



GRE CODE
GRE.EEC.R.11.IT.W.16117.00.104.01

PAGE
 1 di/of 18

TITLE:AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 72 MW WIND + 35 MW BESS COMUNE DI GUAGNANO (LE)

STUDIO EVOLUZIONE OMBRA SHADOW FLICKERING

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	04/07/2022	REVISIONE	V.D'AMICO	F.DE CASTRO	A. SERGI
00	02/11/2021	PRIMA EMISSIONE	V.D'AMICO	F.DE CASTRO	A. SERGI

GRE VALIDATION		
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY
-	VICENTE	TAMMA

PROJECT / PLANT IMPIANTO EOLICO GUAGNANO	GRE-CODE																			
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION								
	GRE	EEC	R	1	1	I	T	W	1	6	1	1	7	0	0	1	0	4	0	1

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green PowerS.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.11.IT.W.16117.00.104.01

PAGE

2 di/of 18

INDEX

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3. INTRODUZIONE	6
4. MODELLO DI CALCOLO	7
5. RECETTORI	10
6. RISULTATI	14
7. VALUTAZIONE RISULTATI E GIUDIZIO CONCLUSIVO	16
8. ALLEGATI.....	18

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 "GUAGNANO".

Il sito oggetto del presente elaborato è ubicato a circa 23 km a nord-ovest di Lecce, nel territorio del Comune di Guagnano, in Provincia di Lecce, Regione Puglia.

L'area interessata si sviluppa in un'area pianeggiante, a circa 16 km dalla costa Ionica e a 20 km da quella Adriatica.

