

PROVINCIA DI AGRIGENTO

COMUNI DI PALMA DI MONTECHIARO E LICATA

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI PALMA DI MONTECHIARO E LICATA (AG) COMPOSTO DA 8 AEROGENERATORI DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 48 MW



Committente

Edison Rinnovabili S.p.A.

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano



Elaborazione	Progettista
<p>DCC s.r.l. Development Consulting Company</p> <p>DCC srl - Via Edmondo De Amicis, 15 - 90143 Palermo (PA) Cap. Soc. € 10.000,00 i.v. Registro Imprese CCIAA Palermo ed Enna C.F. e P.IVA 06948730822 email: dccsrl2050@gmail.com Mobile: +39 3666609133</p>	<p>Ing. Leonardo Trubia Via Leone XIII, 50 - 90020 Castellana Sicula Tel. 0921 562456 e-mail leotrubia@libero.it</p>

TAVOLA	OGGETTO:
PRORL0026	Studio Shadow Flickering
SCALA: -	NOME FILE: PRORL0026 – Studio Shadow Flickering
	DATA 01 DICEMBRE 2023

Proponente:	Coordinatori:

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	EMISSIONE	01/12/2023	Ing. Leonardo Trubia	DCC S.r.l.	Edison Rinnovabili S.p.A.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Sommario

1	Premessa.....	2
1.1	<i>Il soggetto proponente</i>	2
2	Inquadramento territoriale dell'intervento	3
4	Normativa di riferimento	10
5	Individuazione del centro abitato più vicino	12
6	Software utilizzato e modello di calcolo	12
7	Considerazioni finali	16



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

1 Premessa

Il presente documento descrive i risultati della valutazione **sullo Shadow Flickering** del Progetto per la realizzazione di un impianto di generazione di energia da fonte eolica, costituito da 8 aerogeneratori. L'aerogeneratore preso come riferimento in questa fase di progettazione è del produttore VESTAS, con altezza complessiva massima di 180 metri, altezza al mozzo compresa tra 105 e 114 metri e diametro del rotore massimo di 155 metri. Ogni aerogeneratore è servito da un piazzale di circa 2400 m² accessibile a mezzo di piste in misto stabilizzato di cava ampie tra i 4 e i 5 metri. Non si prevede la realizzazione di altre opere fuori terra oltre agli aerogeneratori ed alle opere di connessione, dal momento che tutti i macchinari elettrici sono collocati all'interno delle navicelle mentre i cavidotti di connessione saranno interrati.

La potenza complessiva d'impianto sarà pari a 48 MW. L'impianto in progetto ricade nel comune di Palma di Montechiaro e Licata (AG) comprese le opere di connessione alla Rete Elettrica Nazionale.

1.1 Il soggetto proponente

Il parco eolico sarà realizzato grazie alla collaborazione fra aziende che vantano una ormai decennale esperienza nel settore impiantistico e che possiedono, al loro interno, professionalità di caratura internazionale nel campo della realizzazione e della gestione di impianti di produzione di energia eolica.

La società realizzatrice dell'impianto è Edison Rinnovabili S.p.A. In circa 130 anni di storia aziendale, Edison ha saputo consolidarsi in vari settori ampliando le attività in cui è presente, in particolare quello della produzione, distribuzione e vendita di energia elettrica; i parchi di produzione energetica di Edison sono altamente sostenibili, flessibili ed efficienti e sono composti da impianti termoelettrici a ciclo combinato a gas (CCGT), impianti idroelettrici, eolici, solari e a biomasse.

Oggi Edison è il secondo operatore in Italia nel settore eolico (con una capacità installata soprattutto nel Mezzogiorno) configurandosi come un operatore integrato lungo la filiera eolica con attività che vanno dalla produzione alla gestione e manutenzione degli impianti fino alla vendita dell'energia.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

2 Inquadramento territoriale dell'intervento

Con riferimento alla cartografia della serie IGM 25 in scala 1:25000 il parco eolico (inteso come l'insieme degli aerogeneratori e delle piste che li collegano) e le opere di connessione ricadono nel Foglio 271-I-SO e 271-I-SE. In relazione alla Carta tecnica regionale in scala 1:10000 invece il parco eolico e le opere di connessione ricadono nei Fogli 637140, 637150, 642020 e 642030.

