

**VENTO SOLARE SRL**  
 VIA DELLA CHIMICA 103 - 85100  
 POTENZA  
 P.IVA 01981860768  
[ventosolaresrl@pec.it](mailto:ventosolaresrl@pec.it)



*CODE*  
**SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.001.00**

*PAGE*  
 1 di/of 17

**AVAILABLE LANGUAGE: IT**

**IMPIANTO EOLICO SERRACAPRIOLA  
 COMUNE DI  
 SERRACAPRIOLA (FG)**

**RELAZIONE SUGLI EFFETTI SHADOW-  
 FLICKERING**

SCS.DES.R.CIV.ITA.W.6411.001.00\_RELAZIONE SUGLI EFFETTI SHADOW FLICKERING

<b>00</b>	<b>02/11/2023</b>	<b>EMISSIONE</b>	<b>F. De Castro</b>	<b>F. De Castro</b>	<b>A. Sergi</b>
<b>REV</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>PREPARED</b>	<b>VERIFIED</b>	<b>APPROVED</b>
<b>IMPIANTO / Plant</b>		<b>CODE</b>			
<b>IMPIANTO EOLICO</b>		<b>GROUP</b>	<b>FUNCION</b>	<b>TYPE</b>	<b>DISCIPLINE</b>
<b>SERRACAPRIOLA</b>		<b>SCS</b>	<b>DES</b>	<b>R</b>	<b>C I V I T A W</b>
					<b>6 4 1 1 0 0 1 0 0</b>
<b>CLASSIFICATION:</b>			<b>UTILIZATION SCOPE : PROGETTO DEFINITIVO</b>		

## **INDICE**

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
3. INTRODUZIONE .....	6
4. MODELLO DI CALCOLO .....	7
5. RECETTORI .....	10
6. RISULTATI .....	12
7. VALUTAZIONE RISULTATI E GIUDIZIO CONCLUSIVO .....	15
8. ALLEGATI.....	17

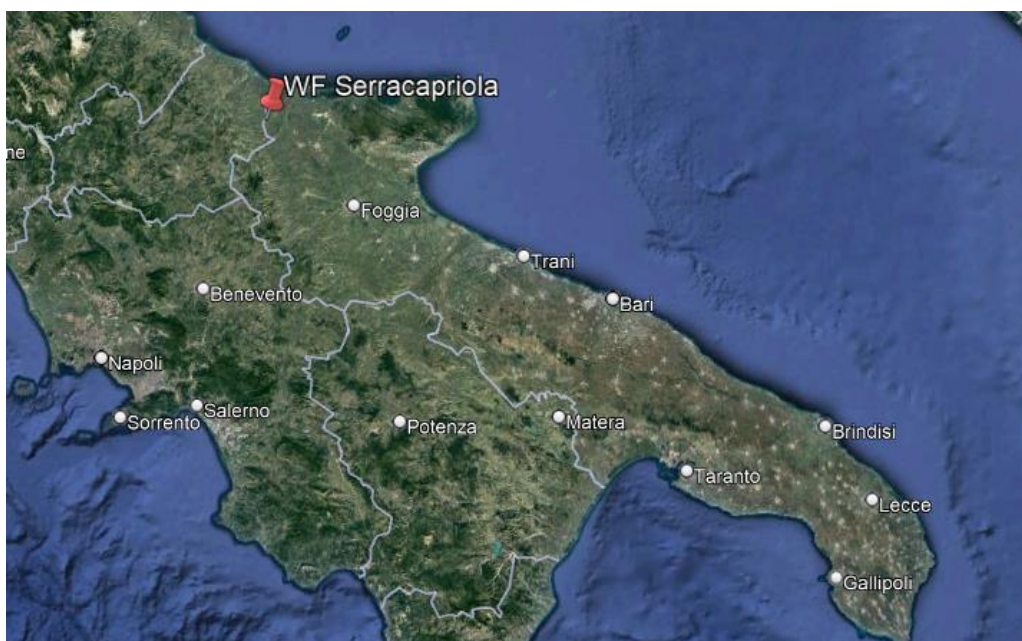
## 1. PREMESSA

La presente relazione ha l'obiettivo di rappresentare i risultati dell'analisi degli effetti di Shadow Flickering, con riferimento all'area di progetto del futuro parco eolico denominato "SERRACAPRIOLA".

