



Comune di Nuoro

Regione Sardegna



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "INTERMONTES" NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI NUORO

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

EDP Renewables Italia Holding s.r.l.

via Roberto Lepetit 8/10 - 20124 Milano
Tel +39 02 669 6966
C.F. e P.IVA IT01832190035



PROPONENTE

STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING



**STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI**

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it

dott. ing. Roberto SESENNA
Ordine degli Ingegneri Provincia di Torino
Posizione n.8530J
Cod. Fisc. SSN RRT 75B12 C665C

dott. forestale Piero Angelo RUBIU
Ordine dei dott. Agronomi e dott. Forestali provincia di Nuoro
Posizione n.227
Cod.Fisc. RBU PNG 69T22 L953Z

CONSULENZA

Coordinatore e responsabile delle attività: Ing. Giorgio Efisio Demurtas | Studio Gioed Via Is Mirrionis 55 09121 Cagliari

Consulenza studi ambientali: Dr.For. Piero RUBIU

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE
DATA	GEN/2022
COD. LAVORO	492/SR21
TIPOL. LAVORO	V
SETTORE	S
N. ATTIVITA'	01
TIPOL. ELAB.	RS
TIPOL. DOC.	E
ID ELABORATO	07
VERSIONE	0

REDATTO

Dr. For. Piero RUBIU

CONTROLLATO

Dr. For. Piero RUBIU

APPROVATO

Ing. Roberto SESENNA

ELABORATO

V.1.7

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE	3
3. RICETTORI.....	4
4. SHADOW FLICKERING	8
5. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO	10
6. VALUTAZIONI DEL FENOMENO.....	10

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Prospetto aerogeneratore SIEMENS GAMESA SG 155	3
Figura 2 Identificazione dei 6 ricettori su IGM con buffer di 1 Km dalle WTG, elaborato V.2.26.....	4
Figura 4 Ricettore H47, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	5
Figura 5 Ricettore H81, presenza di alberature che schermano l'edificio	6
Figura 6 Ricettore H112, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio.....	6
Figura 7 Ricettore H115, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio.....	7
Figura 8 Ricettore R136, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	7
Figura 9 Ricettore R144, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	8
Figura 10 Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore perpendicolare alla linea sole-ricettore e Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore in linea con il sole e ricettore...9	
Figura 11 Quadro riassuntivo elaborato con il modello Wind. Pro	11

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Destinazione catastale dei ricettori	5
--	---

1. PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla proposta della ditta EDP Renewables Italia Holding s.r.l. per la realizzazione di un impianto eolico ubicato nel comune di Nuoro, nella regione Sardegna.

Il presente elaborato riguarda l'analisi del fenomeno denominato "shadow flicker" (letteralmente ombreggiamento intermittente) ovvero l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorché il sole si trova alle loro spalle. Il fenomeno si traduce in una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso.

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, SIEMENS GAMESA SG 155 con una potenza massima nominale di 6 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro di 155 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- sostegno tubolare troncoconico in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore di circa 102,5 m.

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

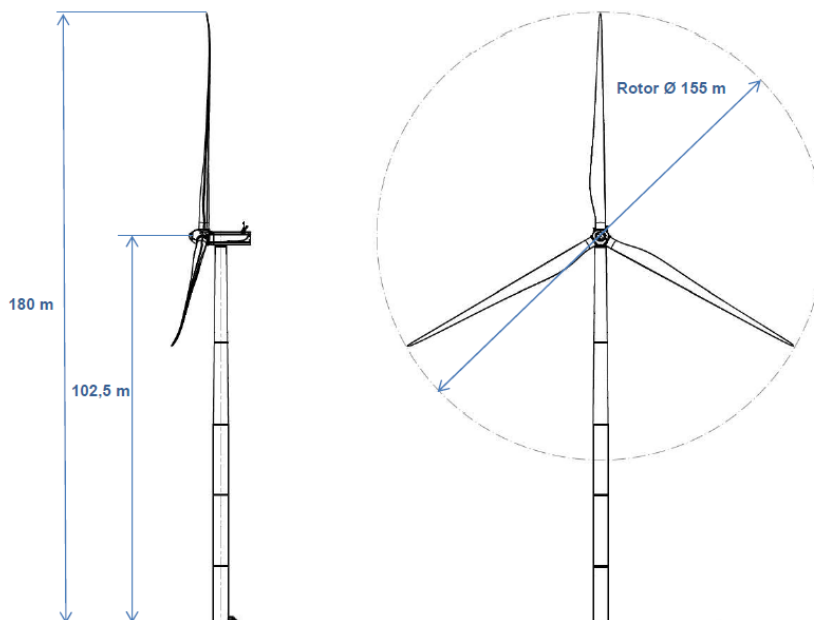


Figura 1 Prospetto aerogeneratore SIEMENS GAMESA SG 155

3. RICETTORI

Sono stati identificati 6 ricettori classificati come sensibili.

