



Comuni di Ozieri e Chiaramonti

Provincia di Sassari

Regione Sardegna



PARCO EOLICO "ISCHINDITTA"

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

PROPONENTE

GRVDEP Energia S.r.l.

Via Nazario Sauro 9 - 09123 Cagliari

PEC: grvdepennergiasrl@legalmail.it

C.F. e P.IVA 03857060929



OGGETTO

STUDIO DEGLI EFFETTI DI SHADOW FLICKERING

TIMBRI E FIRME



STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO

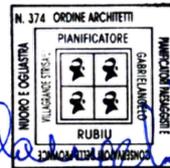
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI

TEL. +39 011 43 77 242

studiorosso@legalmail.it

info@sria.it

www.sria.it



CONSULENZA

Consulenza studi ambientali: Dott. for. Piero RUBIU, Dott. Pian. Gabriele Rubiu

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	REVISIONE
DATA	Maggio/20	DIC/2020
COD. LAVORO	409/RSE20	
TIPOL. LAVORO	V	
SETTORE	S	
N. ATTIVITA'	01	
TIPOL. ELAB.	RS	
TIPOL. DOC.	E	
ID ELABORATO	07	
VERSIONE	0	01

REDATTO

Dott. Pian. Antonio Ganga Dott. Pian. Gabriele Rubiu

CONTROLLATO

Dott. For. Piero Rubiu

APPROVATO

Ing. Roberto Sesenna

ELABORATO 1.7

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE DELL'AEROGENERATORE.....	3
3. RICETTORI.....	3
4. SHADOW FLICKERING	9
5. ANALISI DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA PER L'IMPIANTO IN PROGETTO	10
6. VALUTAZIONI DEL FENOMENO	12
7. ALLEGATO: ANALISI CHIESA SAN LEONARDO	14

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Identificazione dei 4 ricettori	5
Figura 2 Ricettore R4, particolare con tetto crollato, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio R7:	6
Figura 3 Ricettore R7, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	7
Figura 4 Ricettore R16, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	7
Figura 5 Ricettore R17b, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio	8
Figura 6 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	10

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Destinazione catastale dei ricettori	6
--	---

1. PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla proposta della ditta GRVDEP Energia srl (nel seguito SOCIETA') per la realizzazione di un impianto eolico ubicato a cavallo dei comuni di Chiaramonti ed Ozieri in Provincia di Sassari.

GRVDEP Energia S.r.l. è una società italiana, frutto di una joint venture tra GR Value S.p.A. e Depafin S.r.l., holding finanziaria della famiglia De Pascale, titolare dell'impresa di costruzioni Ing. Raffaello Pellegrini Srl.

GR Value S.p.A. nasce con l'intento di creare una società che, attraverso un team di esperti al massimo livello delle competenze tecniche, gestionali e finanziarie nel settore dell'energia, rappresenti una realtà industriale in grado di estrarre il massimo valore dagli assets di produzione da fonti rinnovabili, controllando l'intera catena del valore, dall'origination dell'iniziativa (greenfield o in operation), attraverso il suo sviluppo fino all'autorizzazione, la sua costruzione e la sua efficiente gestione, inclusa la vendita dell'energia elettrica nel mercato elettrico.

Il tutto realizzato con una visione di lungo periodo che miri a costruire una realtà industriale in grado di generare il massimo ritorno per gli investitori, nel pieno rispetto della sicurezza in ogni sua attività (Obiettivo zero incidenti) e della sostenibilità ambientale e sociale degli investimenti per tutti gli stakeholders coinvolti, raggiungibile tramite la più accurata selezione degli impianti e la loro compatibilità con l'ambiente in cui sono inseriti.

