

“NURRI IR”

Integrale ricostruzione del Parco Eolico di Nurri (SU)
Intervento di Repowering con sostituzione degli
aerogeneratori esistenti e relativa riduzione del numero delle macchine

Comune di Nurri (SU)

COMMITTENTE



Edison Rinnovabili S.p.A.

Foro Buonaparte n.31 - Milano (MI)
P.IVA: 12921540154

Studio di Impatto Ambientale
Appendice B

Studio Sugli Effetti dello Shadow Flickering



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	DOCUMENTAZIONE PER AUTORIZZAZIONI	10/2023	P. Guiso G. Lombardo	M. Compagnino M. Galbo	M. Compagnino

Codifica documento: P0032447-1-H9

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
1 PREMESSA	3
2 DESCRIZIONE DELL’AEROGENERATORE	4
3 SHADOW FLICKERING	5
4 ANALISI DELL’EVOLUZIONE DELL’OMBRA PER L’IMPIANTO IN PROGETTO	8
5 VALUTAZIONI DEL FENOMENO NEL PARCO DI NURRI	9
5.1 VALUTAZIONI TEORICHE SULLO SHADOW FLICKERING	9
ALLEGATO 1 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE AUTUNNALE	11
ALLEGATO 2 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE INVERNALE	12
ALLEGATO 3 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE PRIMAVERILE	13
ALLEGATO 4 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE ESTIVA	14

LISTA DELLE TABELLE

	Pag.
Tabella 5.1: Intervalli giorni/orari - Autunno	9
Tabella 5.2: Intervalli giorni/orari - Inverno	9

LISTA DELLE FIGURE

	Pag.
Figura 3.1: Schema geometrico del fenomeno dello Shadow Flickering	6
Figura 3.2: Immagini esplicative del fenomeno oggetto della presente relazione specialistica.	7

1 Premessa

Il presente documento è stato redatto nell'ambito del progetto di integrale ricostruzione di un parco eolico esistente situato in Sardegna, Comune di Nurri (SU) ormai prossimo al termine della vita utile. Il soggetto proponente proprietario del parco, è la società Edison Rinnovabili S.p.A., con sede legale in Foro Buonaparte, 31, a Milano.

L'impianto esistente è ubicato sulla piana denominata Monte Guzzini ed è composto da n. 26 aerogeneratori della tipologia Vestas V52 ciascuno dei quali in grado di sviluppare una potenza di 0,85 MW per una potenza complessiva pari a 22,10 MW. È entrato in esercizio nell'ottobre 2004.

Il progetto di integrale ricostruzione consiste nello smantellamento degli aerogeneratori esistenti e nell'installazione di **n°14** aerogeneratori, denominati progressivamente da NIR-01 a NIR-14 di potenza fino a **6,6 MW** per una potenza complessiva installata fino a **92,4 MW**, con una potenza massima in immissione in rete fino a **90 MW** in accordo con quanto previsto dalla SMTG (Soluzione Tecnica Minima Generale).

L'installazione del più moderno tipo di generatore consente una consistente riduzione del numero di torri eoliche, dalle 26 unità esistenti alle 14 unità proposte (riduzione pari a circa il 50 %); ciò comporterà, a sua volta, una riduzione dell'impatto visivo legato effetto selva.

2 DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica.

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento. Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 6.600 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- ✓ altezza del mozzo di rotazione "Hm": pari al massimo a 125 m,
- ✓ diametro del rotore (tripla pala) "Dr": pari al massimo a 150 m.
- ✓ altezza dell'aerogeneratore "Htip" (altezza in punta), misurata dal piano di imposta: pari al massimo a 200 m.

L'altezza complessiva dell'aerogeneratore è pari a 200,0 metri.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

Si tratta di aerogeneratori di ultima generazione, già impiegati estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza.

La turbina viene di solito equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione diurna e notturna per la segnalazione aerea secondo normativa di sicurezza.

La segnalazione notturna di solito consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

La segnalazione diurna consiste di solito nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione, secondo standard internazionale di riferimento.