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

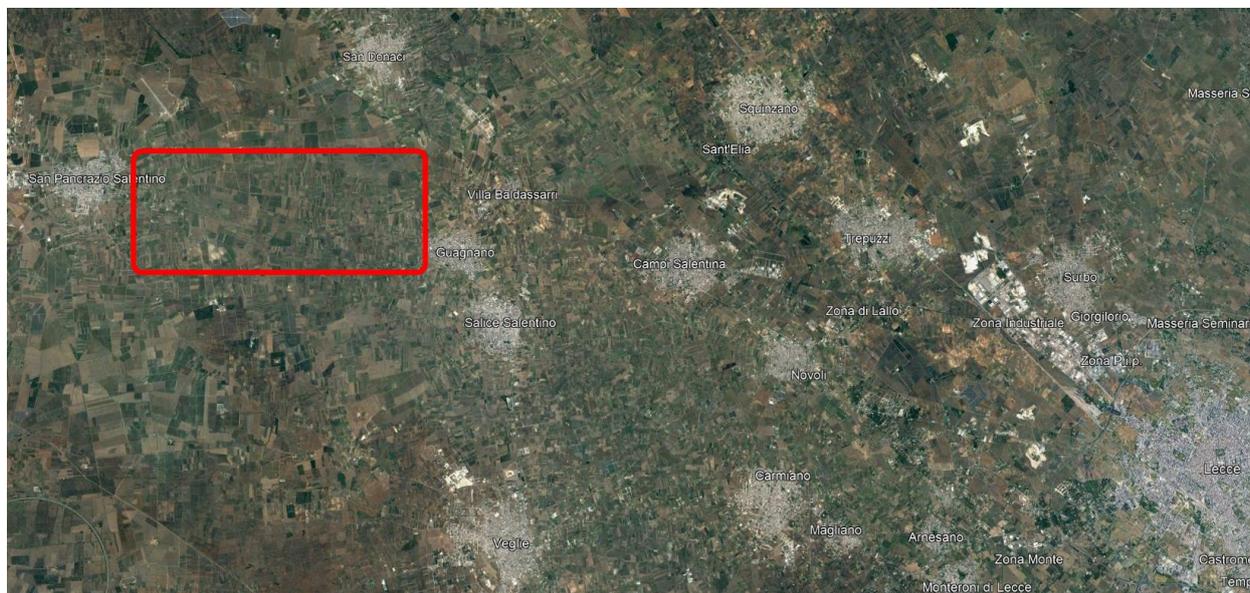


Figura 1: Individuazione su Ortofoto

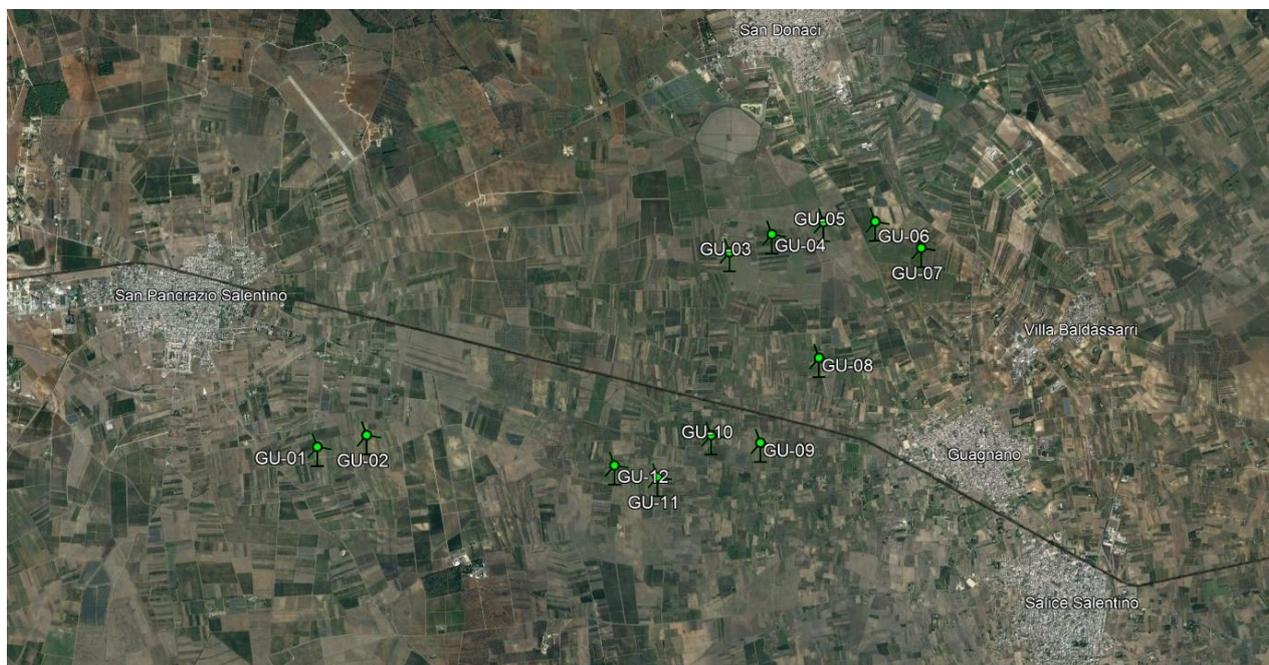


Figura 2: Layout d'impianto su Ortofoto

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		
WTG	EST [m]	NORD [m]	COMUNE	FG	P.LLA
GU - 01	742472.01	4476275.05	GUAGNANO	16	55
GU - 02	743061.03	4476436.05	GUAGNANO	16	162
GU - 03	747356.31	4478792.75	GUAGNANO	7	467
GU - 04	747860.00	4479025.00	GUAGNANO	8	193
GU - 05	748478.63	4479194,09	GUAGNANO	9	2
GU - 06	749100.95	4479220.21	GUAGNANO	10	167
GU - 07	749666.03	4478920.16	GUAGNANO	10	25
GU - 08	748476.00	4477536.00	GUAGNANO	22	230
GU - 09	747803.81	4476500.43	GUAGNANO	23	195
GU - 10	747206.98	4476571.98	GUAGNANO	23	513
GU - 11	746577.99	4476045.02	GUAGNANO	29	148
GU - 12	746055.64	4476167.93	GUAGNANO	29	86

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 (2020-2021), fornita dal proponente e provenienti dalla torre anemometrica San Pietro Vernotico con coordinate 40,5154° N; 17,9723° E.