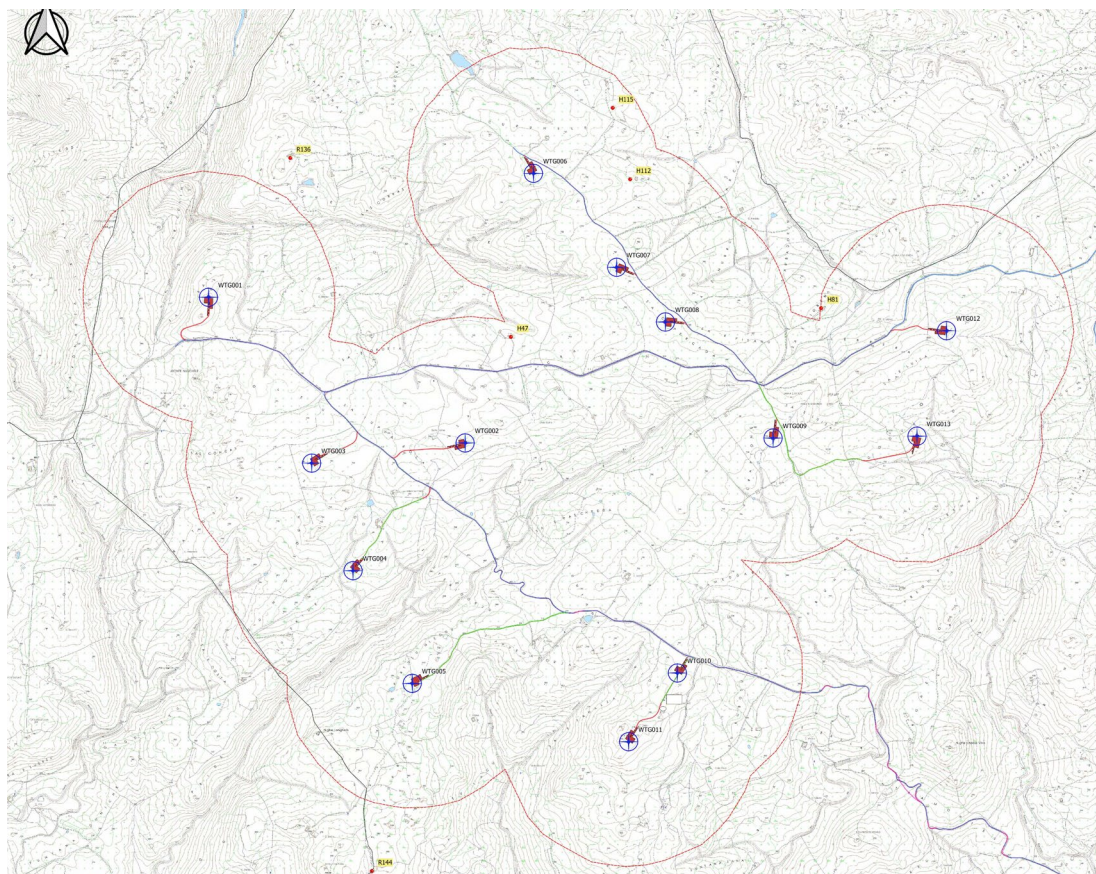


Figura 2 Identificazione dei 6 ricettori su IGM con buffer di 1 Km dalle WTG, elaborato V.2.26

Ricettore	Comune	Tipo	X UTM WGS84 32	Y UTM WGS84 32	Foglio	Mappale	Cat. Catastale	Catasto	Probabile Destinazione d'uso	Note
H47	Nuoro	sensibile	519022	4469820	6	36	A3	Fabbricati	Abitazione	Loc. sa Poliacra
H81	Nuoro	sensibile	521518	4470041	4	39-41	D10	Fabbricati	Magazzino - Abitazione	Loc. Lu Filigargiu
H112	Nuoro	sensibile	519973	4471077	4	38	D01	Fabbricati	Uso abitativo	Loc. Sa Mendula
H115	Nuoro	sensibile	519834	4471645	1	23	Non accatastato	Fabbricati	Chiesa campestre della Madonna del Buon Pastore	Loc. sa Mendula
R136	Nuoro	sensibile	517262,34	4471246	2	37-38-39	D10	Fabbricati	Agriturismo Testone	Regione Testone
R144	Nuoro	sensibile	517913,6	4465561	20	36-37-38	Non accatastato	Fabbricati	Magazzino - Uso abitativo	

Tabella 1 Destinazione catastale dei ricettori

Di seguito di identificano i 6 ricettori:

H47:

Distante c.a. 949 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto di c.a. 4 m. nell'intorno.

