



Wind Farm "CIAVATTA"

Relazione sull'evoluzione dell'ombra

Serracapriola (Regione Puglia)

22/02/2021

REF.: OW32019040070DW

Version: A



EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

Via Lepetit 8/10

20124 - Milano



via Marco Partipilo n.48 -
70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729

| | | |
|--|--|----------------------|
|  | <p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete</p> <p>Wind Farm "CIAVATTA"</p> | <p>Febbraio 2021</p> |
|--|--|----------------------|

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 3 |
| 2. CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI..... | 4 |
| 3. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI ED IPOTESI DI CALCOLO | 5 |
| 4. ANALISI DEI RISULTATI..... | 8 |
| 5. CONCLUSIONI | 10 |

| | | |
|--|---|---------------|
|  edp renewables | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete Wind Farm "CIAVATTA" | Febbraio 2021 |
|--|---|---------------|

1. PREMESSA

Il presente elaborato ha lo scopo di valutare in maniera tecnica l'eventuale impatto generato dall'evoluzione dell'ombra derivante dalla futura installazione di un di un parco eolico, costituito da 13 aerogeneratori, del tipo SG 6.0 - 170 di potenza 6.0 MW, per una potenza totale di 78 MW.

Il progetto nel suo complesso riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da 13 aerogeneratori da installare nel comune di Serracapriola (FG) in località "Ciavatta" e con opere di connessione sino alla Sottostazione elettrica Terna già esistente, ubicata nel comune di Rotello (CB). Proponente dell'iniziativa è la società EDP Renewables Italia Holding Srl (EDPR).

La valutazione tecnica è eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering. A seguire si riportano la tabella di riepilogo delle principali caratteristiche della turbina considerata nel layout di progetto ed inserita nel modello di simulazione per la valutazione del potenziale effetto di Shadow/Flickering cui i recettori potrebbero essere soggetti.

L'aerogeneratore preso come modello per lo studio è del tipo SG6.0-170, con altezza mozzo fino a 115 m.

Nella tabella seguente si riportano le coordinate degli aerogeneratori di progetto nel sistema di riferimento delle coordinate UTM WGS84 – 33N.

| Aerogeneratore | Coordinate (UTM WGS84 – 33N) | |
|----------------|------------------------------|---------|
| | Est | Nord |
| WTG 01 | 513879 | 4625753 |
| WTG 02 | 514387 | 4625838 |
| WTG 03 | 515349 | 4625806 |
| WTG 04 | 515888 | 4625497 |
| WTG 05 | 516805 | 4625631 |
| WTG 06 | 517442 | 4625785 |
| WTG 07 | 516741 | 4624985 |
| WTG 08 | 515183 | 4624804 |
| WTG 09 | 514525 | 4624417 |
| WTG 10 | 514005 | 4624554 |
| WTG 11 | 513316 | 4624680 |
| WTG 12 | 512440 | 4624835 |
| WTG 13 | 511842 | 4624970 |

| | | |
|--|--|----------------------|
|  | <p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete</p> <p>Wind Farm “CIAVATTA”</p> | <p>Febbraio 2021</p> |
|--|--|----------------------|

2. CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI

Le turbine eoliche, come altre strutture fortemente sviluppate in altezza, proiettano un'ombra sulle aree adiacenti in presenza della luce solare diretta (figura 1).

