

# Comune di : ACERENZA

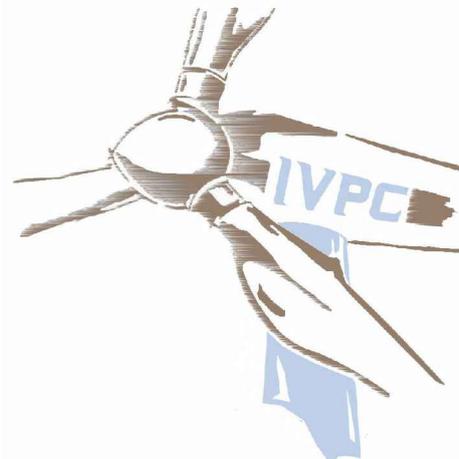
Provincia di : POTENZA  
Regione : BASILICATA



PROponente



IVPC Power 8 S.p.A.  
Società Unipersonale  
Sede legale : 80121 Napoli (NA) - Vico Santa Maria a Cappella Vecchia 11  
Sede Operativa : 83100 Avellino - Via Circumvallazione 108  
Indirizzo email [ivpcpower8@pec.ivpc.com](mailto:ivpcpower8@pec.ivpc.com)  
P.I. 02523350649  
Amministratore Unico : Avv. Oreste Vigorito  
Società del Gruppo IVPC



OPERA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE  
DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA DI POTENZA PARI A 36 MW  
PROGETTO DEFINITIVO

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

Relazione Specialistica  
Studio sugli effetti di shadow-flickering  
con allegati

DATA : OTTOBRE 2018

N°/CODICE ELABORATO :

**A.8**

SCALA :

Folder : Documentazione Generale (S.I.A.) - Elaborati di Progetto

Tipologia : R - D

Lingua : ITALIANO

ITECNICI

Ing. Alfonso Letizia



IVPC EOLICA S.r.l.  
Società Unipersonale  
Sede legale : 80121 Napoli (NA) -  
Vico Santa Maria a Cappella Vecchia 11  
Sede Operativa : 83100 Avellino -  
Via Circumvallazione 108  
GRUPPO IVPC



00	OTTOBRE 2018	Emissione per Progetto Definitivo - Richiesta V.I.A. e A.U.	xx	xx	IVPC Power 8
N° REVISIONE	DATA	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata.

## Indice

1	PREMESSA	3
2	CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING	4
3	CALCOLO DELLO SHASOW FLICKERING	5
3.1	Configurazione d'impianto	5
3.2	Individuazione dei recettori	6
3.3	Metodologia di calcolo	7
3.4	Risultati	8
4	CONCLUSIONI	12
5	ALLEGATI	12

## Informazioni documento

Categoria documento	Relazione Tecnica
Progetto	Centrale Eolica nel Comune di Acerenza (PZ)
Titolo documento	Studio sugli effetti di shadow-flickering
Cliente	IVPC Power8 SpA
Numero di pagine	12
Data Registrazione	24/10/2018

## 1 PREMESSA

La Società IVPC Power8 SpA intende realizzare un Parco Eolico nel Comune di Acerenza (PZ). L'iniziativa da realizzarsi è costituita da diciotto aerogeneratori del tipo Vestas V120-2.0MW, con altezza mozzo a 92 metri e diametro rotore di 120 m.

La presente analisi ha lo scopo di valutare in maniera tecnica l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra derivante dai dieci aerogeneratori previsti per l'installazione sull'area di progetto.

## 2 CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta. Il cosiddetto fenomeno del "flickering" indica l'effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente. Tale variazione alternata di intensità luminosa, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

Studi condotti sui possibili effetti dello shadow flickering sulla salute umana raccomandano, al fine di ridurre al minimo i fastidi, una velocità di flickering non superiore a 3 tagli al secondo<sup>1</sup>. Poiché si tratta di aerogeneratori tripala, tale frequenza si traduce in una velocità massima di rotazione del rotore di 60 rpm (rotazioni per minuto).