3 SHADOW FLICKERING

Lo Shadow Flickering consiste in una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata, causata dalla proiezione, su una superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Per un impianto eolico, tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un recettore, dell'ombra prodotta dalle pale degli aerogeneratori in rotazione. Dal punto di vista dell'oggetto/soggetto recettore, lo Shadow Flickering si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un recettore localizzato nella zona d'ombra indotta dal rotore, sarà investito da un continuo alternarsi di luce diretta ed ombra, causato dalla proiezione delle ombre dalle pale in movimento. Tale fenomeno se vissuto dal recettore per periodi di tempo non trascurabili può generare un disturbo, quando:

- ✓ si sia in presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ossia in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- ✓ la linea recettore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno.
- ✓ Pertanto, ad esempio, qualora il recettore sia un'abitazione, perché il fenomeno di "Shadow Flickering" diventi consistente, le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea recettore-aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli; inoltre:
- ✓ la turbina sia orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole-recettore: come mostrato nelle figure seguenti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-recettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "cerchio" che riferisce alla circonferenza del rotore inducendo uno Shadow Flickering non trascurabile (per situazioni in cui, dal punto di vista del recettore, il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il recettore, l'ombra proiettata è sottile, di bassa intensità ed è caratterizzata da un rapido movimento, risultando pertanto lo Shadow Flickering di entità trascurabile);
- ✓ la posizione del sole sia tale da indurre una luminosità sufficiente. Ciò si traduce, in riferimento alla latitudine di progetto, in un'altezza del sole pari ad almeno 15-20°;
- ✓ le pale siano in movimento;
- ✓ turbina e recettore siano vicini: le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità e nitidezza rispetto a quelle proiettate lontano. Quando una turbina è posizionata sufficientemente vicino al recettore, così che una porzione ampia di pala copra il sole, l'intensità del flicker risulta maggiore. All'aumentare della distanza tra turbina e recettore, le pale coprono una porzione sempre più piccola del sole, inducendo un flicker di minore entità. Inoltre, il fenomeno risulta di bassa entità quando l'ombra proiettata sul recettore è indotta dall'estremità delle pale; raggiunge il massimo dell'intensità in corrispondenza dell'attacco di pala all'hub.

Rilevamenti sul campo hanno evidenziato che per distanze tra aerogeneratore di altezza paragonabile a quella delle macchine di progetto) e recettori superiori a 350 m il fenomeno è da rilevarsi solamente all'alba e al tramonto, momenti in cui la radiazione diretta è di minore intensità. Pertanto, in riferimento a quanto sin qui esposto, si può concludere che durata ed entità dello Shadow Flickering sono condizionate:

- ✓ dalla distanza tra aerogeneratore e recettore;
- ✓ dalla direzione ed intensità del vento;
- ✓ dall'orientamento del recettore;
- ✓ dalla presenza o meno di ostacoli lungo la linea di vista del recettore/aerogeneratore/sole;
- ✓ dalle condizioni metereologiche;
- ✓ dall'altezza del sole.