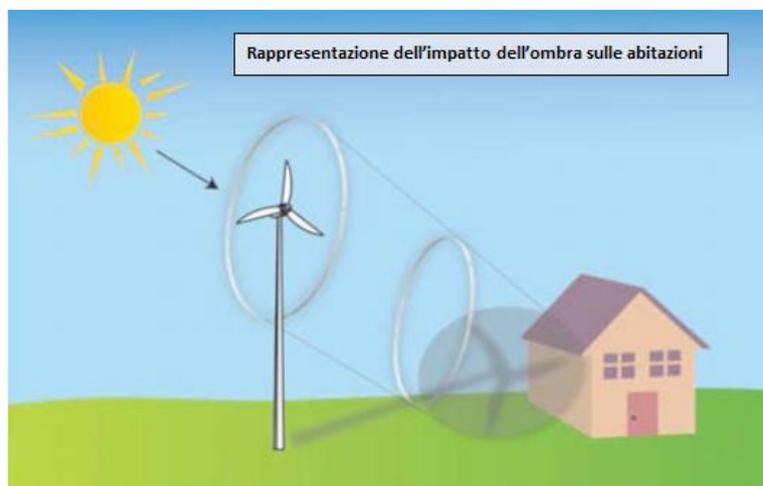


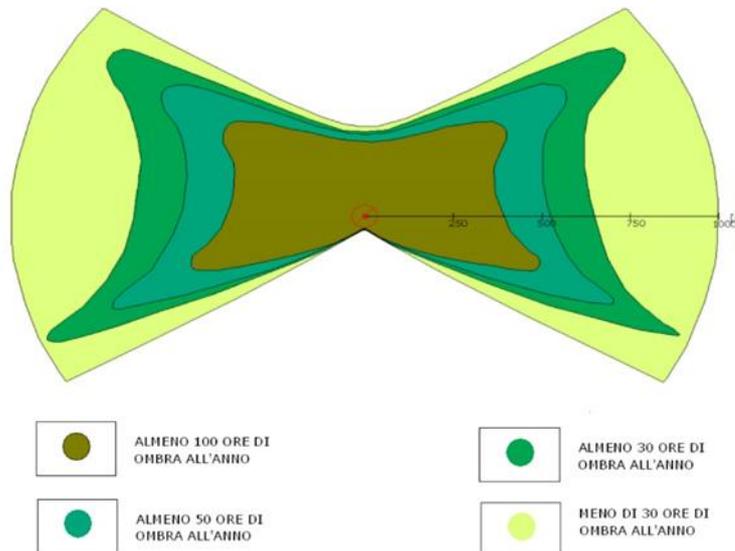
Figura 1 - Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da una turbina eolica

Il cosiddetto fenomeno del “flickering”, che consiste in un effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento “tagliano” la luce solare in maniera intermittente, può provocare fastidio agli abitanti dei fabbricati situati nei pressi della turbina. Alcune linee guida di paesi esteri, raccomandano una velocità di flicker non superiore a 3 “tagli” al secondo. Per la classica turbina eolica provvista di tre pale, questo effetto corrisponde quindi ad una completa rotazione del rotore in un secondo, equivalente a 60 giri al minuto (60 rpm). Le attuali turbine in commercio hanno una velocità di rotazione ben inferiore a tali valori, di solito intorno ai 20-25 rpm a pieno regime.

Una progettazione attenta è comunque fondamentale per evitare questo spiacevole fenomeno semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

Il grafico in figura 2 riporta l'evoluzione annuale dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore di pale sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera.

Come è evidente dal grafico e dalla legenda, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dal pilone secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1 km, anche se solo per pochi minuti all'anno.


Figura 2 – Evoluzione annuale dell'ombra

Considerati i pochi precedenti esistenti (Germania) e le ipotesi così penalizzanti con cui è stata calcolato tale grafico, è ragionevole assumere la parte più interna del grafico come limite da non superarsi, ovvero l'area che supera le 100 ore all'anno di ombra dei punti di installazione. La fase di progettazione del layout d'impianto ha seguito tali principi.