La turbina Vestas V120-2.0MW prevista per l'installazione ha una velocità di rotazione massima di 14,9 rpm che corrisponde ad una velocità massima di flickering di 0,75 tagli al secondo, nettamente inferiore alla frequenza massima raccomandata. Tuttavia una progettazione attenta è fondamentale per evitare questo spiacevole fenomeno e in relazione a ciò, si fa presente che già in fase di scelta delle aree sulle quali ubicare l'impianto si è cercato di allontanarsi il più possibile dall'area urbana e dalle masserie adibite ad abitazione.

---

<sup>1</sup> G. Harding et al.: "Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them", 4 aprile 2008

### 3 CALCOLO DELLO SHASOW FLICKERING

#### 3.1 Configurazione d'impianto

Il progetto prevede l'installazione di 18 aerogeneratori Vestas V120-2.0MW. La disposizione prevista per le turbine è riportata nella tabella sottostante.

Turbina	Comune	UTM – WGS84		Altitudine [m]
		Long. E [m]	Lat. N [m]	
Acr 01	Acerenza (PZ)	577968	4520828	516
Acr 02	Acerenza (PZ)	578350	4520594	532
Acr 03	Acerenza (PZ)	579478	4520662	490
Acr 04	Acerenza (PZ)	580320	4520578	489
Acr 05	Acerenza (PZ)	581191	4520535	440
Acr 06	Acerenza (PZ)	579358	4521385	460
Acr 07	Acerenza (PZ)	579729	4521662	450
Acr 08	Acerenza (PZ)	582590	4519302	410
Acr 09	Acerenza (PZ)	584230	4517985	405
Acr 10	Acerenza (PZ)	584604	4517805	395
Acr 11	Acerenza (PZ)	580348	4521662	415
Acr 12	Acerenza (PZ)	578591	4521551	477
Acr 13	Acerenza (PZ)	581554	4520262	408
Acr 14	Acerenza (PZ)	581897	4520103	379
Acr 15	Acerenza (PZ)	582132	4519590	378
Acr 16	Acerenza (PZ)	583460	4519087	347
Acr 17	Acerenza (PZ)	584938	4517641	370
Acr 18	Acerenza (PZ)	586111	4517208	315

Tab. 3.1 Coordinate geografiche puntuali turbine d'impianto

Di seguito è riportata una scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina Vestas V120-2.0MW

Potenza nominale	2,0 MW
n° pale	3
Diametro rotore	120 m
Area spazzata	11 310 m <sup>2</sup>
Altezza mozzo rotore	92,0 m
Tipologia torre	tubolare
Velocità di rotazione del rotore	14,9 rpm
Velocità vento di avvio	3,0 m/s
Velocità vento nominale	10,0 m/s
Velocità vento di stacco	20,0 m/s

Tab. 3.2 Estratto delle specifiche tecniche della turbina Vestas V120-2.0MW

### 3.2 Individuazione dei recettori

Ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni dall'impianto eolico in progetto sono stati individuati i recettori presenti nei pressi degli aerogeneratori.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate che si trovano sul prolungamento della direttrice sole-turbina, per questo motivo, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza 1 metro e larghezza 1 metro posizionate ad altezza dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici.

Di seguito sono riportati i riferimenti geografici dei recettori individuati e l'orientamento delle finestre ipotizzate.