L'Impresa Pellegrini affonda le sue radici nel 1950 a Cagliari, grazie al suo fondatore Ing. Raffaello Pellegrini. Dopo 30 anni di attività, si trasforma in una grande realtà operativa nel campo dell'Edilizia, del Genio Civile e delle Infrastrutture Pubbliche, consolidando la sua posizione di primaria impresa nel settore delle costruzioni in Sardegna ed affermandosi negli ultimi anni anche in ambito nazionale, partecipando alla realizzazione di grandi opere pubbliche di rilevanza nazionale. Con oltre 150 addetti fra maestranze e staff tecnico-amministrativo, oggi l'Impresa Pellegrini è una delle principali aziende private operanti in 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 e una potenza massima nominale di 5.6 Mw, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro di 150 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 105,00 m.

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

3. RICETTORI

Con la verifica dello shadow flickering o sfarfallio dell'ombra si calcola quanto spesso e in che intervallo di tempo un dato edificio a destinazione d'uso abitativa ricevono l'ombra generata da una o più WTG. L'ombreggiamento si verifica quando le pale di una turbina passano attraverso i raggi del sole visti da un punto specifico (es. una finestra di un insediamento vicino). Questi calcoli sono basati sullo scenario peggiore (ombra massima astronomica, ossia basata sulla posizione del sole rispetto alle WTG). Se il cielo è coperto o c'è calma di vento, o la direzione del vento è tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto alla linea sole-edificio, la WTG non produrrà ombra, ma la sua influenza apparirà comunque nei calcoli. In altre parole, il calcolo descrive lo scenario peggiore possibile, e rappresenta quindi il massimo rischio potenziale di impatto.

Al momento solo la Germania possiede linee-guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra. Queste si trovano in "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le direttive tedesche, il limite di ombra è determinato da due fattori:

- L'angolo del sole sopra l'orizzonte deve essere almeno 3°
- La pala della turbina eolica deve coprire almeno il 20% del sole.

Il massimo ombreggiamento su un vicino secondo tali linee-guida è:

- Massimo 30 ore all'anno di ombra massima astronomica (caso peggiore)
- Massimo 30 minuti al giorno di ombra massima astronomica (caso peggiore)

- Se si usa una regolazione automatica, il reale impatto dell'ombra andrà limitato a 8 ore all'anno.

L'ora del giorno in cui l'impatto dell'ombra è critico e la definizione del recettore d'ombra sono regolati meno rigidamente dalle normative, e andranno spesso valutati caso per caso.

Ad esempio, una fabbrica o un edificio con uffici non verrebbero interessati se l'ombreggiamento avvenisse dopo l'orario di lavoro, mentre sarebbe più accettabile per abitazioni private subirlo durante lo stesso orario, quando la famiglia è comunque fuori.

Infine, l'effettiva quantità di ombra come frazione del rischio potenziale calcolato dipenderà fortemente dalla posizione geografica in questione. In zone con un'alta frequenza di cielo coperto il problema sarebbe ovviamente minore, e durante le potenziali ore di ombreggiamento in estate le WTG potrebbero spesso essere ferme per assenza di vento.

Anche le statistiche relative alle condizioni di vento ed al numero di ore con cielo sereno possono essere prese in considerazione.

Come si può notare i paesi che hanno legiferato in materia sono quelle del nord Europa, dove la loro posizione geografica e le condizioni climatiche sono tali per affrontare la problematica e il potenziale impatto. L'Italia e nel nostro caso della Sardegna, essendo a una latitudine inferiore rispetto a Danimarca, Svezia, Germania, il fenomeno è meno impattante se non addirittura presente solamente per alcune ore dell'anno e per pochi minuti alle prime ore dell'alba e del tramonto, da letteratura già a 300 m risulta essere trascurabile per le abitazioni, oltre a ruolo importante di barriera assolto dagli ostacoli presenti anche nel territorio in questione, quali alberature e altri confini naturali che determinano la morfologia del territorio

L'Italia non ha ad oggi legiferato in materia o redatto delle linee guida, la stessa Regione autonoma della Sardegna ad oggi non ha emanato nessuna linea guida, probabilmente per i motivi sopra citati, a differenza di altre problematiche che possono avere un impatto sulla salute umana come l'inquinamento acustico, Legge quadro sull'inquinamento acustico L.447/95 ed elettromagnetico, Legge 36/01.

