

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNI DI CASTELLANA SICULA - PETRALIA SOTTANA

PROVINCIA DI CALTANISSETTA

COMUNI DI RESUTTANO - SANTA CATERINA VILLARMOSSA - VILLALBA

Il Committente:



NP Sicilia 7 S.r.l.

Galleria Passarella, 2

20122 MILANO

P.IVA - C.F. 12931930965

Il Progettista:



dott. ing. VITTORIO RANDAZZO



dott. ing. VINCENZO DI MARCO

Titolo del progetto:

PARCO EOLICO "SAN NICOLA"
POTENZA NOMINALE 39,6 MW

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

NPS7_RES_I03_REL

ID PROGETTO:

TIPOLOGIA:

FORMATO:

A4

TITOLO:

SHADOW FLICKERING

FOGLIO:

SCALA:

NA:

Rev:	Data	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0				V.D.	V.R.
1	15/05/2024			V.D.	V.R.

Sommar

1	PREMESSE	2
2	DEFINIZIONI.....	4
2.1	RETE ELETTRICA	4
2.2	IMPIANTO EOLICO	5
3	DESCRIZIONE DEL SITO DI INDAGINE.....	8
3.1	DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI E UBICAZIONE	18
3.1.1	Specifiche tecniche	18
3.2	INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI	20
4	ANALISI DI SHADOW FLICKERING	23
4.1	CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI.....	23
4.2	METODOLOGIA DI ANALISI.....	26
4.3	DATI INPUT E PARAMETRI DEL MODELLO.....	28
4.4	DTM.....	28
4.5	AEROGENERATORI E RECETTORI	28
5	RISULTATI	30
5.1	GIORNI DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO.....	30
5.2	ORE DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO.....	31
5.3	MINUTI DI OMBREGGIAMENTO AL GIORNO.....	32
5.4	ANALISI DEI RICETTORI	33
5.5	ANALISI DEI RISULTATI.....	37
5.6	MISURE DI MITIGAZIONE	39
6	CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	40

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 2

1 PREMESSE

La presente relazione è stata integrata a seguito di alcuni interventi in variante al progetto del parco eolico di NP Sicilia7 s.r.l. denominato "SAN NICOLA" sito nei comuni di Resuttano (CL), Santa Caterina Villarmosa (CL), Villalba (CL), Castellana Sicula (PA) e Petralia Sottana (PA), di potenza pari a 36,9 MW. Per questo progetto era stata presentata istanza di VIA in data 05/01/2024, con l'avvio della consultazione pubblica in data 15/02/2024 e avente codice di procedura (ID_VIP7ID_MATTM) 10879.

A seguito di alcune modifiche apportate al progetto si trasmette la documentazione progettuale aggiornata.

Gli interventi di cui alla presente variante rispecchiano la volontà della Società proponente, nel pieno spirito di leale collaborazione che la contraddistingue, di voler riscontrare il parere espresso dal CTS n. 199 del 18/04/2024 trasmesso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Divisione V – Procedure di valutazione VIA e VAS prot. n. 41809 in data 12/06/2024, con il fine di ottenere il riesame dello stesso. In estrema sintesi, le modifiche apportate al progetto prevedono:

- Soppressione degli aerogeneratori WTG 1, WTG 5 e WTG 7;
- Posizionamento di due nuovi aereogeneratori WTG 8 e WTG 9;
- Ri-tracciamento del percorso del cavidotto interessante il comune di Castellana Sicula (PA), nello specifico il tratto interessante la S.S. n 121 "La Catanese" al fine di non interferire con la realizzazione/ammodernamento dell'asse ferroviario Palermo-Catania di cui al "Lotto 3 – Tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi" di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) e approvato favorevolmente in via definitiva nella relativa Conferenza dei Servizi.

Su incarico di NP Sicilia 7 s.r.l., le società Entrope e AGON Engineering S.r.l. hanno redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico ricadente all'interno del territorio comunale di Resuttano (CL) di Santa Caterina Villarmosa (CL).

Il progetto prevede l'installazione di 6 nuovi aerogeneratori, rispetto al progetto originario che ne prevedeva 7, con potenza unitaria di 6,6 MW, ciò porta la potenza complessiva di impianto di 39,6 MW, così collocati all'interno del territorio: le - WTG 2 – WTG 3 - WTG 4 nel comune di Resuttano (CL), le WTG 6, WTG 8 e WTG 9 in quello di Santa Caterina

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	 		
		04/06/2024	REV 0	Pag. 3

Villarmosa (CL). Per quanto riguarda la viabilità di esercizio, nonché il cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale, interesserà anche i comuni di Villalba (CL), Castellana Sicula (PA) e Petralia Sottana (PA).

Nel territorio comunale di Villalba (CL), inoltre, saranno realizzati: una nuova Cabina Utente di connessione (CU) e un sistema di accumulo (Storage) caratterizzato da una potenza nominale di 30 MW, una potenza installata di 32,194 MW e una capacità di 128, 596 MWh. Entrambe le strutture sono collocate nelle vicinanze dell'area destinata alla realizzazione di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

Lo Shadow-Flickering è l'espressione comunemente impiegata in ambito specialistico per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici quando sussistono le condizioni meteorologiche opportune. Infatti, la possibilità e la durata di tali effetti dipendono da una serie di condizioni ambientali, tra cui: la posizione del sole, l'ora del giorno, il giorno dell'anno, le condizioni atmosferiche ambientali e la posizione della turbina eolica rispetto ad un recettore sensibile.

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

In tale report è riportata:

- La descrizione del caso studio con le posizioni delle turbine e loro caratteristiche tecniche;
- Una breve descrizione tecnica del fenomeno di shadow flickering;
- La descrizione dei recettori soggetti al fenomeno per i quali è stata richiesta questa analisi;
- Sintesi della metodologia di analisi seguita per lo studio;
- Sintesi dei risultati ottenuti, con allegati grafici ed analitici di dettaglio che descrivono il fenomeno su ognuno dei recettori e da parte di ognuna delle turbine per tutto l'anno solare.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 4

2 DEFINIZIONI

2.1 RETE ELETTRICA

- Distributore: Persona fisica o giuridica responsabile dello svolgimento di attività e procedure di distribuzione di cui è proprietaria.
- Punto di consegna: Il punto di confine tra la rete del distributore e la rete di utente, dove l'energia scambiata con la rete del distributore viene contabilizzata e dove avviene la separazione funzionale tra rete del distributore e la rete di utente.
- Punto di consegna per utenti attivi: Il punto di consegna per gli utenti attivi si trova, dal punto di vista della rete del distributore, a monte dell'impianto di misura: quest'ultimo viene realizzato a carico dell'utente attivo che ne ha la completa responsabilità. Il punto di consegna è costituito dal confine tra impianto di rete per la connessione e impianto di utenza per la connessione. Tale punto è posizionato generalmente in prossimità del confine di proprietà degli impianti. Qualora l'impianto di rete per la connessione preveda sistemi di protezione, comando e controllo, deve essere previsto un fabbricato nel quale trovino posto i sistemi di protezione, comando e controllo delle apparecchiature ed equipaggiamenti funzionali al collegamento. Qualora il suddetto fabbricato sia realizzato in area di proprietà dell'Utente, l'accesso in sicurezza a tale fabbricato da parte del distributore deve essere garantito in ogni momento e senza preavviso.
- Punto di misura: Il punto di misura è il punto in cui è misurata l'energia elettrica immessa e/o prelevata dalla rete.
- Punto di connessione: Punto sulla rete del distributore dal quale, in relazione a parametri riguardanti la qualità del servizio elettrico che deve essere reso o richiesto, è alimentato l'impianto dell'Utente.
- Utente della rete del distributore (o utente): Soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia elettrica.
- Utente attivo: Soggetto che converte l'energia primaria in energia elettrica mediante impianti di produzione allacciati alla Rete di distribuzione.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 5

2.2 IMPIANTO EOLICO

- Pala: componente interagente con il vento progettata con un profilo tale da massimizzare l'efficienza aerodinamica.
- Mozzo: componente che connette le pale all'albero principale trasmettendo ad esso la potenza estratta dal vento ed ingloba i meccanismi di regolazione dell'angolo di Pitch.
- Moltiplicatore di giri: ha lo scopo di incrementare la velocità di rotazione del rotore per adattarla ai valori richiesti dai generatori convenzionali.
- Freni: possono essere aggiunti freni meccanici oltre a quello aerodinamico, sono in grado di arrestare il rotore in condizioni meteorologiche avverse, oltre che svolgere la funzione di "freni di stazionamento" per impedire che il rotore si ponga in rotazione quando la turbina non è in servizio.
- Generatore: può essere asincrono, quindi un motore trifase ad induzione caratterizzato da una velocità di sincronismo che dipende dal numero di poli e dalla frequenza di rete, oppure sincro, chiamato anche alternatore. In questo caso il rotore è costituito da un elettromagnete a corrente continua o da magneti permanenti. La frequenza della tensione indotta sullo statore (e quindi della corrente prodotta) è direttamente proporzionale alla velocità di rotazione del rotore.
- Sistema d'imbardata: La navicella viene fatta ruotare sulla sommità della torre da un sistema di controllo d'imbardata e di movimentazione attivo costituito da attuatori elettrici e relativi riduttori, per far sì che il rotore sia sempre trasversale al vento.
- Torre: le turbine ad asse orizzontale possono utilizzare torri a traliccio, usate generalmente fino agli anni '80, o tubolari, oggi più diffuse poiché necessitano di minori connessioni tramite bulloni, forniscono un'area protetta per l'accesso alla turbina e sono esteticamente preferibili.
- Sistemi di controllo e di protezione/stazionamento: Tali sistemi costituiscono il "cervello" della turbina eolica e forniscono la logica di controllo, per comandare le procedure di avviamento ed arresto della turbina stessa e per assicurare che la turbina operi entro determinati parametri di funzionamento prestabiliti, proteggendo in particolare il rotore dalle sovra-velocità e le diverse parti del circuito elettrico dalle sovracorrenti e dalle sovratensioni.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 6

- **Dispositivi ausiliari:** I principali dispositivi ausiliari montati all'interno della navicella comprendono un dispositivo idraulico per lubrificare il moltiplicatore di giri o le altre parti meccaniche e scambiatori di calore per il raffreddamento dell'olio e del generatore, ivi compresi pompe e ventilatori. Sulla sommità della navicella sono installati anemometri e banderuole per il controllo della turbina, luci di segnalazione per gli aerei ed un'eventuale piattaforma di supporto per la discesa da elicottero (per l'accesso alle turbine off-shore). Per migliorare l'affidabilità dell'aerogeneratore vengono impiegati diversi sensori che monitorano lo stato dei vari componenti e segnalano eventuali malfunzionamenti che necessitano di operazioni di manutenzione.
- **Angolo di incidenza:** indica l'angolo con cui un profilo alare della pala fende il flusso dell'aria. A seconda della tipologia di pala può essere fisso (stall) o variabile in funzione della ventosità (pitch).
- **Attività di dispacciamento:** attività diretta ad impartire disposizioni per l'utilizzazione e l'esercizio coordinati degli impianti di produzione, della rete di trasmissione e dei servizi ausiliari.
- **Attività di trasmissione:** Attività di trasporto e trasformazione dell'energia elettrica sulla rete. Dell'attività di trasmissione fanno parte:
 - la gestione unificata della RTN e delle parti delle stazioni elettriche non comprese nella medesima ma ad essa comunque connesse e funzionali all'attività di trasmissione ai sensi dell'articolo 3, comma 5, del decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 25 giugno 1999;
 - la programmazione e l'individuazione degli interventi di sviluppo;
 - l'autorizzazione annuale degli interventi di manutenzione.
- **Flicker:** Impresione soggettiva della fluttuazione della luminanza di lampade ad incandescenza o fluorescenti dovuta a fluttuazioni della tensione di alimentazione.
- **Potenza nominale:** Potenza apparente massima a cui un generatore elettrico o un trasformatore possono funzionare con continuità in condizioni specificate (kVA).

