <p style="text-align: right;">COMUNE DI POTENZA Foglio 7 Particella 872</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dati identificativi</li> <li>• Categoria catastale</li> <li>• Coordinate WGS84 33est</li> <li>• Distanza dall'aerogeneratore più vicino</li> <li>• Tipologia, utilizzo e stato di conservazione</li> </ul> <p style="text-align: right;">C/3 – C/6 EST: 571960 NORD: 4506008 395 m dal WTG 13 Edificio accatastato abitato (Laboratori per arti e mestieri Stalle, autorimesse)</p>
<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO CATASTALE</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>STRALCIO SU ORTOFOTO</b></p> 

## E. CARATTERISTICA TURBINA EOLICA

Per la simulazione dell'impatto acustico dell'impianto si deve assumere una turbina come riferimento.

La turbina indicata per la simulazione dell'impatto acustico è la turbina Vestas V117. Il progetto prevede il possibile utilizzo di due diverse configurazioni:

- V117 3,6MW
- V117 4,2MW

Dal punto di vista del flickering e dell'ombra non c'è alcuna differenza tra i due modelli perchè hanno identica geometria.

Diametro rotore	117m
Posizione rotore	Sopravento
Numero pale	3
Altezza torre	91,5m

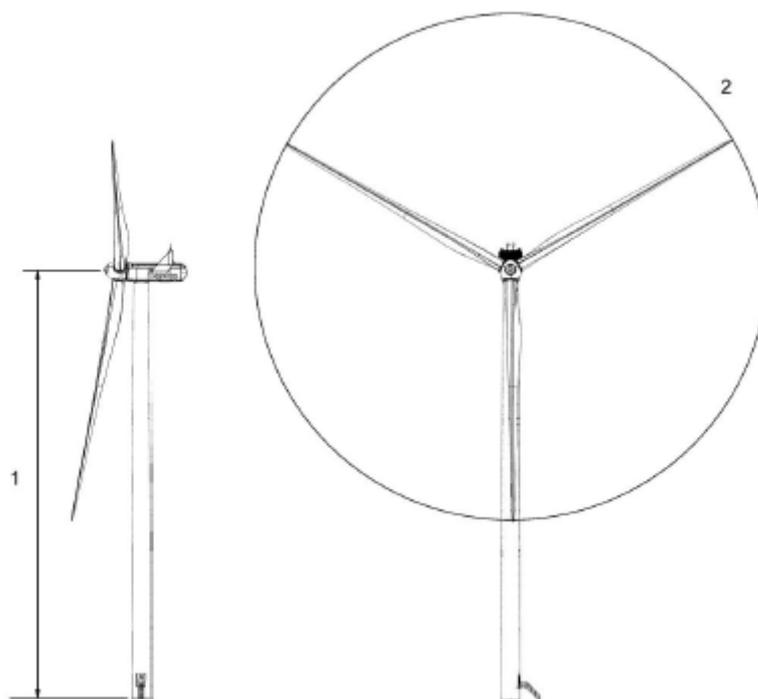


Figura 2 Dimensioni (1 altezza torre - 2 diametro rotore)

Unico aspetto che modifica i risultati della simulazione sarebbero le ore reali di funzionamento (maggiori con potenza minore) ma le ipotesi della simulazione effettuata prendono in considerazione, cautelativamente, un funzionamento continuo.

## F. RISULTATI

### F.1 Analisi complessiva

I risultati della simulazione eseguita con il codice di calcolo è illustrata nella seguente immagine:

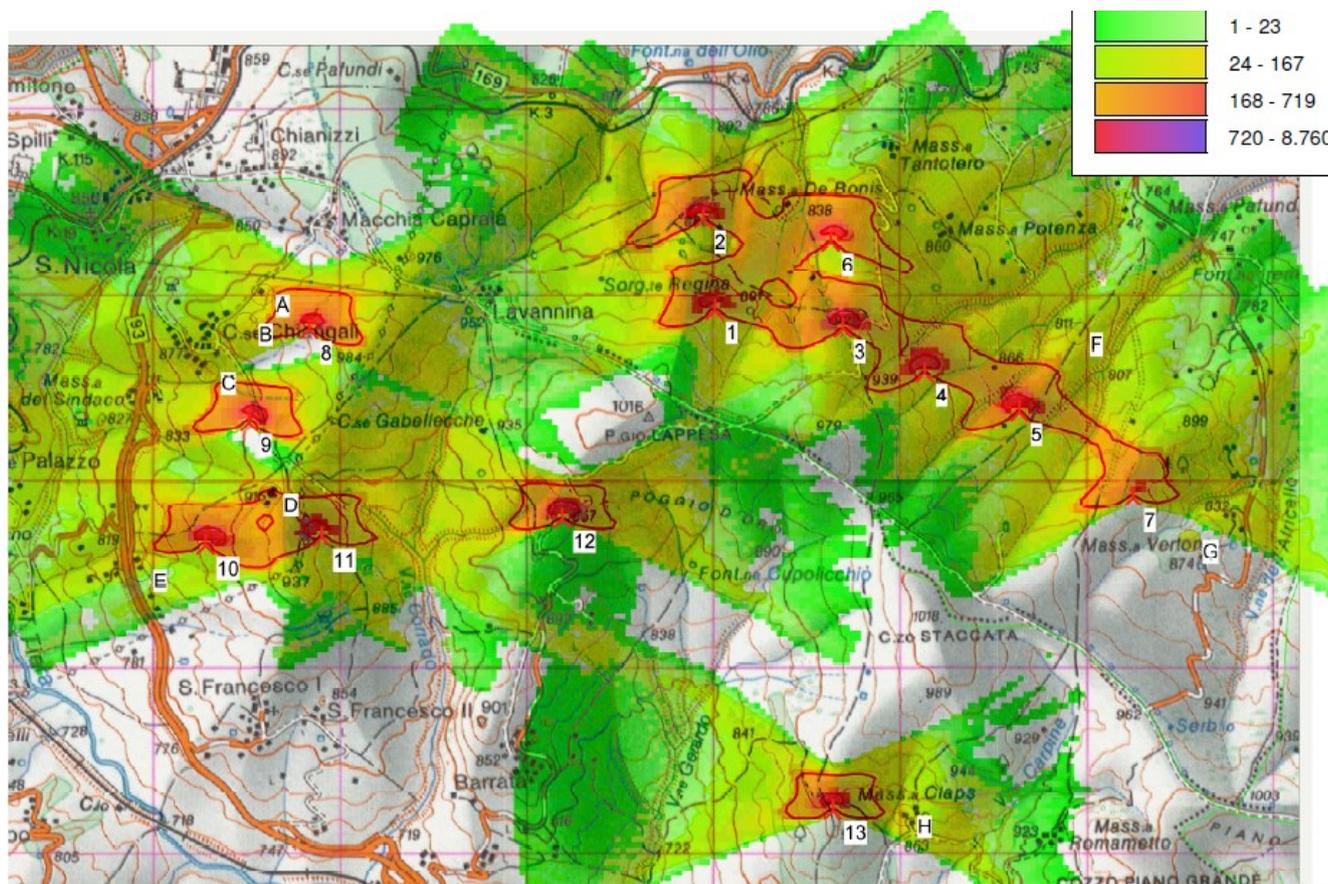


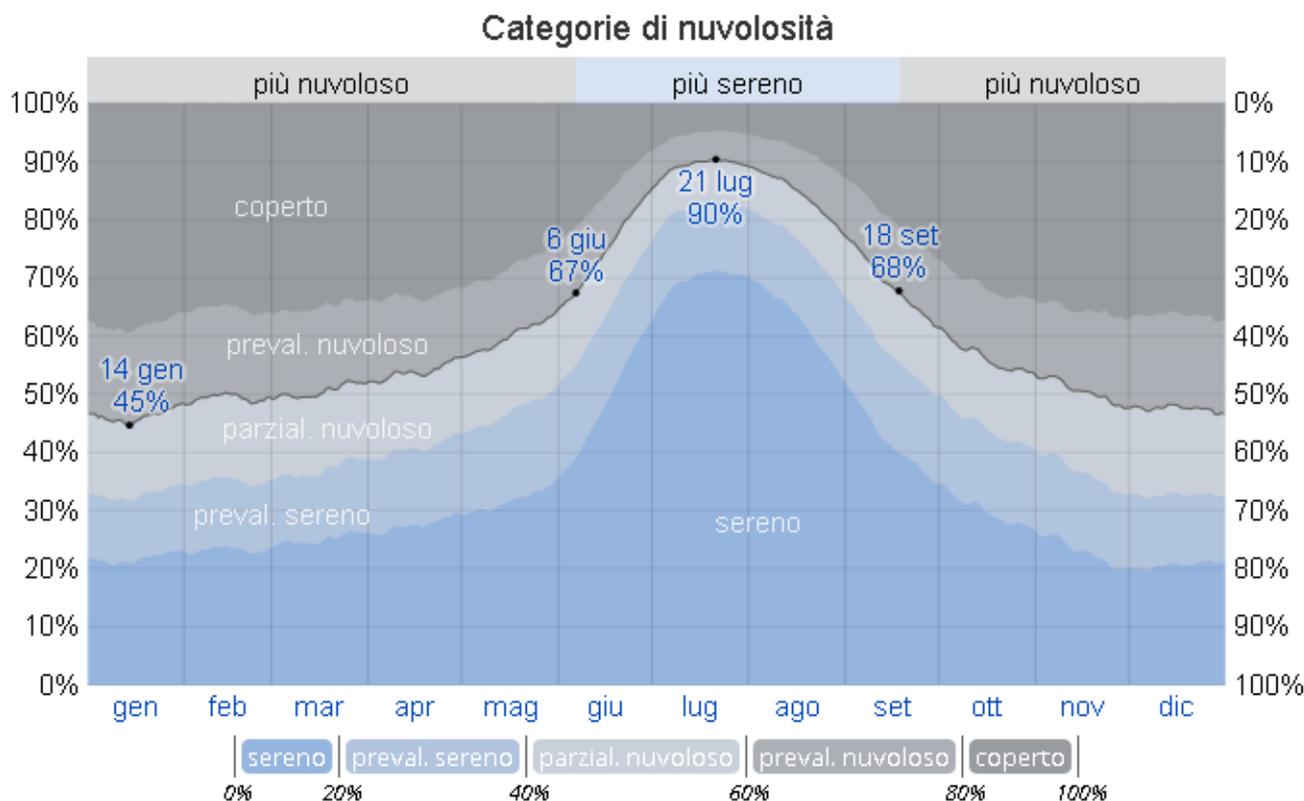
Figura 3 Risultati calcolo durata ombreggiamento.

La figura riporta sul terreno le ore annue di ombra calcolate, con le ipotesi illustrate nei precedenti paragrafi, mediante una scala cromatica: le zone non colorate non hanno mai effetti dell'ombra dell'aerogeneratore, le zone in verde-giallo hanno dalle 24 alle 167 ore annue di potenziale ombra. Le zone in rosso sono superiori a questo valore.

Il riferimento di 200ore, evidenziato con una linea continua rossa, corrisponde a mediamente a 33' giornalieri nelle quali si ha potenzialmente l'effetto.

Considerando che la nuvolosità su Potenza è statisticamente indicata con il 40% dell'anno (vedi successiva immagine tratta da [it.weatherspark.com](http://it.weatherspark.com)) l'effetto si manifesta effettivamente solo nel 60% delle giornate (ovvero in quelle con cielo sereno o poco nuvoloso).

Con tali considerazioni si può ritenere che l'effetto dell'ombra, esternamente a tale linea sia del tutto trascurabile.