Il parco eolico e le relative opere di connessione sorgeranno nei comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG).

Il sito è facilmente raggiungibile dalla SS410, (uscendo dal centro di Palma di Montechiaro in direzione Nord verso Camastra, e viceversa);

In particolare, rispetto ai centri abitati dei già citati comuni interessati, l'impianto è così ubicato:

- A Sud del centro abitato di Camastra (AG) a circa 4,7Km;
- A Ovest del centro abitato di Palma di Montechiaro (AG) a circa 1,1Km;
- A Ovest del centro abitato di Campobello di Licata (AG) a circa 11,8Km

Dall'esame del P.R.G. vigente, emerge che le aree destinate all'installazione degli aerogeneratori ricadono tutte in **Zona E - Aree Agricole**, ne deriva che la copertura vegetale dell'area di intervento è caratterizzata principalmente dall'uso agricolo.

L'area d'interesse è caratterizzata da una morfologia collinare e da pendenze relativamente modeste; la quota altimetrica media dei siti interessati è compresa tra di 300 m s.l.m. e mai superiore ai 450 m s.l.m. e la ventosità a 100 metri di altezza, come riportato dal CESI, è compresa tra 5 m/s e 7 m/s. La tabella che segue identifica il modello, l'identificativo, la posizione geografica (coordinate in formato WGS84) e catastale degli aerogeneratori che compongono il Parco eolico di progetto.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Identificativo aerogeneratore	Coordinate WGS84		Identificativo Catastale		
	Latitudine	Longitudine	Comune	Foglio	Particella
01M	37°11'29.32"N	13°47'39.95"E	Palma di Montechiaro (AG)	33	163
02M	37°12'21.88"N	13°47'19.10"E	Palma di Montechiaro (AG)	15	418-419-472-473-479
03M	37°12'27.93"N	13°46'56.65"E	Palma di Montechiaro (AG)	15	175
04M	37°12'28.32"N	13°46'29.10"E	Palma di Montechiaro (AG)	13	144
05M	37°12'17.31"N	13°46'10.83"E	Palma di Montechiaro (AG)	11	121
06M	37°12'6.02"N	13°47'18.86"E	Palma di Montechiaro (AG)	16	226
07M	37°11'54.44"N	13°46'42.69"E	Palma di Montechiaro (AG)	12	87-88
08M	37°11'49.54"N	13°47'32.90"E	Palma di Montechiaro (AG)	16	102-139-140

Tabella 1 – Riferimento geografico-catastale dell'impianto eolico

Ogni aerogeneratore sarà servito da un piazzale di circa 60x40 metri, accessibile a mezzo di strade bianche in misto stabilizzato di cava ampie tra i 4 e i 5 metri.

Si riporta di seguito uno schema di inquadramento territoriale dell'intervento.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

