

**COMUNI DI ISOLA DI CAPO RIZZUTO E CUTRO**  
**PROVINCIA CROTONE**



**PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "FAUCI"**

Elaborato:FA\_AMB\_R13

Scala:

Data:15/02/2023

**RELAZIONE SHADOW FLICKERING**

**COMMITTENTE:**

ENERGIA LEVANTE s.r.l.  
Via Luca Gaurico – Regus Eur - Cap 00143 ROMA  
P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 -[energialevantesrl@legalmail.it](mailto:energialevantesrl@legalmail.it)  
SOCIETA' DEL GRUPPO



**sse**  
Renewables

For a better  
world of energy

[www.sserenewables.com](http://www.sserenewables.com) Tel +39 0654832107

**PROFESSIONISTA:**

Ing. Andrea Bartolazzi

N°REVISIONE	DATAREVISIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	NOTE
				Ing. Mercurio	

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

## **Analisi di shadow flickering del progetto di parco eolico "Fauci" nei comuni di Isola di Capo Rizzuto (KR) e Cutro (KR)**

Cliente: Energia Levante srl



---

### ***SR International s.r.l.***

Sede legale: C..so Vittorio Emanuele II, 282-284 – 00186 Roma - +39 06 8079555

Partita IVA e Cod. Fisc. 13457211004 - Capitale Sociale € 10.000.

Azienda con sistema di gestione qualità ISO 9001 certificata da Bureau Veritas Italia S.p.A.

[www.studiorinnovabili.it](http://www.studiorinnovabili.it) - [info@studiorinnovabili.it](mailto:info@studiorinnovabili.it)

*Progetto  
Project*

**FCI**

*Cliente/Proponente  
Customer/Developer*

Energia Levante srl

Nr. Doc:

O22030XXAB

Tipo di documento: **R**  
*Document type:*

File:

Data: 05.05.2023  
*Date:*

Materia: **E**  
*Subject:*

---

REV	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE
	<i>Date</i>	<i>Description of revisions</i>
A	19.04.2023	Versione Finale

PREPARATO  
*Prepared*  
AB, MS

CONTROLLATO  
*Checked*  
AB

APPROVATO  
*Approved*

AUTORIZZAZIONE SR International srl  
*Approval*

Copyright © 2019 SR international s.r.l.  
Tutti i diritti riservati

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, memorizzata in sistemi di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, fotocopie, registrazione o altrimenti, senza la previa autorizzazione scritta della società SR international srl.

## GLOSSARIO

AC	Corrente alternata
AEEG	Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas
BAT	Migliori Tecniche Disponibili
CIP	Comitato interministeriale dei prezzi
CIPE	Comitato interministeriale programmazione economica
DC	Corrente continua
DGR	Decreto Giunta Regionale
DM	Decreto ministeriale
DPCM	Decreto del Presidente Consiglio dei ministri
ENEL	Operatore locale del sistema di trasmissione
ER	Energia rinnovabile
GHG	Gas ad effetto serra
GME	Gestore del mercato elettrico
IAFR	Domanda da presentare al GSE per iniziare un impianto di ER
MAP	Ministero delle attività produttive
MT	Media tensione
NA	Non ammissibili
NC	Non comunicati
NN	Non necessario
PRG	Piano Regolatore Comunale
RTI	Raggruppamento temporaneo di imprese
SR	Studio Rinnovabili
TERNA	Operatore del sistema di trasmissione nazionale
UTF	Ufficio tecnico di finanza
WTG	Wind Turbine Generator

INDICE

<b>INDICE</b> .....	5
<b>INDICE FIGURE</b> .....	5
<b>INDICE TABELLE</b> .....	5
<b>1. SINTESI E CONCLUSIONI</b> .....	6
<b>2. PREMESSA</b> .....	7
<b>3. INTRODUZIONE</b> .....	7
<b>4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	8
4.1. Normativa internazionale .....	8
4.2. Normativa nazionale e regionale .....	8
<b>5. IL PROGETTO</b> .....	8
5.1. Inquadramento territoriale e progettuale .....	8
5.2. Layout dell’impianto eolico .....	9
5.3. Ricettori interessati .....	10
<b>6. EFFETTO SHADOW-FLICKERING</b> .....	15
6.1. Premessa Metodologica .....	15
6.2. Il software previsionale WindFarm .....	16
6.3. Stima degli impatti post-operam real case .....	17
6.4. Impatti cumulati .....	28
6.5. Mitigazioni degli impatti .....	28
<b>7. APPENDICE A – DIAGRAMMI RICETTORI / FINESTRE</b> .....	30

Indice figure

<b>Figura 1.</b> Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto e dei ricettori sensibili .....	9
<b>Figura 2.</b> Dettaglio del layout del parco su mappa orografica .....	12
Figura 3 Punto di riferimento per i dati meteo .....	16
<b>Figura 4</b> Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori delle 8 nuove turbine previste dal progetto (impatto turbine progetto) .....	27
<b>Figura 5</b> Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori nel contesto degli impianti già in funzione (impatto cumulato) .....	28
<b>Figura 6</b> Mappa degli eventi presso il ricettore maggiormente impattato. ....	30

Indice tabelle

<b>Tabella 1</b> – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico .....	9
<b>Tabella 2</b> – Elenco ricettori .....	12
<b>Tabella 3</b> – Elenco e direzione finestre per i ricettori .....	14
<b>Tabella 4</b> – Parametri di configurazione per il calcolo .....	18
<b>Tabella 5</b> – Numero di ore di ombra intermittente .....	27

## **1. SINTESI E CONCLUSIONI**

Energia Levante srl ha incaricato Studio Rinnovabili di effettuare una valutazione dell'effetto shadow-flickering di un progetto parco eolico denominato "Fauci" nei comuni di Isola di Capo Rizzuto (KR) e Cutro (KR) in Calabria.

Nel presente documento si è descritto il quadro generale e normativo riferito dell'ombreggiamento intermittente generato dagli aerogeneratori sulle strutture e osservatori, ad un determinato periodo del giorno in cui il sole si trova dietro al rotore di un punto di vista dell'osservatore.

Si sono dunque passati in rassegna i possibili ricettori di questo effetto, e si è effettuato il calcolo post-operam dell'esposizione dei ricettori, individuando il tempo in cui si manifesta il disagio per ciascuna finestra dei ricettori nelle vicinanze del parco eolico.

Nel valutare i risultati bisogna considerare che l'aerogeneratore è in rotazione per un tempo limitato e sostanzialmente solo se il vento supera le condizioni di cut-in. Inoltre, le condizioni di insolazione con luce diretta sono limitate anche esse ad una porzione del tempo totale. Considerando queste due situazioni congiuntamente si riduce fortemente il tempo in cui il disagio si manifesta.

Risulta quindi interessato dal fenomeno, per un totale di 70 ore il solo ricettore R69 nella sua finestra 3, esposta a SUD-OVEST. Infine sono state proposte delle opzioni di mitigazione.

## **2. PREMESSA**

Il presente documento descrive il fenomeno della intermittenza dell'ombra giornaliera dovuta alla rotazione delle pale degli aerogeneratori (denominato effetto shadow-flickering), con riferimento alla tecnologia utilizzata nel progetto Parco Eolico denominato "Fauci" nei comuni di Isola di Capo Rizzuto (KR) e Cutro (KR) in Calabria.

## **3. INTRODUZIONE**

Gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte eolica prevedono l'installazione di aerogeneratori che, per le loro caratteristiche tecniche e di funzionamento possono determinare la presenza di ombre intermittenti nell'area di installazione.

Durante il periodo di funzionamento del parco, il movimento di rotazione del rotore crea un effetto di ombreggiamento intermittente nell'area circostante chiamato shadow-flickering. Questo effetto accade, quindi, nel corso della giornata, in particolare nelle ore mattutine e serali per via della bassa posizione del sole sull'orizzonte.

In presenza di ricettori nelle vicinanze del parco eolico, l'occorrenza di questo effetto dovrà essere studiata e quantificata, per verificare il fastidio potenziale per gli esseri umani all'interno di una abitazione.

Gli elementi dell'impianto eolico che possono causare ombra sono:

- torre di sostegno
- pale in rotazione

Il fenomeno viene definito in termini tecnici "flickering" delle pale, e viene avvertito soprattutto alle elevate latitudini nord-europee, dove la permanenza del sole ad altezze limitate sopra l'orizzonte è maggiore.