Recettore	Comune	Destinazione d'uso	UTM – WGS84		Numero finestre e orientamento
			Long. E [m]	Lat. N [m]	
R1	Acerenza (PZ)	Abitazione	579546	4522050	4 (8°, 98°, 188°, 278°)
R2	Forerenza (PZ)	Abitazione	576607	4521127	4 (11°, 101°, 191°, 281°)
R3	Forerenza (PZ)	Abitazione	576560	4521112	4 (11°, 101°, 191°, 281°)
R4	Acerenza (PZ)	Abitazione	578869	4520642	4 (52°, 142°, 232°, 322°)
R5	Acerenza (PZ)	Abitazione	579901	4520464	4 (57°, 147°, 237°, 327°)
R6	Acerenza (PZ)	Abitazione	579605	4520209	4 (40°, 130°, 220°, 310°)
R7	Acerenza (PZ)	Abitazione	580373	4519935	4 (5°, 95°, 185°, 275°)
R8	Acerenza (PZ)	Abitazione	580971	4519952	4 (60°, 150°, 240°, 330°)
R9	Acerenza (PZ)	Abitazione	581468	4519726	4 (27°, 117°, 207°, 297°)
R10	Acerenza (PZ)	Abitazione	581719	4519206	4 (26°, 116°, 206°, 296°)
R11	Acerenza (PZ)	Abitazione	581734	4519183	4 (26°, 116°, 206°, 296°)
R12	Acerenza (PZ)	Abitazione	581697	4519156	4 (26°, 116°, 206°, 296°)
R13	Acerenza (PZ)	Abitazione	581730	4519131	4 (26°, 116°, 206°, 296°)
R14	Acerenza (PZ)	Abitazione	581818	4519233	4 (5°, 95°, 185°, 275°)
R15	Acerenza (PZ)	Abitazione	582968	4518967	4 (75°, 165°, 255°, 345°)
R16	Acerenza (PZ)	Abitazione	582777	4518815	4 (4°, 94°, 184°, 274°)
R17	Acerenza (PZ)	Abitazione	583356	4517312	4 (4°, 94°, 184°, 274°)
R18	Acerenza (PZ)	Abitazione	583347	4517214	4 (44°, 134°, 224°, 314°)
R19	Acerenza (PZ)	Abitazione	583350	4517196	4 (44°, 134°, 224°, 314°)
R20	Acerenza (PZ)	Abitazione	583791	4516884	4 (1°, 91°, 181°, 271°)
R21	Acerenza (PZ)	Abitazione	585391	4516842	4 (10°, 100°, 190°, 280°)
R22	Acerenza (PZ)	Abitazione	585754	4517621	4 (40°, 130°, 220°, 310°)
R23	Acerenza (PZ)	Abitazione	585358	4517818	4 (40°, 130°, 220°, 310°)
R24	Acerenza (PZ)	Abitazione	579372	4519672	4 (26°, 116°, 206°, 296°)
R25	Acerenza (PZ)	Abitazione	578993	4519616	4 (6°, 96°, 186°, 276°)
R26	Acerenza (PZ)	Abitazione	578979	4519580	4 (34°, 124°, 214°, 304°)
R27	Acerenza (PZ)	Abitazione	577762	4519804	4 (55°, 145°, 235°, 325°)

Tab. 3.3 Coordinate geografiche puntuali recettori

### 3.3 Metodologia di calcolo

La valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio del software WindFarm 4.2.5.3 della ReSoft Ltd, software di simulazione specifico per la progettazione di impianti eolici.

Il software utilizza una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "recettori sensibili" (abitazioni e relative finestre);
- la latitudine e longitudine dell'area interessata.

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi attraverso le finestre.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate geografiche baricentriche (UTM-WGS84): 575375E, 4524375N
- coordinate geografiche delle turbine considerate (vedi tabella 3.1)
- coordinate geografiche delle turbine considerate e disposizione delle finestre (vedi tabella 3.3)
- estensione area simulata: 37 km x 41 km (1513 km<sup>2</sup>)
- risoluzione di calcolo: 50 m
- raggio d'influenza massimo: 2 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore;
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m
- parametri turbina:
  - diametro rotore: 120 m
  - altezza torre: 92 m
  - larghezza media della pala: 3 m

Il calcolo viene effettuato dal software nella condizione più sfavorevole possibile (*caso peggiore*), in quanto si considera che:

- il sole splende per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- gli aerogeneratori sono sempre operativi;
- non sono presenti alberi o altri ostacoli che, intercettando l'ombra degli aerogeneratori, riducano o annullino il fastidio del flickering.

Ciò considerato si evince che i risultati ai quali si perverrà sono estremamente cautelativi, trattandosi di una stima puramente teorica. Allo scopo di pervenire a valori più realistici, prossimi al caso reale, si può tener conto dell'eliofania locale e delle ore stimate di funzionamento dell'impianto eolico nell'arco dell'anno.