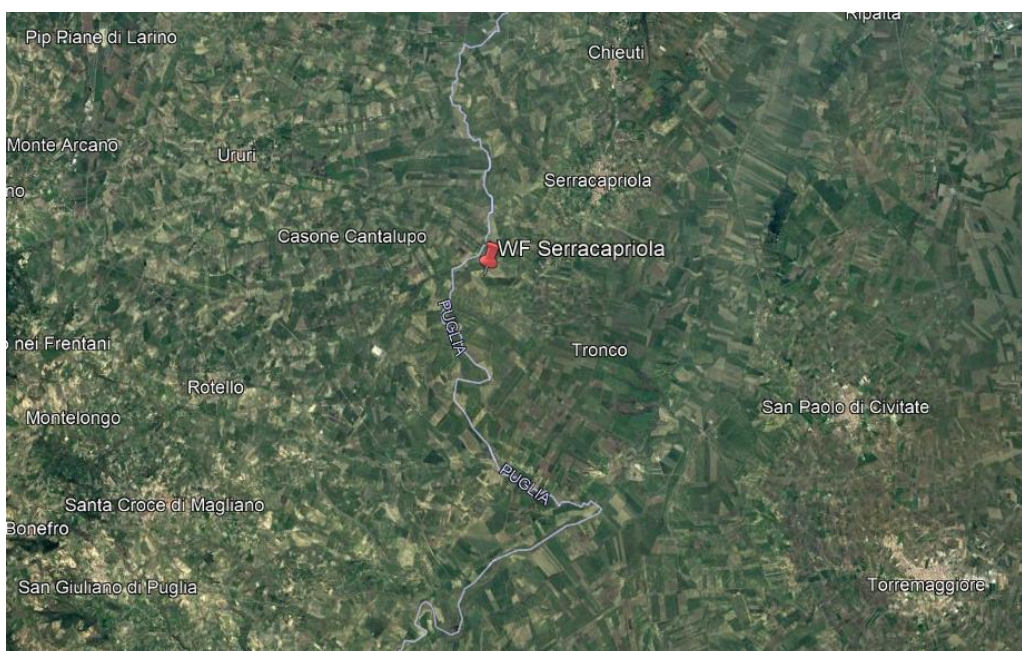
Il sito oggetto del presente elaborato è ubicato nel territorio comunale di Serracapriola (FG).

La zona interessata dall'impianto si sviluppa in un'area collinare della Puglia sita a circa 16 km dalla costa Adriatica e 50 km a Nord-Est di Foggia, al confine con la Regione Molise.

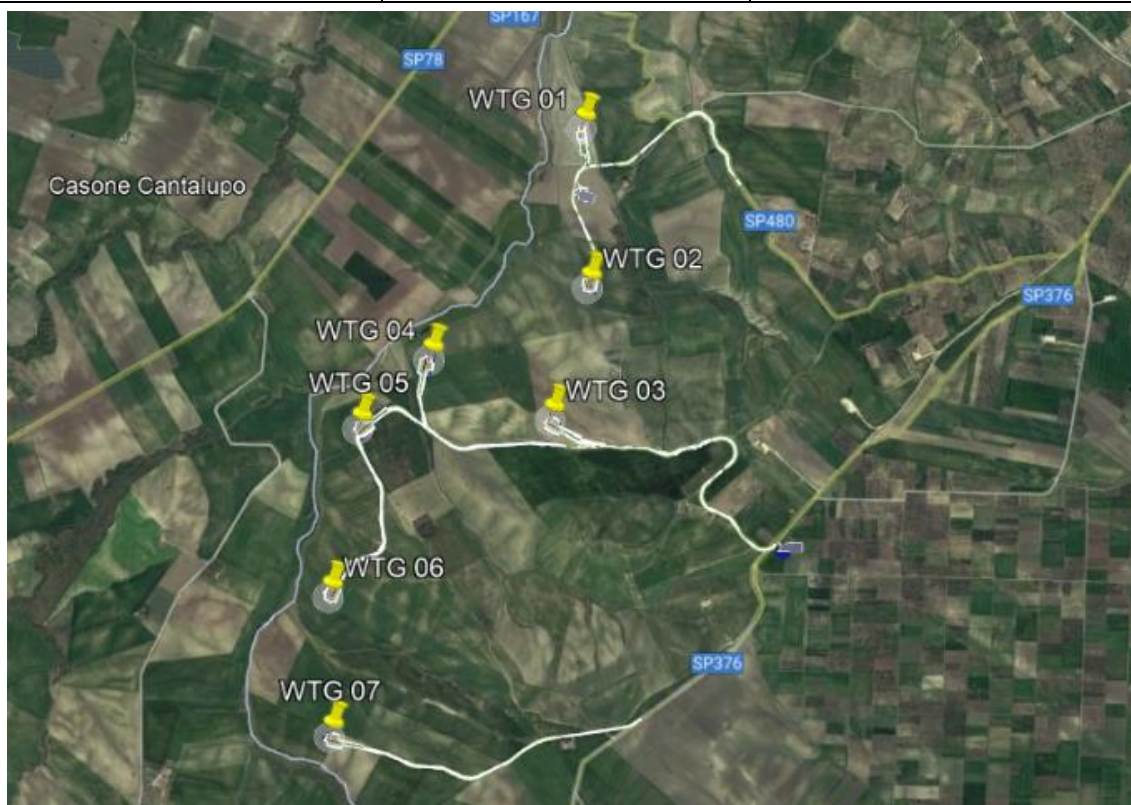
Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la configurazione proposta su ortofoto.