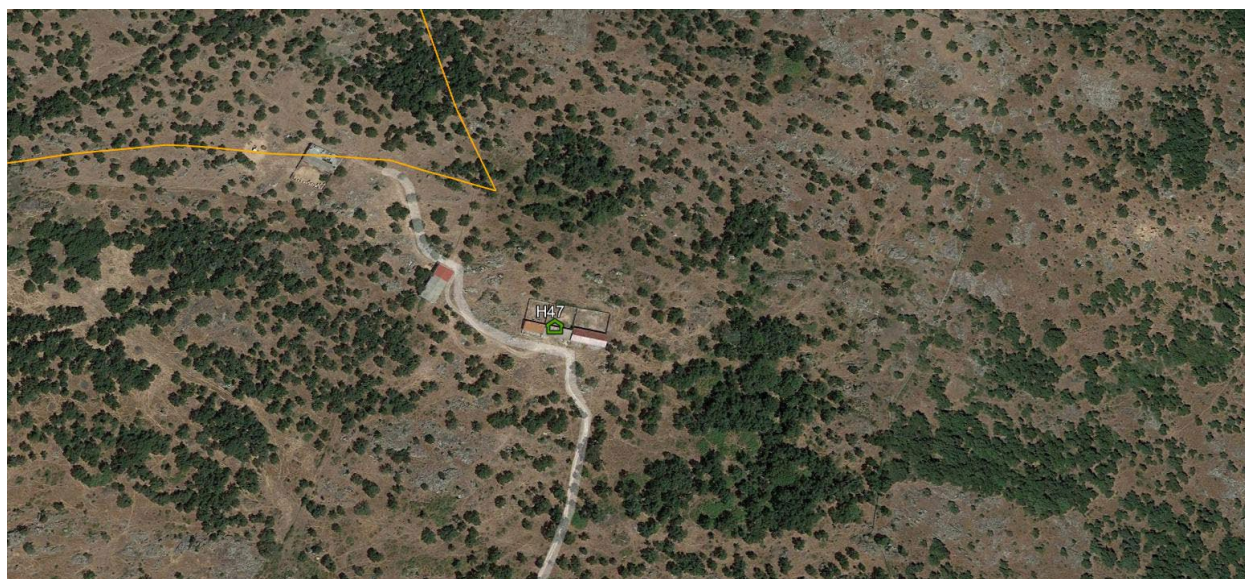


Figura 3 Ricettore H47, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

H81

Distante c.a. 1000 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno, in direzione della posizione delle finestre è schermato da un altro edificio ed alberature.



Figura 4 Ricettore H81, presenza di alberature che schermano l'edificio

H112

Distante c.a. 768 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno, in direzione della posizione delle finestre è schermato da alberature di altro fusto.



Figura 5 Ricettore H112, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

H115

Distante c.a. 800 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno.