Il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno, per l'area in esame è di circa 2315 h/anno<sup>2</sup>; che corrispondono a circa il 51% del tempo in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (circa 4518 h/anno).

Il valore delle ore di funzionamento dell'impianto è stato stimato a partire dai dati di vento registrati dalla stazione anemometrica Fz14, installata nell'area di progetto<sup>3</sup>. Dall'analisi dei dati si è stimato che l'impianto eolico sarà in funzione per circa il 71% del tempo nell'arco dell'anno.

### 3.4 Risultati

La tabella 3.4 riassume i risultati dell'analisi eseguito secondo la metodologia di calcolo descritta nel paragrafo precedente.

Recettore	Caso peggiore		Caso reale [ore/anno]
	Giorni l'anno	ore l'anno	
R1	91	50,2	20,2
R2	0	0	0,0
R3	0	0	0,0
R4	102	113,1	45,6
R5	169	216,7	87,3
R6	98	41,8	16,8
R7	43	14,4	5,8
R8	161	63,5	25,6
R9	85	42,4	17,1
R10	66	26,3	10,6
R11	71	28,7	11,6
R12	70	27,8	11,2
R13	80	32,1	12,9
R14	68	31,4	12,7
R15	189	113,8	45,9
R16	119	60,1	24,2
R17	105	33,2	13,4
R18	82	24,5	9,9
R19	76	21	8,5
R20	0	0	0,0
R21	46	19,2	7,7
R22	139	81	32,6
R23	214	129,7	52,3
R24	0	0	0,0
R25	0	0	0,0
R26	0	0	0,0

<sup>2</sup> Valori ricavati dalla stazione anemometrica cod. 207 installata a Genzano di Lucania (PZ) di proprietà della Rete Agrometeorologica Nazionale (RAN).

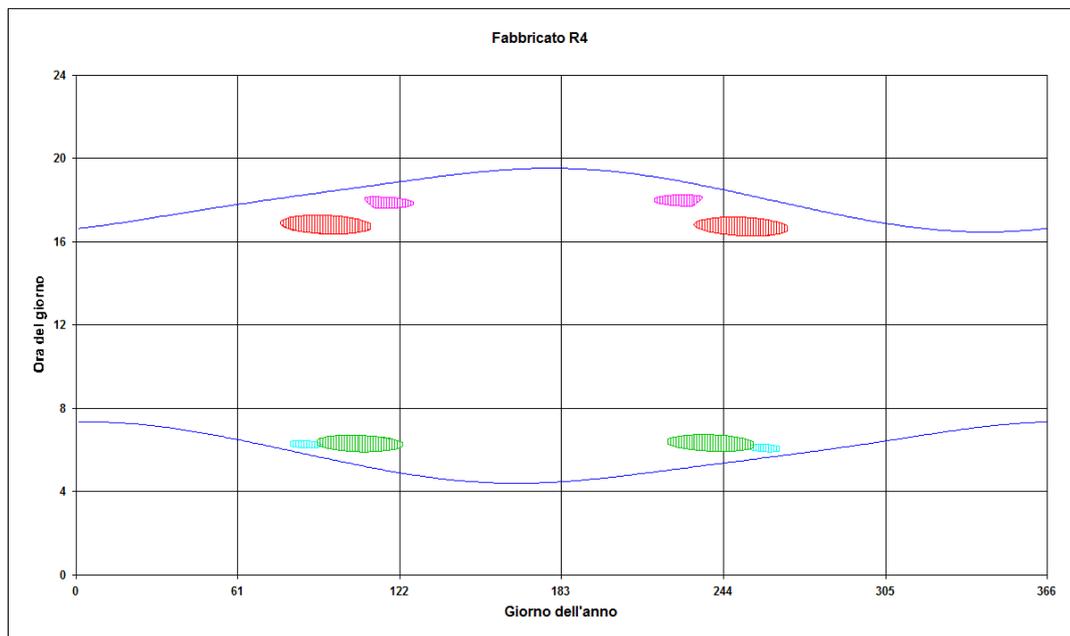
<sup>3</sup> Per informazioni dettagliate sulla stazione anemometrica Fz14 vedi la Tavola A.5 "Studio anemologico"

R27 | 0 | 0 | 0,0

**Tab. 3.4** Risultati del calcolo

In particolare in tabella 3.4 vengono riportati il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore reale atteso di ore l'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (caso reale). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania locale e delle ore di funzionamento dell'impianto, è comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra.