**Figura 1: Localizzazione dell'impianto a livello regionale**



**Figura 2: Individuazione area di impianto su Ortofoto**



**Figura 3 – Individuazione su ortofoto dell’impianto in progetto**

Di seguito si riporta l’individuazione, in forma tabellare, della localizzazione geografica e catastale degli aerogeneratori proposti.

SISTEMA DI RIFERIMENTO UTM WGS 84 - FUSO 33N			RIFERIMENTI CATASTALI		
Posizioni Aerogeneratori					
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
WTG 1	509825,14	4626986,16	SERRACAPRIOLA	31	102
WTG 2	509858,56	4626142,62	SERRACAPRIOLA	42	69
WTG 3	509662,00	4625446,02	SERRACAPRIOLA	42	22
WTG 4	509019,20	4625763,85	SERRACAPRIOLA	42	146
WTG 5	508644,91	4625399,56	SERRACAPRIOLA	42	29
WTG 6	508493,88	4624513,80	SERRACAPRIOLA	52	22
WTG 7	508501,91	4623783,32	SERRACAPRIOLA	52	13

**Tabella 1: Elenco degli aerogeneratori**

## **2.   NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Al momento, solo la Germania ha linee guida dettagliate sui limiti e le condizioni per il calcolo dell'impatto dell'ombra e sono normate dalla "Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen" (WEA-Shattenwurf-Hinweise).

Secondo le linee guida tedesche, il limite per il quale si genera l'impatto dell'ombra è fissato da due fattori:

- L'angolo del sole sull'orizzonte deve essere di almeno 3 gradi
- Le eliche della WTG devono coprire almeno il 20% del sole.

In Italia, come suddetto, non esistono limiti normati per la definizione e la classificazione di un recettore come sensibile. Nel presente studio, considerando la modellazione cautelativa dei recettori, descritta nel paragrafo 4, si è definito come limite massimo di esposizione, per poter definire un recettore sensibile, quello di 30 ore/anno di massima ombra, nella condizione Real Case, ma ponendo il recettore nella condizione di esposizione Green House, cioè nella condizione di essere interessato dall'effetto di ombreggiamento in maniera ortogonale a 360°.

### **3. INTRODUZIONE**

L'analisi di Shadow Flickering ha l'obiettivo di calcolare la frequenza e il periodo della giornata in cui un elemento (recettore d'ombra) posizionato nei pressi di un aerogeneratore, sarà interessato dalle ombre generate dal movimento delle eliche di uno o più turbine eoliche (WTG) in movimento.

L'impatto dell'ombra si verifica quando le eliche di una WTG interrompono i raggi del sole che altrimenti colpirebbero una posizione specifica (ad esempio una finestra in un insediamento adiacente).

In generale, gli aerogeneratori utilizzati nel progetto in oggetto hanno una velocità di rotazione inferiore a 20 giri al minuto, equivalente ad una frequenza inferiore ad 1 Hz, molto inferiore a quelle incluse nell'intervallo che potrebbe provocare un senso di fastidio, e cioè tra i 2,5 Hz ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984). Perciò le frequenze di passaggio delle pale risulteranno ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

L'entità effettiva dell'impatto dell'ombra dipenderà fortemente dalla posizione geografica. Nelle aree con alti tassi di tempo nuvoloso, il problema ovviamente diminuirà e durante le potenziali ore di ombra in estate, la WTG potrebbe spesso essere ferma a causa della mancanza di vento o ancora, se la direzione del vento fa sì che il piano del rotore della WTG sia parallelo alla linea tra il Sole e il recettore, la WTG non produrrà impatti all'ombra. Inoltre, l'orografia del territorio potrebbe fare da naturale schermo all'effetto che una WTG potrebbe avere su un recettore.

Questo comportamento sito-specifico viene simulato adottando la metodologia "Real Case". In particolare, su base statistica, si può implementare la distribuzione reale del vento, secondo la frequenza lungo ognuna delle 12 direzioni della rosa dei venti. Si tiene conto allo stesso modo delle reali ore di insolazione del sito, secondo dati registrati da vicine stazioni meteorologiche. Per definire i limiti spaziali a cui estendere lo studio, sulla base dell'esperienza pregressa in studi redatti in siti con caratteristiche simili a quello in oggetto, si definisce il valore pari a 1000 m dalla posizione della WTG, come la distanza massima entro cui investigare i recettori. Oltre tale limite spaziale si assume che l'ombra non raggiunga livelli sufficienti a causare un fastidio.

#### **4. MODELLO DI CALCOLO**

Il presente studio è stato realizzato con il modulo Shadow Flickering del software WindPro. Nel modello sono state inserite le nuove WTG pianificate, i recettori d'ombra ricadenti entro un raggio di 1000m. I ricettori sono stati modellati assegnando il comportamento "Greenhouse", il che implica un approccio cautelativo. Infatti, come già anticipato nel paragrafo 2, non avendo informazioni di dettaglio sui recettori, si è imposto che le eventuali aperture, nella simulazione, siano sempre perpendicolari alle WTG, massimizzando perciò l'impatto del fenomeno.