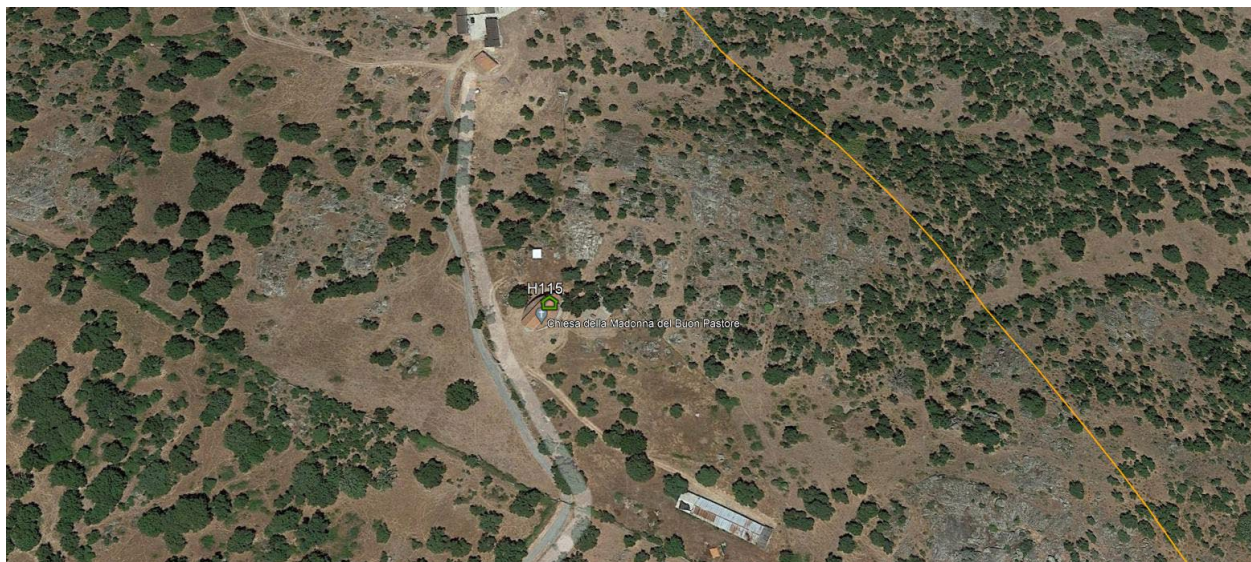


Figura 6 Ricettore H115, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

R136

Distante c.a. 1262 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno, in direzione della posizione delle finestre è schermato da alberature di altro fusto.

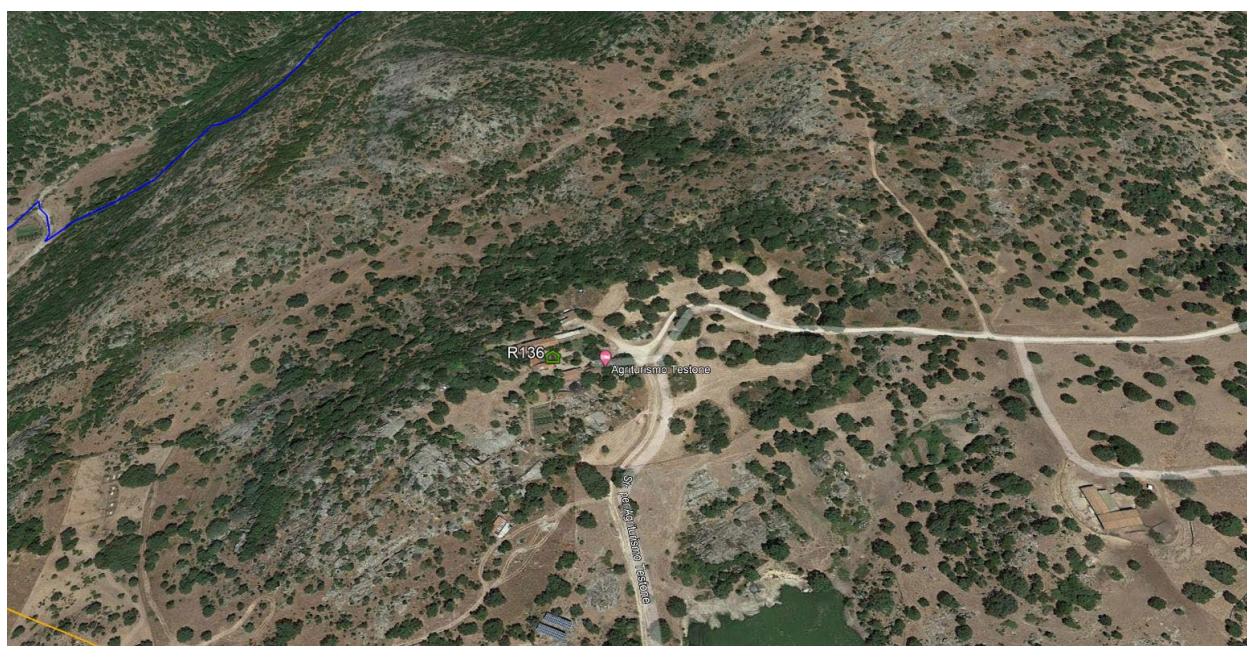


Figura 7 Ricettore R136, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

R144

Distante c.a. 1525 m dalla WTG più vicina, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno, in particolare in direzione della posizione delle finestre.