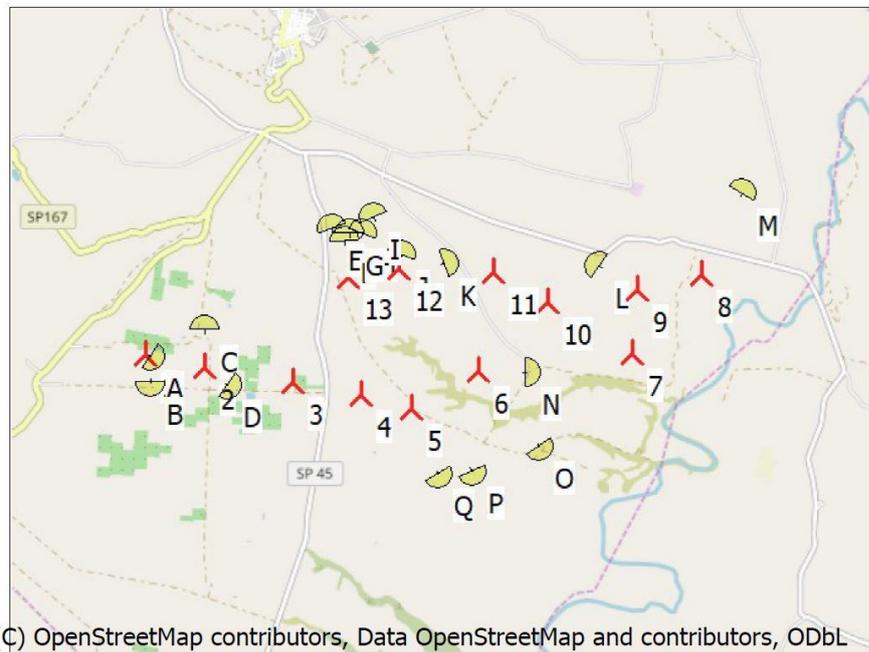
3. INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI ED IPOTESI DI CALCOLO

Ai fini della previsione degli impatti indotti dal parco eolico di progetto sono stati individuati i "recettori sensibili".

Nelle tabelle a seguire sono riportati i riferimenti geografici (coordinate) di tutti i recettori in oggetto e della turbina.

Shadow receptor-Input

| No. | Name | Easting | Northing | Z | Width | Height | Elevation a.g.l. | Degrees from south cw | Slope of window | Direction mode | Eye height (ZVI) a.g.l. |
|-----|------|---------|-----------|-------|-------|--------|------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|
| | | | | [m] | [m] | [m] | [m] | [°] | [°] | | [m] |
| A | A | 511.884 | 4.624.943 | 162,6 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -234,2 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| B | B | 511.883 | 4.624.677 | 168,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -181,4 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| C | C | 512.432 | 4.625.216 | 133,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| D | D | 512.669 | 4.624.646 | 131,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -236,0 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| E | E | 513.722 | 4.626.243 | 130,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -17,6 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| F | F | 513.852 | 4.626.117 | 128,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -4,4 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| G | G | 513.886 | 4.626.188 | 129,8 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| H | H | 514.019 | 4.626.189 | 122,6 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 18,1 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| I | I | 514.129 | 4.626.364 | 120,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -22,3 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| J | J | 514.420 | 4.625.974 | 110,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 17,3 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| K | K | 514.840 | 4.625.890 | 100,9 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 68,1 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| L | L | 516.418 | 4.625.874 | 70,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -54,8 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| M | M | 517.850 | 4.626.606 | 28,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 29,7 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| N | N | 515.679 | 4.624.790 | 74,4 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -269,7 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| O | O | 515.798 | 4.624.054 | 76,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -216,0 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| P | P | 515.130 | 4.623.785 | 84,2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -203,2 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |
| Q | Q | 514.790 | 4.623.761 | 90,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | -211,8 | 90,0 | Fixed direction | 2,0 |



Scale 1:100.000

New WTG

Shadow receptor

La valutazione tecnica è stata eseguita con l'ausilio di un software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®, costituito da un insieme di moduli di elaborazione orientati alla simulazione di una moltitudine di aspetti che caratterizzano le diverse fasi progettuali. Il modulo SHADOW è quello specifico per la valutazione dell'evoluzione dell'ombra e del flickering.

I dati di input sono:

- ✓ Modello DTM del terreno;
- ✓ Modello delle turbine e loro caratteristiche dimensionali;
- ✓ Definizione di aree sensibili o recettori;
- ✓ Definizione di dati meteorologici storici di una stazione di riferimento per il calcolo probabilistico delle ore di soleggiamento.

La presente relazione è stata redatta allo scopo di analizzare l'effetto "flickering" indotto dagli aerogeneratori (di progetto ed esistenti) sui recettori, rappresentati dai nuclei abitativi presenti in un intorno di 1000 metri dalle turbine. 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.

Nello studio viene comunque calcolato un "worst case" ovvero la condizione più sfavorevole possibile, 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);

| | | |
|--|--|----------------------|
|  | <p>Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete</p> <p>Wind Farm "CIAVATTA"</p> | <p>Febbraio 2021</p> |
|--|--|----------------------|

- ✓ Il piano di rotazione delle pale è sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- ✓ Gli aerogeneratori sono sempre operativi.