Dalla tabella 3.4 si evince che presso 20 fabbricati adibiti ad abitazione potrebbe verificarsi l'effetto di shadow flickering, tuttavia tale effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso reale, a poche ore l'anno. Per i fabbricati evidenziati, presso i quali l'effetto di shadow flickering potrebbe essere superiore a 40 ore l'anno, è stato elaborato un calendario dell'ombra che riporta in maniera grafica i periodi dell'anno in cui è possibile il verificarsi il fenomeno (condizioni del *caso peggiore*). Le curve di colore blu indicano l'ora dell'alba e del tramonto e le macchie colorate indicano il periodo in cui è possibile che il verificarsi del fenomeno. Sull'asse delle ordinate sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ascisse l'ora del giorno (ora solare).



**Fig. 3.1** Calendario dell'ombra nelle condizioni del caso peggiore

Dalla lettura del calendario in figura 3.1, si legge facilmente che, presso il fabbricato R4, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa delle turbine:

- Acr 03 dal 31 marzo al 2 maggio e dal 10 agosto al 11 settembre tra le 6:45 e le 7:45 (macchia verde);
- Acr 04 dal 21 marzo al 2 aprile e dal 10 settembre al 21 settembre tra le 7:00 e le 7:25 (macchia azzurra);

- Acr 01 dal 18 aprile al 6 maggio e dal 5 al 23 agosto tra le 18:35 e le 19:15 (macchia magenta);
- Acr 02 dal 17 marzo al 20 aprile e dal 20 agosto al 24 settembre tra le 17:20 e le 18:15 (macchia rossa).

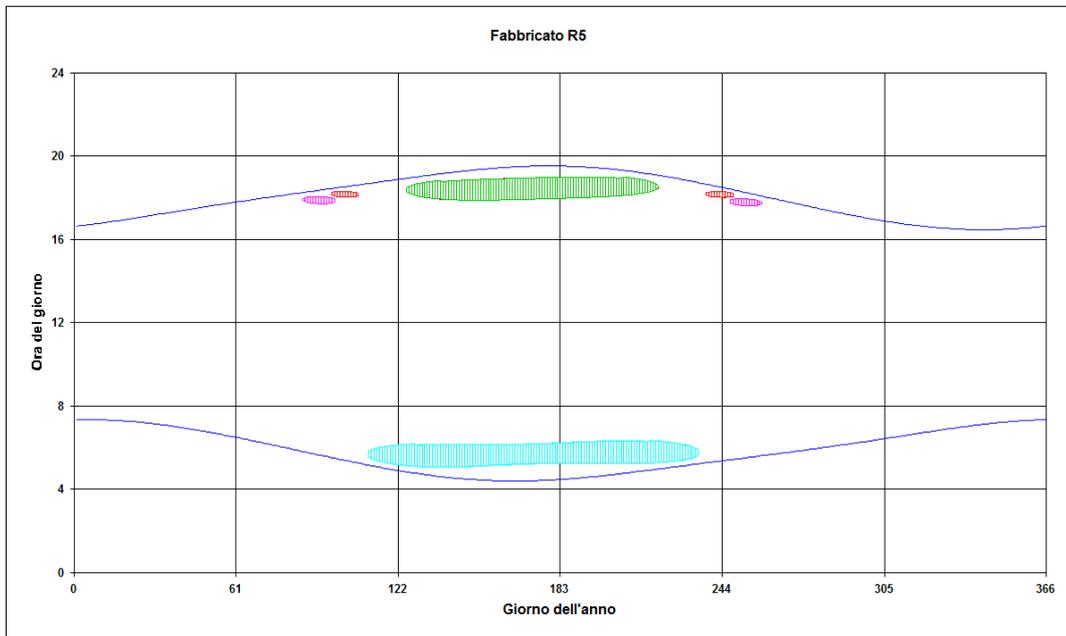


Fig. 3.2 Calendario dell'ombra nelle condizioni del caso peggiore

Dal calendario in figura 3.2 si evince, presso il fabbricato R5, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa delle turbine:

- Acr 04 dal 20 aprile al 22 agosto tra le 6.05 e le 7:20 (macchia azzurra);
- Acr 01 dal 6 al 16 aprile e dal 25 agosto al 4 settembre tra le 19:00 e le 19:15 (macchia rossa);
- Acr 02 dal 26 marzo al 7 aprile e dal 3 al 15 settembre tra le 18:40 e le 19:00 (macchia magenta);
- Acr 03 dal 4 maggio al 7 agosto tra le 18:55 e le 20:00 (macchia verde).

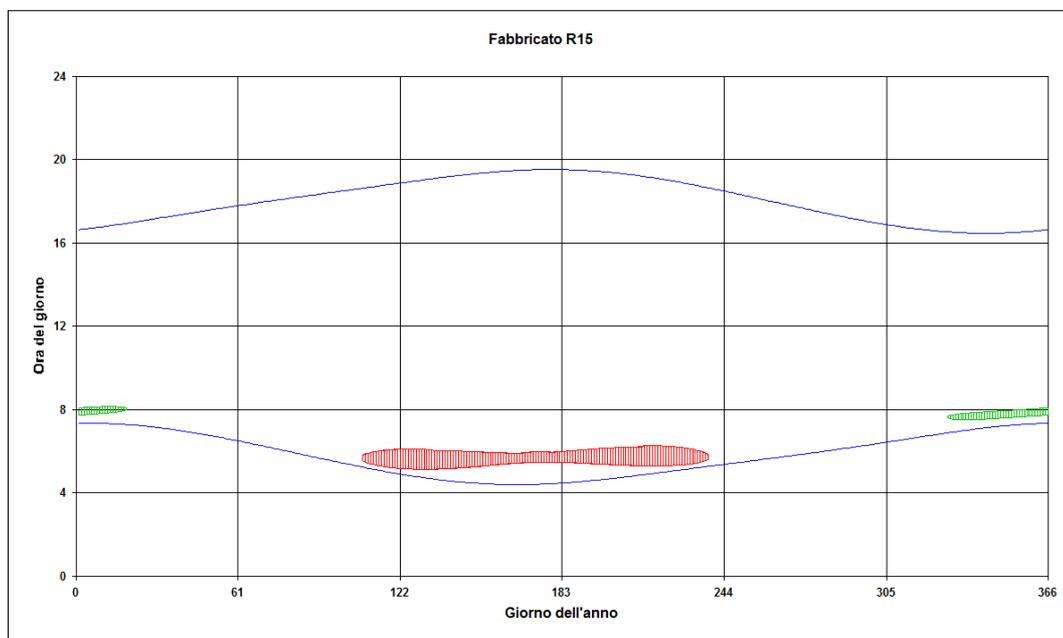


Fig. 3.3 Calendario dell'ombra nelle condizioni del caso peggiore

Dalla lettura del calendario in figura 2.2, si nota che, presso il fabbricato R15, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa delle turbine

- Acr 09 dal 23 novembre al 19 gennaio tra le 7:30 e le 8:10 (macchia verde);
- Acr 16 dal 17 aprile al 25 agosto tra le 6:10 e le 7:15 (macchia rossa).