*La percentuale di tempo trascorso in ciascuna fascia di copertura nuvolosa, categorizzata secondo la percentuale di copertura nuvolosa del cielo.*

Per quanto riguarda invece i punti sensibili, l'effetto del flickering è da considerare caso per caso. I risultati riassuntivi sono riportati, per ogni recettore, nella seguente tabella.

Punto di calcolo	Ore di ombra/flickering massime teoriche per anno [hh:mm]	Giorni per anno in cui è presente l'ombra	Tempo massimo giornaliero di ombra/flickering [hh:mm]	Ore di ombra attese per anno considerando nuvolosità [hh:mm]
A	124:20	122	1:21	35:45
B	97:18	103	1:14	35:57
C	157:31	166	1:19	45:44
D	226:09	145	2:18	62:55
E	64:30	105	0:59	27:30
F	87:24	187	0:53	27:36
G	0:00	0	0:00	0:00
H	104:57	124	1:09	41:28

Tabella 1 Risultati per i due punti di calcolo

## F.2 Analisi dettagliata

La tabella riassume in maniera schematica i risultati del calcolo, riportando per ogni edificio i seguenti valori:

- Valori massimi teorici di ombra/flickering nell'anno ipotizzando cielo sempre sereno con pale sempre in movimento;
- Numero giornate nel quale è prevista l'ombra nell'anno ipotizzando cielo sempre sereno;
- Tempo massimo giornaliero di ombra/flickering;
- Ore di ombra attese (considerando la probabilità di cielo nuvoloso nelle varie stagioni) .

Nei seguenti grafici vengono riportati gli orari e le giornate di interferenza con le singole abitazioni evidenziando, con codice colore, quale sia l'aerogeneratore coinvolto.