In Figura 3 è riportato il dettaglio dei valori statistici inputati nel modello.

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

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
3,74	4,31	5,21	6,68	8,38	9,76	10,61	9,72	7,93	5,84	4,48	3,68

Tempo di operatività

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO	Somma
969	359	254	215	277	762	935	666	304	241	645	2.103	7.730

Figura 3: 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.

Ai soli fini della valutazione dell'effetto di Shadow Flickering, è stato considerato un aerogeneratore tipo Siemens Gamesa SG 6.0 – 170, presente nel catalogo del programma.

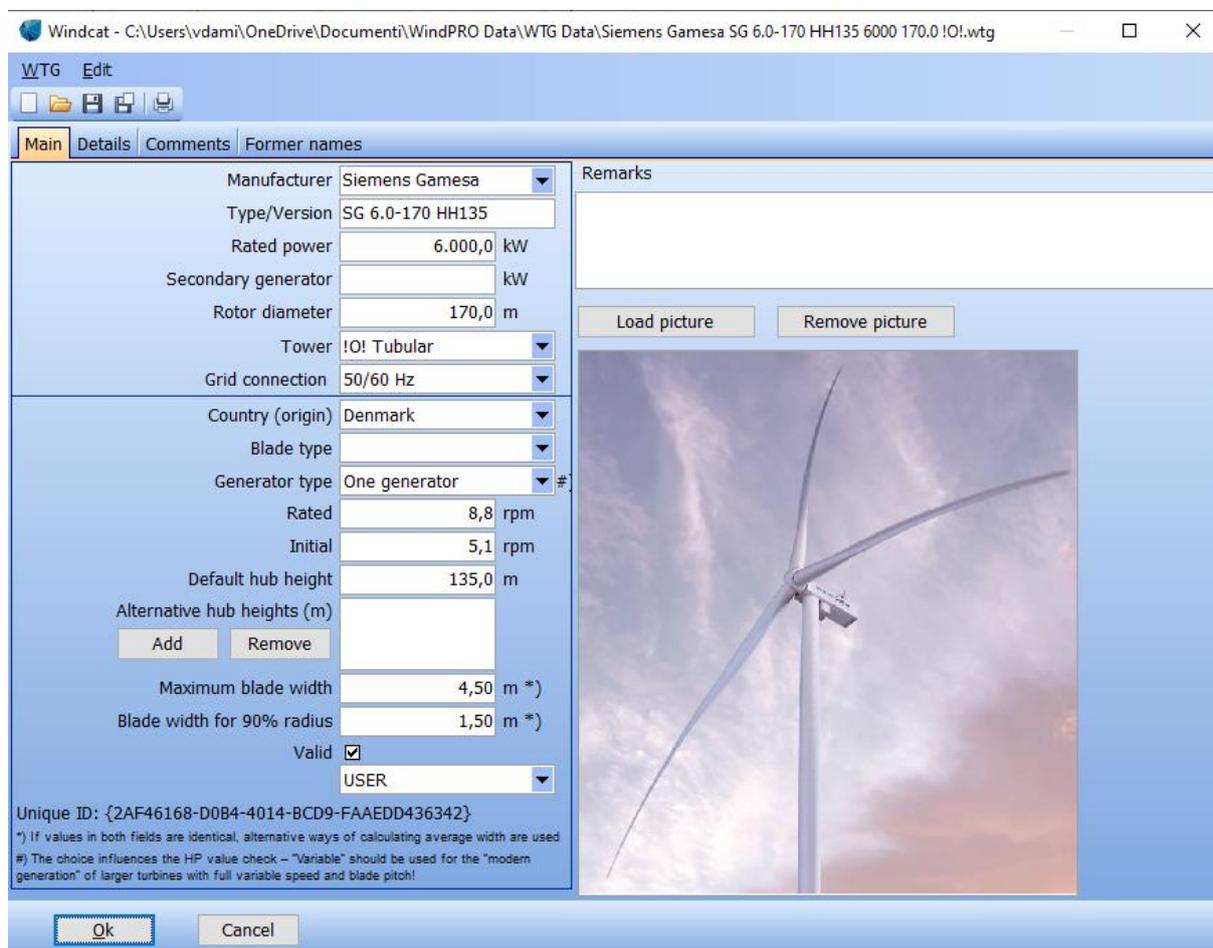


Figura 4: Scheda WTG da catalogo WindPro

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.

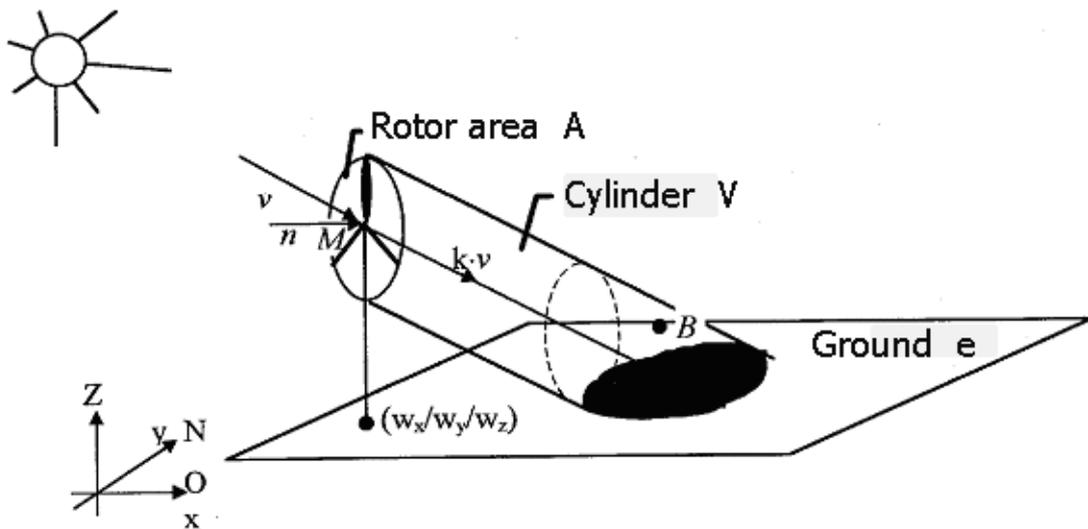


Figura 5: Modello di propagazione dell'ombra

5. RECETTORI

Non esiste una normativa nazionale, ne 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.

RECETTORI	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
A	750221	4478137	38
B	750195	4478371	38,6
C	749114	4479539	45,3
D	749209	4479453	44,6