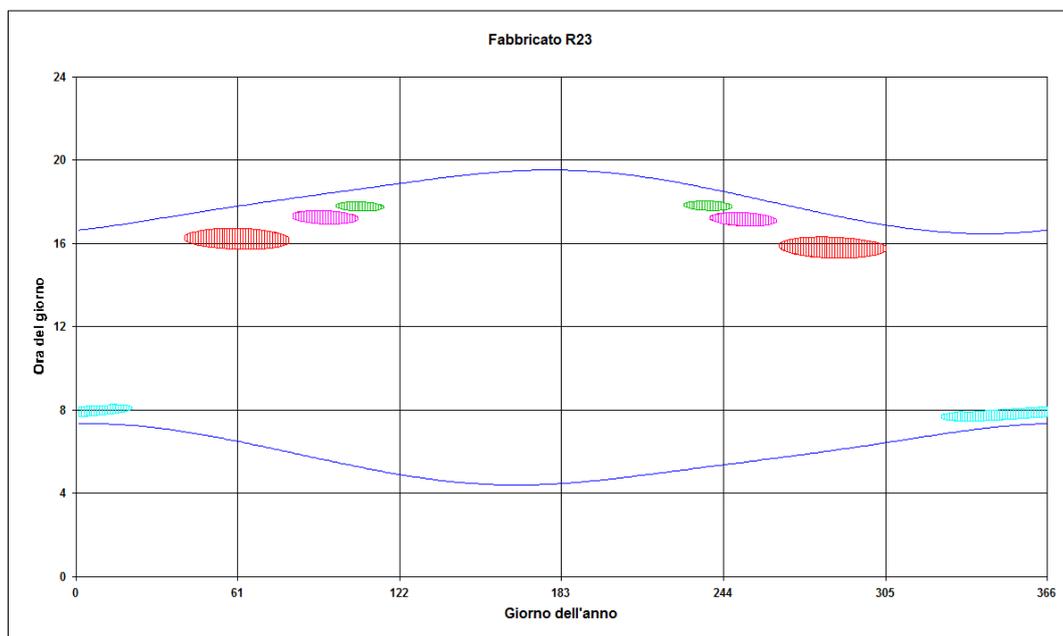


Fig. 3.4 Calendario dell'ombra nelle condizioni del caso peggiore

Dalla lettura del calendario in figura 3.4 si legge che, presso il fabbricato R23, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa delle turbine:

- Acr 18 dal 21 novembre al 21 gennaio tra le 7:30 e le 8:15 (macchia azzurra);

- Acr 09 dal 7 al 25 aprile e dal 16 agosto al 3 settembre tra le 18:35 e le 19:00 (macchie magenta);
- Acr 10 dal 22 marzo al 15 aprile e dal 26 agosto al 10 settembre tra le 17:50 e le 18:30 (macchie verdi);
- Acr 17 dal 10 febbraio al 20 marzo tra le 15:45 e le 16:45 e dal 21 settembre al 31 ottobre tra le 15:15 e le 17:15 (macchie rosse).

#### 4 CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando una stima cautelativa in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra, il fenomeno dello shadow flickering si verifica esclusivamente su venti abitazioni (vedi tabella 3.4), incidendo in maniera molto limitata, in quanto il valore atteso è per tutti i recettori inferiore a 88 ore l'anno, e per la maggior parte di essi inferiore a 30 ore l'anno.

Va altresì sottolineato che:

- la velocità di rotazione della turbina Vestas V120-2.0MW è 14,9 rotazioni al minuto, quindi nettamente inferiore a 60 rpm, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- le turbine in progetto che causano il fenomeno dell'ombreggiamento sono molto distanti dai recettori (le distanze sono comprese tra 430 m e 2 km). In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal recettore è molto ridotto.

Al fine di ridurre e/o eliminare gli effetti di shadow flickering sulle abitazioni interessate sono possibili due soluzioni:

- completamento della piantumazione già presente e non considerata nella fase di studio o, in alternativa,
- l'installazione sugli aerogeneratori che causano il fenomeno dell'ombreggiamento, dello *Shadow Detection System*, una innovativa tecnologia sviluppata da Vestas che, attraverso l'analisi della posizione del sole, del rotore della turbina e delle abitazioni circostanti, blocca la turbina nei periodi in cui si creano le condizioni favorevoli per il verificarsi dello shadow flickering, annullando così il fenomeno.

#### 5 ALLEGATI

- Tavola A.8.I *Mappa delle ore di ombreggiamento*