## 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 4.1. Normativa internazionale

L'effetto shadow-flickering è più pronunciato nelle latitudini settentrionali durante i mesi invernali. In particolare, nel Nord Europa, il sole splende in un angolo obliquo per più ore del giorno e più giorni l'anno. Alcuni paesi hanno adottato dei limiti relativi all'esposizione all'effetto in questione.

I regolamenti internazionali, alcuni studi, e le linee guida del Nord Europa e Australia hanno proposto 30 ore di effetto shadow-flickering per anno come soglia di impatto significativo, ovvero il punto in cui l'effetto ombra è comunemente percepito come fastidioso. Ad esempio, un tribunale in Germania ha stabilito che l'ombreggiamento intermittente massimo consentito dovrebbe essere di 30 ore all'anno (Klepinger, 2007). In Austria, Dobesch e Kury (2001) raccomanda che il fenomeno non superi le 30 ore/anno. Le linee guida per lo sviluppo di energia eolica nello Stato di Victoria, Australia, specificano che l'intermittenza dell'ombra non può superare 30 ore all'anno in qualsiasi abitazione nelle immediate vicinanze (Sustainable Energy Authority Victoria, 2003).

In alcuni paesi vengono sono considerati limiti di vario tipo all'ombreggiamento intermittente. Il più rilevante è la **Germania** dove il limite è a 30 ore. Questo limite è contenuto in un documento applicativo che è consuetudine utilizzare per l'applicazione della legge federale sul controllo delle immissioni (BImSchG art.5 comma 1, punti 1 e 2, e art. 22 comma 1) (Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen - Indicazioni sulla determinazione e valutazione delle immissioni ottiche delle turbine eoliche). Secondo le consuetudini tedesche, il massimo ombreggiamento su un vicino è:

- Massimo 30 ore all'anno di ombra massima astronomica
- Massimo 30 minuti al giorno di ombra massima astronomica

Se si usa una regolazione automatica, il reale impatto dell'ombra andrà limitato a 8 ore all'anno.

Anche in **Svezia** e **Danimarca** vi sono limiti usati in pratica di 10 ore (Danimarca) e 8 ore (Svezia).

Un approccio basato sulla valutazione caso per caso è contenuto nel documento "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (**Regno Unito**, 2011)) dove si indica una distanza di 10 diametri come zona potenzialmente impattata.

### 4.2. Normativa nazionale e regionale

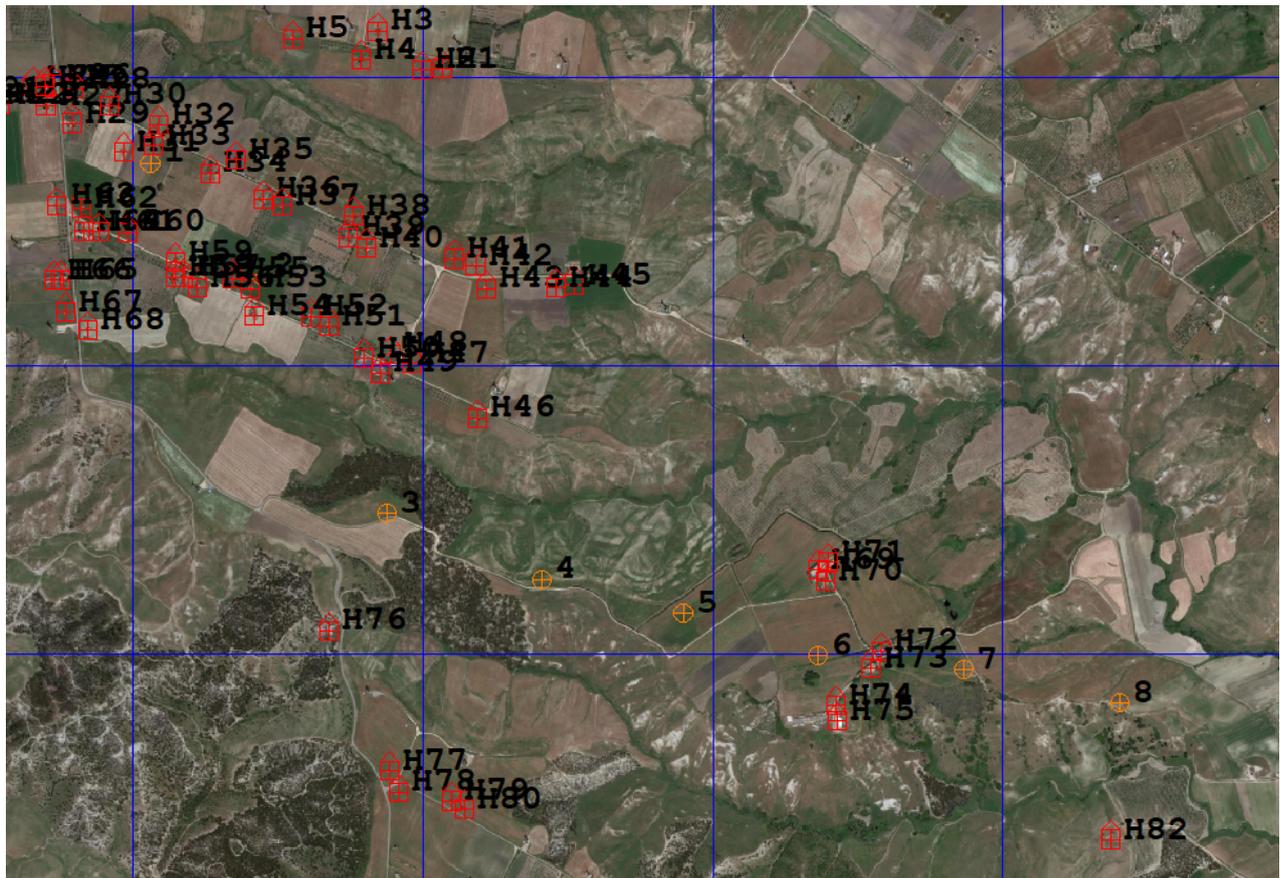
Non esiste, al momento, normativa nazionale che faccia riferimento all'effetto shadow-flickering o che stabilisca alcun limite di esposizione a questo fenomeno. Anche al livello regionale non sono presenti disposizioni specifiche che stabiliscono limiti quantitativi o indicazioni cui sottostare.

## 5. IL PROGETTO

### 5.1. Inquadramento territoriale e progettuale

Il progetto eolico "Fauci", oggetto dello studio è localizzato in Calabria, in provincia di Crotona, nei territori comunali di Isola di Capo Rizzuto (KR) e Cutro (KR). La zona prevista per la realizzazione del parco eolico è situata a più di 2,5 km in direzione S dal centro abitato di Cutro (KR).

Il layout del progetto consiste attualmente di 8 generatori Siemens Gamesa 170 che operano in modalità standard che andranno ad aggiungersi alle 56 turbine già presenti sul territorio circostante.



**Figura 1** Stralcio su ortofoto con indicazione del progetto e dei ricettori sensibili

Si riporta in **Figura 1** una rappresentazione fotografica della porzione di territorio interessata dal progetto parco Eolico “Isola di Capo Rizzuto” Calabria.

## 5.2. Layout dell’impianto eolico

Nella **Tabella 1** sono riportate le coordinate espresse nel sistema di riferimento UTM–WGS84.

Il layout presentato utilizza la turbina Siemens Gamesa SG170

Turbine/ Sorgenti	Comune	Altitudine	Long	Lat	Prop.	Tipo
T1	Cutro (KR)	295	674064	4316704	SG	SGRE 170
T2	Cutro (KR)	291	674441	4316315	SG	SGRE 170
T3	Isola capo rizzuto (KR)	285	674878	4315489	SG	SGRE 170
T4	Isola capo rizzuto (KR)	265	675411	4315260	SG	SGRE 170
T5	Isola capo rizzuto (KR)	267	675901	4315140	SG	SGRE 170
T6	Isola capo rizzuto (KR)	270	676362	4314992	SG	SGRE 170
T7	Isola capo rizzuto (KR)	265	676867	4314945	SG	SGRE 170
T8	Isola capo rizzuto (KR)	202	677401	4314830	SG	SGRE 170

**Tabella 1** – Coordinate aerogeneratori del progetto eolico

Potenza unitaria: 6 MW  
 Altezza da terra della navicella 115 m  
 Diametro del rotore: 170 m

### 5.3. Ricettori interessati

Il terreno dell'area di progetto è prevalentemente destinato ad uso agricolo e fuori dal raggio dell'abitato di Cutro e Isola di Capo Rizzuto di oltre 2 Km.