Studio sugli effetti dello Shadow Flickering

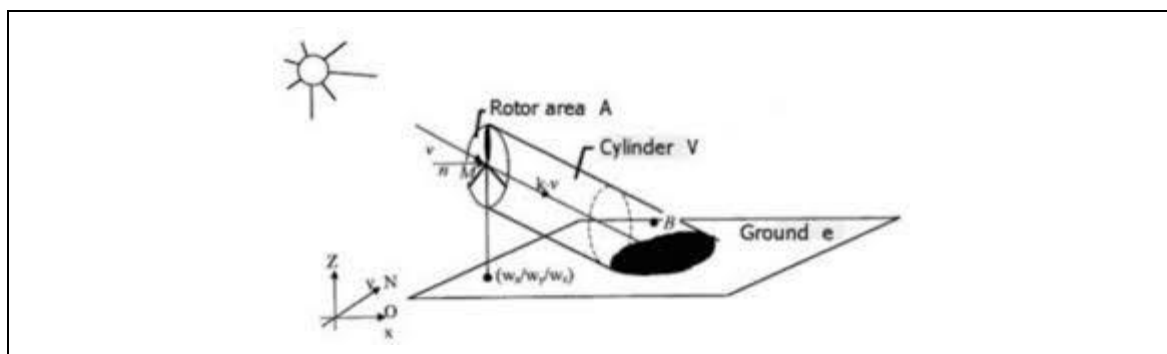


Figura 3.1: Schema geometrico del fenomeno dello Shadow Flickering

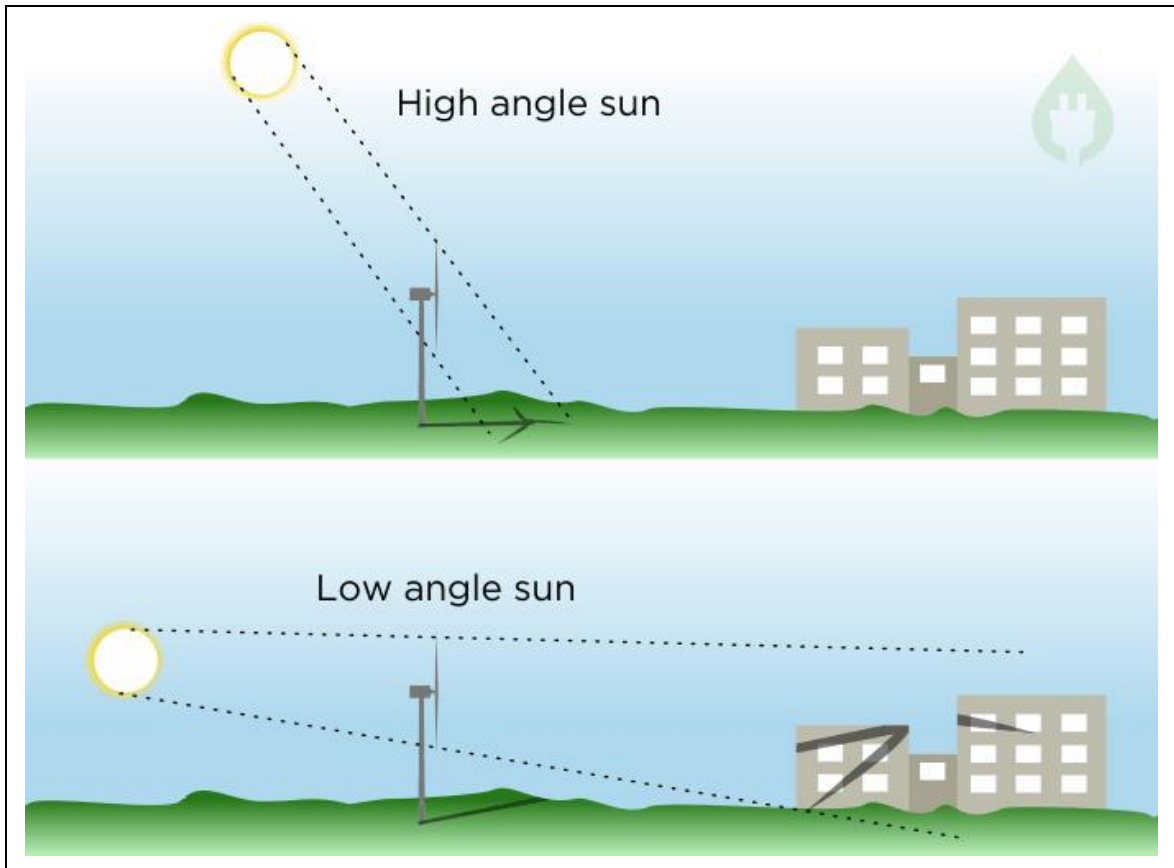


Figura 3.2: Immagini esplicative del fenomeno oggetto della presente relazione specialistica.

4 ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO

Al fine di verificare la sussistenza del fenomeno dello Shadow Flickering indotto dalle opere in progetto sono state effettuate simulazioni in considerazione:

- ✓ dell'altezza della macchina (h_{mozzo} più altezza pala pari a 200 m);
- ✓ orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- ✓ proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- ✓ posizione dei possibili recettori.