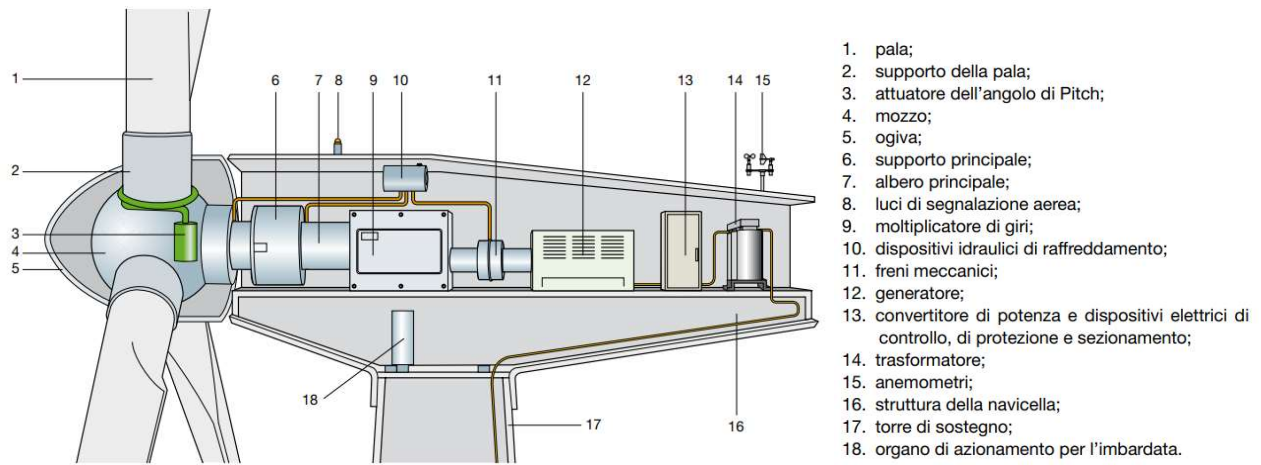


Figura 1 Principali componenti di un aerogeneratore

3 DESCRIZIONE DEL SITO DI INDAGINE

Il progetto si identifica all'interno delle seguenti cartografie:

- Foglio IGM in scala 1:25.000 di cui alla seguente codifica: n° 621 – “Alia”, n° 622 – “Gangi”, n° 631 – “Caltanissetta - Enna”;
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 621150, 621110, 621120, 622090, 622130, 622140.

Di seguito le particelle sulle quali verranno installati i nuovi aerogeneratori e la stazione elettrica.

ID WTG	Comune	Fg.	Part.
2	RESUTTANO	30	152
3	RESUTTANO	30	89
4	RESUTTANO	30	41
6	SANTA CATERINA VILLARMOSA	11	106
8	SANTA CATERINA VILLARMOSA	17	167
9	SANTA CATERINA VILLARMOSA	8	14

Tabella 1 Particellare relativo alle WTG

ID	Comune	Fg.	Part.
SU	VILLALBA	53	27
STORAGE	VILLALBA	53	27
SE	VILLALBA	53	293-294

Tabella 2 Particellare relativo alle SU, Storage ed SE

I fogli di mappa catastali interessati dal percorso dei cavidotti interrati sono indicati nella tabella successiva.

Comune	Foglio
RESUTTANO	29-30
SANTA CATERINA VILLARMOSA	17-24-18-11-19-8
PETRALIA SOTTANA	97-98-99-105-107-108-117-118-119
CASTELLANA SICULA	44-45-46-47-49-50-51
VILLALBA	48-53

	PARCO EOLICO "SAN NICOLA"	 		
		RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING	04/06/2024	REV 0

Tabella 3 Particellare relativo alle aree interessate dal passaggio del cavidotto

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori nel sistema di riferimento UTM fuso 33N:

ID WTG	Est	Nord	Comune
2	417438.00	4166477.00	RESUTTANO
3	418065.00	4165859.00	RESUTTANO
4	418617.00	4165429.00	RESUTTANO
6	419734.00	4164058.00	SANTA CATERINA VILLARMOSA
8	418394.00	4163586.00	SANTA CATERINA VILLARMOSA
9	417767.00	4164927.00	SANTA CATERINA VILLARMOSA