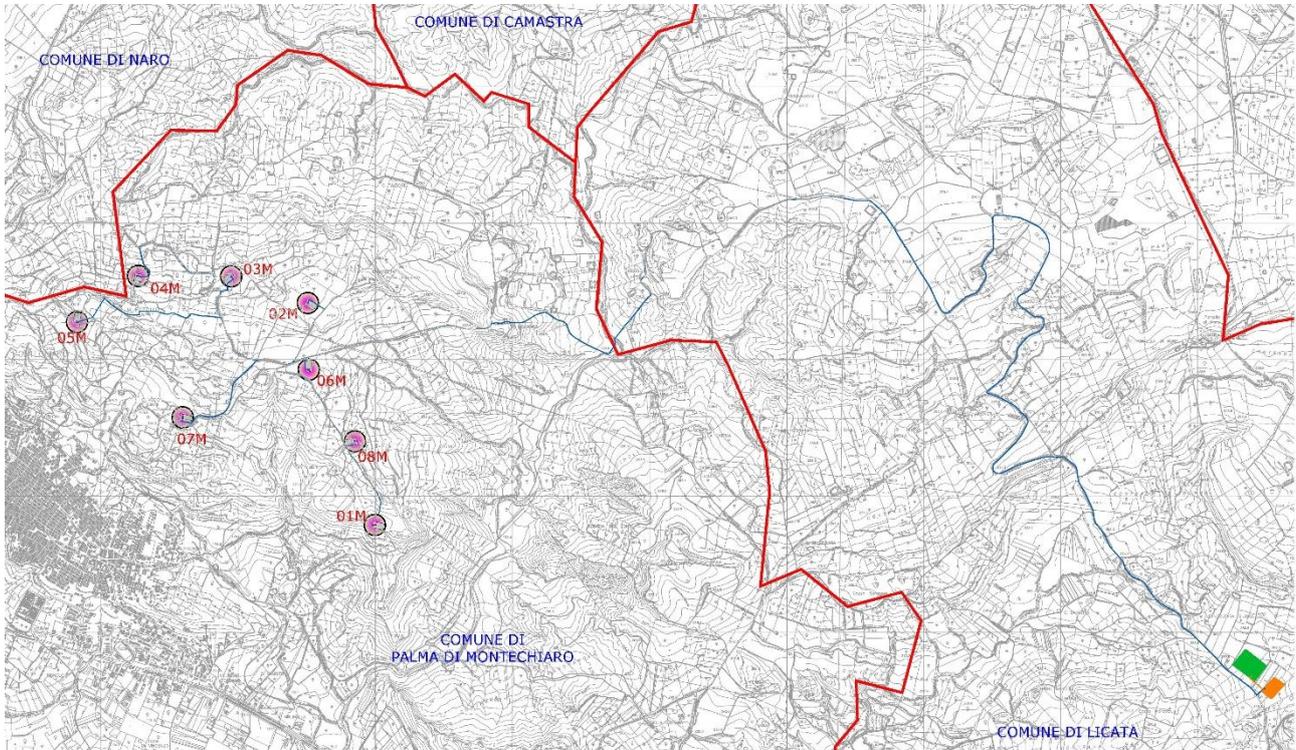


Figura 1 - Corografia di inquadramento del parco eolico



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

3 Fenomenologia 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 fenomeno dello "*Shadow flickering*" indica l'effetto di ombreggiamento intermittente, espressione comunemente utilizzata per descrivere la variazione di intensità luminosa che si verifica quando le pale del rotore in movimento "intercettano" la luce solare causando appunto il fenomeno di ombreggiamento intermittente.

Nel caso specifico di un impianto di produzione energetica da fonte eolica il fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione quando una fonte luminosa (il sole) si trova alle spalle.

La variazione alternata di intensità luminosa dal punto di vista di un potenziale recettore, a lungo andare, può provocare fastidio ai possibili occupanti esposti al fenomeno stesso.

Tale fenomeno risulta non presente quando, in assenza di vento, le pale non sono in movimento oppure quando la radiazione solare è occultata dalla presenza di nubi o nebbie.

Studi condotti sui possibili effetti dello *shadow flickering* sulla salute umana, evidenziano come, dal punto di vista di un potenziale recettore le frequenze che possono causare fastidi risultano comprese tra i 2,5 ed i 20 Hz (*Verkuijlen and Westra, 1984*).

È da attenzionare che ad oggi i recenti aerogeneratori tripala presentano operatività con velocità di rotazione ridotta e molto al di sotto dei 35 RPM (1,75 Hz) minore quindi alla frequenza definita critica di 2,5 Hz individuata in letteratura.

In merito a quanto sopra esposto risulta doveroso definire ed elencare nella seguente tabella i dati operativi delle turbine "Vestas V150-6.0" adoperati per la simulazione del presente elaborato:



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Dati costruttivi e di esercizio	
Vestas V150-6.0	
Potenza Nominale: 6.00 MW	
Rotore	
Tipo	3 pale
Diametro	150m
Area Spazzata	17.671 m ²
Tilt	6°
Pale	
Lunghezza	73,65 m
Larghezza MAX	4,2 m
Materiale	Fibra di vetro/Carbonio/Plastica
Colore	Bianco/Grigi
Torre	
Tipo	Tubolare
Altezza hub	105
Colore	Bianco/Grigi
Dati operativi	
Cut-in Wind Speed	3 m/s
Cut-out Wind Speed	25 m/s
RPM Max	12,6