WTGs



Figura 4 Corrispondenza aerogeneratore - colore

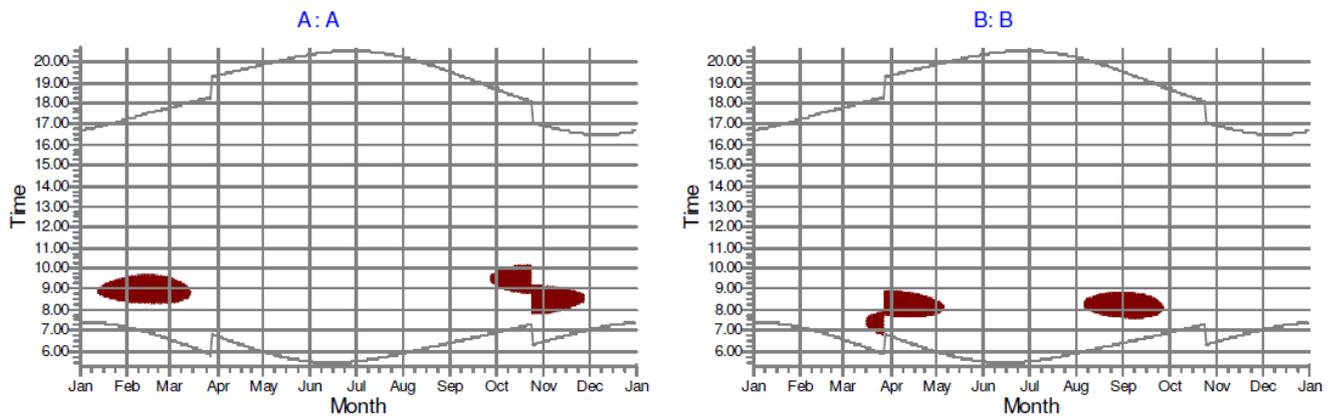


Figura 5 Edifici A e B

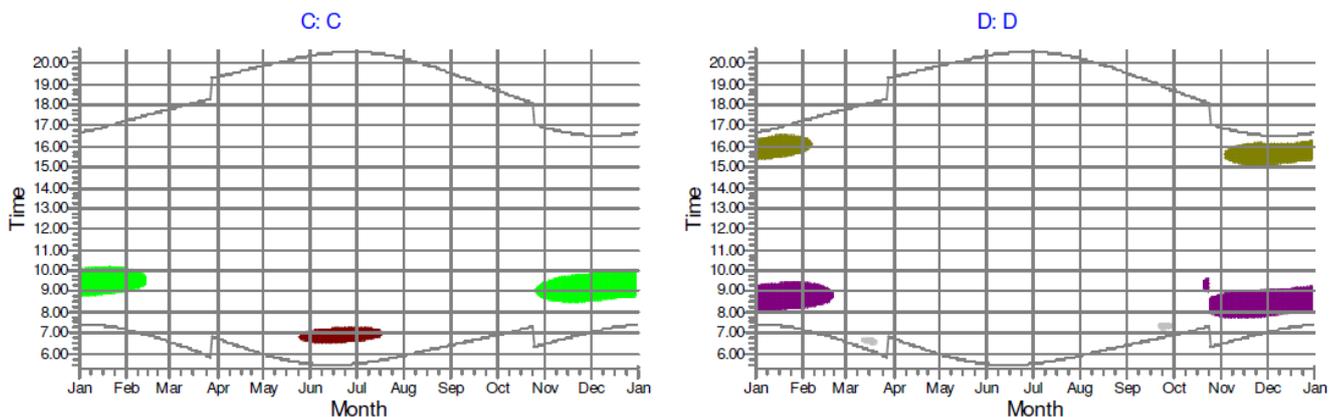


Figura 6 Edifici C e D

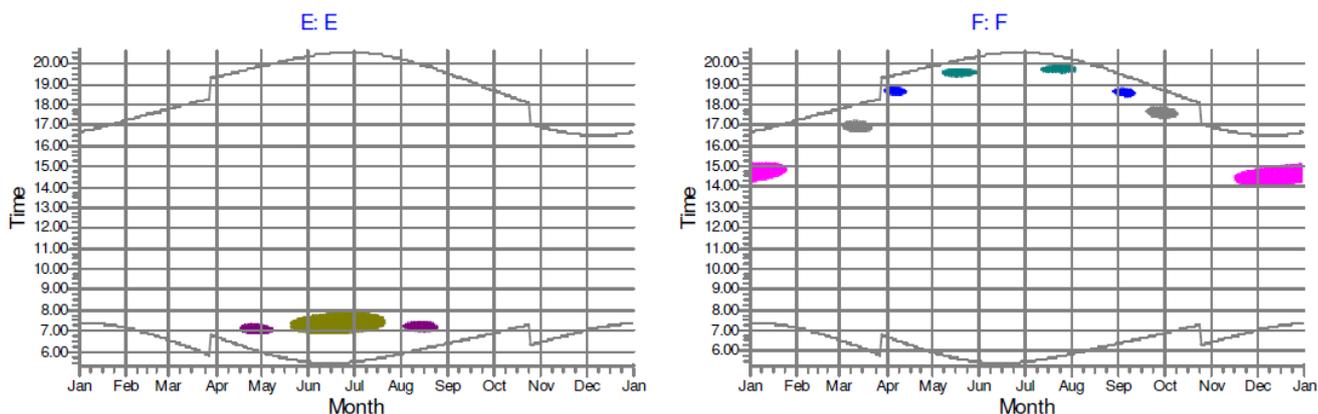


Figura 7 Edifici E e F

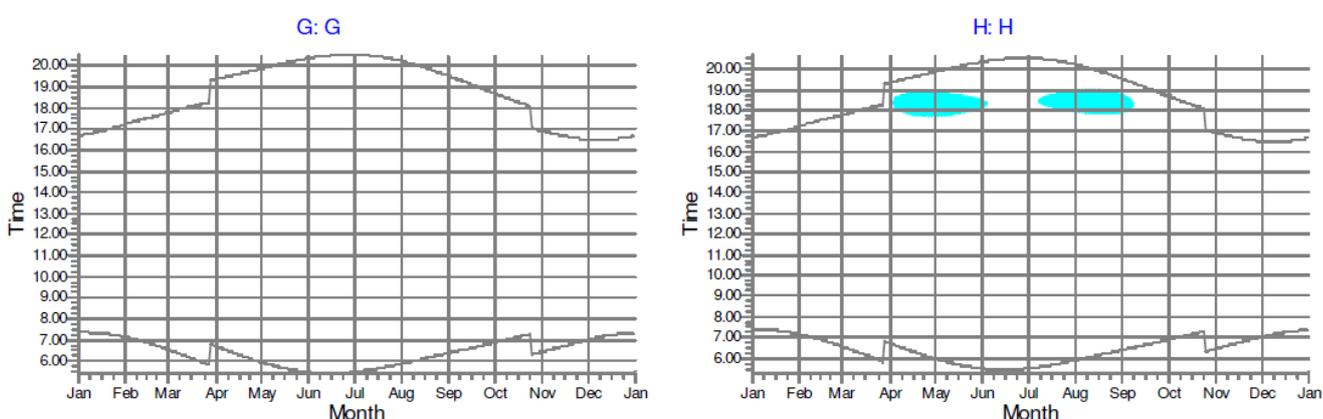


Figura 8 Edifici G e H

L'edificio H è l'unico che ha la presenza di ombra di una certa consistenza durante le serate estive causata dalla WTG 13. In questo caso il flickering può risultare fastidioso ma, considerando che nelle ore serali estive il vento tende a calare, si può già affermare che il disturbo causato è minimo.

In ogni caso il costruttore si impegna sin da ora che se il disturbo fosse accertato si potrà programmare la macchina all'arresto nell'intervallo individuato per evitare qualsiasi tipo di disturbo.

Per le altre il disturbo è quasi sempre invernale e concentrato nella mattinata e quindi in periodi/orari nel quale il disturbo arrecato è minimo.

Per avere una stima del disturbo che la singola turbina arreca in corrispondenza dei punti sensibili, è stata sviluppata la tabella seguente che riporta, macchina per macchina, le ore teoriche di ombra prodotta sui recettori e quella effettivamente attesa.