Per il settaggio del modello sono state inputate le seguenti assunzioni:

- Distanza massima di influenza: nessuna
- Calcola solo quando oltre il 20% del sole è coperto dalla pala
- Altezza minima del sole sull'orizzonte 3°
- Passo giornaliero del calcolo 1 giorni
- Passo temporale del calcolo 1 minuti

Per evitare di considerare l'ombreggiamento da WTG in realtà non direttamente visibili, prima del calcolo dell'ombra viene eseguito un calcolo ZVI. Quest'ultimo si basa sulle seguenti assunzioni:

- Utilizzo di modello di dettaglio per la costruzione della scena
- Ostacoli non usati nel calcolo
- Altezza dell'osservatore per la mappa: 1,5 m
- Risoluzione del grigliato: 1,0 m
- Influenza della topografia inclusa nel calcolo

Il calcolo è stato fatto nell'ipotesi di "Real Case", basato su input statistici relative a:

- Ore di insolazione in sito, con dati provenienti dalla stazione meteorologica di Brindisi
- Ore di operatività dell'impianto, basata su una "Time Serie" annuale, fornita dal proponente.

In Figura 4 è riportato il dettaglio dei valori statistici inputati nel modello.

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

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4,21	4,83	5,24	6,37	6,76	8,17	9,01	9,23	7,23	4,84	4,00	3,35

Tempo di operatività

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO	Somma
968	393	176	92	155	512	491	848	701	239	904	1.528	7.007

**Figura 4: Dati statistici di Input per il calcolo del Real Case**

Il calcolo del potenziale impatto dell'ombra in un determinato recettore dell'ombra viene effettuato simulando la reale situazione. La posizione del Sole rispetto al disco del rotore WTG e l'ombra risultante viene calcolata con incrementi di 1 minuto per un anno intero. Se l'ombra del disco del rotore (che nel calcolo è considerato solido) in qualsiasi momento lancia un riflesso

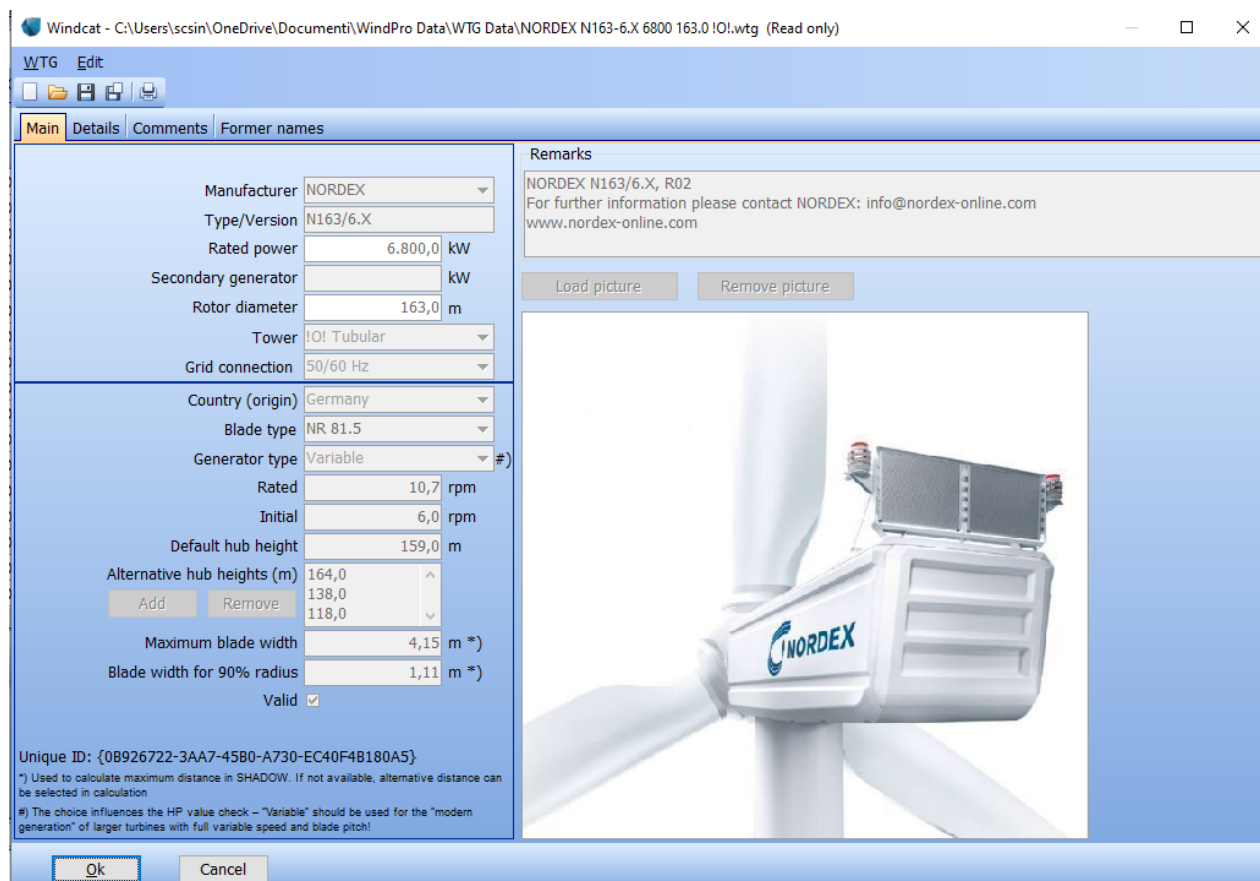
d'ombra sulla finestra, definito come oggetto recettore d'ombra, questo passaggio verrà registrato come 1 minuto di potenziale impatto dell'ombra. Sono inserite nel modello geometrico le seguenti informazioni:

- Posizione delle WTG (coordinate x, y, z)
- Altezza dell'hub de diametro del rotore delle WTG
- Posizione dei recettori d'ombra (coordinate x, y, z)
- Dimensione delle finestre, la posizione rispetto alla facciata e l'orientamento.
- La posizione geografica del sito
- Un modello di simulazione, che contenga le informazioni relative all'orbita terrestre e alla rotazione rispetto al sole

Si precisa, in relazione alle suddette informazioni, che nel modello in oggetto:

- le coordinate Z degli oggetti, sono state calcolate in automatico dal software, sulla base del modello digitale del terreno importato nella scena
- i recettori sono stati modellati come "Greenhouse", considerando che la finestra, posta ad un metro d'altezza dal suolo, abbia sempre una posizione perpendicolare rispetto alla sorgente d'ombra.

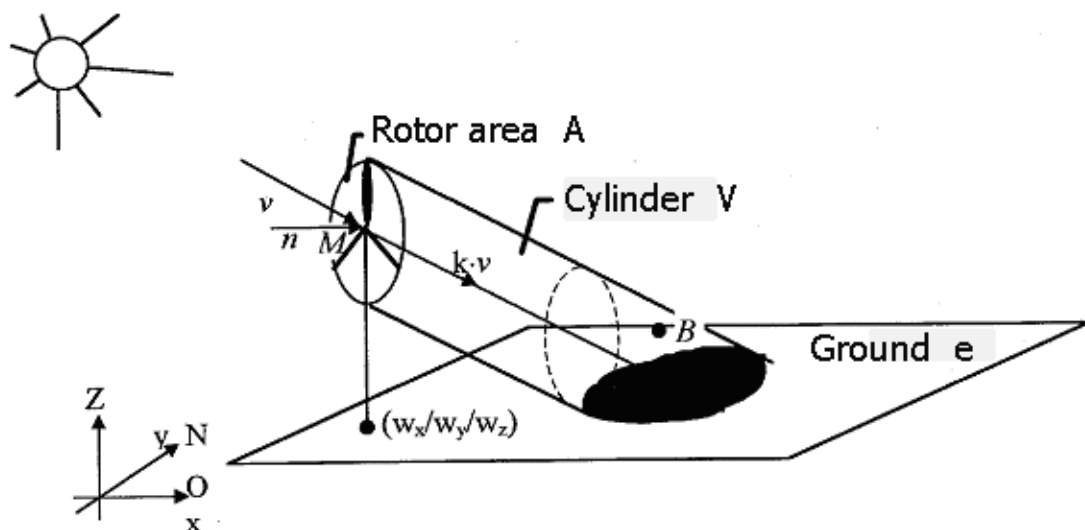
La valutazione dell'effetto di Shadow Flickering, è stato condotto considerando l'aerogeneratore Nordex N163/6.X HH 138m, presente nel catalogo del programma.



**Figura 5: Scheda WTG da catalogo WindPro**



Nelle modalità di computazione dell'ombra, il software considera il rotore come un disco pieno, determinando di fatto l'ininfluenza della velocità di rotazione. Perciò i giri per minuto delle eliche, che variano in relazione della velocità del vento, non comportano alcuna differenza nei risultati finali.



**Figura 6: Modello di propagazione dell'ombra**

## 5. RECETTORI

Non esiste una normativa nazionale, né regionale, che definisca con esattezza la corretta interpretazione da attribuire al termine recettore sensibile, con riferimento alla classificazione catastale degli stessi.