Tabella 4 Coordinate degli aerogeneratori

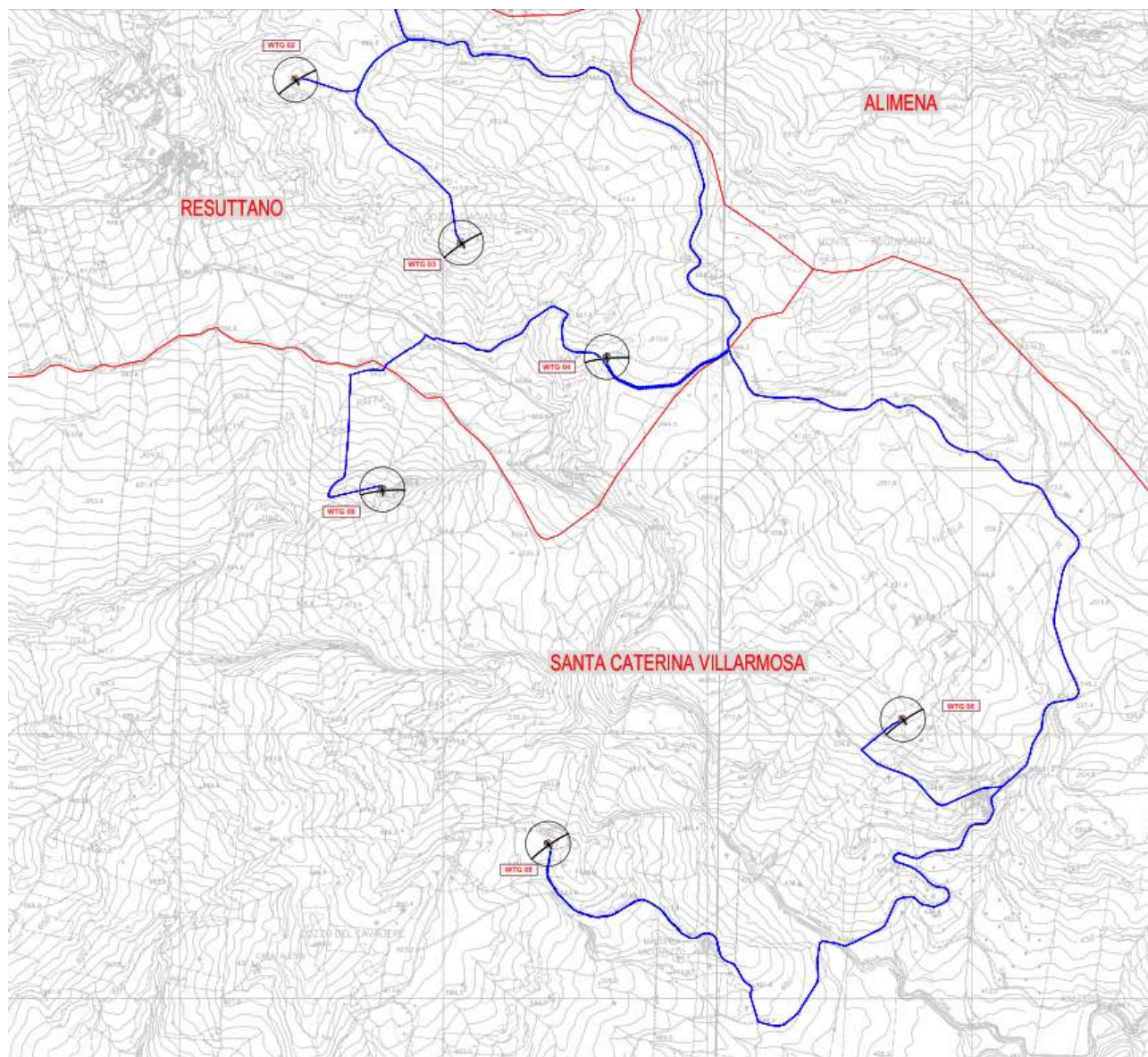


Figura 2 Inquadramento di dettaglio delle WTG su cartografia CTR

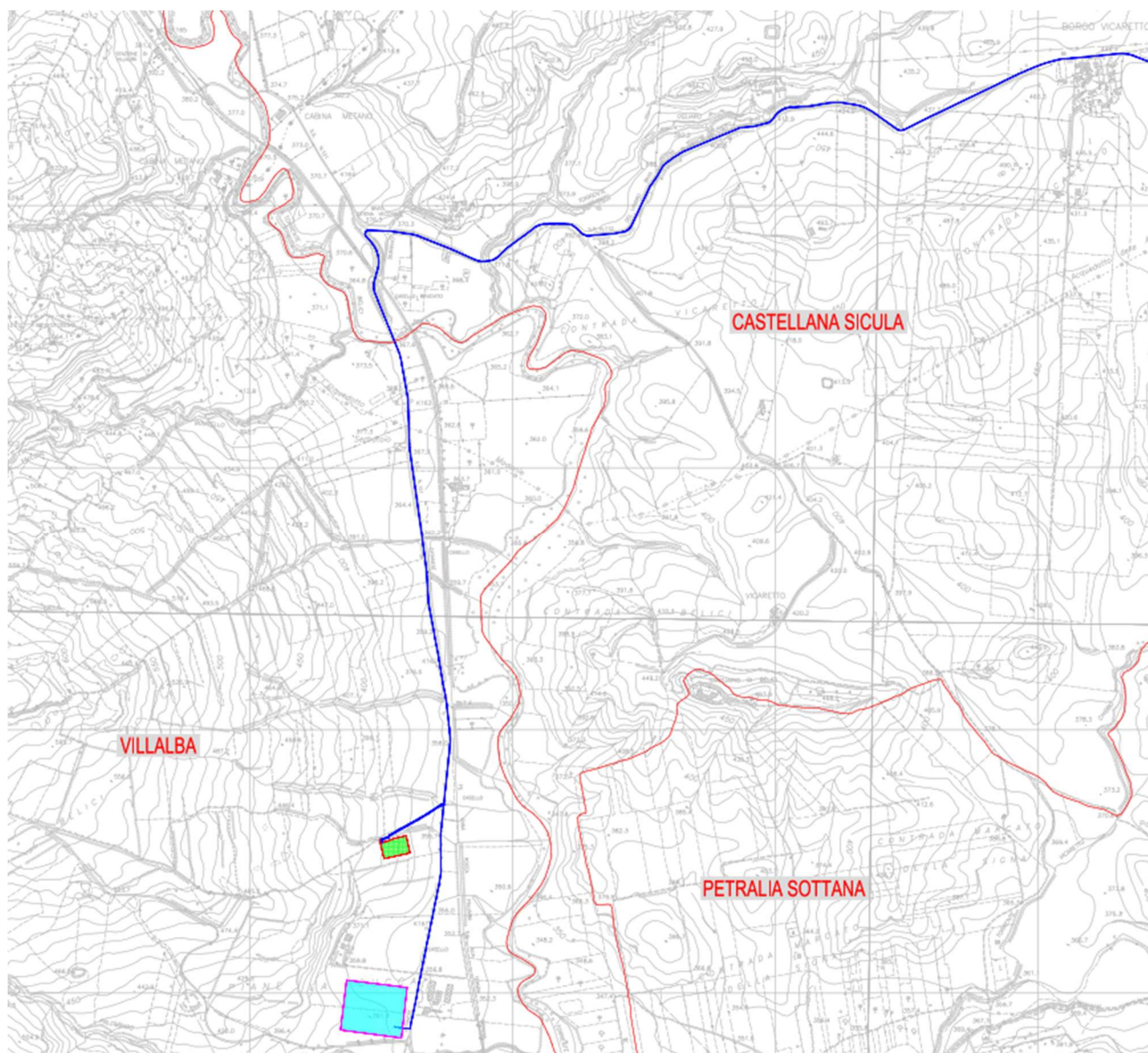


Figura 3 Inquadramento di dettaglio su CTR della Cabina Utente e Storage (verde) e Stazione Terna (azzurra)

Gli aerogeneratori, WTG 2, WTG 3, WTG 4, WTG 6 e WTG 9 sono collocati in contrada San Nicola, l'aerogeneratore WTG 8 ricade in contrada Vaccarizzo.

L'area, oggetto di intervento, inoltre, si trova:

- a sud est del comune di Resuttano (CL) a una distanza di circa 3,5 km;
- a sud del comune di Alimena (PA) a una distanza di circa 6 km;
- a nord est del comune di Santa Caterina Villarmosa (CL) a una distanza di circa 5 km;

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 12

- a nord ovest del comune di Villarosa (EN) a una distanza di circa 7,5 km.

L'area del parco eolico e il percorso del cavidotto sono interessate da diverse strade pubbliche e, in particolare, dalle seguenti vie di comunicazione principali:

- la **SP72** (strada provinciale 72, strada che attraversa il territorio comunale di Petralia Sottana);
- la **SP112** (strada provinciale 112, strada che attraversa i territori comunale di Petralia Sottana e Castellana Sicula);
- la **SP121** (strada provinciale 121, strada che attraversa i territori comunali di Castellana Sicula e Villalba)

Le strade pubbliche sopra citate sono collegate all'area afferente al parco eolico grazie alla presenza di una fitta rete di strade interpoderali e comunali.

Da un punto di vista dell'uso del suolo, l'area prescelta per l'installazione dell'impianto eolico è attualmente utilizzata a seminativo. La zona interessata dalle opere è per gran parte disabitata con la sola presenza di qualche fabbricato isolato e non abitato.

Nelle immagini che seguono sono presentate le aree scelte per ospitare gli aerogeneratori che comporranno il Parco Eolico di futura costruzione.



Figura 4 Area di ubicazione della WTG2



Figura 5 Area di ubicazione della WTG3



Figura 6 Area di ubicazione della WTG4



Figura 7 Area di ubicazione della WTG6



Figura 8 Area di ubicazione della WTG8



Figura 9 Area di ubicazione della WTG9

L'area vasta nella quale si inserisce l'opera di progetto accoglie numerosi impianti eolici, la maggior parte dei quali sono in fase autorizzativa. In merito a possibili disturbi da ombreggiamento dovuti alla compresenza di più impianti (effetto cumulo), è stata verificata la presenza di aerogeneratori all'interno delle aree buffer di 700 m di raggio dalle singole wtg di progetto (l'area nella quale sono stati rilevati i possibili ricettori esistenti e, quindi, è stata svolta la verifica dello shadow).

In tre casi, ovvero nelle aree di influenza delle wtg4, wtg6 e wtg9, è stata riscontrata la presenza di turbine afferenti ad altri progetti di impianti eolici in corso di valutazione. Tuttavia, come verrà descritto nei paragrafi successivi, nelle aree di indagine delle wtg 4 e 9, con raggio pari a 700 m, non è stato rilevato alcun ricettore sensibile, mentre nel caso della wtg6 i ricettori individuati si trovano in posizioni tali per cui le due turbine (quella di

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 17

progetto e quella appartenente ad un impianto in autorizzazione) non generano cumulo in termini di disturbo da ombreggiamento.

Per tali motivi non si è ritenuto necessario inserire tali impianti all'interno dell'analisi dello shadow per la verifica degli impatti cumulativi.

3.1 DESCRIZIONE DEGLI AEROGENERATORI E UBICAZIONE

Come detto poco fa, non sovrapponendosi l'effetto di ombreggiamento intermittente delle turbine esistenti sui ricettori interessati da shadow dovuto all'impianto di progetto, le uniche turbine che verranno descritte sono unicamente quelle impiegate per il parco eolico proposto, le cui coordinate sono descritte nella tabella seguente:

ID WTG	Lat. Nord	Long. Est	Altitudine (m)	Modello Aerogeneratore	Altezza Mozzo (m)	Potenza Nominale (kW)
WTG2	4166477.00	417438.00	706	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG3	4165859.00	418065.00	703	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG4	4165429.00	418617.00	633	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG6	4164058.00	419734.00	601	SG 6.6 - 170	115	6.600
WTG8	4163586.00	418394.00	586	SG 6.6 - 170	125	6.600
WTG9	4164927.00	417767.00	629	SG 6.6 - 170	115	6.600

Tabella 5 Coordinate, tipologia e caratteristiche degli aerogeneratori di progetto

3.1.1 Specifiche tecniche

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori di modello SG 6.6 - 170 (Siemens Gamesa), scelti per il presente progetto.

GENERALI	
Temperatura di funzionamento a piena potenza	-30°C / +50 °C
Temperatura di declassamento da raggiungere	+50 °C
Temperatura operativa STW	-20 °C / +40 °C
Temperatura CW	Full power: -30 °C to 40 °C, survive -40 °C a 50 °C
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6600 kW
Velocità massima delle lame	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Condizioni del vento secondo IEC 61400 1 (ed. 3) per il range di temperatura standard	7.5 m/s

	PARCO EOLICO "SAN NICOLA"	 		
		RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING	04/06/2024	REV 0

Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni
TORRE	
Tipologia	SG 6.6-170
Altezza all' Hub	115-125 m
Classe vento	IEC IIIA-IIIIB
Numero di lame	3
ROTORE	
Diametro rotore	170,0 m
Area spazzata	22698 m ²
Potenza su superficie nominale	220,28 W/m ²
Regolazione della potenza	Regolazione del pitch e della coppia con velocità variabile
Tilt Rotore	6°
PALE DEL ROTORE	
Materiale	G (Glassfiber) – CRP (Carbon Reinforced Plastic)
Lunghezza totale	83,5 m
IMPIANTO ELETTRICO	
Potenza nominale PnG	6600 kW
Voltaggio nominale (rotore/statore)	690/5000 V
Potenza reattiva	5000 kVA
Fattore di potenza standard	±0.90
Frequenza	50 / 60 Hz
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	690 V
Tensione nominale massima OV, dipendente dalla rete a 36 kV, Ur	20 kV / 40,5 kV
Corrente nominale	630 A
Velocità nominale	1120 rpm-6p (50Hz) 1344 rpm-6p (60Hz)
Deriva Frequenza max	4 Hz/sec
Squilibrio di tensione max	<5 %

Figura 10 Principali caratteristiche tecniche della turbina utilizzata

3.2 INDIVIDUAZIONE E SCELTA DEI RECETTORI

Nell'analisi di Shadow Flickering sono stati considerati tutti i possibili ricettori presenti nel raggio di circa 700 metri dai punti di installazione delle singole turbine eoliche. Come verrà mostrato nei capitoli successivi, l'evoluzione annuale tipo di un aerogeneratore può essere rappresentata come una sorta di farfalla attorno all'oggetto che produce l'ombra stessa, pertanto sono stati esclusi dall'analisi quei ricettori collocati all'estremo nord e sud rispetto a tale schema, in quanto non interessati da ombreggiamento.

La prima attività condotta in sito è stata quella di individuare in maniera puntuale quei luoghi, nell'ambito dell'areale d'impianto, che possano configurarsi come luoghi di uso antropico (corpi di fabbrica e pertinenze che per caratteristiche costruttive e titolo abitativo sono in grado di accogliere destinazione d'uso di tipo residenziale, ricreativo, lavorativo, giusta - DPR n. 459 del 18/11/1998) particolarmente esposti alle sorgenti (ricettori sensibili).