Inoltre, per le simulazioni, si è trascurata la presenza degli alberi e di altri ostacoli che bordano le strade "intercettando" l'ombra degli aerogeneratori riducendo quindi il fastidio del flickering.

Lo studio, inoltre, è stato effettuato senza tenere conto di dati statistici delle stazioni anemometriche nelle vicinanze del parco di progetto. In tal modo, il numero di ore di ombreggiamento ricavato non è realistico, poiché si tiene conto delle ore stimate di funzionamento della turbina nell'arco di un anno, senza considerare la direzione del vento che influisce sull'orientamento delle pale rispetto al sole e dunque sull'ombra proiettate sui ricettori (worst case).

Pertanto i risultati ai quali si perverrà fanno riferimento al peggior caso possibile ("worst case") che gli stessi sono sono ampiamente cautelativi.

Pertanto si tenga conto che i risultati ai quali si perverrà sono ampiamente cautelativi.

| | | |
|--|---|---------------|
|  edp renewables | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete Wind Farm "CIAVATTA" | Febbraio 2021 |
|--|---|---------------|

4. ANALISI DEI RISULTATI

Di seguito, si riportano, in forma tabellare, i risultati della simulazione per i recettori analizzati:

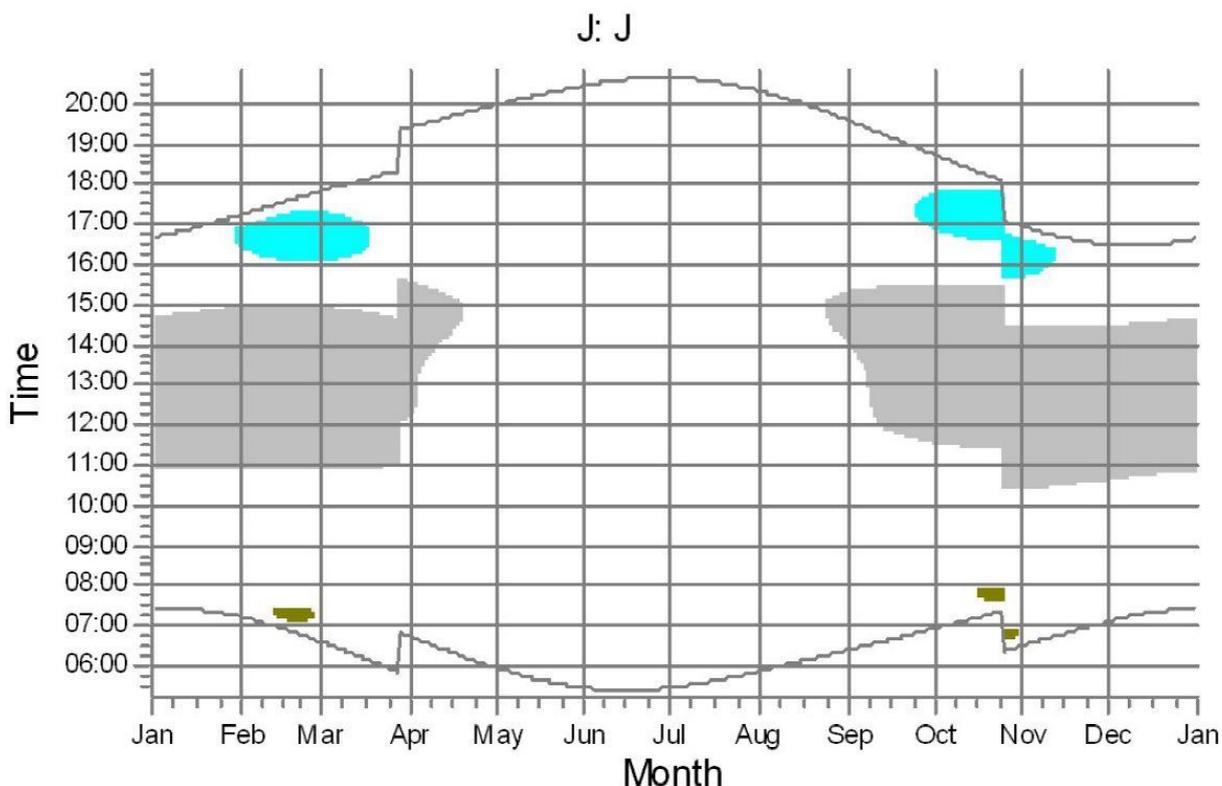
Calculation Results

Shadow receptor

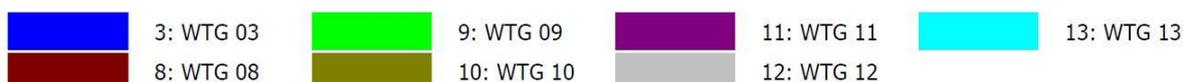
| No. | Name | Shadow, worst case | | Max shadow hours per day [h/day] | Shadow, expected values |