Inoltre per quanto richiamato sulla assimilazione dei beni archeologici, culturali, paesaggistici dell'area, ai ricettori sensibili in senso stretto la cui definizione può ed essere applicata valutando caso per caso, valutando la valenza del bene, come ad esempio la Basilica di Sant'Antico di Bisarcio o il castello dei Doria di Chiaramonti, facilmente accessibili e frequentati assiduamente.

Ma a sostegno di quanto sopra esposto, sia dalla letteratura disponibile che da linee guida disponibili per altri aspetti ambientali si vuole dare una definizione di Ricettore/recettore sensibile:

La definizione di recettore sensibile, sebbene non esplicitamente richiamata all'interno dei documenti legislativi e normativi, è a tutti gli effetti entrata a far parte del glossario delle tematiche ambientali.

Per recettore sensibile si intende uno specifico luogo (area particolarmente protetta quale un parco cittadino, un'area oggetto di continua e assidua frequentazione da parte di persone per almeno 4 ore giornaliere spesso inserita in un particolare contesto storico-culturale) o una specifica struttura (scuola, ospedale, edificio residenziale, ecc.) presso i quali è individuabile una posizione significativa di immissione di disturbo.

L'area su cui è previsto il progetto, ha sostanzialmente due accessi, uno da Erula-Tula, che attraversa il Parco esistente Sa Turrina Manna, il secondo dalla SS 132 di Ozieri che al Km 26 di dirama una strada comunale che accede al monte Sassu. Tutte la WTG sono confinate all'interno di proprietà private opportunamente recintate e accessibili da cancelli non sempre aperti ed accessibili, ubicate in Comune di Chiaramonti(OZ9,OZ8,OZ,7,OZ6), discorso leggermente diverso per le WTG OZ1, OZ2, OZ3,OZ4,OZ5, ubicate in Comune di Ozieri, le cui proprietà private sono inaccessibili con autoveicoli perchè le stesse sono chiuse con recinzioni e cancelli con lucchetto, visibile anche dalla verifica da google heart dove gli stessi operatori si son dovuti fermare e tornare indietro.

La gran parte dei beni catalogati inoltre sono coperti dalla vegetazione e non rispondenti certamente alle misure di sicurezza di accesso per gli sporadici visitatori.

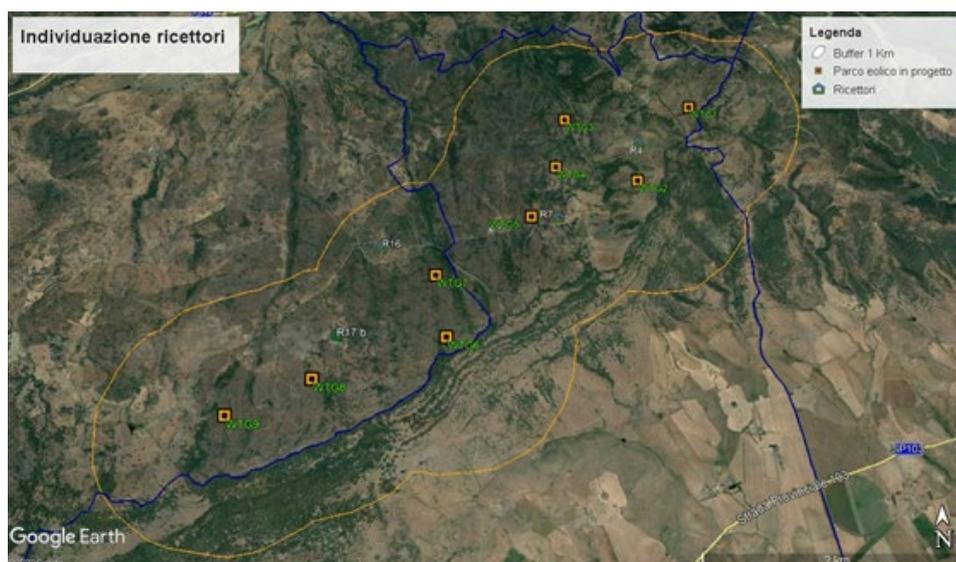
Le stesse linee guida ISPRA per il monitoraggio acustico dei parchi eolici in prescrizioni di VIA a pag. 19 identificano i ricettori sensibili Ricettore sensibile: scuola, ospedale, case di cura/riposo.Doc. 100/2013.