Tabella 2 - dati operativi riferiti al modello di aerogeneratore utilizzato nella simulazione



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Lo *Shadow flickering* può causare disturbi se sperimentato da un ricettore per periodi prolungati. Le condizioni che ne favoriscono il fenomeno risultano essere:

- La presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa;
- L'assenza di ostacoli tra il ricettore e l'aerogeneratore;
- L'orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole-ricettore di fatti quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale muove all'interno di un "disco" causando l'effetto di *shadow flickering*. Invece, se il piano del rotore è in linea con il sole, l'effetto di *shadow flickering* sarebbe trascurabile.

Oltre quanto detto affinché il fenomeno possa essere definito non trascurabile devono sussistere le seguenti condizioni:

- La posizione del sole produca una luminosità sufficiente (almeno 10° sull'orizzonte per la latitudine di progetto) e che non vi sia un'elevata copertura dalle nubi;
- Le pale del rotore siano in movimento quindi in rotazione;
- L'aerogeneratore e il ricettore non siano troppo distanti, perché le ombre risultanti proiettate sono di maggiore intensità nell'area più prossima all'aerogeneratore.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore e un'abitazione, insieme alla direzione del vento, sono fattori critici per la durata del fenomeno di *shadow flicker*. Questo fenomeno potrebbe verificarsi all'alba o al tramonto quando le ombre sono molto lunghe e la radiazione solare diretta è meno intensa a causa dell'elevazione solare ridotta, per distanze di circa 500 metri. Tuttavia, al di là di una certa distanza, l'ombra smette di essere un problema poiché il rapporto tra lo spessore della pala dell'aerogeneratore e il diametro apparente del sole diventa molto piccolo. Pertanto, la situazione più critica si verifica quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea che collega l'abitazione al sole, poiché in tali condizioni l'ombra proiettata darà origine a un cerchio del diametro della pala del generatore eolico.

Anche se il fenomeno di *shadow flicker* può essere percepito anche all'esterno, diventa evidente e fastidioso soprattutto in quegli ambienti con finestre esposte alle ombre. In generale, l'area soggetta a questo fenomeno non si estende oltre un km dall'aerogeneratore, e le zone a maggiore impatto sono entro i 500 metri di distanza dalle macchine, con una durata del fenomeno di circa 200 ore all'anno. Il *flickering*, se presente, di solito dura non più di 30-40 minuti nell'arco di una giornata.

Di fatti il presente studio descriverà come l'intensità di questo fenomeno sia di gran lunga inferiore, se non nullo rispetto ai valori sopra descritti.

L'intensità del fenomeno di *shadow flicker* è definita come la differenza di luminosità percepita in presenza e in assenza di *flickering* in una determinata posizione. In generale, l'intensità del



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

fenomeno dipende da diversi fattori. Se le pale dell'aerogeneratore hanno una forma rastremata con lo spessore che aumenta verso il mozzo, l'intensità del flickering sarà tanto maggiore quanto maggiore è la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto più vicino è il ricettore. L'intensità del *flickering* sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale. Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno definite, e in tal caso l'effetto *flickering* risulterà meno intenso e meno evidente.

La finalità della presente relazione è quella di stimare le zone che potrebbero essere interessate dal fenomeno di *shadow flickering*, in relazione agli aerogeneratori presenti nel parco eolico considerato. Per valutare l'impatto del fenomeno, si possono analizzare due casi specifici. Il primo caso è quello del "*worst case*", in cui si valuta la massima durata del fenomeno, considerando cielo sempre sgombro da nubi, rotore in movimento continuo e perpendicolarità tra il rotore e il potenziale ricettore. Il secondo caso è quello del "*real case*", in cui si tiene conto del soleggiamento effettivo dell'area e delle specifiche condizioni anemologiche che determinano la reale operabilità degli aerogeneratori, valutando così la durata realistica del fenomeno.