La maggior parte dei ricettori individuati nell'area del futuro parco eolico sono edifici di campagna, capanni, depositi e magazzini utilizzati per attività agricole.

Nella **Tabella 2** si riporta l'elenco di ricettori possibilmente affetti dall'effetto shadow-flickering

Ricettore	Comune	Long	Lat	Altitudine	Tipo
R81	Isola capo rizzuto (KR)	678018	4314175	52	non sens.
R82	Isola capo rizzuto (KR)	677370	4314354	76	non sens.
R64	Cutro (KR)	673832	4316465	184	sensibile
R65	Cutro (KR)	673755	4316297	182	sensibile
R70	Isola capo rizzuto (KR)	676388	4315251	160	non sens.
R68	Cutro (KR)	673848	4316124	182	non sens.
R67	Cutro (KR)	673769	4316186	182	non sens.
R66	Cutro (KR)	673731	4316295	181	non sens.
R76	Isola capo rizzuto (KR)	674678	4315081	145	non sens.
R69	Isola capo rizzuto (KR)	676362	4315291	160	non sens.
R77	Isola capo rizzuto (KR)	674886	4314593	167	non sens.
R78	Isola capo rizzuto (KR)	674918	4314522	166	non sens.
R80	Isola capo rizzuto (KR)	675145	4314462	159	non sens.
R79	Isola capo rizzuto (KR)	675101	4314488	162	non sens.
R24	Cutro (KR)	673657	4316970	187	non sens.
R26	Cutro (KR)	673726	4316971	187	sensibile
R28	Cutro (KR)	673799	4316959	185	non sens.
R27	Cutro (KR)	673705	4316900	186	non sens.
R29	Cutro (KR)	673790	4316839	184	non sens.
R30	Cutro (KR)	673923	4316904	182	non sens.
R31	Cutro (KR)	673971	4316742	182	non sens.
R32	Cutro (KR)	674091	4316833	180	non sens.
R33	Cutro (KR)	674072	4316762	182	sensibile
R34	Cutro (KR)	674271	4316669	180	non sens.
R35	Cutro (KR)	674359	4316716	179	non sens.
R36	Cutro (KR)	674452	4316579	179	sensibile
R37	Cutro (KR)	674517	4316555	179	non sens.
R38	Cutro (KR)	674762	4316519	177	non sens.
R39	Cutro (KR)	674744	4316446	177	sensibile
R40	Cutro (KR)	674809	4316408	177	sensibile
R47	Cutro (KR)	674961	4316008	177	non sens.
R48	Cutro (KR)	674890	4316042	177	sensibile
R49	Cutro (KR)	674858	4315975	177	non sens.
R50	Cutro (KR)	674799	4316024	177	non sens.

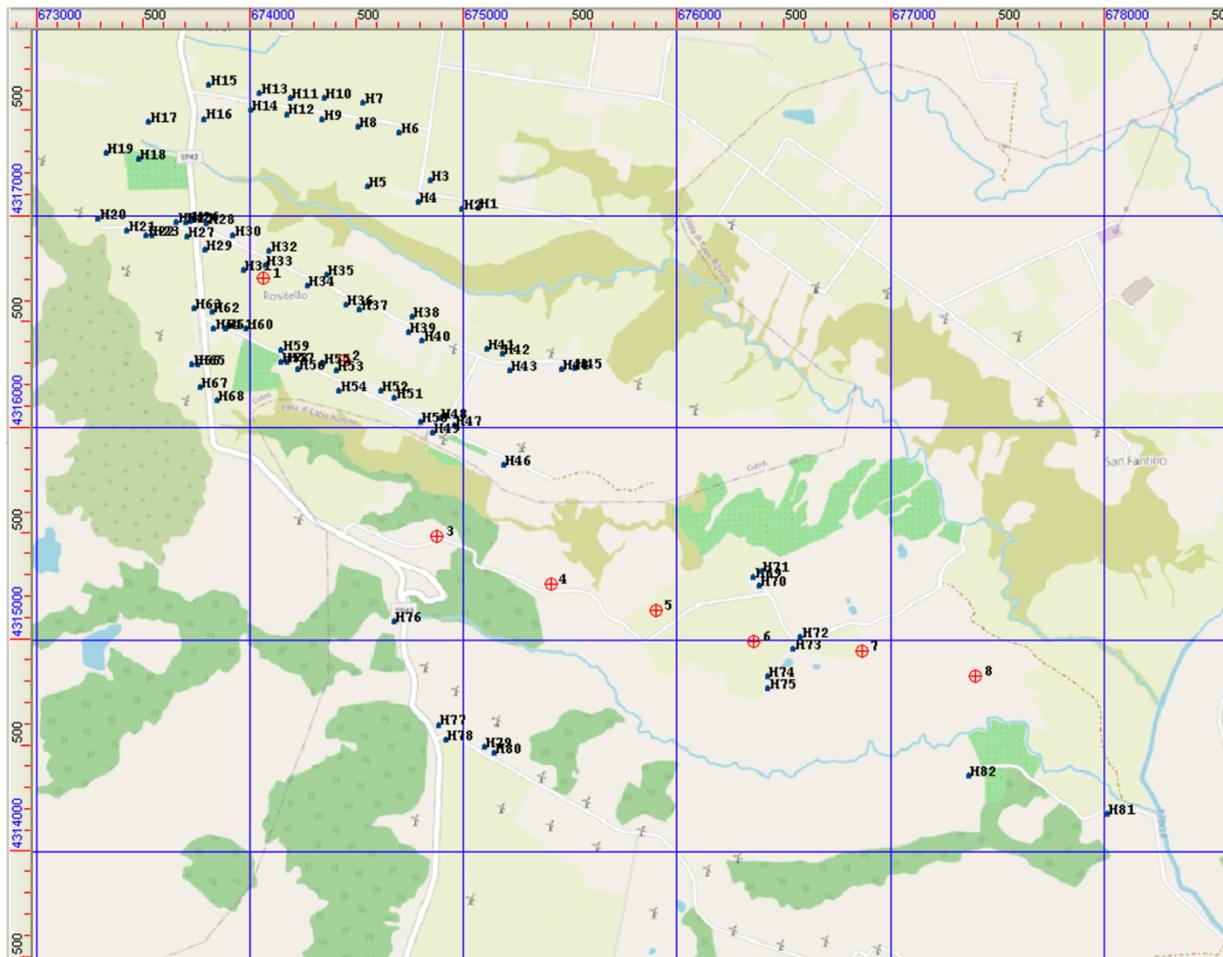
Ricettore	Comune	Long	Lat	Altitudine	Tipo
R51	Cutro (KR)	674679	4316139	177	sensibile
R52	Cutro (KR)	674615	4316171	177	non sens.
R53	Cutro (KR)	674405	4316268	178	non sens.
R54	Cutro (KR)	674420	4316173	177	non sens.
R55	Cutro (KR)	674345	4316300	179	non sens.
R56	Cutro (KR)	674223	4316272	179	non sens.
R57	Cutro (KR)	674175	4316309	179	non sens.
R58	Cutro (KR)	674147	4316309	179	non sens.
R59	Cutro (KR)	674148	4316361	180	non sens.
R60	Cutro (KR)	673983	4316463	182	non sens.
R61	Cutro (KR)	673885	4316467	184	non sens.
R62	Cutro (KR)	673826	4316544	185	non sens.
R63	Cutro (KR)	673741	4316557	187	sensibile
R16	Cutro (KR)	673788	4317454	187	sensibile
R15	Cutro (KR)	673811	4317614	184	non sens.
R13	Cutro (KR)	674049	4317576	182	non sens.
R14	Cutro (KR)	674004	4317498	182	non sens.
R11	Cutro (KR)	674189	4317550	180	non sens.
R12	Cutro (KR)	674173	4317478	180	non sens.
R10	Cutro (KR)	674349	4317555	177	non sens.
R9	Cutro (KR)	674341	4317452	178	non sens.
R7	Cutro (KR)	674534	4317530	154	non sens.
R8	Cutro (KR)	674507	4317417	160	non sens.
R6	Cutro (KR)	674702	4317389	161	non sens.
R3	Cutro (KR)	674846	4317163	177	non sens.
R1	Cutro (KR)	675070	4317031	177	non sens.
R2	Cutro (KR)	674997	4317030	177	non sens.
R4	Cutro (KR)	674791	4317062	177	non sens.
R5	Cutro (KR)	674552	4317136	173	non sens.
R17	Cutro (KR)	673528	4317440	187	sensibile
R19	Cutro (KR)	673326	4317295	186	non sens.
R23	Cutro (KR)	673543	4316907	183	non sens.
R18	Cutro (KR)	673479	4317264	187	non sens.
R22	Cutro (KR)	673518	4316905	183	non sens.
R21	Cutro (KR)	673426	4316927	183	non sens.
R20	Cutro (KR)	673290	4316982	190	non sens.
R46	Cutro (KR)	675188	4315820	170	non sens.
R25	Cutro (KR)	673699	4316967	187	non sens.
R42	Cutro (KR)	675183	4316345	177	non sens.
R41	Cutro (KR)	675110	4316371	177	non sens.
R43	Cutro (KR)	675219	4316269	177	non sens.
R45	Cutro (KR)	675524	4316278	185	non sens.
R44	Cutro (KR)	675461	4316270	181	non sens.
R71	Isola capo rizzuto (KR)	676398	4315318	162	non sens.
R72	Isola capo rizzuto (KR)	676580	4315010	157	sensibile
R75	Isola capo rizzuto (KR)	676429	4314768	152	non sens.