E	749098	4480016	46,5
F	748930	4480174	51,2
G	748942	4480130	52,7
H	748175	4479989	43,6
I	749512	4477097	43,9
J	749377	4477097	44,7

RECETTORI	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
K	749352	4477116	44,9
L	749064	4476975	43,9
M	749169	4476794	44,7
N	749264	4476748	44
O	748909	4477013	44,8
P	748892	4477136	43,8
Q	748645	4476941	45
R	748554	4476367	46,7
S	748558	4476079	46,2
T	747449	4475981	44
U	747501	4476429	43,6
V	747488	4476433	43,8
W	746874	4476289	44,8
X	746875	4476302	44,8
Y	746113	4475375	52
Z	750561	4478487	39
AA	750436	4478649	38,6
AB	750532	4478681	38,1
AC	749966	4479857	46
AD	750010	4479825	45,9
AE	750029	4479795	46,3
AF	750002	4479733	46,5
AG	749883	4479521	43,3
AH	742721	4477625	56,5
AI	742686	4477435	56,8
AJ	742463	4477397	57,6
AK	742539	4477342	56,9
AL	742510	4476849	57,1
AM	742467	4476947	59,1
AN	741555	4476650	60
AO	741571	4476319	61
AP	741401	4476122	62,4
AQ	742015	4475280	61,6
AR	744811	4476470	51,1
AS	744934	4476495	49
AT	744935	4476499	48,9
AU	744663	4477639	52
AV	744655	4477765	52
AW	744723	4477860	50
AX	744743	4477862	50
AY	744843	4477772	49
AZ	744848	4477630	50,4
BA	743951	4476581	55,1