Le simulazioni sono state effettuate mediante un tool applicativo di Autodesk, denominato Ombra Solare (OS), tramite il quale è possibile valutare la proiezione delle ombre prodotte dai raggi solari, rispetto ad un dato oggetto di altezza h , in virtù della sua posizione geografica (latitudine e longitudine) ed in funzione dei vari periodi annui. A tal proposito si è deciso di effettuare le simulazioni in funzione delle quattro stagioni annue:

- ✓ stagione estiva, all'interno della quale ricadono le 24 ore del solstizio d'estate 21-06 (massimo valore di declinazione positiva del sole);
- ✓ stagione invernale, all'interno della quale ricadono le 24 ore del solstizio d'inverno 21-12 (massimo valore di declinazione negativa del sole) e le 24 ore del perielio d'inverno 04-01, giorno durante il quale sole e terra si trovano alla minima distanza e le ombre più lunghe;
- ✓ stagione autunnale;
- ✓ stagione estiva.
- ✓ Le valutazioni sul fenomeno di Shadow Flickering, nelle condizioni sopra riportate, andranno valutate alla luce di quanto segue:
- ✓ il fenomeno di Flickering risulta tanto più rilevante quanto maggiore è l'intensità della luce del sole (21 giugno);
- ✓ dal punto di vista dell'individuazione dei possibili osservatori, la condizione più sfavorevole si ha nel periodo dell'anno, in determinate ore del giorno, in cui le ombre indotte dagli aerogeneratori risultano più lunghe.
- ✓ In particolare:
- ✓ il 4 gennaio il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 9:30 e le 15:00;
- ✓ il 21 giugno il sole ha un'altezza maggiore di 20° sull'orizzonte nell'intervallo compreso tra le 6:45 e le 17:45.

Si precisa come la proiezione sia stata effettuata, non considerando la pala orientata nella massima direzione del vento, ovvero nella posizione in cui dovrebbe trovarsi nella maggior parte del suo funzionamento ma come se fosse orientata contemporaneamente a 360° . È bene evidenziare inoltre che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non reali, ipotizzando cioè contemporaneamente le condizioni più sfavorevoli per qualunque recettore soggetto a shadow flickering:

- ✓ **assenza di manto nuvoloso;**
- ✓ **rotore in movimento alla massima frequenza ed in moto continuo;**
- ✓ **assenza di ostacoli;**
- ✓ **luce diretta.**

Avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, per i giorni indicati, è possibile identificare l'area in cui avviene il fenomeno dello Shadow Flickering per ciascun aerogeneratore. Tali proiezioni potranno essere sovrapposte, come da allegati, su ortofoto. Si riportano, nell'allegato alla presente relazione specialistica, gli output realizzati mediante l'applicazione Ombra Solare.

5 VALUTAZIONI DEL FENOMENO NEL PARCO DI NURRI

Lo studio condotto in questa sede, ha permesso di valutare l'effetto dell'ombreggiamento indotto dagli aerogeneratori di progetto, su potenziali recettori in un intorno di 600 m dagli stessi. Gli edifici tenuti in considerazione sono tutti di categoria catastale A, ovvero gli edifici destinati a civili abitazioni.

Negli allegati 1, 2, 3 e 4, è possibile visualizzare le mappe realizzate dalle quali emerge quanto di seguito:

- ✓ Interferenza delle ombre durante la proiezione Autunnale/Invernale con l'immobile: Foglio n°17, P.la 55 (A/3);
- ✓ in nessuna delle simulazioni durante le stagioni estiva/primaverile sono coinvolti immobili della natura catastale analizzata.
- ✓ in nessuna delle simulazioni effettuate, le ombre coinvolgono la principale viabilità esistente nell'area del Parco Eolico ovvero la SS198.

In tutte le mappe risultano “coinvolti” nel fenomeno anche altri immobili di categoria D/1 (Opifici), D/10 (Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole), E/1 (Stazioni per servizi di trasporto); su tutte queste tipologie, proprio per effetto della natura catastale, non sono state approfondite le valutazioni.