Ricettore	Comune	Long	Lat	Altitudine	Tipo
R74	Isola capo rizzuto (KR)	676426	4314820	153	non sens.
R73	Isola capo rizzuto (KR)	676546	4314951	157	non sens.

**Tabella 2** – Elenco ricettori

Si riporta in **Figura 2** un dettaglio del territorio interessato da progetto, con la distribuzione degli aerogeneratori ed i ricettori sul terreno.

In **Tabella 3** viene presentato l’elenco dei ricettori con specificate le loro finestre, per ciascuna delle quali viene riportato anche l’orientamento.



**Figura 2.** Dettaglio del layout del parco su mappa orografica

Ric.	Fin1	Fin2	Fin3	Fin4
R81	45	135	225	315
R82	45	135	225	315
R64	45	135	225	315
R65	45	135	225	315
R70	30	120	210	300
R68	80	170	260	350
R67	0	90	180	270

Ric.	Fin1	Fin2	Fin3	Fin4
R66	75	165	255	345
R76	75	165	255	345
R69	45	135	225	315
R77	45	135	225	315
R78	45	135	225	315
R80	45	135	225	315
R79	0	90	180	270
R24	45	135	225	315
R26	70	160	250	340
R28	30	120	210	300
R27	75	165	255	345
R29	45	135	225	315
R30	45	135	225	315
R31	60	150	240	330
R32	85	175	265	355
R33	25	115	205	295
R34	20	110	200	290
R35	20	110	200	290
R36	5	95	185	275
R37	10	100	190	280
R38	20	110	200	290
R39	20	110	200	290
R40	20	110	200	290
R47	20	110	200	290
R48	20	110	200	290
R49	15	105	195	285
R50	15	105	195	285
R51	0	90	180	270
R52	10	100	190	280
R53	5	95	185	275
R54	5	95	185	275
R55	10	100	190	280
R56	15	105	195	285
R57	20	110	200	290
R58	5	95	185	275
R59	30	120	210	300
R60	20	110	200	290
R61	35	125	215	305
R62	0	90	180	270
R63	80	170	260	350
R16	5	95	185	275
R15	5	95	185	275
R13	0	90	180	270
R14	5	95	185	275

Ric.	Fin1	Fin2	Fin3	Fin4
R11	0	90	180	270
R12	10	100	190	280
R10	10	100	190	280
R9	5	95	185	275
R7	80	170	260	350
R8	30	120	210	300
R6	0	90	180	270
R3	10	100	190	280
R1	10	100	190	280
R2	10	100	190	280
R4	10	100	190	280
R5	15	105	195	285
R17	0	90	180	270
R19	0	90	180	270
R23	0	90	180	270
R18	30	120	210	300
R22	0	90	180	270
R21	5	95	185	275
R20	0	90	180	270
R46	51	141	231	321
R25	0	90	180	270
R42	15	105	195	285
R41	35	125	215	305
R43	0	90	180	270
R45	0	90	180	270
R44	5	95	185	275
R71	45	135	225	315
R72	60	150	240	330
R75	10	100	190	280
R74	45	135	225	315
R73	70	160	250	340

**Tabella 3** – Elenco e direzione finestre per i ricettori

## 6. EFFETTO SHADOW-FLICKERING

Shadow-flickering è il fenomeno di ombreggiamento intermittente, caratterizzato dalle ombre che occorrono su strutture e osservatori in un determinato periodo del giorno in cui il sole si trova dietro al rotore dal punto di vista dell'osservatore. L'effetto è dovuto alla rotazione delle pale che proiettano un'ombra intermittente sul territorio circostante e sulle finestre delle case.

Questo effetto è più marcato nelle latitudini a nord durante i mesi invernali, per causa dell'angolo del sole. Tuttavia, è possibile che l'ombreggiamento intermittente accada in qualunque breve momento tra l'alba ed il tramonto. L'effetto di ombreggiamento intermittente può essere esperito dagli osservatori e strutture localizzate nelle vicinanze delle turbine eoliche.

Il fenomeno non accade in giorni nuvolosi, o quando qualsiasi altro fenomeno oscura il sole, o quando gli aerogeneratori non sono in funzionamento.

L'effetto è più visibile dall'interno degli edifici. L'ombra mobile del rotore si proietta sulle finestre di una casa creando all'interno della stessa un effetto fastidioso di alternanza luce ombra.

L'ombreggiamento intermittente e la sua durata dipendono da questi fattori:

- direzione della casa relativamente alla turbina
- distanza dalla turbina (quanto più lontano, più trascurabile)
- direzione del vento – la forma dell'ombra sarà determinata dalla posizione della pala in imbardata, che si muove in accordo con la direzione del vento
- altezza della turbina e diametro del rotore
- giorno e stagione dell'anno
- condizione meteorologiche (la presenza di nuvole riduce la luce diretta e perciò il rischio di ombreggiamento intermittente)

### 6.1. Premessa Metodologica

Le variabili utilizzate per la modellazione dell'effetto shadow-flickering includono:

- coordinate degli aerogeneratori
- coordinate dei ricettori esistenti entro una distanza di 1000 metri dalle turbine eoliche e disposizione delle pareti
- i dati sugli aerogeneratori previsti nel layout – altezza, diametro del rotore
- la rosa dei venti
- l'orografia del terreno
- la percentuale oraria d'illuminazione solare
- l'elevazione del sole. Se è inferiore a 2 gradi rispetto all'orizzonte l'effetto si annulla (dovuto allo scattering dell'atmosfera sugli angoli minori)
- la velocità del vento. L'effetto è stato considerato inesistente per vento inferiore o superiore velocità di generazione (creando così una stima più conservativa della quantità di tempo che i rotori sono in movimento)
- dati meteo in sito prelevati dall'archivio MeteoNorm



Figura 3 Punto di riferimento per i dati meteo

## 6.2. Il software previsionale WindFarm

Il modello di calcolo dell'ombreggiamento intermittente è stato condotto usando il modulo Shadow Flickering 5.0.2.2 del software WindFarm 5, usato specificamente per la modellazione e valutazione dei progetti di parchi eolici.

Il modulo "Shadow flicker" di WindFarm calcola il numero di volte all'anno in cui il rotore, visualizzato da una finestra di una casa nelle vicinanze dell'aerogeneratore, è in linea con il sole e, quindi, accade l'effetto di ombreggiamento intermittente.

Il software WindFarm calcola, quindi, il numero di ore teoriche per anno in cui l'effetto shadow-flickering accade, in qualsiasi localizzazione entro i 2000 m di distanza delle turbine.