Il DM 29/05/2008 calcolo della DPA in prossimità di ricettori con permanenza inferiore alle 4 ore giornaliere.

Il ricettore è definito tale se un'immissione sia sonora, odorigena, elettromagnetica e quant'altro può potenzialmente recare una danno ad un individuo che dovrà permanere in quel luogo per almeno 4 ore giornaliere.

Tuttavia dall'analisi del fenomeno che si manifesta per poche ore durante l'anno alle prime ore dell'alba e al tramonto e l'impossibilità di permanere nei luoghi per almeno 4 ore si ritiene non applicabile il risultato dei potenziali effetti negativi dello shadow flickering al contesto in oggetto, con particolare riferimento ai beni culturali presenti nell'area. Si allega comunque lo studio dello sfarfallio dell'ombra nei confronti della chiesa di San Leonardo, elaborato con il software Wind.Pro, elaborando il caso atteso paria a 5,25 h/anno.

Sono stati identificati 4 *ricettori sensibili* classificati come abitazione, categoria A, di cui R4 è classificato come unità collabente in quanto non agibile, presenta segni di crolli sul tetto, come si può verificare dalla foto aerea allegata di seguito.



*Figura 1*Identificazione dei 4 ricettori sensibili

PUNTO MONITORAGGIO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLA	DESTINAZIONE D'USO CATASTALE	CATEGORIA
R4	Ozieri	2	86	ENTE URBANO	A/4 *
R7	Ozieri	3	127	ENTE URBANO	A/3
R16	Chiaramonti	31	57	ENTE URBANO	A/4
R17b	Chiaramonti	31	47	ENTE URBANO	A/4
					*Unità collabente

Tabella 1 Destinazione catastale dei ricettori

Di seguito si identificano i 4 ricettori:

R4:

Unità collabente, distante c.a. 412 m dalla WTG più vicina, su cui è presente il crollo del tetto, è comunque schermato dalla presenza di alberature ad alto fusto nell'intorno.



Figura 2 Ricettore R4, particolare con tetto crollato, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

R7:

Teoricamente è il ricettore più vicino, distante c.c.a 217 mascherato da alberature di alto fusto, sia nell'intorno che nel lato ovest dov'è presente la finestra.



Figura 3 Ricettore R7, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

R16

Distante c.a. 551 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 R16, presenza di alberature di alto fusto che schermano l'edificio

R17b

Distante c.a. 387 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 R17b, 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 recettore, dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori. Dal punto di vista di un 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 annulla il fenomeno. Pertanto, ad esempio, qualora il recettore sia una abitazione, perché si generi lo shadow flickering le finestre dovrebbero essere orientate perpendicolarmente alla linea recettore aerogeneratore e non affacciarsi su ostacoli;
- La turbina sta 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 sono 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.

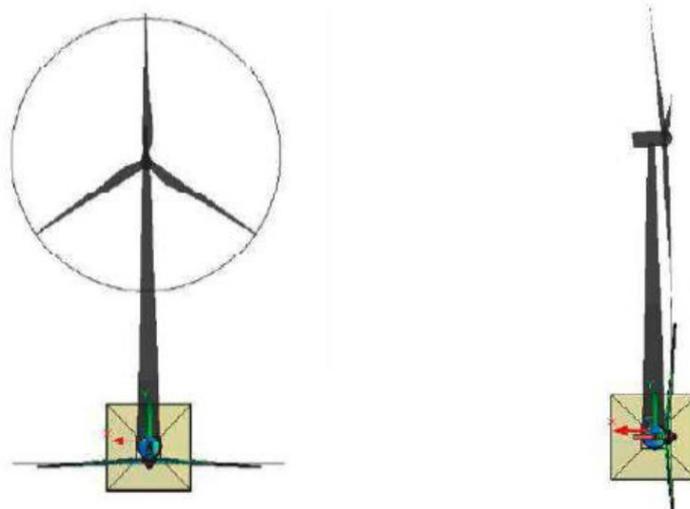


Figura 6 Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore perpendicolare alla linea sole- ricettore e Proiezione dell'ombra indotta dall'aerogeneratore con rotore in linea con il sole e ricettore