In particolare, sono state censite tutte le costruzioni ricadenti entro il limite di distanza pari a 700 m da ciascun aerogeneratore, quindi estrapolate soltanto quelle che per Categoria Catastale risultino tali da rientrare nelle tipologie valide per abitazione (categorie A).

Non sono stati rilevati, nell'area indagata ai fini dello Shadow Flickering, luoghi di particolare interesse ambientale/paesaggistico, parchi o aree naturali protette, beni storico-architettonici, luoghi religiosi, ville/palazzi/giardini, bellezze panoramiche.

L'elenco completo dei ricettori è stato predisposto all'interno della relazione acustica, in questa sede si riportano solo i ricettori selezionati ai fini dello studio dell'ombreggiamento.

RICETTORI SENSIBILI									
ID ricett.	Dati Catastali				Comune	WTG interfer.	Dist. (m)	Coordinate	
	Fg	P.Illa	Sub	Cat.				Est	Nord
R004	30	185		A4	Resuttano	2	580	417323.00	4167043.00
R011	30	160		A2	Resuttano	2	470	417499.00	4166943.00
R022	30	225	2	A4	Resuttano	2	500	417064.00	4166152.00
R033	30	12	4	A4	Resuttano	2	480	417045.00	4166192.00
R044	29	184		A4	Resuttano	2	530	417006.00	4166182.00
R048	29	326	1	A4	Resuttano	2	520	417010.00	4166152.00
R055	29	311	1-2	A4	Resuttano	2	570	417004.00	4166132.00
R065	29	312	2	A4	Resuttano	2	580	416952.00	4166188.00
R066	29	318	2	A4	Resuttano	2	580	416964.00	4166181.00

R093	29	322	4-5	A4	Resuttano	2	660	416942.00	4166067.00
R094	29	297	5	A4	Resuttano	2	690	416891.00	4166068.00
R100	30	222		A3	Resuttano	2	460	416988.00	4166433.00
R102	29	330	2	A3	Resuttano	2	550	416898.00	4166454.00
R111	29	131		A4	Resuttano	2	680	416773.00	4166457.00
R113	29	294		A3	Resuttano	2	700	416744.00	4166422.00
R115	30	192	3	A3	Resuttano	2	600	416855.00	4166573.00
R118	11	33	2	A4	Santa Caterina Villamosa	4	500	419111.00	4165442.00
R120	30	178	4	A4	Resuttano	4	470	418509.00	4164980.00
R128	11	32	1-2	A4	Santa Caterina Villamosa	6	470	420136.00	4163836.00
R136	11	137	1-4	A4	Santa Caterina Villamosa	6	440	420058.00	4163765.00

Tabella 6 Caratteristiche dei ricettori sensibili

Si rileva per che i recettori R118 ed R120 non è stata effettuata la verifica di ombreggiamento, pur ricadendo in categoria catastale A, perché risultano disabitati ed in cattivo stato d'uso.

Come verrà mostrato nelle immagini che seguono, dei tanti ricettori presi in esame soltanto una piccola parte di essi ricade nella zona maggiormente interessata da ombreggiamento e, a tal proposito, si precisa che l'analisi è stata condotta esaminando diversi parametri:

- Ore di ombreggiamento nel corso dell'anno;
- Giorni di ombreggiamento per anno;
- Minuti di ombreggiamento per giorno.

Nell'immagine seguente sono indicati i ricettori indagati, rappresentati attraverso un'icona di colore gialla, all'interno o nei dintorni dell'aree buffer di raggio pari a 700 m, con centro posto sul punto di installazione delle singole turbine.

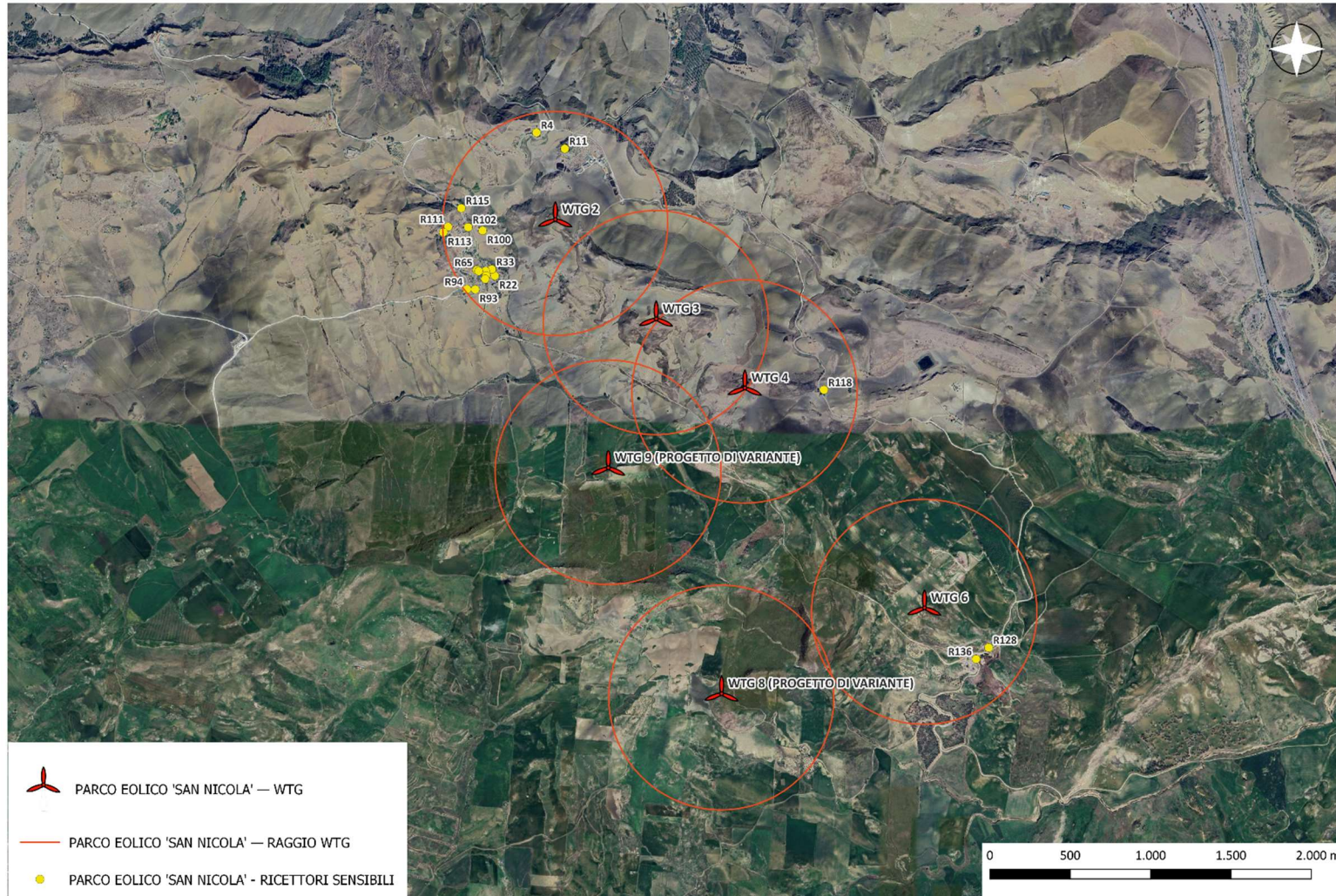


Figura 11 Ubicazione di tutti i ricettori analizzati

4 ANALISI DI SHADOW FLICKERING

4.1 CENNI SUL FENOMENO DELL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA GENERATA DAGLI AEROGENERATORI

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

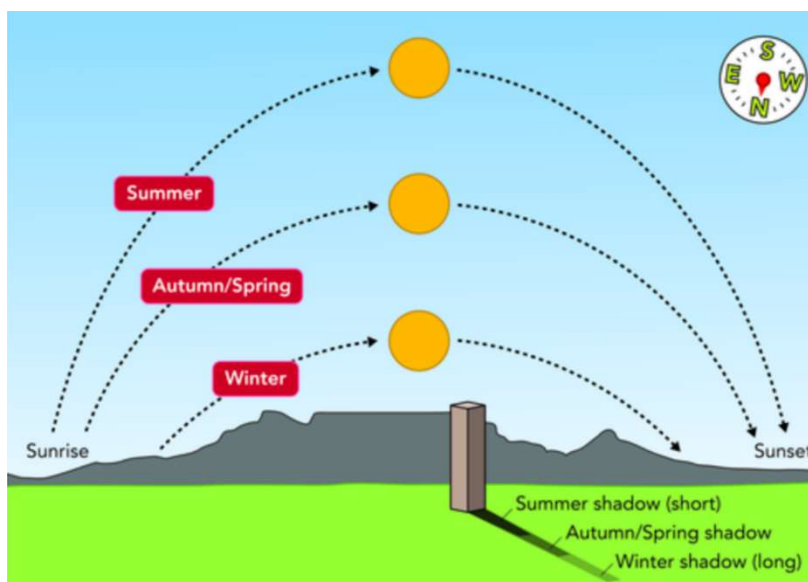


Figura 12 Rappresentazione grafica dell'impatto dell'ombra generata da una turbina eolica

Il cosiddetto fenomeno del "flickering" consiste in un effetto di lampeggiamento che si verifica quando le pale del rotore in movimento "tagliano" la luce solare in maniera intermittente. Il flickering si verifica solo in determinate condizioni e coinvolge solo un'area limitata che circonda un parco eolico; tuttavia, esso può determinare disturbo per i residenti dei fabbricati situati nei pressi dell'impianto e pertanto è importante valutare e garantire che l'esposizione sia limitata.

Affinché il fenomeno si verifichi presso un recettore, il cielo deve essere chiaro e la turbina deve funzionare, altrimenti non vengono emesse ombre in movimento; inoltre, il rotore della turbina deve essere situato lungo la linea di vista, senza ostacoli, dal recettore al sole. Poiché la posizione del sole cambia per tutto il giorno e per tutto l'anno, anche l'area interessata dall'ombra cambia. Il flickering è percepito come disturbante quando la

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 24

variazione dell'intensità luminosa è superiore al livello di percezione dell'occhio umano.