RECETTORI	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
BB	747841	4475227	46,5
BC	741977	4476518	59,1
BD	741668	4476414	61,7
BE	741762	4476472	60,9
BF	742457	4476670	58
BG	742560	4477010	57
BH	742626	4477024	58,3
BI	742528	4477014	57,1
BJ	742670	4477017	58,5
BK	743511	4476726	55,1
BL	743286	4476906	56,4
BM	743325	4476953	57,8
BN	743345	4476953	56,6
BO	743320	4476915	56
BP	743232	4476907	55,9
BQ	743256	4477258	56,1
BR	743110	4477328	55,5
BS	742744	4477209	56,9
BT	742874	4477363	54,8
BU	743096	4477480	56
BV	743863	4477913	53,3
BW	746941	4476699	45
BX	746384	4476298	45,7
BY	744947	4477500	50
BZ	748385	4475498	46,2
CA	747731	4475466	47
CB	747774	4475759	46,8
CC	748062	4475854	46
CD	748067	4475879	46
CE	747908	4475959	45,6
CF	747858	4477204	44
CG	748017	4477091	44,8
CH	748075	4476951	43,2
CI	747739	4478195	40,7
CJ	747719	4478184	40,5
CK	747727	4478144	40
CL	747716	4478107	40,8
CM	747701	4478062	40,2
CN	749046	4478707	39,3
CO	748953	4478175	37,5
CP	748968	4478106	37,1
CQ	748496	4478162	39
CR	749647	4479637	46,1

RECETTORI	Est	Nord	Z
	[m]	[m]	[m]
CS	750083	4478594	42
CT	750082	4478575	40,7
CU	749399	4478301	40,8
CV	743115	4477884	54,5

Tabella 2: Elenco dei recettori

6. RISULTATI

È stata redatta l'analisi per i vari ricettori, 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 6.

