

TITOLARE DEL DOCUMENTO:

AREN Green S.r.l.

Società soggetta alla direzione e coordinamento di AREN Electric Power S.p.A.
Sede legale e amministrativa: Via dell'Arrigoni n. 308 | 47522 Cesena (FC) | Ph. +39 0547 415245
Iscritta nel Registro delle Imprese della Romagna – Forlì-Cesena e Rimini | REA 326908 | C.F./P.Iva 04032170401

COMUNI DI VENOSA E MONTEMILONE (PZ)
LOCALITA' "PIANO REGIO"

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **"PIANO REGIO"**

REDAZIONE / PROGETTISTA:	PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285 e-mail: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it Direttore Tecnico: Dott. Ing. Angelo Micolucci	TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:
		ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO Dott. Ing. MICOLUCCI Angelo n° 1851
		Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE SULL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA - FENOMENO
SHADOW FLICKERING**

CODICE ELABORATO:

PRGDT_GENR02800_00

FORMATO:

A4

Nr. EL:

FASE:

**PROGETTO
DEFINITIVO**

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	28/02/2023	A.Micolucci	A.Micolucci	A.Micolucci
01					
02					
03					
04					

Committente: AREN Green S.r.l. Via Dell'Arrigoni 308 47522 Cesena (FC)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI VENOSA (PZ) E MONTEMILONE (PZ) IN LOCALITA' PIANO REGIO	Nome del file: PRGDT_GENR02800_00
--	--	---

SOMMARIO

1.	PREMESSA	2
2.	INTERVENTI IN PROGETTO	3
3.	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO	6
4.	EFFETTO SHADOW FLICKER.....	7
5.	MODELLO DI CALCOLO	9
6.	RISULTATI	10

Committente: AREN Green S.r.l. Via Dell'Arrigoni 308 47522 Cesena (FC)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI VENOSA (PZ) E MONTEMILONE (PZ) IN LOCALITA' PIANO REGIO	Nome del file: PRGDT_GENR02800_00
--	--	---

1. PREMESSA

Nella presente trattazione si descrive l'evoluzione giornaliera delle ombre generate dalle pale eoliche facenti parte dell'impianto eolico denominato "PIANO REGIO" al fine di verificare che l'alternanza ciclica dell'ombra non arrechi danni alla salute su un possibile ricettore.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 15 aerogeneratori ognuno da 4,7 MW da installare nel territorio dei comuni di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ) su di un'area che interessa le località di "Piano Regio" con opere di connessione ricadenti nei medesimi comuni, commissionato dalla società AREN Green S.r.l.

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE SULL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA FENOMENO SHADOW FLICKERING	Pagina 2 di 19
---	--	----------------

2. INTERVENTI IN PROGETTO

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 15 aerogeneratori ognuno da 4.7 MW da installare nei comuni di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ) in località "Piano Regio" con opere di connessione ricadenti nei medesimi comuni, commissionato dalla società AREN Green S.r.l. Il tracciato del cavidotto di collegamento alla Stazione utente attraversa i medesimi Comuni. L'impianto sarà allacciato alla nuova Stazione Elettrica Terna di Montemilone, tramite connessione a 36 kV.

I siti interessati dai previsti aerogeneratori sono suddivisi in due gruppi distinti: il primo, comprendente gli aerogeneratori da WTG01 a WTG07, costituisce un raggruppamento più orientale, posizionato interamente nel Comune di Montemilone, mentre quello comprendente gli aerogeneratori da WTG08 a WTG15 costituisce un raggruppamento più occidentale, interamente nel Comune di Venosa.

I due gruppi sono separati dalla SS 655 Bradanica, che nell'area ha andamento pressoché NO-SE. Nei pressi del gruppo orientale di aerogeneratori si trova la Strada Provinciale Montemilone-Venosa, lungo la quale si collocherà la futura SS di Terna di Montemilone e la futura Sottostazione Utente.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione interrato che collegherà l'impianto alla Sottostazione elettrica prevista sul territorio di Montemilone (PZ).

Nel dettaglio gli interventi previsti sono:

- realizzazione di 15 aerogeneratori ognuno da 4,7 MW,
- realizzazione di 15 piazzole provvisorie per il montaggio degli aerogeneratori da ridimensionare al termine della fase di cantiere,
- realizzazione di nuovi tratti stradali ed in adeguamento di taluni tratti della viabilità esistente,
- realizzazione di slarghi provvisori necessari all'accesso al sito dei mezzi che effettuano i trasporti eccezionali da ripristinare al termine della fase di cantiere,
- realizzazione dei cavidotti interrati in AT di interconnessione fra gli aerogeneratori e la stazione di utenza in agro del Comune di Montemilone (PZ) e da questa alla stazione RTN di Terna.