La distanza tra una turbina eolica e un recettore influisce sull'intensità dello "sfarfallio che diminuisce con la distanza dal recettore alla turbina, fino ad un punto in cui il cambiamento dell'intensità luminosa è inferiore a quello che l'occhio umano può distinguere. Le ombre proiettate vicino ad una turbina sono più intense, distinte e "focalizzate" perché una maggior parte del sole è bloccata intermittenemente dalle lame passanti. Quando aumenta la separazione tra il recettore e la turbina, la percentuale del sole oscurata diminuisce e le ombre diventano meno intense e meno discernibili. A una distanza di circa 10 volte il diametro del rotore, l'intensità del tremolio dell'ombra è significativamente ridotta e diventa meno percepibile all'occhio umano. L'intensità è anche ridotta se il piano del rotore è ad un angolo diverso da quello perpendicolare alla linea di vista dal recettore al sole, anche perché le lame passanti oscurano una parte minore di sole. Le condizioni di illuminazione ambientale influenzano anche la visibilità dello sfarfallio: il flickering è più evidente in una stanza oscura con una finestra rivolta verso la turbina rispetto all'esterno dove i livelli di luce ambientale sono più alti. La frequenza o la velocità del tremolio dell'ombra è correlata alla velocità del rotore e al numero di lame sulla turbina. Alcune linee guida di paesi esteri raccomandano una velocità di flicker non superiore a 3 "tagli" al secondo.

Per la classica turbina eolica provvista di tre pale, questo effetto corrisponde quindi ad una completa rotazione del rotore in un secondo, equivalente a 60 giri al minuto (60 RPM). Tali valori sono tipici di aerogeneratori di piccola taglia con piccoli rotori (circa 20 m) e più elevata velocità di rotazione. Le attuali turbine in commercio di grande taglia hanno una velocità di rotazione ben inferiore a tali valori, con velocità del rotore intorno ai 20 RPM. Ciò si traduce in bande che passano frequenze inferiori a 1 Hz o 1 ciclo al secondo. A queste basse frequenze, lo sfarfallio potrebbe essere motivo di fastidio, ma non costituisce una minaccia per la salute. Secondo l'Associazione britannica di epilessia, le frequenze inferiori a 3Hz non causano episodi di epilessia fotosensibile e le velocità di sfarfallio delle turbine eoliche moderne non sono in grado di innescare crisi epilettiche. Considerando la relazione spaziale tra le turbine e i recettori (localizzazioni geografiche e elevazioni del suolo) nonché la geometria delle turbine (altezza del mozzo e dimensioni del rotore), il verificarsi del fenomeno di flickering può essere accuratamente modellato e previsto con il dettaglio dei minuti. Una progettazione attenta è comunque fondamentale per evitare questo spiacevole

fenomeno semplicemente prevedendo il luogo di incidenza dell'ombra e disponendo le turbine in maniera tale che l'ombra sulle zone sensibili non superi un certo numero di ore all'anno.

Il grafico che segue riporta l'evoluzione annuale tipica dell'ombra di una turbina considerando il caso peggiore di pale sempre in rotazione intorno al mozzo, e orientate sempre ortogonalmente al sole durante la sua evoluzione giornaliera. Come è evidente dal grafico e dalla legenda, le ore annue di ombra sono sempre minori con l'aumentare della distanza dal pilone secondo una particolare geometria dettata dalla posizione geografica; da osservare che l'ombra arriva a proiettarsi anche sino ad una distanza di 1 km, anche se solo per pochi minuti all'anno.

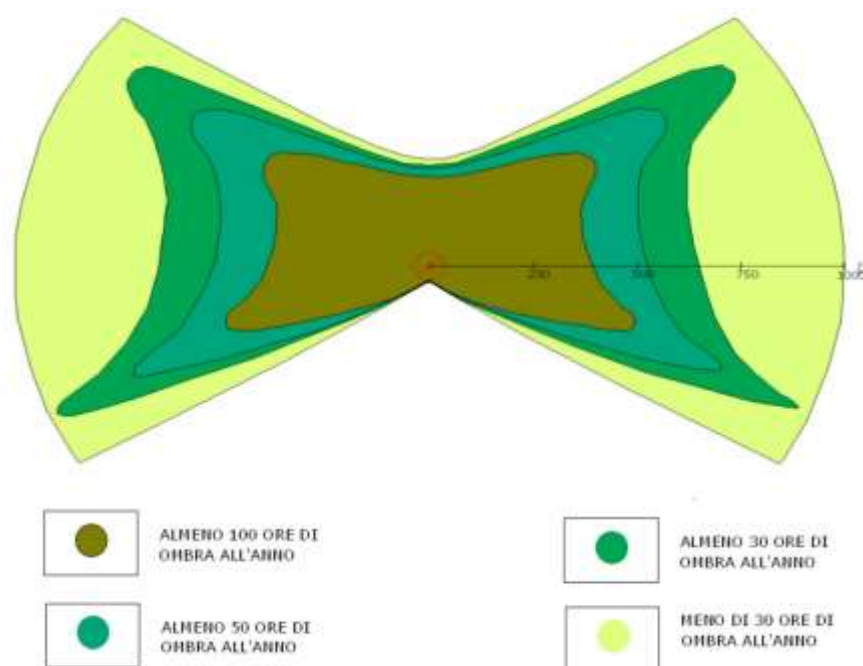


Figura 13 Evoluzione annuale tipo dell'ombra di un aerogeneratore

In Italia, così come nella maggior parte dei paesi Europei ed extraeuropei non esiste una normativa specifica relativa al disturbo generato dal fenomeno di Shadow – Flickering. Esistono delle regolamentazioni locali ma quasi mai comprendono limiti numerici specifici, quanto piuttosto delle raccomandazioni tese a sottolineare che il fenomeno non sia “unreasonable” o “significant”.

Il valore di riferimento più diffuso, che rappresenta per lo più un limite di riferimento “di

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 26

qualità", è quello delle 30 ore per anno riportato in norme internazionali (Länderausschuss für Immissionsschutz "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen – WEA - Schattenwurf-Hinweise - Germania, 2002) e calcolato come ore effettive del fenomeno atteso al recettore, che in via generale corrisponde a circa 100-150 ore in worst case in dipendenza delle condizioni meteo.

4.2 METODOLOGIA DI ANALISI

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

Il modulo SHADOW calcola le ore annuali di impatto del tremolio dell'ombra prodotta da una o più WTG su un dato recettore o area. Parte del calcolo consiste nella verifica della visibilità tra i recettori e le WTG tramite una stima delle zone di impatto visivo entro l'area data. Si può eseguire il calcolo del caso peggiore, basato sul massimo impatto possibile, e del valore reale (basato su una statistica climatologica). Tra i risultati è incluso un calendario del tremolio dell'ombra su ciascun recettore. È possibile calcolare anche un analogo calendario per ciascuna turbina, ed esportare e implementare i risultati direttamente nel sistema di controllo delle WTG.

Nel modello di calcolo dell'ombra utilizzato i seguenti parametri definiscono la propagazione dell'ombra dietro il disco del rotore:

- Il diametro del Sole, D: 1.390.000 km
- La distanza dal Sole, d: 150.000.000 km
- Angolo di attacco: 0.531 gradi

Teoricamente, ciò comporterebbe un impatto di ombra fino a 4,8 km con un rotore di 45 metri di diametro. In realtà, tuttavia, le ombre non raggiungono mai il massimo teorico a causa delle caratteristiche ottiche dell'atmosfera. Quando il Sole diventa troppo basso all'orizzonte e la distanza diventa troppo lunga, l'ombra si disperde prima che raggiunga il suolo (o il recettore).

I recettori dell'ombra sono invece definiti nel modello dalle seguenti informazioni:

- La posizione della "finestra" sopra il livello del suolo e la sua dimensione (altezza e larghezza).
- L'inclinazione della "finestra" rispetto all'orizzontale (si può scegliere tra finestra verticale, orizzontale e tetto [45°]).
- L'orientamento direzionale della finestra rispetto al sud (in gradi, positivi, a ovest).
- In alternativa è possibile selezionare la modalità "Green house", ovvero il recettore è modellato con caratteristiche di una "serra" che riceve ombra da qualunque direzione in quanto completamente esposto al fenomeno dell'ombra intermittente.

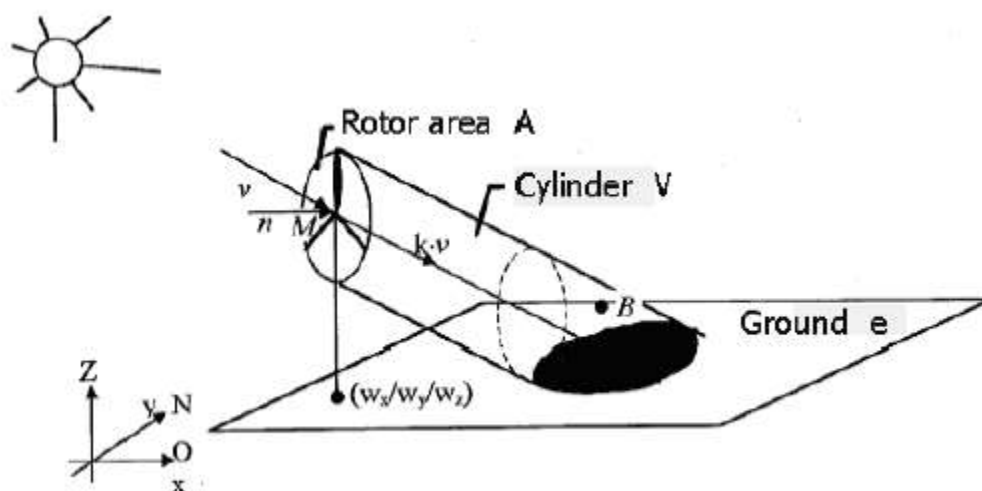


Figura 14 Schema di calcolo del modulo Shadow

Per le simulazioni è stato considerato il caso peggiore, ovvero ogni singolo ricettore viene considerato in modalità "green house", cioè come se tutte le pareti esterne fossero esposte al fenomeno, senza considerare la presenza di finestre e/o porte dalle quali l'effetto arriva realmente all'interno dell'abitazione. Allo stesso tempo, si è trascurata la presenza degli alberi e di altri ostacoli posti ai margini delle strade che, "intercettando" l'ombra degli aerogeneratori, potrebbero ridurre il fastidio del flickering.

Ciò significa che i risultati ai quali si perverrà sono ampiamente cautelativi.

Diverso, invece, è il "Real Case", che ai fini di una comprensione del reale effetto di disturbo tiene conto dei dati statistici ricavati da una stazione anemometrica sita nella stessa area, e di una stazione meteo che fornisce i dati di copertura nuvolosa della zona. In tal modo, viene

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">04/06/2024</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 28</td> </tr> </table>	04/06/2024	REV 0	Pag. 28
04/06/2024	REV 0	Pag. 28			

ricavato il numero di ore di ombreggiamento più realistico in quanto si tiene conto della reale presenza del sole e delle ore di funzionamento della turbina nell'arco di un anno anche in funzione della direzione del vento che influisce sull'orientamento delle pale rispetto al sole e dunque sull'ombra proiettate sui ricettori.