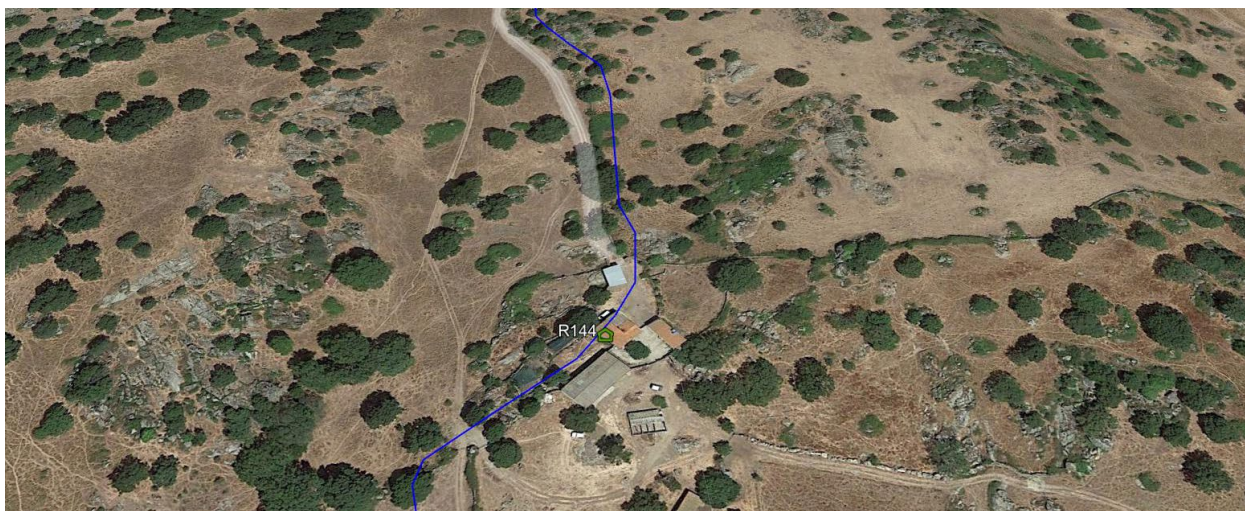


Figura 8 Ricettore R144, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

4. 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 ricettore, dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori. Dal punto di vista di un ricettore lo shadow flickering si manifesta in una variazione ciclica dell'intensità luminosa: in presenza di luce solare diretta, un ricettore 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 ricettore 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 ricettore-aerogeneratore non incontri ostacoli: in presenza di vegetazione o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annulla il fenomeno. Pertanto, ad esempio, qualora il ricettore sia una abitazione, perché si generi lo shadow flickering le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea ricettore aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli;
- La turbina sta orientata in modo che il rotore risulti perpendicolare alla linea sole ricettore:

come mostrato nelle figure seguenti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, 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 ricettore, 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 sono in movimento;

- Turbina e ricettore 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 ricettore, 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.

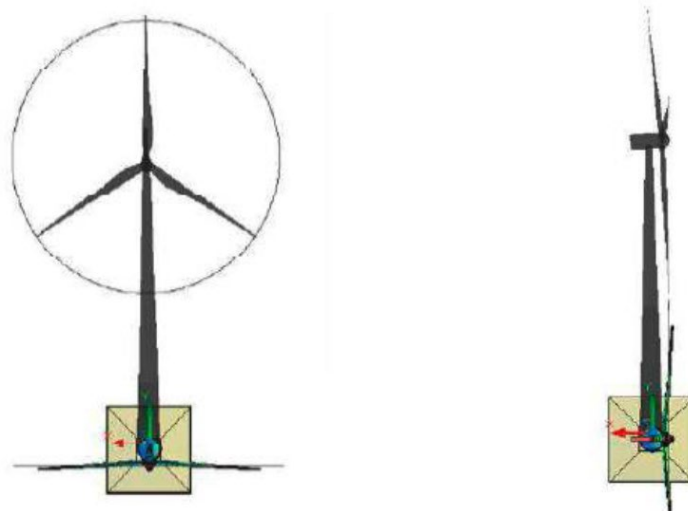


Figura 9 Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore perpendicolare alla linea sole- ricettore e Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore in linea con il sole e ricettore

Rilevamenti sul campo hanno evidenziato che per distanze tra aerogeneratore di altezza paragonabile a quella delle macchine di progetto) e ricettori superiori a 300 m. e posti nei quadranti occidentali e/ orientali rispetto alla turbina, 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 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.

5. 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:

- della altezza della macchina (altezza mozzo più altezza pala pari a 180m);
- orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- proiezione dell'ombra rispetto ai recettori;
- posizione dei possibili recettori.