Per quanto previsto in altre norme locali, presenti sul territorio italiano (es. PIEAR - Piano di Indirizzo Energetico Ambientale Regionale della Regione Basilicata) si assumono come recettori sensibili, ai fini della valutazione, rispettivamente:

- "abitazioni": i fabbricati o porzioni di fabbricati che risultino registrati al catasto Fabbricati alle categorie da A/1 a A/10 o al Catasto Terreni quali fabbricati adibiti ad abitazione e dunque provvisti dei requisiti di cui all'art. 9, comma 3 della legge 133/94 "in ogni caso tali unità immobiliari devono risultare anagraficamente sede di residenza e conformi allo strumento vigente alla data di entrata in vigore della L.R. 19 gennaio 2010 n. 1 e s.m.i.;
- "edifici": i fabbricati o porzioni di fabbricati che risultino conformi allo strumento urbanistico vigente e registrati al catasto Fabbricati alle Categorie:
  - o B/1 Collegi e convitti, educandati; ricoveri; orfanotrofi; ospizi; conventi; seminari; caserme;
  - o B/2 Case di cura ed ospedali (senza fine di lucro);
  - o B/5 Scuole e laboratori scientifici;
  - o D/4 Case di cura ed ospedali (con fine di lucro);
  - o D/10 Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole, nel caso in cui essi siano e risultino sede di residenza dell'imprenditore. Tali edifici debbano risultare effettivamente sede delle suddette attività.

Lo studio desktop non ha tenuto conto inizialmente della natura degli insediamenti presenti sul territorio, ma si è limitato alla mera individuazione dei recettori, per i quali è stata riscontrata una corrispondenza all'interno del NCEU e presenti nel buffer considerato. Agli stessi, come già citato in precedenza, è stato assegnato il modello di comportamento "Greenhouse". L'elenco dei recettori è indicato in Tabella 2.

RECETTORE	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
A	507415	4626931	133,6
B	507842	4627752	116,2
C	510363	4625011	212,4
D	510045	4626710	89,9
E	507493	4624433	171,5
F	507497	4624439	171,7
G	508133	4626252	134,4
H	508148	4626118	132

RECETTORE	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
I	507917	4624615	151,2
J	507626	4624834	155,6
K	507922	4624637	152,1
L	507769	4624405	159,7
M	507597	4623547	169,9
N	507627	4623561	173,1
O	507638	4623599	166,3
P	508962	4623653	159,1
Q	509492	4623896	206,3
R	509473	4623926	206,1
S	509467	4623942	205,6
T	508855	4625005	137,4
U	510526	4624963	206,5
V	510499	4625028	207,3
W	510366	4625011	212,3
X	510365	4625013	212,8
Y	510364	4625017	213,5
Z	510359	4625013	213,3
AA	510356	4625011	213,4
AB	510352	4625010	213,7
AC	510347	4625007	214,3
AD	510352	4625025	213,3
AE	510043	4625585	140,5
AF	509997	4625686	137,9
AG	509995	4625693	139,8
AH	509993	4625698	141,1
AI	510003	4625697	139,6
AJ	510036	4625680	139,9
AK	510036	4625715	140,9
AL	510015	4625738	146,6
AM	509604	4626381	79,7
AN	510343	4626252	107,1
AO	510387	4627085	132,2
AP	510354	4627452	128,2
AQ	510064	4626710	90,6

**Tabella 2: Elenco dei recettori**

## 6. RISULTATI

È stata redatta l'analisi per i vari recettori, i cui risultati analitici sono indicati in *Tabella 3*, mentre i risultati grafici, con i livelli di ombreggiamento generati da ogni sorgente, sono indicati in Figura 7.

L'analisi estesa, output del software WindPro, e la mappa delle isolinee di ombreggiamento, sono riportate in allegato a questa relazione.

Nella tabella seguente si riportano in verde i recettori per cui non è presente il fenomeno di Shadow Flickering o per i quali l'ombreggiamento risulta essere inferiore ai limiti suggeriti dalle linee guida in uso in altri paesi. In arancio si riportano i recettori per i quali il limite di 30h è superato. Si provvederà a discutere dei recettori in dettaglio nella sezione 7.

RECETTORE	Ombreggiamento [h/year]	RECETTORE	Ombreggiamento [h/year]	RECETTORE	Ombreggiamento [h/year]
A	00:00	P	40:35:00	AD	03:36
B	00:00	Q	04:06	AE	32:58:00
C	02:52	R	04:58	AF	37:56:00
D	01:00	S	05:33	AG	38:47:00
E	11:44	T	14:30	AH	38:56:00
F	11:55	U	04:32	AI	37:26:00
G	07:13	V	08:26	AJ	31:02:00
H	07:00	W	03:03	AK	32:36:00
I	15:50	X	03:07	AL	32:35:00
J	10:04	Y	03:21	AM	56:20:00
K	15:35	Z	02:52	AN	20:48
L	22:45	AA	02:37	AO	12:50
M	08:09	AB	02:21	AP	10:22
N	08:36	AC	01:53	AQ	01:18
O	08:57				