Il "Worst Case", al contrario, non tiene conto della presenza di nuvole e considera la direzione del vento allineata alla direzione WTG - recettore.

4.3 DATI INPUT E PARAMETRI DEL MODELLO

In base alla metodologia descritta nei paragrafi precedenti, sono stati utilizzati i seguenti dati di input per impostare il modello di simulazione per la valutazione del fenomeno di Shadow-Flickering degli aerogeneratori di esame:

DTM: Modello del terreno digitale per caratterizzare l'orografia, che svolge un ruolo importante nella mascheratura fisica dell'impatto dell'ombra

- Posizioni geografiche di recettori con dettaglio dimensionale delle aree più esposte.
- Posizioni geografiche di generatori di turbine eoliche e loro caratteristiche dimensionali
- Dati del vento di una stazione di misura locale per il calcolo dell'energia per stimare le ore operative e le probabilità associate alle diverse direzioni del vento
- Probabilità mensile della presenza del sole da una stazione meteo nazionale
- Nessun ostacolo naturale o artificiale è stato modellato.

4.4 DTM

Il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) è stato estrapolato dal grid disponibile in download dal satellite, georeferenziato, sovrapposto, confrontato e adeguato con le curve di livello presenti sulla cartografia ufficiale CTR 1:10.000 con uno step di 10 m. Il modello digitale ottenuto copre un'area di 40x40 Km e trova un buon riscontro con l'andamento orografico verificato in sito.

4.5 AEROGENERATORI E RECETTORI

Le coordinate ed il relativo modello di turbina sono stati dettagliati al paragrafo 3.1, ma è

	PARCO EOLICO "SAN NICOLA"	 		
		RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING	04/06/2024	REV 0

importante sottolineare che per tutti i recettori si è ritenuto opportuno usare l'ipotesi di cautela della modalità "green house mode". Questa scelta è stata operata poiché in talune circostanze anche lo spazio antistante le strutture può essere considerato o adibito a luogo di riposo e relax. La scelta di una singola finestra o di una facciata in alcune condizioni potrebbe risultare riduttiva allo scopo di una vera valutazione d'impatto.

ID Recettore	UTM WGS 84 Zona 33		Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Altezza (m)	Direction Mode
	Long. Est (m)	Lat. Nord (m)				
SR004	417323.00	4167043.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR011	417499.00	4166943.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR022	417064.00	4166152.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR033	417045.00	4166192.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR044	417006.00	4166182.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR048	417010.00	4166152.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR055	417004.00	4166132.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR065	416952.00	4166188.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR066	416964.00	4166181.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR093	416942.00	4166067.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR094	416891.00	4166068.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR100	416988.00	4166433.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR102	416898.00	4166454.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR111	416773.00	4166457.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR113	416744.00	4166422.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR115	416855.00	4166573.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR128	420136.00	4163836.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"
SR136	420058.00	4163765.00	1,0	1,0	1,0	"Modalità serra"

5 RISULTATI

Il software permette di ottenere rappresentazioni cartografiche sulla base della Deviazione Standard (Dev Std), per esempio, come grandezza per classificare i ricettori sulla base dello Shadow Days, o attraverso la suddivisione dei risultati secondo degli intervalli.

La *deviazione standard* di una variabile è un indice riassuntivo delle differenze dei valori di ogni osservazione rispetto alla media della variabile. Ogni osservazione ha infatti uno scostamento (detto anche scarto o deviazione) dalla media. Questo scostamento è pari a 0 se l'osservazione ha esattamente lo stesso valore della media. Lo scostamento sarà invece negativo se l'osservazione ha un valore più piccolo di quello della media. Al contrario, questo scostamento sarà positivo se l'osservazione ha un valore più grande di quello della media. In base all'elemento che vuole essere rappresentato è stato scelto l'uno o l'altro tipo di classificazione, come sarà osservabile nelle immagini che seguono.

5.1 GIORNI DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO

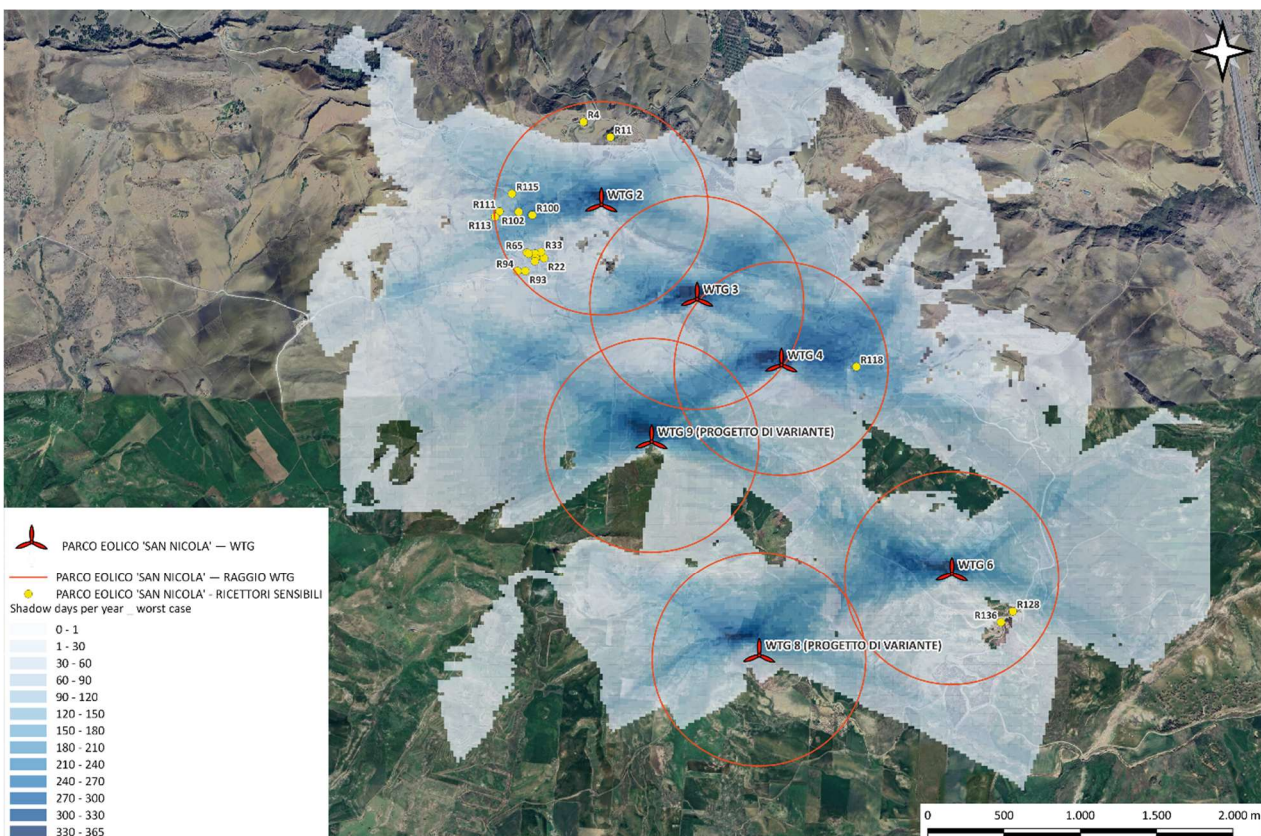


Figura 15 Mappa dello Shadow Flickering – Giorni annui _ Fonte: modello QGIS

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>		
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		04/06/2024	REV 0	Pag. 31

Per la raffigurazione dei giorni di ombreggiamento annui è stato scelto di suddividere i risultati per classi, tredici per l'esattezza, di cui la prima comprende valori di ombreggiamento inferiori al giorno, le altre dodici includono valori di ombreggiamento variabili in classi da trenta, come i mesi dell'anno.

In prima istanza si potrebbero considerare maggiormente colpiti i ricettori interessati da ombreggiamento per più di cinque mesi annui; tuttavia, questo dato da solo risulta poco significativo; infatti, su tali ricettori potrebbe esserci ombreggiamento ogni giorno ma per pochi minuti. Quindi, per poter elaborare valutazioni più precise è bene attendere le successive analisi.

5.2 ORE DI OMBREGGIAMENTO NEL CORSO DELL'ANNO

Analogamente a quanto detto in precedenza, l'analisi verte sulla verifica delle ore di ombreggiamento che nel corso dell'anno interessano i ricettori individuati. I dati ottenuti sono stati suddivisi in quattro fasce:

- Zona di Shadow Flickering elevato, maggiore di 100 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering alto, tra le 30 e le 100 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering medio, tra le 10 e 30 ore annue;
- Zona di Shadow Flickering lieve, tra le 0 e 10 ore annue.

Nell'immagine che segue sono facilmente individuabili i vari gruppi di ricettori classificati sulla base della suddivisione appena riportata. Quindi, il colore più scuro e più vicino alle turbine racchiude i ricettori interessati da più di 100 ore di ombreggiamento annuo, mentre quelli via via più chiari e lontani dalle WTG ricomprendono i ricettori coinvolti da ombreggiamento per un numero di ore annue compreso tra 10 e 0.