Edison Rinnovabili Spa
Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

4 Normativa di riferimento

In Italia al momento non ci sono leggi o linee guida specifiche che regolamentino i limiti di esposizione al fenomeno dello *shadow flicker* generato dagli impianti eolici, né è stata stabilita una distanza massima oltre la quale si ritiene improbabile che ci sia un impatto significativo sulla salute umana. Tuttavia, a livello internazionale ci sono diverse normative e linee guida che fissano dei limiti precisi di esposizione al fenomeno, in termini di ore/anno e ore/giorno.

La valutazione in questione mira a considerare il fenomeno, tenendo conto delle principali linee guida e normative internazionali che fissano i limiti di esposizione al di sotto dei quali gli effetti del fenomeno sulle persone sono considerati trascurabili o nulli.

Tra queste normative troviamo:

- "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen (Guideline for identification and evaluation of the optical emissions of wind turbines) (WEA-Schattenwurf-Hinweise)" del Länderausschuss für Immissionsschutz (Germania, 2002);
- "National Policy Statement for Renewable Energy Infrastructure (EN-3)" del Department of Energy and Climate Change (Regno Unito, 2011).

Per completezza, si citano anche altre normative in materia, come ad esempio:

- "Guidelines for Wind Farm Development" del Western Australian Planning Commission (Australia- Western Australia, 2004);
- "National Wind Farm Development Guidelines - Draft" dell'Environment Protection and Heritage Council (Australia-Governo Nazionale, 2010);
- "Onshore wind turbines" del Scottish Government (Scozia, 2012);
- "Arrêté du Gouvernement wallon portant conditions sectorielles relatives aux parcs d'éoliennes d'une puissance totale supérieure ou égale à 0,5 MW" del Governo Vallone (Belgio-Regione Vallone, 2014);
- "Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller" del Danish Government, Naturstyrelsen, Miljøministeriet (Danimarca, 2015).
- "Wind farm State Code Planning Guideline" del State of Queensland, Department of Infrastructure, Local Government and Planning (Australia-Stato del Queensland, 2017);
- "Policy and planning Guidelines for Development of Wind Energy Facilities in Victoria" del Victoria State Government, Department of Environment, Land, Water and Planning (Australia, 2017);
- "VLAREM II" del Vlaamse overheid – Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (Belgio-



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Regione delle Fiandre 2017);

La maggior parte dei paesi che hanno stabilito linee guida o regolamenti riguardanti il fenomeno dello *Shadow flicker* si sono basati sulle norme di riferimento tedesche e sui limiti di accettabilità da esse introdotti. Invece, nazioni come Austria, Brasile, Canada, India, Giappone e Polonia, in assenza di una specifica normativa o linea guida, seguono le indicazioni contenute nelle linee guida tedesche considerandole come buona pratica.

Le linee guida tedesche sono state introdotte nel 2002 dal comitato statale per il controllo dell'inquinamento e sono state adottate dalla maggior parte dei Lander come buone pratiche per la valutazione dell'impatto del fenomeno dello *shadow flickering* prodotto da un parco eolico. Secondo tali linee guida, lo *shadow flickering* deve essere valutato fino ad una distanza tale che il rotore copra il 20% del disco solare e per angoli del sole sull'orizzonte superiori a 3 gradi, ad un'altezza di 2 metri dal suolo. Inoltre, i valori limite di accettabilità stabiliti sono di massimo 30 minuti al giorno e 30 ore all'anno. Tuttavia, a distanze superiori il fenomeno è da considerarsi notevolmente rarefatto da poter produrre fastidio, mentre per angoli inferiori si ritiene schermato dalla presenza di edifici e/o vegetazione.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

5 Individuazione del centro abitato più vicino

Al fine di valutare l'impatto del sistema di turbine eoliche proposto sugli edifici, si è considerato il centro abitato più vicino, che si ricorda essere il centro abitato di Palma di Montechiaro, a circa 1.100 metri tra la WTG più vicina e l'area baricentrica del centro abitato del suddetto Comune.

In particolare l'aerogeneratore più vicino risulta essere il 07M a circa 720 metri dal fabbricato posto perimetralmente al centro abitato.