No.	Ombreggiamento [h/year]	No.	Ombreggiamento [h/year]	No.	Ombreggiamento [h/year]	No.	Ombreggiamento [h/year]
A	07:37	T	18:04	AM	13:34	BF	45:12:00
B	19:02	U	36:14:00	AN	84:44:00	BG	22:19
C	11:03	V	07:22	AO	17:49	BH	23:23
D	46:38:00	W	198:55:00	AP	16:44	BI	01:52
E	06:55	X	21:09	AQ	19:22	BJ	00:00
F	03:14	Y	92:46:00	AR	10:35	BK	00:00
G	01:57	Z	24:52:00	AS	07:13	BL	69:31:00
H	100:32:00	AA	30:55:00	AT	23:16	BM	07:11
I	47:21:00	AB	109:38:00	AU	51:49:00	BN	496:51:00
J	27:01:00	AC	114:34:00	AV	50:16:00	BO	67:51:00
K	289:39:00	AD	04:17	AW	37:27:00	BP	40:19:00

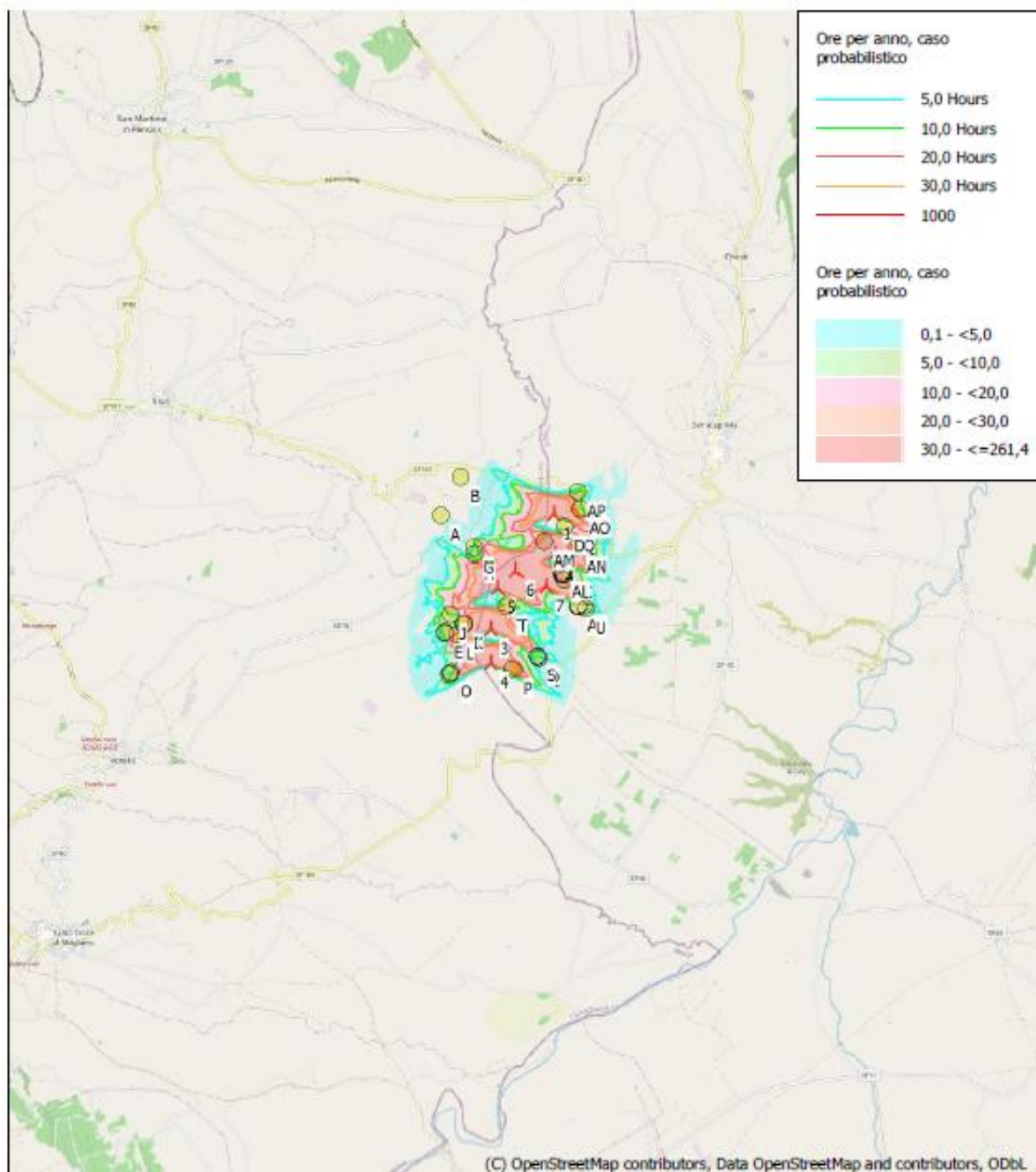
L	17:02	AE	01:05	AX	05:19	BQ	126:39:00
M	27:14:00	AF	56:30:00	AY	19:12	BR	192:35:00
N	137:42:00	AG	26:14:00	AZ	08:49	BS	60:13:00
O	00:00	AH	17:51	BA	39:40:00	BT	264:51:00
P	18:06	AI	08:31	BB	06:02	BU	03:12
Q	46:40:00	AJ	09:28	BC	26:06:00	BV	04:09
R	12:00	AK	22:25	BD	26:44:00	BW	01:08
S	19:22	AL	20:40	BE	87:14:00	BX	44:51:00