Rilevamenti sul campo hanno evidenziato che per distanze tra aerogeneratore di altezza paragonabile a quella delle macchine di progetto) e ricettori superiori a 350m 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 meteorologiche;
- 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 di alcuni tool disponibili in rete¹ i cui risultati preliminari sono poi stati elaborati, calibrati e georiferiti su piattaforma GIS² allo 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 Alghero - Fertilia. Nell'elaborazione si è tenuto conto delle seguenti ore effettive di illuminazione, suddivise per mese:

Mese	Ore totali
Gennaio	127.1
Febbraio	137.2
Marzo	186
Aprile	216
Maggio	269
Giugno	300
Luglio	350
Agosto	316.2
Settembre	249
Ottobre	201.5
Novembre	138.0
Dicembre	114.7

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

altezza al mozzo: 105 metri

diametro delle pale: 150 metri

I recettori presi in considerazione e le relative influenze sono descritti nella tabella di seguito:

Punto di monitoraggio	Comune	X (UTM 32N)	Y (UTM 32N)	Aerogeneratori interessati
R4	Ozieri	494915	4509912	G2 – G3 –G4
R7	Ozieri	494162	4509167	G3 - G5
R16	Chiaramonti	492683	4508948	G3 – G7
R17b	Chiaramonti	492353	4508149	G6 – G8

¹ Si veda, ad esempio, <http://ele.aut.ac.ir/~wind/en/tour/env/shadow/shadowc.htm>

² QGIS software, accessibile su QGIS.org

Il risultato dell'elaborazione è la costruzione di superfici ad uguale numero di ore di ombreggiatura, organizzate secondo 5 classi:

- classe 1: da 0 a 10 ore;
- classe 2: da 10 a 25 ore;
- classe 3: da 25 a 85 ore;
- classe 4: da 85 a 250 ore;
- classe 5: oltre 250 ore.

La tavola **V.2.34** riporta la rappresentazione spaziale dell'elaborazione alla scala 1:10000

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 R7, e precisamente in corrispondenza dell'aerogeneratore WTG5. Per gli aerogeneratori in corrispondenza dei ricettori R16 e R17b 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.

Per quanto riguarda la presenza di edifici R16 e R17b nell'intorno degli aerogeneratori la proiezione delle ombre dovute al moto rotatorio delle pale non avrà alcuna influenza, mentre come si nota dall'apposita tavola allegata, il fenomeno dello shadow flickering *potrebbe* avere influenza solamente su uno dei tre edifici presumibilmente adibiti a civile abitazione ovvero quello in prossimità dell'aerogeneratore WTG5. Ad ogni modo la distanza torre-edificio è di circa 217m, e pertanto la proiezione dell'ombra sarà molto lieve (da letteratura può ritenersi ininfluenza superati i 300m). Tuttavia si evidenzia che il proprietario del ricettore R7 è anche titolare del terreno della WTG5 in progetto, firmatario del contratto di concessione dell'area, che comunque qualora fosse necessario, 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 5,6 MW, ha in genere un numero di giri per minuti legato alla velocità di cut-off (25 m/s) prossimo ai 12,6 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 e, come risulta evidente dalla tavola allegata, l'interazione con abitazioni risulta essere minima.