Le simulazioni sono state effettuate attraverso l'ausilio del software WIND PRO scopo di valutare la proiezione delle ombre prodotte dai raggi solari, rispetto all'aerogeneratore, in virtù della sua posizione geografica (latitudine e longitudine) nel corso dell'anno. Al fine di rendere l'elaborazione maggiormente realistica sono state prese a riferimento le condizioni di Eliofania prese in considerazione sono state quelle della stazione, meteorologica di Cagliari Elmas.

Il caso elaborato è quello del "worst case scenario" caso peggiore, su un raggio massimo di 2000 metri. I parametri della macchina presi in considerazione sono stati:

altezza al mozzo: 102,5 metri

diametro delle pale: 155 metri

Il risultato dell'elaborazione è la costruzione di superfici ad uguale numero di ore di ombreggiatura, organizzate secondo 4 classi:

- classe 1: da 0 a 10 ore;
- classe 2: da 10 a 30 ore;
- classe 3: da 30 a 100 ore;
- classe 4: da 100 a 2000 ore;

La tavola **V.2.34** riporta la rappresentazione spaziale dell'elaborazione alla scala 1:15000

6. VALUTAZIONI DEL FENOMENO

Come visibile dalle tavole allegate alla presente relazione, lungo tutto il tracciato del parco solamente in pochi punti evidenziati si avrà sovrapposizione delle ombre indotte dalle pale opportunamente proiettate, con la sagoma del ricettore H81, H112 E H115, e precisamente in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG8, WTG6, rispettivamente con circa 47,50, 18,48 e 33,06 h/anno, il fenomeno tuttavia è mitigato dalla presente nell'intorno immediato di altri edifici e da una densità elevata di alberature. Per gli aerogeneratori in corrispondenza dei ricettori vi sarà una influenza minima. L'influenza sarà minima perché vi arrivano le ombre con proiezione più profonda e dunque quelle che avranno una intensità solare minima.

Risultati dei calcoli

Recettore d'ombra

n. Nome

	Ombra, caso peggiore		
	Ore d'ombra per anno	Giorni con ombra per anno	Massima durata dell'ombra per giorno
	[ore/anno]	[giorni/anno]	[ore/giorno]
A Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: -90,0° Slope: 90,0° (H34)	0:00	0	0:00
B Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: -90,0° Slope: 90,0° (H47)	9:27	26	0:27
C Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (R81)	47:50	96	0:48
D Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (H112)	18:48	53	0:31
E Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (H115-Chiesa campestre M del Buon Pastore)	33:06	118	0:25
F Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (R136_ Agriturismo Testone)	8:45	29	0:24
G Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 0,0° Slope: 90,0° (R144)	0:00	0	0:00

Figura 10 Quadro riassuntivo elaborato con il modello Wind. Pro

Per quanto riguarda la presenza dell'edificio R144 nell'intorno degli aerogeneratori la proiezione delle ombre dovute al moto rotatorio delle pale avrà alcuna influenza non rilevante, mentre come si nota dall'apposita tavola allegata, il fenomeno dello shadow flickering *potrebbe* avere una minima influenza solamente su uno degli edifici presumibilmente adibiti a civile abitazione (H81 con 47,50 ore/anno) ovvero quello in prossimità dell'aerogeneratore WTG8, che comunque tuttavia è schermato dalla presenza di altri edifici prossimi ed alberature. Ad ogni modo la distanza torre-edificio e pertanto la proiezione dell'ombra sarà molto lieve. Il fenomeno potrà essere schermato con il posizionamento di tende e ulteriore vegetazione, l'effetto flickering sarà comunque improbabile data la presenza di un alta vegetazione autoctona.

Il fenomeno dello shadow flickering è ritenuto "pericoloso" in quanto dimostrato che l'effetto visivo, dovuto alla 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 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 MW, ha in genere un numero di giri per minuti legato alla velocità di cut-off (27 m/s) prossimo ai 11,07 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 ad 1 Hz. Si è, pertanto, ben al di sotto delle soglie che sono definibili pericolose in termini medici.

Inoltre, l'elaborazione è effettuata simulando il caso peggiore in quanto il modello non considera gli aspetti vegetazionali ed antropici posti a ridosso del ricettore e, come risulta evidente dalla tavola V.2.34 e nell'elaborazione eseguita con il modello di WIND.PRO, l'interazione con le abitazioni risulta essere minima.

Quanto sopra detto, porta a definire ininfluenza il fenomeno dello shadow flickering ad opera dell'impianto eolico in progetto.