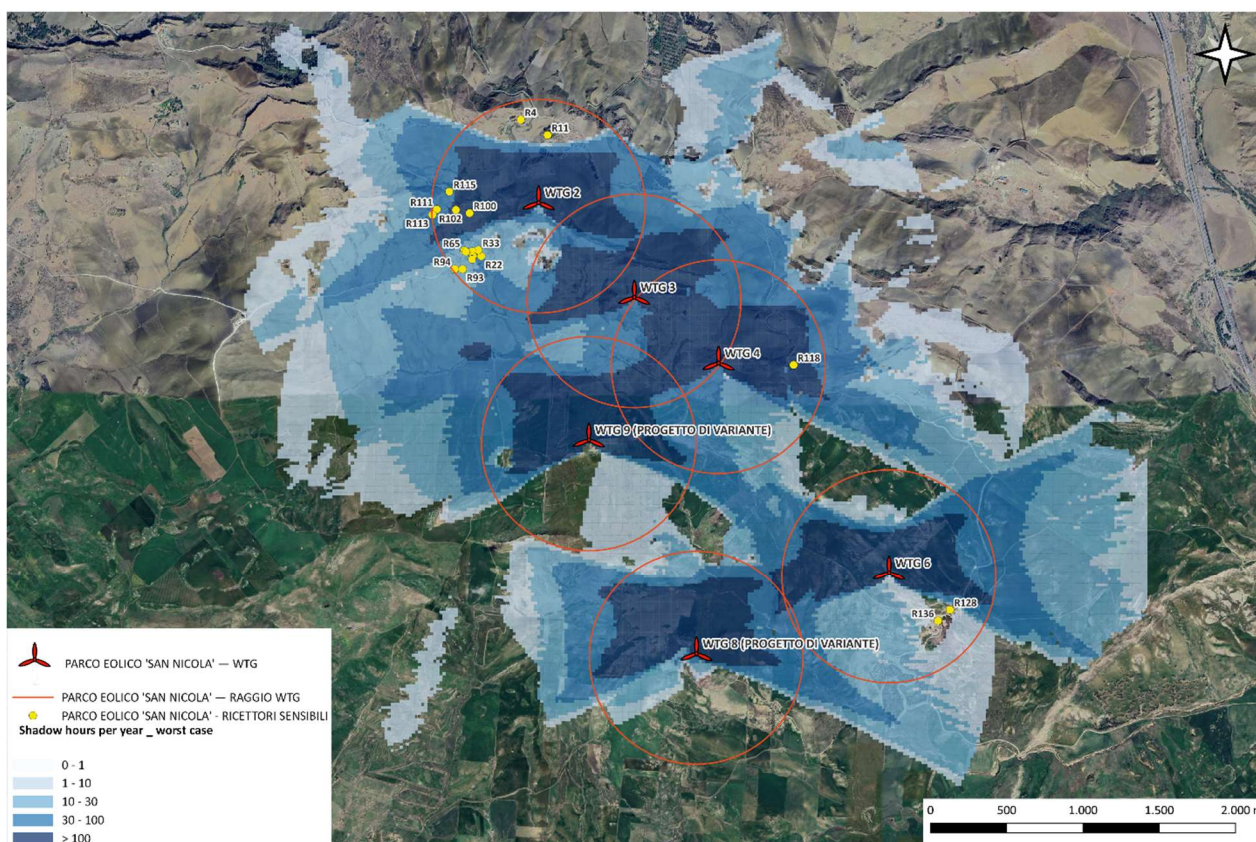


Figura 16 Mappa dello Shadow Flickering – Ore annue _ Fonte: modello QGIS

Si possono ritenere maggiormente colpiti dall'effetto di Shadow Flickering i ricettori per i quali si è registrato un valore di ombreggiamento prossimo alle 100 ore annue, ovvero quelli ricompresi nelle fasce colorate con la tonalità del blu.

5.3 MINUTI DI OMBREGGIAMENTO AL GIORNO

L'analisi permette di conoscere il tempo di ombreggiamento, espresso in minuti, durante il giorno. In questo caso il calcolo effettuato attraverso il software QGIS esprime i risultati mediante la Deviazione Standard (Dev Std).

A livello grafico i dati sono stati espressi con differenti colori, associati a differenti valori di derivazione standard.

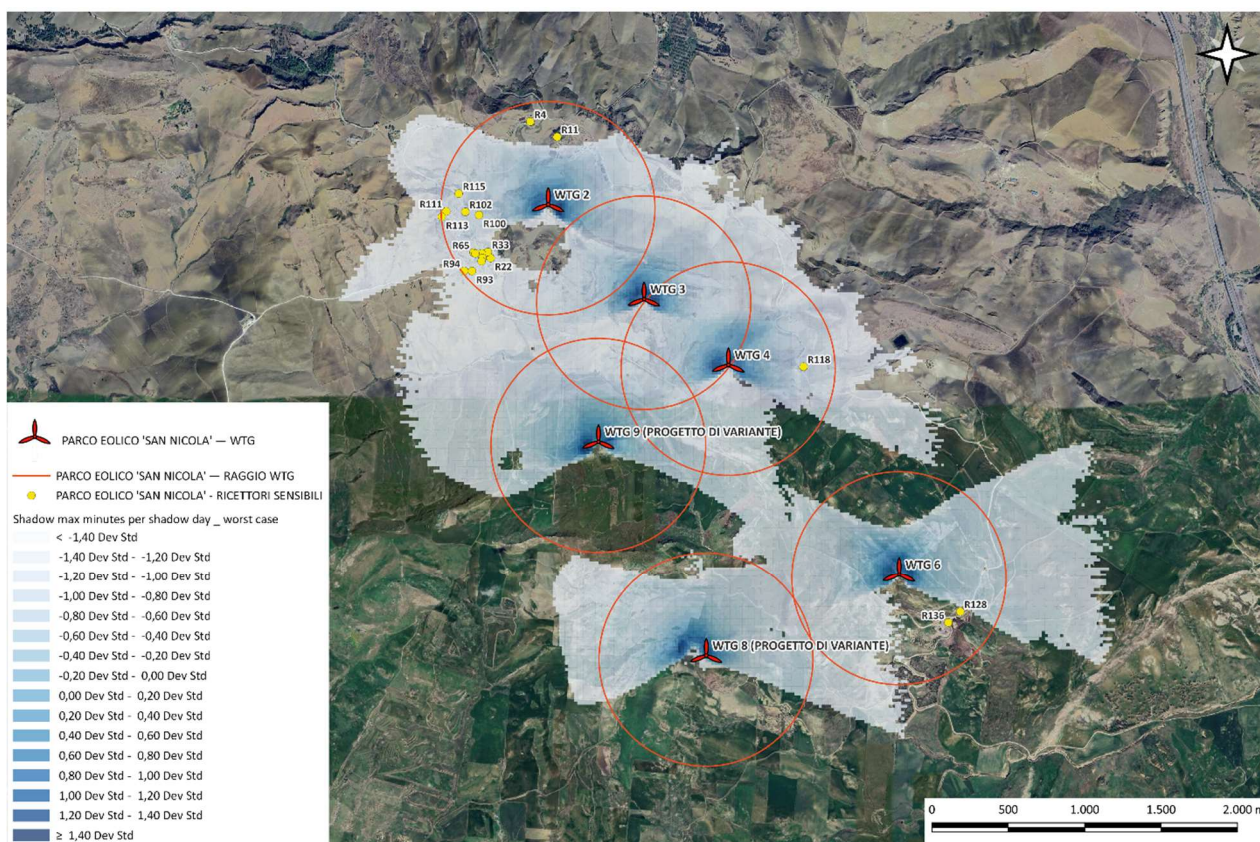


Figura 17 Mappa dello Shadow Flickering – Minuti giornalieri _ Fonte: modello QGIS

Alla luce di queste considerazioni si possono analizzare i ricettori maggiormente colpiti, considerando come tali quelli interessati da un livello di ombreggiamento prossimo o superiore alle 100 ore annue.

5.4 ANALISI DEI RICETTORI

Dall'analisi è emerso che dei 18 recettori considerati nell'analisi quattro di essi ricadono all'esterno della "farfalla" di visibilità, ovvero non saranno colpiti da ombreggiamento dovuto alla futura presenza delle macchine di progetto, si tratta dei ricettori SR004, SR011, SR128 ed SR136. In merito ai restanti ricettori, soltanto due di essi risultano interessati da valori di ombreggiamento intermittente superiore alle 100 ore annue, ovvero SR100 ed SR102.

RISULTATI DI CALCOLO						
Shadow Receptor				Shadow worst case		
Nome	Categoria	Comune	Dati catastali	h/year	days/year	h/day
SR004	A04	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 185	0:00	0	0:00
SR011	A02	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 160	0:00	0	0:00
SR022	A04 sub 2	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 225	31:22	85	0:37
SR033	A04 sub 4	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 12	30:25	88	0:36
SR044	A04	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 184	29:29	84	0:35
SR048	A04 sub 1	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 326	29:34	81	0:36
SR055	A04 sub 1/A04 sub 2	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 311	29:13	81	0:35
SR065	A04 sub 2	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 312	25:48	77	0:34
SR066	A04 sub 2	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 318	26:41	79	0:34
SR093	A04 sub 4/A04 sub 5	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 322	25:35	76	0:34
SR094	A04 sub 5/C02 sub 4	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 297	22:37	70	0:33
SR100	A03	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 222	204:18	266	1:23
SR102	A03 sub 2	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 330	121:29	200	1:10
SR111	A04	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 131	74:30	127	0:59
SR113	A03	RESUTTANO	F. 29 P.IIa 294	70:56	123	0:56
SR115	A03 sub 3	RESUTTANO	F. 30 P.IIa 192	92:22	155	1:04
SR128	A04 sub 1/A04 sub 2	SANTA CATERINA VILLARMOSA	F. 11 P.IIa 32	0:00	0	0:00
SR136	A04 sub 1/A04 sub 4	SANTA CATERINA VILLARMOSA	F. 11 P.IIa 137	0:00	0	0:00

Tabella 7 Risultati di calcolo dei recettori interessati da Shadow Flickering

Occorre ricordare anche che in quest'analisi è stato considerato il caso peggiore, ovvero il ricettore è caratterizzato da superfici interamente vetrate, nessun ostacolo visivo (come vegetazione, elementi sporgenti del fabbricato stesso o altro) che possa ridurre l'effetto di sfarfallio delle ombre e nessuna nuvola in cielo, quindi una situazione per nulla realistica.

SR100 – Abitazione di tipo economico



	Shadow Receptor	
	Nome	SR100
	Categoria	A/3 Abitazione di tipo economico
	Comune	Resuttano
	Dati catastali	Fg.30 P.IIa 222
	Shadow Flickering	
	h/year	204:18
	Days/year	266
	h/day	1:23
		

Tabella 8 Scheda ricettore SR100

Consultando il report di calcolo si evince che il ricettore SR100 riceverebbe ombreggiamento soprattutto dalla wtg2 nel periodo primavera/estate nella fascia oraria compresa tra le 7 e le 8.30. Dalle immagini satellitari si osserva che il ricettore ha solo un piccolo corpo di fabbrica accanto al lato rivolto a est, dunque la collocazione di essenze arboree su quel lato potrebbe essere utile a ridurre il disturbo. Ad ogni modo analisi successive, volte a comprendere l'esatta struttura dell'edificio e la presenza di eventuali finestre sul lato esposto al fenomeno di ombreggiamento, permetteranno di quantificare con esattezza il reale disturbo su questo ricettore e le misure di mitigazione più idonee.