6 Software utilizzato e modello di calcolo

Per valutare gli effetti del fenomeno di *shadow flickering* generato da un parco eolico, vengono utilizzati spesso software specializzati in grado di simulare il comportamento del fenomeno stesso. I programmi utilizzati per la progettazione di impianti eolici includono solitamente moduli specifici per l'analisi e la valutazione del fenomeno di *flickering*.

Per effettuare l'analisi dell'impatto prodotto dal fenomeno di *shadow flickering* causato da un parco eolico, è necessario utilizzare un modello digitale del terreno dell'area interessata dalla progettazione, nonché le coordinate x-y-z (Est, Nord, quota) dei generatori eolici e dei possibili recettori sensibili. Inoltre, si devono considerare i dati relativi alla posizione del sole durante l'anno e le condizioni operative delle turbine nello stesso periodo. Queste informazioni sono fondamentali per condurre un'analisi accurata del fenomeno di *flickering*. Solitamente, i pacchetti software utilizzati per la progettazione di parchi eolici includono moduli specifici per il calcolo e l'analisi di questo fenomeno.

Per determinare la posizione del sole rispetto al parco eolico e ai potenziali ricevitori nel corso di un anno, è indispensabile stabilire la longitudine, la latitudine e il fuso orario dell'area di progetto (coordinate baricentriche del dominio di calcolo).

Nel presente studio sono stati utilizzati software specifici che consentono di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno al fine di individuare i periodi in cui ogni turbina eolica può generare ombre sulle finestre delle abitazioni circostanti.

I software consentono di analizzare in modo dettagliato il fenomeno dello *shadow flickering* causato dalla proiezione delle ombre degli aerogeneratori sulle abitazioni o strutture limitrofe. In particolare, il modello offre la possibilità di calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre, visualizzare un calendario grafico degli eventi di *flickering* e un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento, comprensivo dell'ora di inizio, di fine e della durata del fenomeno, oltre alle



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222.1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

informazioni sui singoli aerogeneratori coinvolti. Inoltre, i software consentono di creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore di ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine, rappresentate tramite curve di isodurata. È importante notare che l'ombra smette di rappresentare un problema al di là di una certa distanza, determinata dal rapporto tra lo spessore della pala e il diametro apparente del disco solare.

In altre parole, durante le simulazioni effettuate per questo progetto, si è considerata una distanza massima di 2040 m come limite di influenza per il fenomeno di *shadow flickering*, insieme ad un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte di 3°. Tuttavia, queste scelte sono state molto prudenti rispetto alla teoria del fenomeno di *shadow flickering* e alle sue implicazioni pratiche.

In particolare, il modello numerico utilizzato, come altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante, il cosiddetto "*WORST CASE*", corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, circa 4380 h/anno), indipendentemente dalla presenza o meno di nuvole, le quali inficerebbero il fenomeno dello *shadow flickering* a causa dell'impossibilità di generare ombre.

Il *worst case*, in particolare, si basa sui seguenti assunti:

- Non si hanno ostacoli naturali o artificiali (come alberi, muri, edifici, ecc...) tra i ricevitori e gli aerogeneratori, ad eccezione dell'orografia del terreno che limita o elimina completamente il fenomeno dello *shadow flickering*;
- Gli aerogeneratori sono sempre in funzione;
- Si ha presenza del sole durante tutte le ore diurne dell'anno (senza nuvole);
- La direzione del vento (*worst case wind direction*) è tale che il piano del rotore è perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore, ovvero l'aerogeneratore segue il sole;

In altre parole, poiché il fenomeno dello *shadow flickering* si verifica solo quando ci sono, sole libero da nubi e vento sufficiente a far girare le pale, i valori calcolati dal modello (che considera la presenza costante di sole e rotore sempre in funzione) possono essere ulteriormente ridotti tenendo conto delle ore effettive di assolazione e funzionamento dell'aerogeneratore rispetto alle ore totali in un anno (8766 h).



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

Va considerato quindi che i risultati sono estremamente conservativi in quanto si tratta di una stima puramente teorica.