La collocazione degli aerogeneratori in progetto è la seguente:

TURBINA	E (UTM WGS84 33N) [m]	N (UTM WGS84 33N) [m]
WTG 01	578281	4541394
WTG 02	578819	4540065
WTG 03	579367	4540437
WTG 04	579992	4540276
WTG 05	579981	4539478
WTG 06	578485	4539019
WTG 07	581983	4538881
WTG 08	566726	4537767
WTG 09	565729	4540881
WTG 10	567573	567573
WTG 11	568081	4538233

TURBINA	E (UTM WGS84 33N) [m]	N (UTM WGS84 33N) [m]
WTG 12	568176	4539163
WTG 13	571524	4538384
WTG 14	572015	4537548
WTG 15	572618	4537739

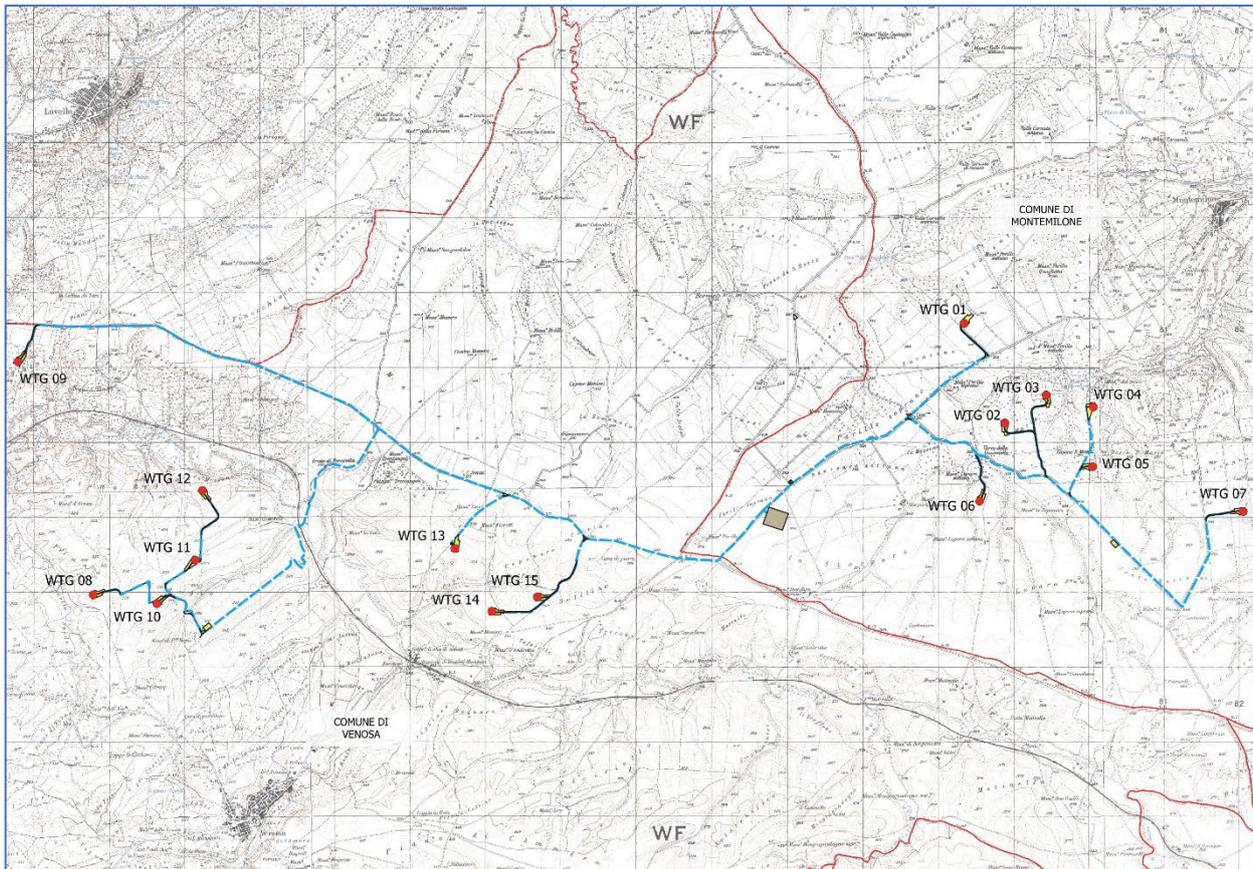


Figura 1 – Inquadramento Territoriale - IGM 25.000

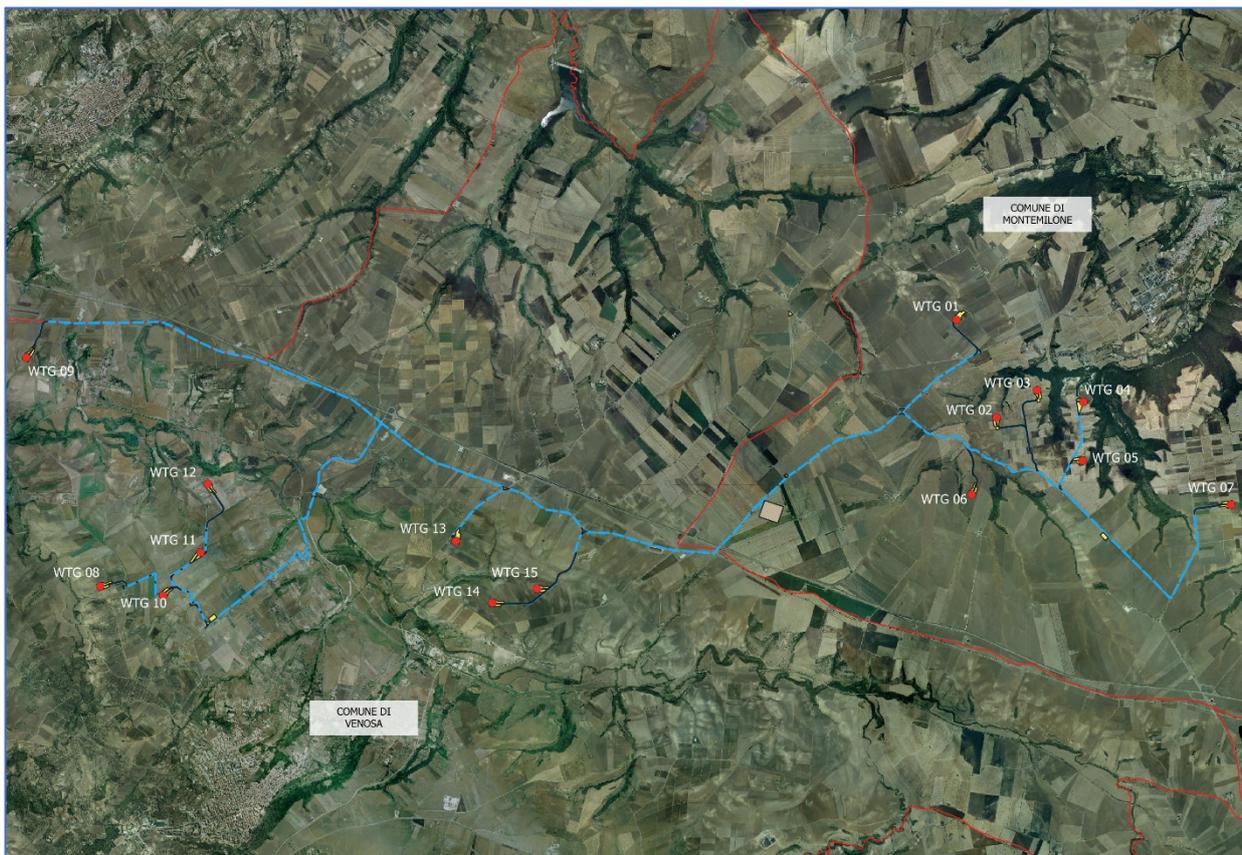


Figura 2 - Inquadramento Territoriale – Ortofoto

Committente: AREN Green S.r.l. Via Dell'Arrigoni 308 47522 Cesena (FC)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI VENOSA (PZ) E MONTEMILONE (PZ) IN LOCALITA' PIANO REGIO	Nome del file: PRGDT_GENR02800_00
--	--	---

3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO

Il Parco è ubicato nella Provincia di Potenza e, più precisamente, nei territori comunali di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ) in località "Piano Regio".

Il tracciato del cavidotto di collegamento alla Stazione utente attraversa i medesimi Comuni. La sottostazione di trasformazione ricade sul territorio di Montemilone (PZ).

Gli aerogeneratori sono stati posizionati lungo il sito tenendo conto, principalmente, delle condizioni di ventosità dell'area (direzione, intensità e durata) quindi della natura geologica del terreno oltre che del suo andamento plani altimetrico. La disposizione degli aerogeneratori è prevalentemente "in linea", tale da evitare il cosiddetto "effetto selva" dai punti di osservazione principali.