**Tabella 3: Risultati analitici del livello di Shadow Flickering**

Progetto:  
**Serracaprola\_VentoSolare**

Ufficio autorizzato:  
**SCS INgegNERIA SRL**  
VIA F.DO AYROLDI 10  
IT-72017 OSTUNI  
+390831336390  
Franco Luigi / [f.decastro@scsingegneria.it](mailto:f.decastro@scsingegneria.it)  
Redatto il:  
31/10/2023 12:52/3.6.377

## SHADOW - Mappa



Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:125.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 509.220 Nord: 4.625.250  
Nuova WTG Recettore d'ombra  
Fonte altimetria:: Elevation Grid Data Object: Serracaprola\_VentoSolare\_EMDGrid\_0.wpg (1)  
Time step: 4 minuti, Day step: 14 giorni, Map resolution: 30 m, Visibility calculation: 15 m, Altezza dell'osservatore: 1,5 m

**Figura 7: Mappa delle isolinee di ombreggiamento**

## 7. VALUTAZIONE RISULTATI E GIUDIZIO CONCLUSIVO

L'indagine condotta ha interessato un'ampia porzione di territorio, costituita da terreni prevalentemente agricoli, mediamente antropizzata, e caratterizzata da maggior presenza di fabbricati diruti e in stato di abbandono, o costruzioni a stretto servizio dell'attività agricola adibite al ricovero di mezzi ed attrezzi agricoli con minore presenza di fabbricati adibiti ad uso abitativo.

Sulla base dei risultati, è evidente la presenza di 10 recettori potenzialmente sensibili su un totale di 43 analizzati. Per questi recettori si è provveduto ad effettuare un'analisi di dettaglio sulla categoria catastale, al fine di verificarne la natura ed eventualmente, se applicabili, valutare le eventuali mitigazioni necessarie.

No.	COMUNE	FG.	P.LLA	CATEGORIA CATASTALE	CATASTO	OMBREGGIAMENTO [h/year]
AM	Serracapriola	42	141	D10 - Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	NCEU	56:20:00
AL	Serracapriola	42	119	D10 - Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	NCEU	32:35:00
AK	Serracapriola	42	136	D10 - Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	NCEU	32:36:00
AJ	Serracapriola	42	137	D10 - Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	NCEU	31:02:00
AI	Serracapriola	42	144	C06 - Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse (senza fine di lucro) C02 - Magazzini e locali di deposito	NCEU	37:26:00
AH	Serracapriola	42	145	C02 - Magazzini e locali di deposito	NCEU	38:56:00
AG	Serracapriola	42	143	C02 - Magazzini e locali di deposito	NCEU	38:47:00
AF	Serracapriola	42	142	C06 - Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse (senza fine di lucro)	NCEU	37:56:00
AE	Serracapriola	42	139	A04 - Abitazioni di tipo popolare	NCEU	32:58:00
P	Serracapriola	52	4	FABB DIRUTO	NCT	40:35:00

**Tabella 4: Analisi dei recettori sensibili**

Dalle informazioni riportate in Tabella 4, incrociate con le prescrizioni relative ai tipi di recettore descritte nella sezione 5, sono 5 i recettori catalogabili come sensibili a tutti gli effetti. Tutti gli altri riportano una classificazione per la quale gli effetti dell'ombreggiamento può essere trascurato, considerandoli occupati non in maniera continuativa durante la giornata, non

rientrando nella definizione di "abitazioni" o "edifici".

In particolare i recettori AM, AL, AK, AJ ed AE, risultano al di sopra dei limiti generalmente considerati come benchmark per l'analisi dell'ombreggiamento da Shadow Flickering.

Si rende perciò necessario un approfondimento dell'analisi su tali recettori, al fine di definire univocamente l'effetto dell'ombreggiamento sullo stesso.

In particolare, i recettori sono stati modellati come "Greenhouse", per cui risulta massimizzato l'impatto dell'ombreggiamento da Shadow Flickering sull'oggetto. Con molta probabilità, considerando la reale disposizione delle aperture, il limite di 30h potrebbe risultare soddisfatto. Qualora, a valle di questo ulteriore processo, alcuni o tutti i recettori risultino effettivamente "Recettori Sensibili", si verificherà l'applicabilità di possibili misure di mitigazione. Tali misure potranno prevedere, in via del tutto indicativa e data l'entità eccedente del fenomeno di ombreggiamento, la piantumazione di siepi di protezione, l'installazione di barriere visive, alberature o tendaggi.



## **8. ALLEGATI**

- Report WindPro
- Mappa delle Isolinee di ombreggiamento - Formato A1