SR102 – Abitazione di tipo economico

	Shadow Receptor		
	Nome	SR102	
	Categoria	A/3 Abitazione di tipo economico	
	Comune	Resuttano	
	Dati catastali	Fg.29 P.IIa 330	
<th>Shadow Flickering</th>			Shadow Flickering
h/year	121:29		
Days/year	200		
h/day	1:10		
			

Tabella 9 Scheda ricettore SR102

Anche il ricettore R102 è interessato da ombreggiamento intermittente nelle prime ore della mattina, tra le 7 e le 8.30, generato principalmente dalla wtg2. Dalle immagini satellitari si evidenzia che tale fabbricato potrebbe ricevere una discreta mitigazione degli impatti dalla presenza di altri edifici posti a est, in direzione della turbina 2 e di vegetazione posta sempre su quel lato. Anche in questo caso si ribadisce che una verifica puntuale in sito consentirebbe di suggerire idonee misure di mitigazione.

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">04/06/2024</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 37</td> </tr> </table>	04/06/2024	REV 0	Pag. 37
04/06/2024	REV 0	Pag. 37			

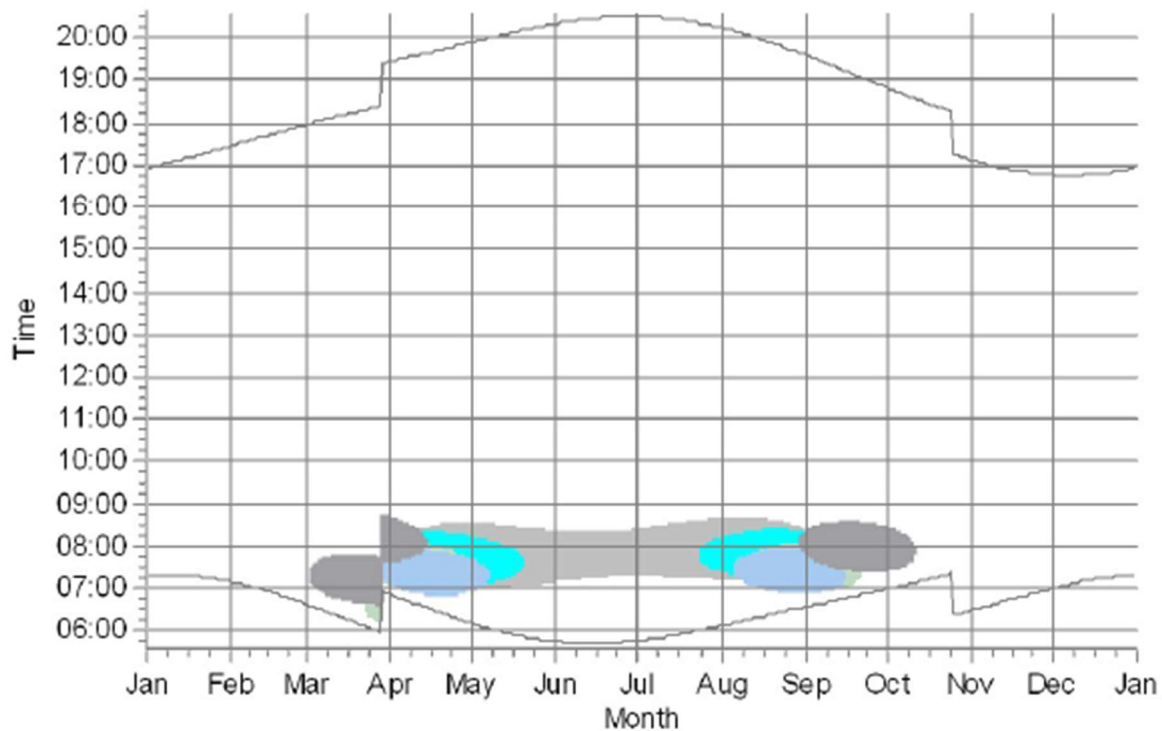
5.5 ANALISI DEI RISULTATI

Alla luce delle osservazioni presentate sopra, si ritiene che l'impatto dato dallo shadow flickering sia molto lieve per quasi tutti i ricettori analizzati, eccetto per i ricettori SR100 ed SR102, per i quali si prevedono rispettivamente poco più di 200 ore di ombreggiamento nel corso dell'anno nel primo caso e circa 120 ore annue nel secondo, sempre nella condizione di worst case. Per entrambi i ricettori potrebbe essere utile la piantumazione di una adeguata schermatura a verde, ma prima di adottare una qualsivoglia misura di mitigazione andrebbero verificate le reali condizioni dei ricettori e l'effettivo impatto che l'installazione dell'impianto andrà a generare su di essi.

Si ricorda che, con riferimento alle Linee guida tedesche per l'identificazione e la valutazione delle emissioni ottiche delle turbine eoliche, si ritiene quale valore rappresentativo del limite di riferimento di qualità quello compreso tra le 100 e le 150 ore annue nel worst case, corrispondenti alle 30 ore annue, circa, nel real case. Ciò significa che il risultato ottenuto sul ricettore R0102, seppur apparentemente elevato, è da ritenersi in linea con tali norme, dunque **anche per tale ricettore viene rispettato il riferimento di qualità.**

Nella figura che segue è riportato a titolo di esempio il grafico "calendar" per WTG: le macchie individuano i momenti di shadow, la posizione nel grafico individua tempo e durata del fenomeno, il colore della macchia indica il tipo di ricettore interessato dal fenomeno.

1: Parco eolico Resuttano/Santa Caterina Villamosa - WTG02 Siemens-Gan



Shadow receptors

C: SR022 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.30 - P.IIa225
D: SR033 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.30 - P.IIa12
E: SR044 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa184
F: SR048 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa326
G: SR055 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa311
H: SR065 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa312
I: SR066 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa318

J: SR093 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa322
K: SR094 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa297
L: SR100 - A3 - Abitazioni di tipo economico - Resuttano - Fg.30 - P.IIa222
M: SR102 - A3 - Abitazioni di tipo economico - Resuttano - Fg.29 - P.IIa330
N: SR111 - A4 - Abitazioni di tipo popolare - Resuttano - Fg.29 - P.IIa131
O: SR113 - A3 - Abitazioni di tipo economico - Resuttano - Fg.29 - P.IIa294
P: SR115 - A3 - Abitazioni di tipo economico - Resuttano - Fg.30 - P.IIa192

Figura 18 Grafico Calendar per WTG02

L'area interessata dall'impianto, piuttosto ampia, raccoglie numerosi ricettori sensibili. Tra i tanti l'analisi si è concentrata su quelli ritenuti più rappresentativi. Il progetto si inserisce in un'area agricola, in cui molti ricettori sono abitazioni rurali o comunque utilizzati solo stagionalmente. **La viabilità non è molto fitta ed è utilizzata per servire i fondi agricoli e fabbricati annessi, i magazzini, i locali di deposito e i pochi edifici residenziali presenti**, le strade principali che regolano la mobilità sul territorio e racchiudono i siti in cui verrebbero collocate le turbine sono la SP72, la SP112 e la SP121, le quali però non saranno interessate da ombreggiamento

Alle considerazioni appena riportate si aggiunge il fatto che le simulazioni sono state effettuate assumendo le "condizioni peggiori", sovrastimando pertanto l'effetto di flickering,

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">04/06/2024</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 39</td> </tr> </table>	04/06/2024	REV 0	Pag. 39
04/06/2024	REV 0	Pag. 39			

intendendo per condizioni peggiori:

- Il sole splende per tutto il giorno, dall'alba al tramonto;
- Il piano del rotore è sempre perpendicolare alla linea "immaginaria" che congiunge la singola turbina al sole;
- La turbina è sempre attiva.

A valle dell'analisi condotta e delle osservazioni presentate, si può ritenere che il disturbo legato all'ombreggiamento intermittente delle turbine di progetto sui ricettori analizzati sia tutto sommato contenuto e che, in ogni caso, possa essere ridotto attraverso l'applicazione di adeguate misure di schermatura.

5.6 MISURE DI MITIGAZIONE

Lo studio eseguito ha evidenziato che il fenomeno di shadow flickering si presenta in maniera moderata per la maggior parte dei recettori individuati, per i quali l'esposizione al fenomeno è al di sotto del limite delle 100 ore annue.

Il dato emerso risulta assolutamente accettabile, ma qualora dovessero realmente sussistere condizioni di disagio, potrebbero essere comunque richieste misure di mitigazione in virtù delle reali condizioni calcolate ai recettori in termini temporali e di frequenza di intermittenza. In tal senso è opportuno segnalare che esistono efficaci misure di mitigazione che potrebbero essere implementate, se necessario, quali la realizzazione di schermi artificiali o naturali (vegetazione) che esprimono la piena funzionalità solo in determinate condizioni orografiche oppure, la pre-programmazione software di esercizio delle macchine, eseguita sulla base dei dati di "calendar" calcolati.

Tali dati esplicitano con dettaglio del minuto tutti i momenti dell'anno in cui è previsto il verificarsi del fenomeno e, nelle ore in cui ciò avviene, la macchina potrebbe essere pre-programmata a non funzionare. Da alcuni anni sono inoltre stati brevettati diversi sistemi che si abbinano alla pre-programmazione, basati su sensori che rilevano le effettive condizioni ambientali (ventosità e copertura nuvolosa) ed applicano la pre-programmazione solo nei casi in cui il fenomeno si dovesse realmente verificare. In tal senso le macchine sarebbero limitate nel loro funzionamento solo per un numero di ore pari a quelle stimate

	<p style="text-align: center;">PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</p>	<div style="text-align: right;">   </div>			
RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">04/06/2024</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">REV 0</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">Pag. 40</td> </tr> </table>	04/06/2024	REV 0	Pag. 40
04/06/2024	REV 0	Pag. 40			

per il real case, e quindi con impatto economico trascurabile.

6 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In conclusione, si può affermare che i risultati ottenuti delle elaborazioni evidenziano, pur considerando le condizioni più sfavorevoli, che le turbine di progetto analizzate in tale studio generano effetti di shadow flickering i cui impatti risultano tollerabili per i recettori interessati. In via generale va comunque sottolineato che, anche laddove sussistono le condizioni cumulative più sfavorevoli di esposizione, i risultati devono comunque intendersi a carattere cautelativo poiché l'elaborazione ed il modello di simulazione non tiene in conto di tutte le possibili fonti di attenuazione dell'effetto cui ogni recettore è (o può essere) soggetto quali presenza di alberi, ostacoli, siepi e quant'altro possa attenuare il fenomeno dell'evoluzione giornaliera dell'ombra.