La potenza totale da installare dell'impianto sarà prodotta con la realizzazione mediante l'installazione di n° **15** aerogeneratori di potenza unitaria pari a **4,7 MW**.

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade provinciali, regionali e statali:

- Strada Provinciale Montemilone- Venosa
- SP21- Strada Provinciale 21 delle Murge
- SP 86- Strada Provinciale 86 della Lupara
- SP 18- Strada Provinciale 18 Ofantina
- SP 69- Strada Provinciale 69 Lavello- Ofantina
- SS 665- Strada Statale 665
- Strada Provinciale 109 del Piano Regio
- Strade comunali

I siti interessati dai previsti aerogeneratori sono suddivisi in due gruppi distinti: il primo, comprendente gli aerogeneratori da WTG01 a WTG07, costituisce un raggruppamento più orientale, posizionato interamente nel Comune di Montemilone, mentre quello comprendente gli aerogeneratori da WTG08 a WTG15 costituisce un raggruppamento più occidentale, interamente nel Comune di Venosa.

Nell'area sono rilevabili i seguenti beni monumentali:

- Masseria Finocchiaro
- Masseria Trentangeli" (Ex Casino Trentangoli)
- "Stazione ferroviaria di Venosa- Maschito"
- "Masseria Matinella - Veltri"
- "Masseria Casone (ex Il Casone)"
- "Ex Monastero di S. Agostino
- Castello di Venosa
- "Palazzo La Torre"

L'opera oggetto di studio ricade in territorio di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ). L'area fa parte di un territorio precollinare ad uso generalmente agricolo, coltivata in prevalenza a cereali e prodotti ortofrutticoli di raro pregio. Gli insediamenti umani sono scarsi, e localizzati generalmente lungo la viabilità provinciale, a relativa distanza dai siti previsti per gli aerogeneratori.