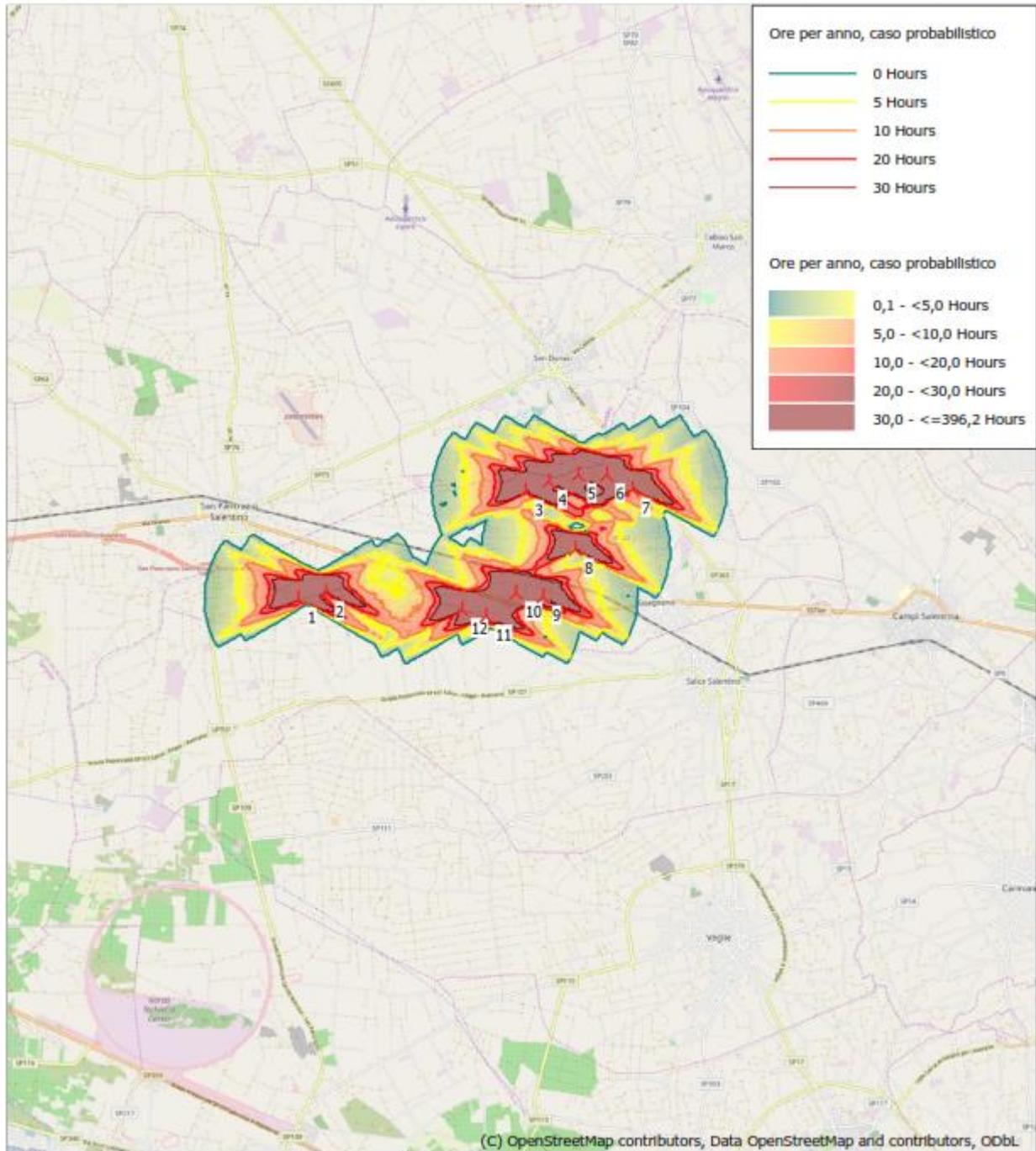
L'analisi estesa, output del software WindPro, e la mappa delle isolinee di ombreggiamento, sono riportate in allegato a questa relazione.

Nella tabella seguente si riportano in verde i ricettori 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 ricettori per i quali il limite di 30h è superato. Si provvederà a discutere dei ricettori in dettaglio nella sezione 7.

No.	Ombreggiamento	No.	Ombreggiamento	No.	Ombreggiamento	No.	Ombreggiamento
	[h/year]		[h/year]		[h/year]		[h/year]
A	01:14	Z	10:51	AY	00:00	BX	142:33
B	05:47	AA	34:20	AZ	00:00	BY	00:00
C	56:31	AB	32:54	BA	07:54	BZ	03:01
D	89:22	AC	09:16	BB	01:11	CA	09:24
E	03:02	AD	07:45	BC	32:52	CB	08:07
F	00:00	AE	06:54	BD	13:54	CC	03:57
G	00:00	AF	07:05	BE	17:05	CD	03:52
H	07:08	AG	09:41	BF	32:41	CE	05:09
I	16:03	AH	00:00	BG	05:39	CF	16:42
J	09:38	AI	00:00	BH	00:00	CG	08:42
K	11:01	AJ	00:00	BI	06:50	CH	20:58
L	03:52	AK	00:00	BJ	00:00	CI	08:23
M	03:43	AL	25:55	BK	22:47	CJ	09:50
N	02:25	AM	16:45	BL	15:46	CK	12:45
O	04:57	AN	11:06	BM	09:56	CL	15:09
P	05:08	AO	11:29	BN	11:17	CM	16:45
Q	08:23	AP	06:52	BO	16:00	CN	40:15
R	23:33	AQ	00:00	BP	12:23	CO	09:38
S	11:43	AR	05:55	BQ	00:00	CP	16:17
T	13:38	AS	06:52	BR	00:00	CQ	00:35
U	96:40	AT	06:51	BS	00:00	CR	19:00
V	97:28	AU	02:13	BT	00:00	CS	07:08
W	54:56	AV	00:00	BU	00:00	CT	07:48
X	53:11	AW	00:00	BV	00:00	CU	11:37
Y	00:00	AX	00:00	BW	96:40	CV	00:00