|-----|------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | | Shadow hours per year [h/year] | Shadow days per year [days/year] | | Shadow hours per year [h/year] |
| A | A | 185:03 | 78 | 3:01 | 101:38 |
| B | B | 112:40 | 152 | 1:06 | 62:28 |
| C | C | 140:15 | 175 | 1:10 | 59:15 |
| D | D | 64:39 | 93 | 0:47 | 35:28 |
| E | E | 61:38 | 137 | 0:51 | 25:59 |
| F | F | 90:22 | 146 | 1:05 | 38:45 |
| G | G | 104:59 | 146 | 1:07 | 43:40 |
| H | H | 126:24 | 128 | 1:23 | 51:28 |
| I | I | 9:39 | 42 | 0:22 | 4:12 |
| J | J | 885:34 | 237 | 5:14 | 393:21 |
| K | K | 130:12 | 150 | 1:23 | 67:03 |
| L | L | 179:59 | 195 | 1:27 | 77:33 |
| M | M | 5:56 | 26 | 0:18 | 2:11 |
| N | N | 136:10 | 184 | 1:18 | 72:43 |
| O | O | 17:31 | 52 | 0:30 | 9:53 |
| P | P | 15:29 | 65 | 0:19 | 8:32 |
| Q | Q | 0:00 | 0 | 0:00 | 0:00 |

Dalle simulazioni effettuate, si evince che gli aerogeneratori di progetto generano fenomeno di shadow/flickering maggiore sul recettore J che, nell'ipotesi peggiore ("worst case"), subisce il fenomeno per 237 ore l'anno, maggiormente nei mesi di Febbraio, Ottobre e Novembre;

Nella figura riportata di seguito è indicato il grafico, dove le macchie individuano i momenti di shadow, la posizione nel grafico individua tempo e durata del fenomeno, il colore della macchia individua la turbina che causa il fenomeno.