PHEEDRA Srl Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE SULL'EVOLUZIONE DELL'OMBRA FENOMENO SHADOW FLICKERING	Pagina 6 di 19
---	---	----------------

4. EFFETTO SHADOW FLICKER

Lo "shadow flicker" (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere l'effetto stroboscopico delle ombre proiettate dalle pale rotanti degli aerogeneratori eolici allorché il sole si trova alle loro spalle (cfr. figura 1). Il fenomeno si traduce in una variazione alternata di intensità luminosa che, a lungo andare, può provocare fastidio agli occupanti delle abitazioni le cui finestre risultano esposte al fenomeno stesso. Il fenomeno, ovviamente, risulta assente sia quando il sole è oscurato da nuvole o nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale del generatore non sono in rotazione.

In particolare, le frequenze che possono provocare un senso di fastidio sono comprese tra i 2.5 ed i 20 Hz (Verkuijlen and Westra, 1984), e, l'effetto sugli individui è simile a quello che si sperimenterebbe in seguito alle variazioni di intensità luminosa di una lampada ad incandescenza a causa di continui sbalzi della tensione della rete di alimentazione elettrica.

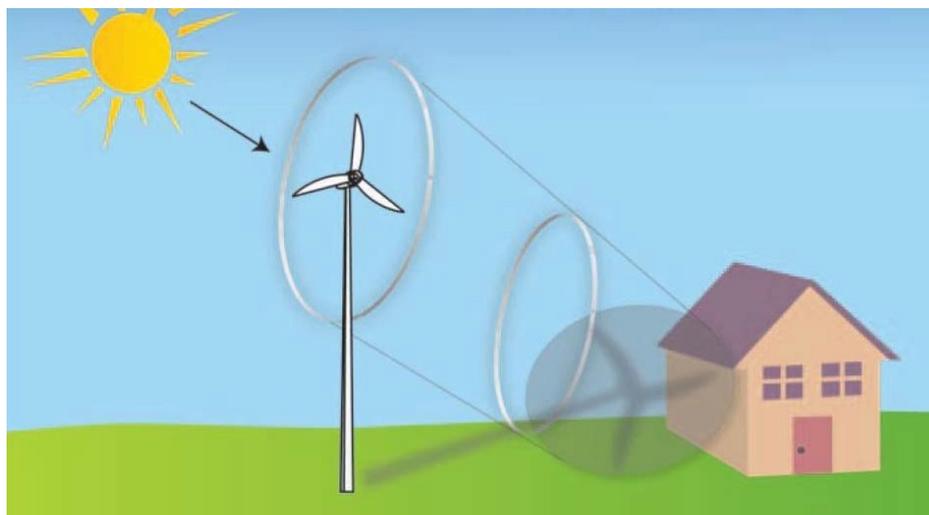
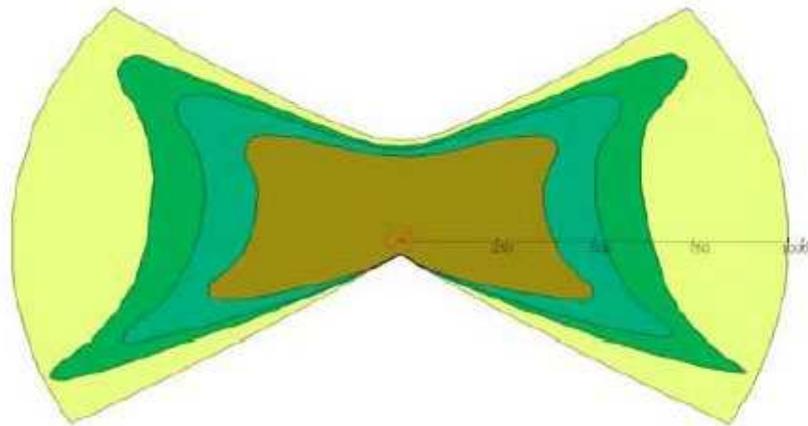


Figura 3 Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker

I più recenti aerogeneratori tripala operano ad una velocità di rotazione inferiore ai 35 giri al minuto, corrispondente ad una frequenza di passaggio delle pale sulla verticale inferiore a 1.75 Hz, minore, quindi, della frequenza critica di 2.5 Hz. Inoltre, i generatori di grande potenza (dal MW in su) raramente superano la velocità di rotazione di 20 giri al minuto, corrispondente a frequenze di passaggio delle pale ampiamente minori di quelle ritenute fastidiose per la maggioranza degli individui.

Le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricevitore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 300 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe per effetto della piccola elevazione solare. Al di là di una certa distanza l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala ed il diametro del sole diventa molto piccolo. Quindi, come è facile immaginare, la condizione più penalizzante corrisponde al caso in cui il piano del rotore risulta ortogonale alla congiungente ricevitore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari al rotore del generatore eolico.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate rivolte verso le ombre. In generale, l'area soggetta a shadow flicker non si estende oltre i 500,1000 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300 m di distanza dalle macchine con durata del fenomeno dell'ordine delle 200 ore all'anno; il flickering, se presente, non supera in genere i 20/30 minuti di durata nell'arco di una giornata.