Il modello di calcolo di WindFarm considera le seguenti semplificazioni:

- il sole è sempre presente, in qualsiasi periodo dell'anno
- il sole può essere rappresentato da un unico punto
- il rotore gira di fronte all'osservatore e, quindi le pale delle turbine sono sempre perpendicolari alla direzione di visualizzazione dalla localizzazione del ricettore

### Fattori che affettano la modellazione dell'effetto shadow-flickering

La durata dell'effetto shadow-flickering utilizzando questa metodologia sovrastima il numero di ore del fenomeno nella localizzazione del progetto per diverse ragioni:

1. La direzione di rotazione del rotore considerata è la più problematica. Qualsiasi orientazione del rotore riduce l'area in cui è proiettata l'ombra, e quindi, riduce la durata del fenomeno. La rosa dei venti del sito può essere utilizzata per determinare l'orientazione probabile del rotore e, quindi, calcolare la riduzione della durata dell'effetto di ombreggiamento intermittente.
2. Una giornata nuvolosa depotenzia il numero di ore in cui accade il fenomeno di shadow-flickering. I dati meteorologici della stazione più vicina possono essere usati per stimare la frequenza di nuvolosità e, dunque, fornire una indicazione di quanto venga ridotto l'effetto.
3. Aerosol, fumo, o umidità presenti nell'atmosfera possono influenzare l'ombreggiamento causato dall'aerogeneratori.
4. La lunghezza dell'ombra dipende dell'angolo di diffusione della incidenza diretta di sole che, invece, è dipendente della concentrazione di umidità, fumo e altri aerosol, che sono dispersi nell'atmosfera, tra la fonte e i ricettori.
5. La modellazione delle pale di dimensione uniforme, anziché della sua forma reale (più larga vicino alla torre e più sottile alla punta) risultano in una sovrastima della durata dell'ombreggiamento

intermittente. Ciò deriva dal fatto che l'ombra causata per la parte più sottile della pala è meno lunga dell'ombra risultante dalla parte più larga.

6. La modellazione del sole come un punto, anziché in forma di un disco, risulta in una sovrastima della durata dell'effetto. La luce proveniente da diverse porzioni del sole si può sovrapporre attorno all'aerogeneratore risultando nella riduzione dell'ombreggiamento intermittente.
7. L'analisi non considera che, quando il sole è posizionato direttamente dietro alla navicella della turbina eolica, non esiste variazione nella intensità di luce ricevuta al ricettore e quindi, non accade il fenomeno.
8. La presenza di vegetazione o altre barriere fisiche in torno al ricettore può funzionare come scudo alla visualizzazione della turbina eolica, e quindi, ridurre o annullare l'effetto.
9. I periodi di fermo per causa di bassa ventosità, o per manutenzione, riducono l'effetto shadow-flickering.

Per il calcolo della previsione reale è stato utilizzata la funzione "real world data" del tool Shadow Flicker versione 5.0.2.2. Questa funzione permette di utilizzare dati meteo satellitari puntuali o misurati in loco risolvendo le seguenti problematiche elencate sopra.

2. La misurazione della potenza della radiazione presente nei dati meteo permette di dedurre le condizioni meteo locali del 2019 che permettono una rappresentazione statistica convincente di un anno tipo nel punto d'interesse.
9. La velocità di cut-in delle turbine progettate o presenti nell'impianto, inseribile delle condizioni al contorno viene confrontata con i dati vento eliminando quindi dal conteggio le ore di macchina ferma.

Nella **Tabella 5** sono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software WindFarm, indicati per ogni parete di ogni abitazione e per ogni ricettore abitativo.

Si è simulata la presenza di **quattro pareti per ogni ricettore**. I risultati per la detta finestra sono rappresentativi per tutto il fronte in cui è posizionata la finestra.

I risultati comprendono:

- il numero di ore annue teorico in cui si può verificare il fenomeno della ombra intermittente
- l'elenco dei periodi di tempo in cui teorici in cui si può verificare il fenomeno della ombra intermittente
- il numero di ore annue realistico in cui si può verificare il fenomeno della ombra intermittente

La **Figura 4** seguente rappresenta la mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow-flickering per l'area del progetto del parco eolico di "Fauci".

### 6.3. Stima degli impatti post-operam real case

Nella **Tabella 5** sono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software WindFarm, indicati per ogni parete di ogni abitazione e per ogni ricettore abitativo.

Si è simulata la presenza di **quattro pareti per ogni ricettore**. I risultati per la detta finestra sono rappresentativi per tutto il fronte in cui è posizionata la finestra.

I risultati comprendono:

- il numero di ore annue in cui si verifica il fenomeno della ombra intermittente

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dell'analisi effettuata con il software WindFarm, indicando, oltre alla occorrenza astronomica del fenomeno, anche alcuni eventi mitigativi. In particolare, si è verificato un anno, il 2019, di cui si dispongono di ventosità del sito e di insolazione dati forniti dal cliente. Per questo anno la percentuale di luce diretta e la situazione di effettiva rotazione delle pale riducono l'impatto del fenomeno. Questa situazione è denominata real case.

I parametri usati per il calcolo sono:

Parametro	Valore
Anno di riferimento	2019
Luce diretta/ totale massima	variabile
Tempo di campionamento	1h
Altezza ricettori	2m
Modello DTM	Grid 20m
Barriere	NA
Velocità di Cut-in	2
Velocità di Cut-off	25
Angolo massimo di visibilità	NA
Coefficiente di Wind shear	0,143

**Tabella 4** – Parametri di configurazione per il calcolo

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
81/1	non sens.	45	0,0	0,0
81/2	non sens.	135	0,0	0,0
81/3	non sens.	225	24,5	0,0
81/4	non sens.	315	24,5	0,0
82/1	non sens.	45	0,0	0,0
82/2	non sens.	135	0,0	0,0
82/3	non sens.	225	18,4	0,0
82/4	non sens.	315	18,5	0,0
64/1	sensibile	45	87,7	9,7
64/2	sensibile	135	87,9	9,8
64/3	sensibile	225	0,0	0,0
64/4	sensibile	315	0,0	0,0
65/1	sensibile	45	106,9	9,7
65/2	sensibile	135	107,0	9,7
65/3	sensibile	225	0,0	0,0
65/4	sensibile	315	0,0	0,0
70/1	non sens.	30	19,8	2,2
70/2	non sens.	120	386,3	129,5
70/3	non sens.	210	528,5	130,5
70/4	non sens.	300	160,8	4,1
68/1	non sens.	80	168,6	19,3
68/2	non sens.	170	52,1	7,5
68/3	non sens.	260	0,0	0,0
68/4	non sens.	350	115,9	11,8

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
67/1	non sens.	0	77,9	4,1
67/2	non sens.	90	126,5	11,2
67/3	non sens.	180	48,3	7,1
67/4	non sens.	270	0,0	0,0
66/1	non sens.	75	102,6	9,2
66/2	non sens.	165	102,5	9,2
66/3	non sens.	255	0,0	0,0
66/4	non sens.	345	0,0	0,0
76/1	non sens.	75	104,0	6,0
76/2	non sens.	165	103,7	6,0
76/3	non sens.	255	0,0	0,0
76/4	non sens.	345	0,0	0,0
69/1	non sens.	45	130,5	23,8
69/2	non sens.	135	280,3	88,0
69/3	non sens.	225	324,5	70,3
69/4	non sens.	315	174,4	5,6
77/1	non sens.	45	52,5	4,8
77/2	non sens.	135	52,4	4,8
77/3	non sens.	225	0,0	0,0
77/4	non sens.	315	0,0	0,0
78/1	non sens.	45	29,4	2,1
78/2	non sens.	135	29,2	2,1
78/3	non sens.	225	0,0	0,0
78/4	non sens.	315	0,0	0,0
80/1	non sens.	45	57,3	6,3
80/2	non sens.	135	57,2	6,3
80/3	non sens.	225	0,0	0,0
80/4	non sens.	315	0,0	0,0
79/1	non sens.	0	50,3	5,1
79/2	non sens.	90	50,4	5,1
79/3	non sens.	180	0,0	0,0
79/4	non sens.	270	0,0	0,0
24/1	non sens.	45	162,9	33,0
24/2	non sens.	135	163,3	33,1
24/3	non sens.	225	0,0	0,0
24/4	non sens.	315	0,0	0,0
26/1	sensibile	70	188,4	44,2