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

7. ALLEGATO: ANALISI CHIESA SAN LEONARDO

SHADOW - Risultato principale

Calcolo: Flickhering San Leonardo

Assunzioni sui calcoli d'ombra

Distanza massima di influenza

Calcola solo quando oltre il 20% del sole è coperto dalla pala

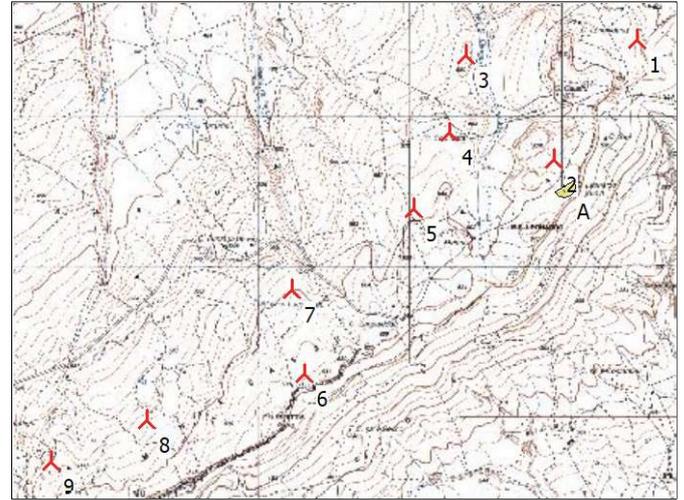
Consultare la tabella delle WTG

Altezza minima del sole sull'orizzonte 3 °
 Passo giornaliero del calcolo 1 giorni
 Passo temporale del calcolo 1 minuti

Probabilità di eliofania (media ore giornaliere di insolazione) [ALGHERO]

Gen Feb Mar Apr Mag Giu Lug Ago Set Ott Nov Dic
 3,85 4,78 5,80 6,92 8,25 9,91 10,91 9,92 8,15 6,40 4,83 3,92

Tutte le coordinate sono in
 Geo [deg]-WGS84



Scala 1:50.000

Nuova WTG

Recettore d'ombra

WTG

Longitudo	Latitude	Z	Dati/Descrizione	Tipo di WTG			Potenza nominale	Diametro rotore	Altezza mozzo	Dati di ombra	
				Valida	Produttore	Tipo generatore				Distanza di calcolo	giri/min
			[m]				[kW]	[m]	[m]	[m]	[giri/min]
1	8,945704° E	40,743643° N	587,5 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
2	8,939215° E	40,736505° N	625,1 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
3	8,932380° E	40,742732° N	567,9 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
4	8,931069° E	40,738115° N	590,5 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
5	8,928280° E	40,733589° N	595,9 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
6	8,919800° E	40,723741° N	624,4 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
7	8,918791° E	40,728747° N	603,1 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
8	8,907553° E	40,721005° N	573,1 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0
9	8,900034° E	40,718505° N	577,9 VESTAS V150-5.6 56... Si	Si	VESTAS	V150-5.6-5.600	5.600	150,0	105,0	1.902	0,0

Recettore d'ombra-Immissione dati

n. Nome	Longitudo	Latitude	Z	Ampiezza	Height	Altezza s.l.t.	Gradi Sud	Inclinazione della finestra	Modo orientazione	Altezza osservatore
A Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 150,0° Slope: 90,0° (Ch_S_Leonardo)	8,940082° E	40,734934° N	647,9	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	Monodirezionale	[m]
				1,0	1,0	1,0	-210,0	90,0		2,0

Risultati dei calcoli

Recettore d'ombra

n. Nome

A Shadow Receptor: 1,0 × 1,0 Azimuth: 150,0° Slope: 90,0° (Ch_S_Leonardo)

Ombra, valore atteso

Ore d'ombra per anno

[ore/anno]

5:25

Ombreggiamento totale sui recettori d'ombra causato da ciascuna WTG

n. Nome

Atteso
[ore/anno]

1 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ1)	0:00
2 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ2)	0:00
3 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ3)	0:00
4 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ4)	4:25
5 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ5)	1:00
6 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ6)	0:00
7 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ7)	0:00
8 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ8)	0:00
9 VESTAS V150-5.6 5600 150.0 !O! hub: 105,0 m (TOT: 180,0 m) (OZ9)	0:00

I tempi totali possono differire tra le tabelle per turbina e quelle per recettore, in quanto ciascuna WTG può dare ombreggiamento su 2 o più recettori contemporaneamente, e/o un recettore può subire ombreggiamento da 2 o più WTGs contemporaneamente.