ALMENO 100 ORE DI
OMBRA ALL'ANNO



ALMENO 30 ORE DI
OMBRA ALL'ANNO



ALMENO 50 ORE DI
OMBRA ALL'ANNO



MENO DI 30 ORE DI
OMBRA ALL'ANNO

L'intensità del fenomeno è definita come la differenza di luminosità che si percepisce in presenza ed in assenza di flickering in una data posizione. In generale, si può affermare che:

- Avendo le pale una forma rastremata con lo spessore che cresce verso il mozzo; il fenomeno risulterà tanto più intenso quanto maggiore sarà la porzione di disco solare coperta dalla pala stessa e quanto minore la distanza dal ricettore;
- L'intensità del flickering sarà minima quando l'ombra prodotta è generata all'estremità delle pale;
- Maggiori distanze tra generatore e ricettore determinano ombre meno nette; in tal caso l'effetto flickering risulterà meno intenso e distinto.

Committente: AREN Green S.r.l. Via Dell'Arrigoni 308 47522 Cesena (FC)	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI VENOSA (PZ) E MONTEMILONE (PZ) IN LOCALITA' PIANO REGIO	Nome del file: PRGDT_GENR02800_00
--	--	---

5. MODELLO DI CALCOLO

L'analisi dell'impatto da shadow flickering prodotto da un campo eolico è realizzata, generalmente, attraverso l'impiego di specifici applicativi che modellano il fenomeno in esame. I pacchetti software impiegati per la progettazione di impianti eolici contengono moduli specifici per il calcolo e l'analisi del fenomeno di flickering.

L'analisi si basa sull'impiego di un modello digitale del terreno dell'area oggetto di progettazione, sulle posizioni (E, N, quota) degli aerogeneratori e dei ricettori sensibili, nonché sui dati che correlano la posizione del sole nell'arco dell'anno con le condizioni operative delle turbine nello stesso arco di tempo.

Al fine di calcolare la posizione relativa del sole nell'arco di un anno rispetto al parco eolico ed ai ricettori è necessario definire la longitudine, la latitudine ed il fuso orario dell'area interessata dal progetto.

Lo studio dell'effetto delle ombre è stato condotto per l'intero periodo annuale. Sono stati considerati i valori di ombreggiamento medio su ciascuna area analizzata. Queste analisi hanno restituito un range di valori unitari che va da 0 a 850 ore di ombreggiamento annuo.

Le curve rappresentate graficamente indicano i limiti delle aree ugualmente ombreggiate in termini di ore/anno, da quella più esterna che individua un'area ombreggiata in media 50 ore/anno, fino a quella più interna che rappresenta un'area ombreggiata mediamente 1000 ore/anno. La rappresentazione è stata prodotta a step di 50 ore di ombreggiamento medio annuo, considerando trascurabili le aree dove risulta un valore inferiore a 100 ore/anno.

Un particolare effetto considerato nell'analisi condotta, riguarda i limiti in cui l'intensità della luce diffusa si omogenea con l'ombra prodotta dall'aerogeneratore. In altre parole esiste un limite fisico, in termini di distanza dall'aerogeneratore, in cui l'ombra prodotta dallo stesso, si confonde con la bassa intensità della luce diffusa, che si sviluppa al mattino presto ed al tramonto.

6. RISULTATI

La frequenza dello shadow flickering è correlata alla velocità di rotazione del rotore; le frequenze tipiche per le macchine considerate nel presente progetto sono dell'ordine di 0.7 - 1.5 Hz (circa un passaggio al secondo). In termini di impatto sulla popolazione, tali frequenze sono innocue; basti pensare che le lampade stroboscopiche, largamente impiegate nelle discoteche, producono frequenze comprese tra 5 e 10 Hz. Inoltre, a livello internazionale, è universalmente accettato che frequenze inferiori a 10 Hz non hanno alcuna correlazione con attacchi di natura epilettica.

Nel caso in esame dalle informazioni derivanti dagli strumenti urbanistici e di pianificazione vigenti, dalla banca dati catastale, dal sopralluogo finalizzato a valutare l'effettiva destinazione d'uso, lo stato di conservazione, la presenza di requisiti minimi di abitabilità o possibilità di permanenza di attività umana si evince che la maggior parte dei fabbricati censiti sono costituiti da ruderi, fabbricati collabenti o depositi agricoli, o unità dove la presenza dell'uomo non si concretizza per un numero di ore significative/giorno, pertanto non è presente nessun impatto significativo da shadow flickering sui ricettori individuati ed indicati nella seguente tabella riepilogativa:

ID	Comune	Foglio	Particella	Categoria C	X	Y
1	Montemilone	17	277	C02	577871	4541712
2	Montemilone	17	255	A03	578830	4541675
3	Montemilone	17	222	Nessuna corrispondenza	578859	4541687
4	Montemilone	17	269	A03	578847	4541648
5	Montemilone	27	832	F06	578996	4540939
6	Montemilone	19	116	Nessuna corrispondenza	579786	4540752
7	Montemilone	27	A	Santuario Madonna del Bosco	580127	4540657
8	Montemilone	27	810	C02	579896	4540250
9	Montemilone	27	814	C02	580073	4539786
10	Montemilone	27	23	Nessuna corrispondenza	579719	4539595
11	Montemilone	33	6	FABB DIRUTO	578458	4539334
12	Montemilone	33	119	FABB DIRUTO	578441	4539298
13	Montemilone	33	286	Nessuna corrispondenza	578365	4539261
14	Venosa	24	154	FABB DIRUTO	572223	4537956
15	Venosa	23	101	FABB DIRUTO	571864	4538650
16	Venosa	23	515	C02	571867	4538657
17	Venosa	23	29	FABB RURALE	571879	4538658
18	Venosa	23	427	C02	571603	4538762