Tabella 3: Risultati analitici del livello di Shadow Flickering

SHADOW - Mappa



0 2,5 5 7,5 10km
 Mappa: EMD OpenStreetMap , Scala di stampa 1:125.000, Centro mappa UTM (north)-WGS84 Zone: 33 Est: 746.910 Nord: 4.476.480
 Nuova WTG
 Fonte altimetria:: Elevation Grid Data Object: guagnano_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 6: 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 14 recettori potenzialmente sensibili su un totale di 100 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.	Informazioni Catastali	Ombreggiamento
		[h/year]
C	Guagnano, fg. 3 plla 591 NCEU: D/1	56:31
D	Guagnano, fg. 3 plla 593 NCEU: D/1	89:22
U	Guagnano, fg. 30 plla 695 NCEU: D/1	96:40
V	Guagnano, fg. 30 plla 697 NCEU: D/1	97:28
W	Guagnano, fg. 29 plla 507 NCEU: D/1	54:56
X	Guagnano, fg. 29 plla 509 NCEU: D/1	53:11
AA	Guagnano, fg. 11 plla 427 NCEU: A/7	34:20
AB	Guagnano, fg. 11 plla 417 NCEU: C/2	32:54
AL	Guagnano, fg. 16 plla 456 NCEU: D/1	25:55
BC	Guagnano, fg. 15 plla 566 NCEU: A/4	32:52
BF	Guagnano, fg. 16 plla 452 NCEU: D/1	32:41
BR	Guagnano, fg. 16 plla 476 NCEU: A/3	96:40
BX	Guagnano, fg. 29 plla 488 NCEU: C/2	142:33
CN	Guagnano, fg. 9 plla 357 NCEU: C/2	40:15

Tabella 4: Analisi dei recettori sensibili

Dalle informazioni riportate in Tabella 4 incrociate con le prescrizione relative ai tipi di recettore descritte nella sezione 5, i soli recettori AA, BC e BR risultano avere le caratteristiche di recettori sensibili a tutti gli effetti. Tutti gli altri riportano una classificazione per la quale non si applica la definizione di "abitazioni" o "edifici".

In riferimento a tali recettori, essi risultano leggermente al di sopra dei limiti generalmente considerati come benchmark per l'analisi dell'ombreggiamento da Shadow Flickering.

Al fine definite univocamente l'effetto dell'ombreggiamento sugli stessi, occorre in una fase successiva, acquisire tutti quei dati espressamente richiamati dalle definizioni del Disciplinare di "abitazione", che sono però inaccessibili alla Società proponente in questa fase.

Qualora tali ulteriori verifiche dovessero dare un esito positivo, si provvederà ad un'analisi più dettagliata, col fine di valutare il reale impatto del fenomeno sul recettore. Infatti si ricorda che:

- Non è stato possibile accedere alle aree per effettuare un rilievo di dettaglio, non avendone titolo e permessi, perciò non si è individuata la porzione di insediamento effettivamente

occupata dal fabbricato classificato come A/3, A/4 e A/7, così come la reale distribuzione delle aperture;

- I recettori sono stato 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 risulterà quasi certamente soddisfatto.

Una volta disponibili le informazioni, a valle dell'analisi di dettaglio sui sudetti recettori, se si confermasse l'impatto dell'effetto di shadow flickering, si valuterà l'applicazione di possibili misure di mitigazione.

8. ALLEGATI

- Report WindPro
- Mappa delle Isolinee di ombreggiamento - Formato A0