Sugli immobili di categoria catastale A sopra riportati sono invece state valutate le ore e le condizioni di irraggiamento annuo come più esplicitamente riportato nelle tabelle a seguire.

Tabella 5.1: Intervalli giorni/orari - Autunno

Intervalli giorni/orari ombreggiamento: STAGIONE AUTUNNALE					
Aerogeneratore	Immobile	dalle ore	alle ore	dal giorno	al giorno
NIR09	NURRI Fg.17 - P.la 55	15:00	16:00	22-ott	15-dic
		16:00	17:00	03-nov	29-dic

Tabella 5.2: Intervalli giorni/orari - Inverno

Intervalli giorni/orari ombreggiamento: STAGIONE INVERNALE					
Aerogeneratore	Immobile	dalle ore	alle ore	dal giorno	al giorno
NIR09	NURRI Fg.17 - P.la 55	15:00	16:00	22-dic	27-gen
		16:00	17:00	22-dic	27-feb

Le ore cumulate risultano essere quelle percepibili, in condizioni ideali, dai recettori nei 365 giorni annui. Tuttavia, si tratta nella maggior parte dei casi, di proiezioni lunghe (recettori non nelle immediate vicinanze degli aerogeneratori) con proiezioni che solamente di rado coinvolgono le ore centrali della giornata e pertanto avranno poca intensità luminosa; saranno inoltre proiezioni con altezze del sole molto ridotte sull'orizzonte. Si ritiene per tali ragioni che valutare il fenomeno di Shadow Flickering come cumulo delle ore sopra descritte, sia fortemente a vantaggio di sicurezza.

Si rimanda pertanto ad un monitoraggio durante la fase di esercizio per valutare le effettive condizioni del fenomeno che, per effetto della conoscenza delle aree e della posizione degli aerogeneratori, si può ritenere trascurabile (anche per effetto delle reali motivazioni riportate nel paragrafo 5.1 della presente relazione).

5.1 VALUTAZIONI TEORICHE SULLO SHADOW FLICKERING

Lo “Shadow Flickering” è ritenuto “pericoloso” in quanto dimostrato che l'effetto visivo, dovuto all'intermittenza dell'ombra creata dal moto delle pale in rotazione sia causa di possibili danni alla salute umana. Si ritiene più precisamente che il fenomeno sia strettamente connesso con i problemi di epilessia. Tuttavia, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5 Hz e i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984) e

Studio sugli effetti dello Shadow Flickering

l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa sulla quale siano manifesti problemi di alimentazione elettrica.

Questo tipo di aerogeneratore da 6,6 MW (con D150 m) ha in genere un numero di giri per minuti legato alla velocità di cut-off (25 m/s) mai superiore ai 12,1 rpm. Una semplice conversione in termini di unità di misura dimostra che 60 rpm sono pari all'incirca ad 1 Hz. Considerando le macchine da 3 pale e moltiplicando pertanto la frequenza di tale rotazione, si arriva a dimostrare come l'effetto di disturbo massimo generabile per effetto del fenomeno di Shadow Flickering dovuto al moto delle pale è pari a poco più di 0,5 Hz. **Si è, pertanto, ben al di sotto delle soglie che sono definibili pericolose in termini medici.**

Si dovrebbe inoltre considerare un ulteriore fattore legato proprio alla durata dei periodi nei quali le condizioni atmosferiche siano tali da permettere che il fenomeno arrivi ad avere tale intensità massima; di solito ciò si verifica quando il cielo è terso e luminoso e non quando è nuvoloso o anche solo parzialmente nuvoloso.

Quanto sopra detto, porta a definire ininfluenza il fenomeno dello Shadow Flickering ad opera dell'impianto eolico di Nurri.

A seguire le mappe d'ombra individuate nelle condizioni sopra descritte.

ALLEGATO 1 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE AUTUNNALE

ALLEGATO 2 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE INVERNALE

ALLEGATO 3 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE PRIMAVERILE

ALLEGATO 4 – SIMULAZIONE FENOMENO OMBREGGIAMENTO STAGIONE ESTIVA