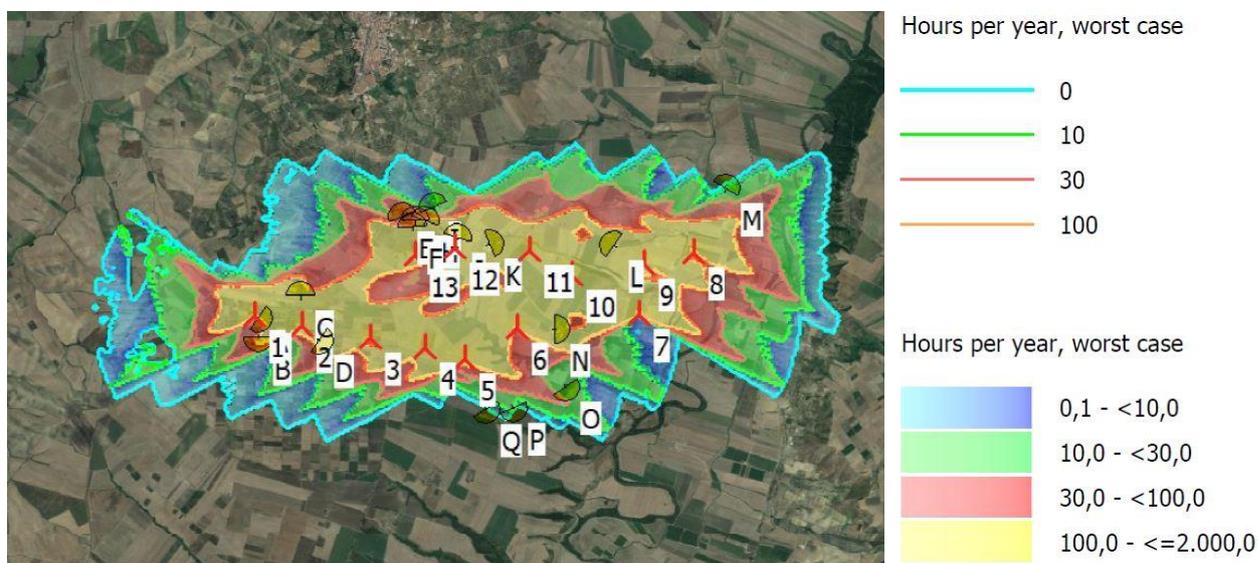
WTGs



Tale studio è stato fatto nel peggiore caso possibile, pertanto è assolutamente cautelativo poiché non tiene conto della presenza di nubi e di vegetazione ad alto fusto, e soprattutto della direzione prevalente del vento.

In allegato si riporta il dettaglio analitico di quanto espresso dal grafico precedente con gli specifici orari di inizio e di fine del fenomeno. A seguire è altresì riportata la sintesi grafica annuale (come mostra l'immagine precedente) dell'apporto di ombreggiamento a carico di ogni recettore e gli aerogeneratori responsabili del fenomeno.

È stata inoltre elaborata una mappa (report Map) in cui vengono riportate, con diverse gradazioni di colore, le zone soggette ad una determinata durata del fenomeno dell'ombreggiamento oltre all'estensione areale nella quale il fenomeno risulta significativo.



Per quanto riguarda le strade interessate dal fenomeno si evidenzia che la percezione dell'impianto dalla strada risulterebbe essere "in movimento" e quindi legata alla breve permanenza delle automobili in transito, per cui il fastidio indotto sarebbe temporalmente limitato. A questo si aggiunge che le simulazioni sono state effettuate assumendo le "condizioni peggiori", sovrastimando pertanto l'effetto di flickering.

5. CONCLUSIONI

In conclusione, si può asseverare che i risultati ottenuti dell'elaborazione evidenziano, pur considerando le condizioni più sfavorevoli, che le turbine del parco eolico di progetto non generano un impatto di tipo ostativo per il fenomeno di shadow/flickering sui recettori oggetto dell'analisi.

In via generale, va comunque sottolineato che, anche laddove via siano le condizioni più sfavorevoli di esposizione, come nel caso del recettore individuato come J, il fenomeno di ombreggiamento si manifesterebbe per un periodo massimo di circa 237 ore all'anno, per l'elaborazione effettuata nelle condizioni peggiori possibili ("Worst Case"), che ipotizza una struttura sempre esposta perpendicolarmente alla sorgente e che il vento non abbia una direzione prevalente.

In ogni caso, è comunque da rimarcare il grado di cautela utilizzato per la simulazione che non tiene conto di tutte le possibili fonti di attenuazione dell'effetto cui ogni recettore è (o può essere) soggetto, quali presenza di alberi, ostacoli, siepi e quant'altro possa attenuare il fenomeno dell'evoluzione giornaliera dell'ombra.

Qualora l'impianto autorizzato fosse l'attuale, la Società ha già in passato utilizzato, fermo restando la disponibilità della proprietà, sistemi efficienti di schermatura costituiti da filari di alberi a piantare, oppure idonee pergole o pensiline, che costituiscono, inoltre, un sistema efficace di efficientamento energetico degli immobili coinvolti.

Si allega lo studio effettuato con l'ausilio del software di simulazione specifico per la progettazione degli impianti eolici WIND PRO®.

| | | |
|--|---|---------------|
|  edp renewables | Progetto per la costruzione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica con potenza di 78 MW e opere di connessione alla rete Wind Farm "CIAVATTA" | Febbraio 2021 |
|--|---|---------------|

Bari, Febbraio 2021

Ing. Massimo Magnotta

Ordine degli Ingegneri Provincia di Bari

Association N°: 10610