Nell'elaborazione attuata è stato considerato, oltre al Worst Case, i possibili casi reali funzione dei valori di eliofania dell'area e le ore effettive di lavoro dell'impianto.

- REAL CASE - FUNZIONE DELL'ELIOFANIA DELL'AREA

Per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), è necessario considerare il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno. Nel caso dell'area presa in esame, il valore medio di eliofania corrisponde a circa 2500 ore l'anno, il che significa che i risultati del calcolo possono essere abbattuti del 43%, che è il complemento a 1 del rapporto $2500/4380 = 57\%$. In altre parole, rispetto al *WORST CASE*, la probabilità di verificarsi del fenomeno di *shadow flickering* si riduce realisticamente, per l'area in questione, al 57% del valore calcolato dal modello impiegato e che corrisponde alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

- REAL CASE - FUNZIONE DELLE ORE EFFETTIVE DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.

Ulteriormente, per ottenere risultati più realistici e vicini al caso reale (*REAL CASE*), risulta necessario considerare anche il numero di ore di funzionamento stimato dell'impianto eolico nell'arco dell'anno (6972,5 ore) ed il totale, ovvero il numero di ore in cui l'impianto sarà in funzione rispetto alle ore totali in cui l'impianto potrebbe essere in funzione. Tale approccio permette di riformulare i valori calcolati dal modello che possono essere ulteriormente abbattuti del 20,45% (pari al complemento a 1 del rapporto $6972,5/8766$). Pertanto, il valore finale di impatto calcolato dovrebbe essere ulteriormente ridotto del 20,45%, rispetto al valore ottenuto dal modello che considera il rotore sempre in movimento. Questo valore dovrebbe quindi essere più realistico riguardo l'impatto del fenomeno di *shadow flickering* sul parco eolico in esame.

In breve, i valori calcolati dal modello numerico per le ore di ombreggiamento intermittente all'anno possono essere ridotti realisticamente considerando che il fenomeno di *shadow flickering* si verifica solo quando c'è contemporaneamente sole libero da nubi e vento che fa girare il rotore dell'aerogeneratore.

Pertanto, il valore calcolato dal modello può essere notevolmente abbattuto in funzione della probabilità composta di avere contemporaneamente entrambi i fenomeni.

In ultimo, un ulteriore fattore al momento non computabile, che comporterebbe una ulteriore



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

riduzione del fenomeno, risulta essere la direzione del vento. Tale fattore comporta che il piano del rotore non sia sempre perpendicolare alla linea che congiunge il sole al ricevitore. Nell'area, la direzione prevalente del vento non segue l'andamento del disco solare, questo comporta una riduzione del fenomeno, di fatti nei casi più realistici l'ombra generata e proiettata al suolo si ridurrà verosimilmente ad una retta, in quanto il piano del rotore non risulta sempre allineato con la direzione del sole.



Edison Rinnovabili Spa

Foro Buonaparte, 31
20121 Milano
Tel. +39 02 6222 1
PEC: rinnovabili@pec.edison.it

Proponente: Edison Rinnovabili SpA

Progetto di un Impianto Eolico da 48 MW denominato "Galia"
Comuni di Palma di Montechiaro e Licata (AG)

RELAZIONE SHADOW FLICKERING

7 Considerazioni finali

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che lo studio effettuato sul fenomeno dello shadow-flickering si basa su 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-recettore, e dell'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole ed il recettore.

È stata altresì considerata l'ipotesi di finestre poste su 4 lati degli immobili. Il fenomeno è potenzialmente riscontrabile solo in periodi limitati del giorno e durante alcuni mesi dell'anno. Per la totalità dei recettori indagati lo shadow-flickering risulta inferiore a 30 ore l'anno.

Va sottolineato comunque che:

- La velocità di rotazione massima (non sempre raggiunta) delle turbine che verranno montate è 17 RPM (rotazioni al minuto), quindi nettamente inferiore a 50 RPM, frequenza massima raccomandata al fine di ridurre al minimo i fastidi e soddisfare le condizioni di benessere;
- Non sussiste una normativa italiana in materia, per cui il progetto non si pone in difformità a prescrizioni normative o prassi.