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
26/2	sensibile	160	189,0	44,4
26/3	sensibile	250	0,0	0,0
26/4	sensibile	340	0,0	0,0
28/1	non sens.	30	0,0	0,0
28/2	non sens.	120	220,9	62,0
28/3	non sens.	210	220,5	61,7
28/4	non sens.	300	0,0	0,0
27/1	non sens.	75	206,8	39,1
27/2	non sens.	165	207,1	39,2
27/3	non sens.	255	0,0	0,0
27/4	non sens.	345	0,0	0,0
29/1	non sens.	45	310,7	57,8
29/2	non sens.	135	312,4	58,4
29/3	non sens.	225	0,0	0,0
29/4	non sens.	315	0,0	0,0
30/1	non sens.	45	3,2	0,6
30/2	non sens.	135	378,3	129,7
30/3	non sens.	225	374,6	129,2
30/4	non sens.	315	0,0	0,0
31/1	non sens.	60	1003,9	170,6
31/2	non sens.	150	1008,8	171,4
31/3	non sens.	240	0,0	0,0
31/4	non sens.	330	0,0	0,0
32/1	non sens.	85	4,7	1,3
32/2	non sens.	175	820,2	372,4
32/3	non sens.	265	814,9	374,1
32/4	non sens.	355	0,0	0,0
33/1	sensibile	25	0,0	0,0
33/2	sensibile	115	1341,8	613,7
33/3	sensibile	205	1346,1	606,5
33/4	sensibile	295	0,0	0,0
34/1	non sens.	20	0,0	0,0
34/2	non sens.	110	98,0	37,9
34/3	non sens.	200	478,8	55,3
34/4	non sens.	290	381,0	17,3
35/1	non sens.	20	0,0	0,0
35/2	non sens.	110	22,0	10,8

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
35/3	non sens.	200	356,8	17,6
35/4	non sens.	290	335,8	6,6
36/1	sensibile	5	168,1	4,9
36/2	sensibile	95	238,1	102,4
36/3	sensibile	185	240,0	102,7
36/4	sensibile	275	168,4	5,0
37/1	non sens.	10	143,9	6,8
37/2	non sens.	100	6,7	1,3
37/3	non sens.	190	299,4	120,9
37/4	non sens.	280	436,8	125,6
38/1	non sens.	20	0,0	0,0
38/2	non sens.	110	3,0	0,6
38/3	non sens.	200	316,8	39,2
38/4	non sens.	290	314,4	39,1
39/1	sensibile	20	86,2	1,6
39/2	sensibile	110	5,9	1,2
39/3	sensibile	200	228,6	25,6
39/4	sensibile	290	309,6	26,0
40/1	sensibile	20	74,9	0,6
40/2	sensibile	110	6,1	1,2
40/3	sensibile	200	176,7	10,0
40/4	sensibile	290	246,2	9,4
47/1	non sens.	20	23,1	0,0
47/2	non sens.	110	25,2	4,5
47/3	non sens.	200	25,2	4,5
47/4	non sens.	290	23,5	0,0
48/1	sensibile	20	19,6	0,0
48/2	sensibile	110	24,5	4,3
48/3	sensibile	200	24,4	4,3
48/4	sensibile	290	20,2	0,0
49/1	non sens.	15	0,0	0,0
49/2	non sens.	105	39,8	7,3
49/3	non sens.	195	39,6	7,2
49/4	non sens.	285	0,0	0,0
50/1	non sens.	15	0,0	0,0
50/2	non sens.	105	34,3	6,2
50/3	non sens.	195	34,2	6,2

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
50/4	non sens.	285	0,0	0,0
51/1	sensibile	0	0,0	0,0
51/2	sensibile	90	23,2	4,1
51/3	sensibile	180	23,2	4,1
51/4	sensibile	270	0,0	0,0
52/1	non sens.	10	0,0	0,0
52/2	non sens.	100	22,6	4,0
52/3	non sens.	190	22,5	4,0
52/4	non sens.	280	0,0	0,0
53/1	non sens.	5	273,6	118,8
53/2	non sens.	95	297,6	124,2
53/3	non sens.	185	22,7	4,1
53/4	non sens.	275	0,0	0,0
54/1	non sens.	5	0,0	0,0
54/2	non sens.	95	30,4	5,2
54/3	non sens.	185	30,3	5,2
54/4	non sens.	275	0,0	0,0
55/1	non sens.	10	606,9	37,1
55/2	non sens.	100	630,4	41,2
55/3	non sens.	190	21,9	4,0
55/4	non sens.	280	0,0	0,0
56/1	non sens.	15	352,7	25,2
56/2	non sens.	105	381,4	30,4
56/3	non sens.	195	26,5	4,5
56/4	non sens.	285	0,0	0,0
57/1	non sens.	20	372,6	11,6
57/2	non sens.	110	399,6	16,2
57/3	non sens.	200	25,0	4,4
57/4	non sens.	290	0,0	0,0
58/1	non sens.	5	334,1	10,3
58/2	non sens.	95	361,2	14,6
58/3	non sens.	185	24,9	4,2
58/4	non sens.	275	0,0	0,0
59/1	non sens.	30	288,3	16,9
59/2	non sens.	120	307,6	20,6
59/3	non sens.	210	17,6	3,6
59/4	non sens.	300	0,0	0,0

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
60/1	non sens.	20	113,5	14,3
60/2	non sens.	110	133,4	18,0
60/3	non sens.	200	19,1	3,6
60/4	non sens.	290	0,0	0,0
61/1	non sens.	35	100,0	12,0
61/2	non sens.	125	100,5	12,0
61/3	non sens.	215	0,0	0,0
61/4	non sens.	305	0,0	0,0
62/1	non sens.	0	27,6	6,2
62/2	non sens.	90	113,8	18,3
62/3	non sens.	180	85,3	11,9
62/4	non sens.	270	0,0	0,0
63/1	sensibile	80	204,0	26,9
63/2	sensibile	170	70,6	9,3
63/3	sensibile	260	0,0	0,0
63/4	sensibile	350	132,2	17,7
16/1	sensibile	5	0,0	0,0
16/2	sensibile	95	0,0	0,0
16/3	sensibile	185	0,0	0,0
16/4	sensibile	275	0,0	0,0
15/1	non sens.	5	0,0	0,0
15/2	non sens.	95	0,0	0,0
15/3	non sens.	185	0,0	0,0
15/4	non sens.	275	0,0	0,0
13/1	non sens.	0	0,0	0,0
13/2	non sens.	90	0,0	0,0
13/3	non sens.	180	0,0	0,0
13/4	non sens.	270	0,0	0,0
14/1	non sens.	5	0,0	0,0
14/2	non sens.	95	0,0	0,0
14/3	non sens.	185	0,0	0,0
14/4	non sens.	275	0,0	0,0
11/1	non sens.	0	0,0	0,0
11/2	non sens.	90	0,0	0,0
11/3	non sens.	180	0,0	0,0
11/4	non sens.	270	0,0	0,0
12/1	non sens.	10	0,0	0,0