<b>WTG</b>	<b><i>Ombra Teorica Massima per anno [hh:mm]</i></b>	<b><i>Ombra Attesa per anno [hh:mm]</i></b>
WTG 1	0:00	0:00
WTG 2	0:00	0:00
WTG 3	8:02	2:59
WTG 4	16:14	5:38
WTG 5	51:08	14:19
WTG 6	12:00	4:35
WTG 7	0:00	0:00
WTG 8	251:30	84:43
WTG 9	127:39	33:11
WTG 10	132:48	44:16
WTG 11	154:02	44:47
WTG 12	3:49	1:20
WTG 13	104:57	41:28

*Tabella 2 – Risultati per le turbine dell'intero parco*

## **G. CONCLUSIONI**

I risultati dell'analisi di impatto di ombra e flickering evidenziano che l'impianto eolico non provoca effetti negativi per nessun centro urbano.

La verifica ha evidenziato che alcuni punti sensibili sono soggetti a brevi periodi di ombra/flickering ma per quasi tutti i punti il problema è solo nel periodo invernale e nelle ore mattutine, quindi in periodi nei quali gli abitanti sono impegnati nelle attività lavorative e quindi l'impatto risulta minimo.

In ogni caso, individuato il disturbo, il proprietario dell'impianto si impegna a procedere con opportune azioni di mitigazione per minimizzare l'eventuale disturbo.

Si può inoltre apprezzare come il parco eolico non risulti responsabile dell'ombra sulle strade di collegamento limitrofe al parco e quindi non si ha nessun effetto negativo, quale la formazione di ghiaccio nel periodo invernale, nella viabilità circostante.