ID	Comune	Foglio	Particella	Categoria C	X	Y
19	Venosa	20	105	FABB RURALE	568679	4538127
20	Venosa	28	153	D01	567140	4537757
21	Venosa	28	154	D01	567100	4537749
22	Venosa	6	33	FABB RURALE	566237	4540736
23	Venosa	28	148	C02	567042	4537429
24	Venosa	28	149	F02	566959	4537422

Le distanze reciproche tra generatori eolici e recettori e le condizioni orografiche del sito considerato, determinano la pressoché totale assenza del fenomeno in esame che interessa nella quasi totalità dei casi i recettori per un numero di ore/anno esiguo da potersi definire quasi trascurabile. Inoltre si evidenzia che i recettori individuati sono prevalentemente appartenenti a classi di unità dove la permanenza dell'uomo si limita a fasce di poche ore, limitate.



Figura 4-WTG 01 - Interferenza ombre – recettori

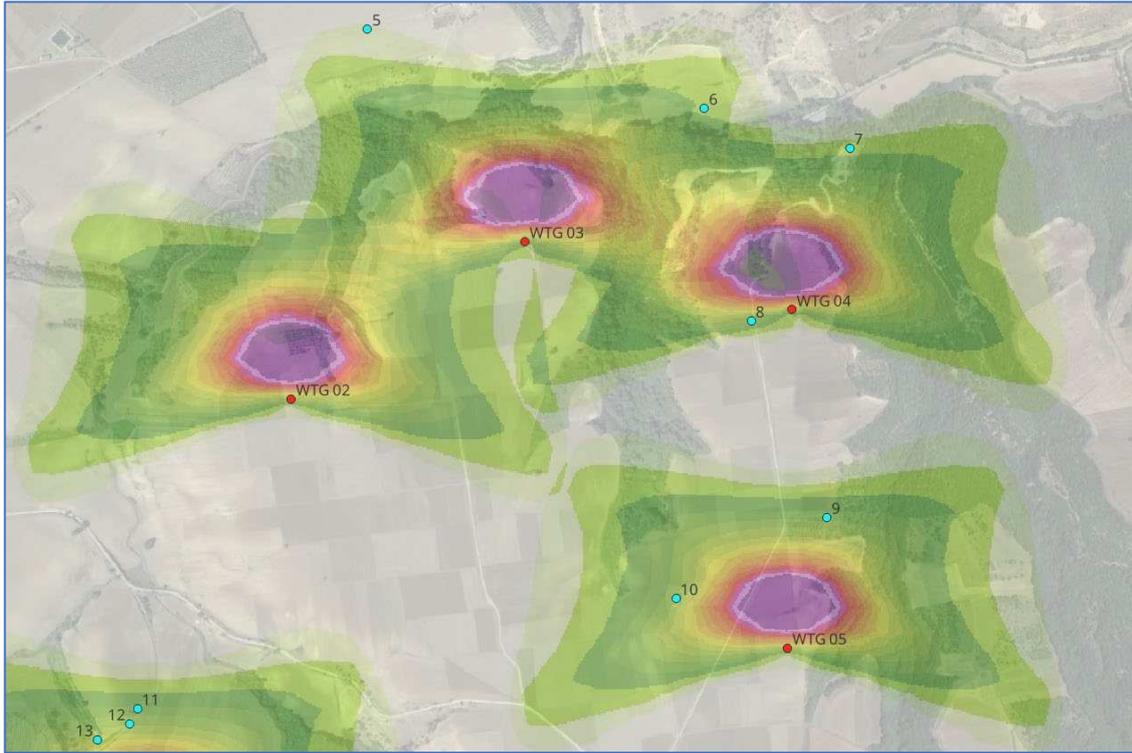