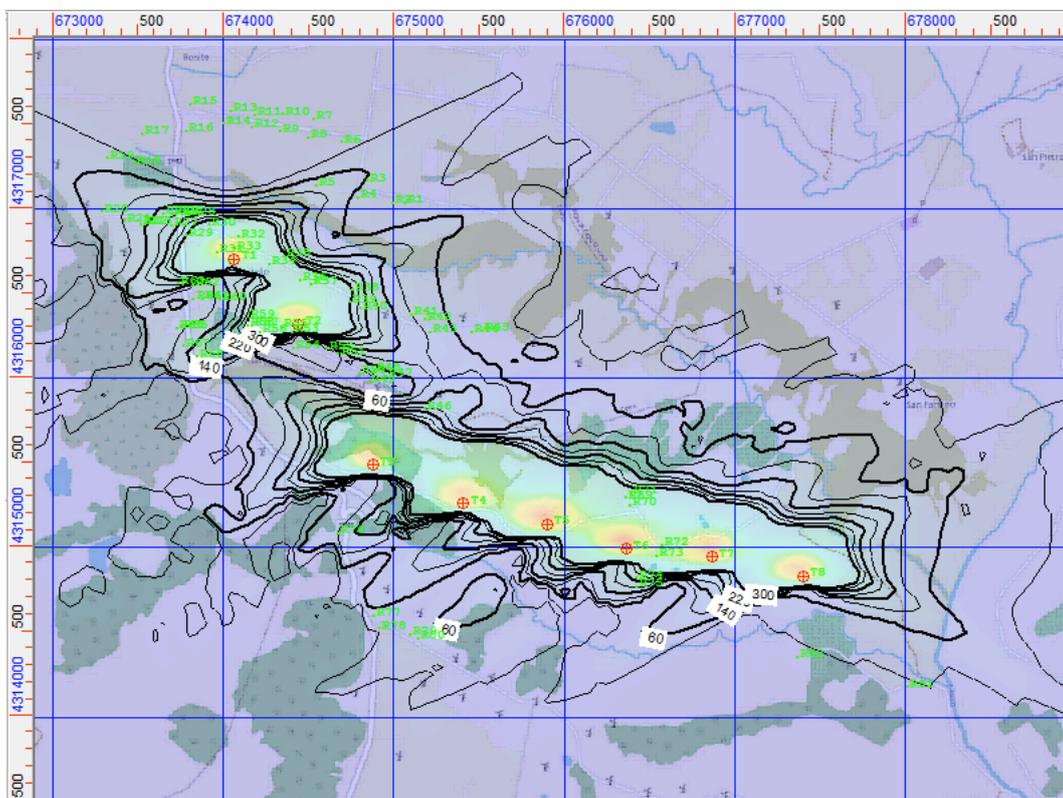
Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
12/2	non sens.	100	0,0	0,0
12/3	non sens.	190	0,0	0,0
12/4	non sens.	280	0,0	0,0
10/1	non sens.	10	0,0	0,0
10/2	non sens.	100	0,0	0,0
10/3	non sens.	190	0,0	0,0
10/4	non sens.	280	0,0	0,0
9/1	non sens.	5	0,0	0,0
9/2	non sens.	95	0,0	0,0
9/3	non sens.	185	0,0	0,0
9/4	non sens.	275	0,0	0,0
7/1	non sens.	80	0,0	0,0
7/2	non sens.	170	0,0	0,0
7/3	non sens.	260	0,0	0,0
7/4	non sens.	350	0,0	0,0
8/1	non sens.	30	0,0	0,0
8/2	non sens.	120	0,0	0,0
8/3	non sens.	210	0,0	0,0
8/4	non sens.	300	0,0	0,0
6/1	non sens.	0	0,0	0,0
6/2	non sens.	90	0,0	0,0
6/3	non sens.	180	0,0	0,0
6/4	non sens.	270	0,0	0,0
3/1	non sens.	10	0,0	0,0
3/2	non sens.	100	0,0	0,0
3/3	non sens.	190	59,0	3,3
3/4	non sens.	280	59,1	3,3
1/1	non sens.	10	0,0	0,0
1/2	non sens.	100	0,0	0,0
1/3	non sens.	190	27,6	0,6
1/4	non sens.	280	27,7	0,6
2/1	non sens.	10	0,0	0,0
2/2	non sens.	100	0,0	0,0
2/3	non sens.	190	31,9	0,9
2/4	non sens.	280	32,0	0,9
4/1	non sens.	10	0,0	0,0
4/2	non sens.	100	0,0	0,0

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
4/3	non sens.	190	53,2	2,4
4/4	non sens.	280	53,3	2,4
5/1	non sens.	15	0,0	0,0
5/2	non sens.	105	0,0	0,0
5/3	non sens.	195	82,0	22,3
5/4	non sens.	285	82,1	22,3
17/1	sensibile	0	0,0	0,0
17/2	sensibile	90	0,0	0,0
17/3	sensibile	180	0,0	0,0
17/4	sensibile	270	0,0	0,0
19/1	non sens.	0	0,0	0,0
19/2	non sens.	90	42,9	9,3
19/3	non sens.	180	42,9	9,3
19/4	non sens.	270	0,0	0,0
23/1	non sens.	0	0,0	0,0
23/2	non sens.	90	141,5	21,7
23/3	non sens.	180	141,4	21,6
23/4	non sens.	270	0,0	0,0
18/1	non sens.	30	0,0	0,0
18/2	non sens.	120	34,1	9,9
18/3	non sens.	210	34,0	9,9
18/4	non sens.	300	0,0	0,0
22/1	non sens.	0	0,0	0,0
22/2	non sens.	90	132,8	19,7
22/3	non sens.	180	132,6	19,7
22/4	non sens.	270	0,0	0,0
21/1	non sens.	5	0,0	0,0
21/2	non sens.	95	105,7	14,3
21/3	non sens.	185	105,5	14,2
21/4	non sens.	275	0,0	0,0
20/1	non sens.	0	0,0	0,0
20/2	non sens.	90	79,1	10,2
20/3	non sens.	180	79,0	10,1
20/4	non sens.	270	0,0	0,0
46/1	non sens.	51	46,3	8,4
46/2	non sens.	141	188,3	48,4
46/3	non sens.	231	142,6	40,3

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
46/4	non sens.	321	0,0	0,0
25/1	non sens.	0	0,0	0,0
25/2	non sens.	90	181,4	39,4
25/3	non sens.	180	181,6	39,5
25/4	non sens.	270	0,0	0,0
42/1	non sens.	15	34,0	0,0
42/2	non sens.	105	0,0	0,0
42/3	non sens.	195	50,1	0,1
42/4	non sens.	285	84,4	0,2
41/1	non sens.	35	0,8	0,2
41/2	non sens.	125	0,8	0,2
41/3	non sens.	215	99,7	0,6
41/4	non sens.	305	100,1	0,6
43/1	non sens.	0	92,1	0,2
43/2	non sens.	90	3,4	0,6
43/3	non sens.	180	3,4	0,6
43/4	non sens.	270	92,5	0,2
45/1	non sens.	0	42,3	0,0
45/2	non sens.	90	0,0	0,0
45/3	non sens.	180	0,0	0,0
45/4	non sens.	270	42,5	0,0
44/1	non sens.	5	20,1	0,0
44/2	non sens.	95	0,0	0,0
44/3	non sens.	185	28,2	0,0
44/4	non sens.	275	48,5	0,0
71/1	non sens.	45	123,7	25,4
71/2	non sens.	135	223,5	72,2
71/3	non sens.	225	261,9	53,3
71/4	non sens.	315	161,9	6,3
72/1	sensibile	60	291,8	24,3
72/2	sensibile	150	292,3	24,3
72/3	sensibile	240	561,4	12,7
72/4	sensibile	330	561,6	12,8
75/1	non sens.	10	182,4	14,6
75/2	non sens.	100	141,7	14,7
75/3	non sens.	190	0,0	0,0
75/4	non sens.	280	41,3	0,0

Ricettore/ Finestra	Tipo	Direzione (gradi)	SF Astronomico (worst case, h)	Real case 2019 (h)
74/1	non sens.	45	188,0	15,4
74/2	non sens.	135	188,0	15,4
74/3	non sens.	225	52,7	0,0
74/4	non sens.	315	52,8	0,0
73/1	non sens.	70	313,8	10,2
73/2	non sens.	160	313,4	10,2
73/3	non sens.	250	471,6	24,9
73/4	non sens.	340	471,0	24,8

**Tabella 5** – Numero di ore di ombra intermittente



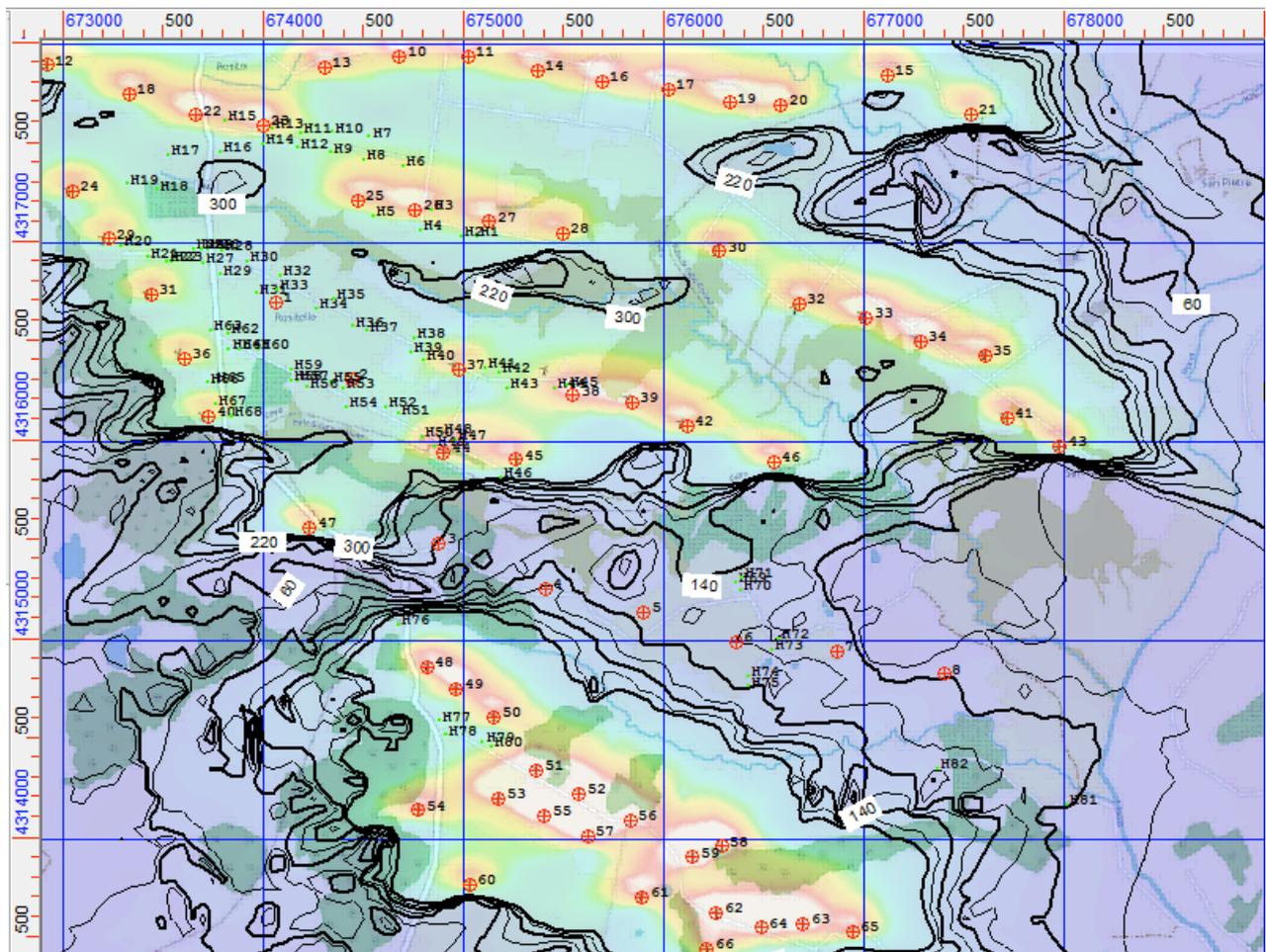
**Figura 4** Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori delle 8 nuove turbine previste dal progetto (impatto turbine progetto)

Per la maggior parte delle pareti considerate, il fenomeno di flickering è contenuto. Ciò deriva dal fatto che il fenomeno è maggiormente evidente nelle ore mattutine e serali della giornata, quando il sole è molto basso sull'orizzonte, e quindi le ombre si allungano, in particolare nella direzione verso nord-ovest al mattino (sole a sud-est) e nella direzione sud-est alla sera (sole a nord-ovest). Pertanto, le finestre delle abitazioni o masserie principalmente soggette ad effetto di presenza di ombra intermittente sono quelle più vicine all'impianto e localizzate su un allineamento ovest – est rispetto all'impianto stesso.

Da ultimo, il fenomeno di ombreggiamento intermittente è più frequente nelle prime ore del mattino, nei mesi estivi. Nell'appendice A vi è il diagramma del ricettore sensibile maggiormente impattato.

## 6.4. Impatti cumulati

La figura seguente rappresenta la mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering per l'area del progetto del parco eolico di "Fauci" per tutte le turbine presenti oltre alle turbine in progetto.



**Figura 5** Mappa delle ore annuali di occorrenza del fenomeno di shadow flickering - aerogeneratori e ricettori nel contesto degli impianti già in funzione (impatto cumulato)

## 6.5. Mitigazioni degli impatti

Nel valutare i risultati bisogna considerare che l'aerogeneratore è in rotazione per un tempo limitato e sostanzialmente solo se il vento supera le condizioni di cut-in. Inoltre, le condizioni di insolazione con luce diretta sono limitate anche esse ad una porzione del tempo totale. Considerando queste due situazioni congiuntamente si riduce fortemente il tempo in cui il disagio si manifesta. Se però si dovesse manifestare la necessità di ulteriori mitigazioni ci sarebbero altre diverse opzioni per la mitigazione:

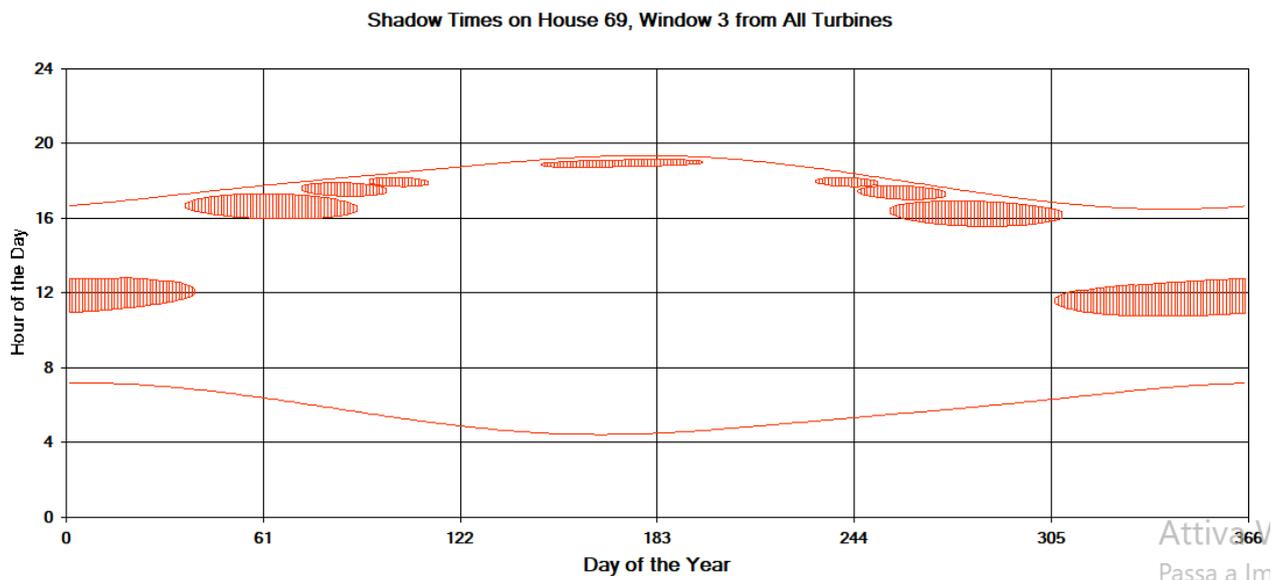
- Mascherare l'aerogeneratore che causa l'effetto attraverso l'inserimento di vegetazione. Al fine di ridurre l'effetto, la vegetazione dovrà essere installata relativamente vicino al ricettore, in modo tale di impedire la vista della turbina dalle finestre colpite;
- Spostare le turbine che causano l'ombreggiamento. Spesso, lo spostamento di una turbina per pochi metri riduce significativamente il fenomeno. Questa opzione può determinare una riduzione di energia prodotta dal parco eolico, o altri costi aggiuntivi (come la costruzione di vie di accesso o

cablaggio) rispetto ad un layout in cui l'effetto shadow-flickering non è stato tenuto in conto. Questa opzione non è praticabile dopo la costruzione del parco eolico;

- Fermare l'aerogeneratore nei periodi in cui è previsto che l'effetto possa accadere. Per ridurre ulteriormente il tempo per il quale le turbine si fermano, si può dotare l'aerogeneratore di un sensore di luce in modo a fermarlo solo quando c'è luce solare diretta. In questo modo, la perdita di produzione associata al controllo dell'effetto shadow-flickering può essere ridotta a livelli molto bassi. Questa opzione può essere implementata (se necessario) dopo la costruzione del parco eolico.

## 7. APPENDICE A – DIAGRAMMI RICETTORI / FINESTRE

Le immagini rappresentano i periodi dell'anno e le ore del giorno in cui geometricamente il sole potrebbe creare l'effetto sulla finestra della casa. Non vengono considerate in questa nè la probabilità di funzionamento della turbina, nè probabilità che vi sia luce diretta sufficiente a creare l'effetto.



**Figura 6** Mappa degli eventi presso il ricevitore maggiormente impattato.