Figura 5 -WTG 02- WTG 03- WTG 04- WTG 05 - Interferenza ombre – recettori

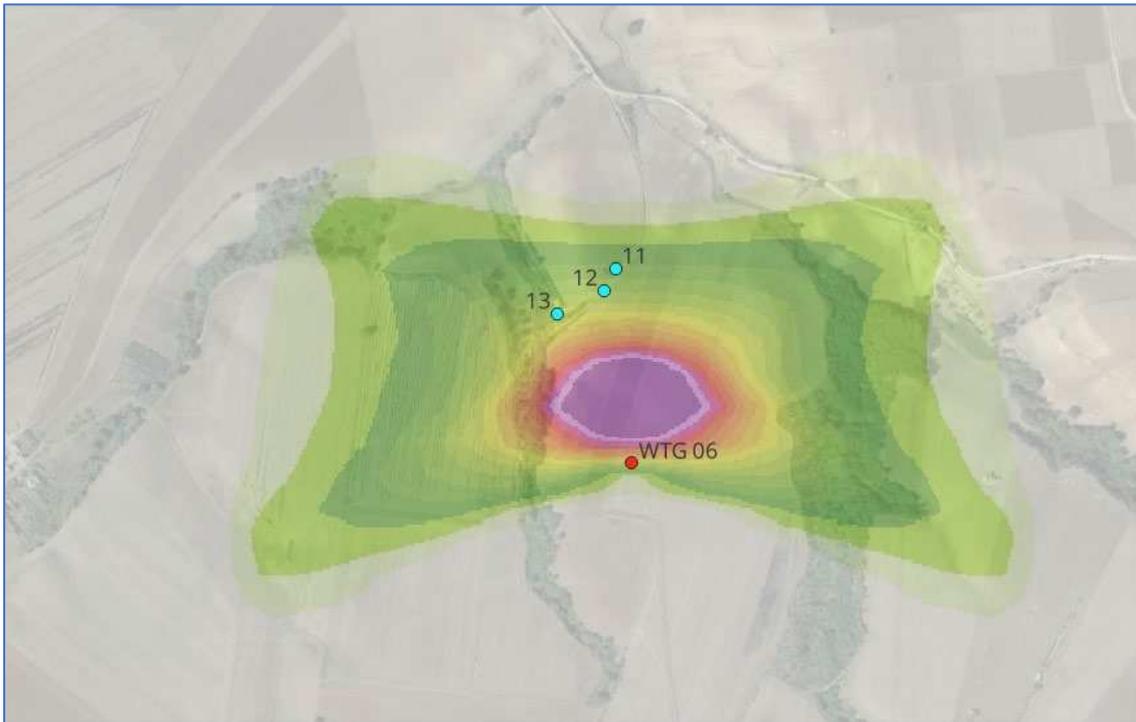


Figura 6 – WTG 06 - Interferenza ombre – recettori

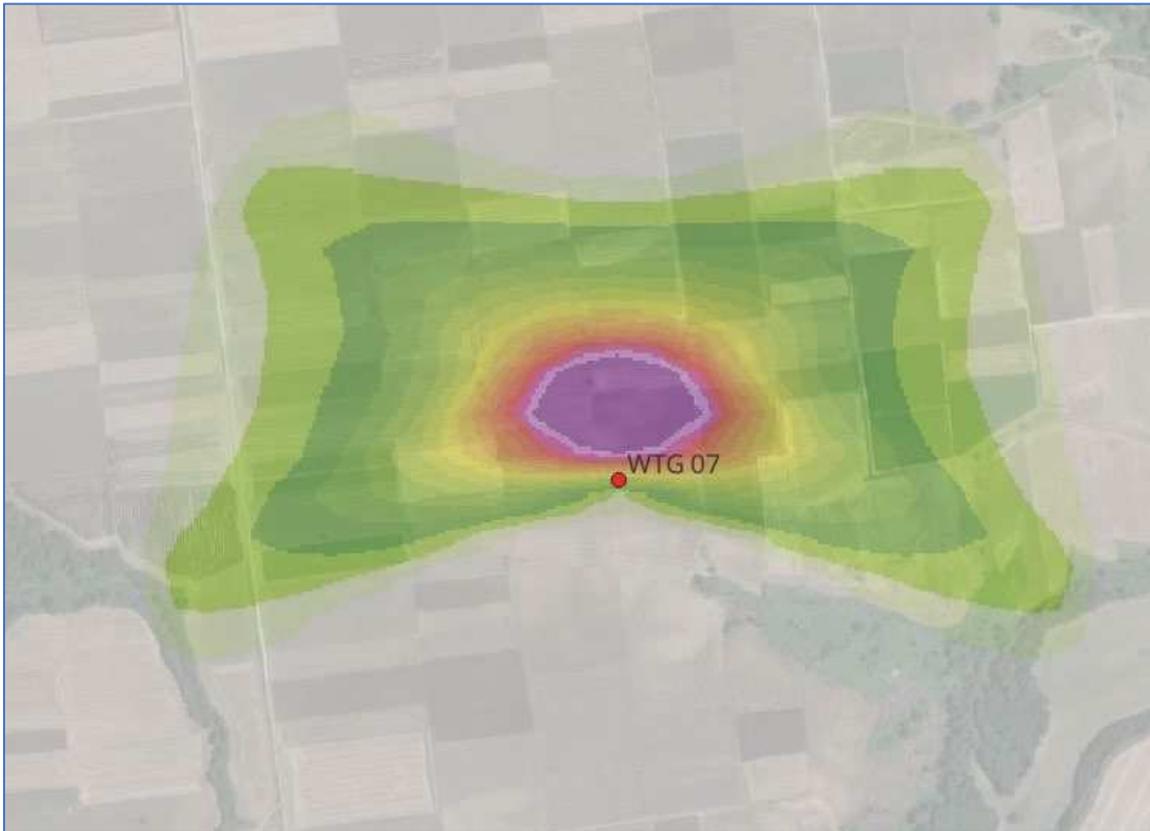


Figura 7 – WTG 07 - Interferenza ombre – recettori

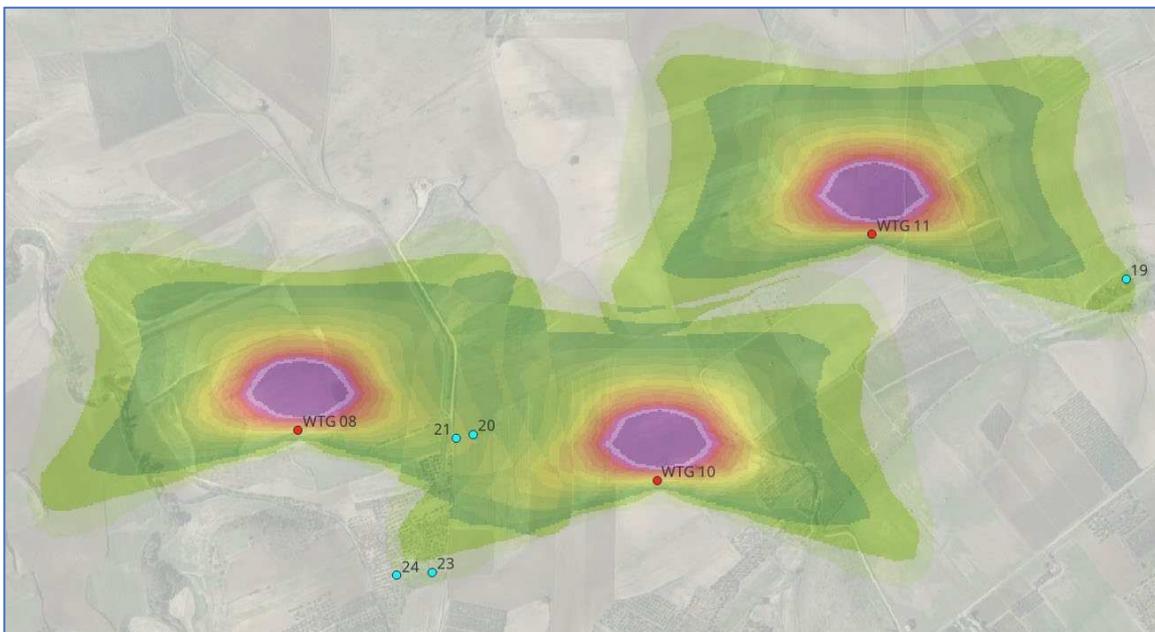


Figura 8 – WTG 08- WTG 10- WTG 11 - Interferenza ombre – recettori

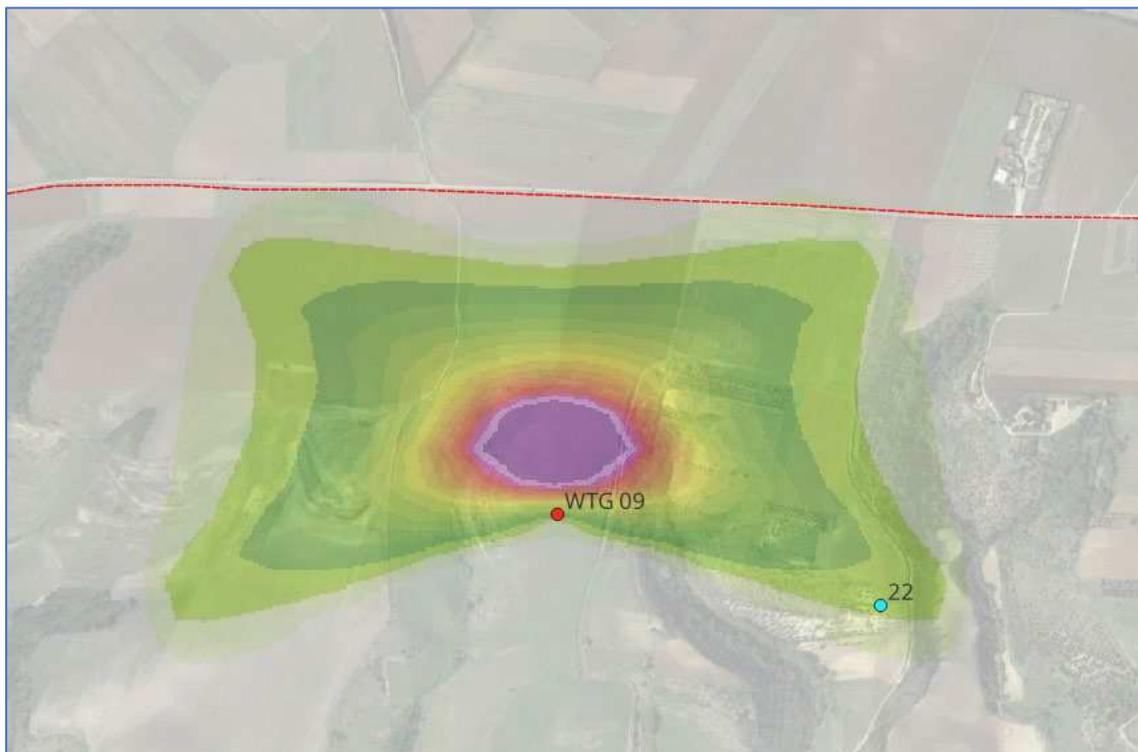


Figura 9 – WTG 09 - Interferenza ombre – recettori

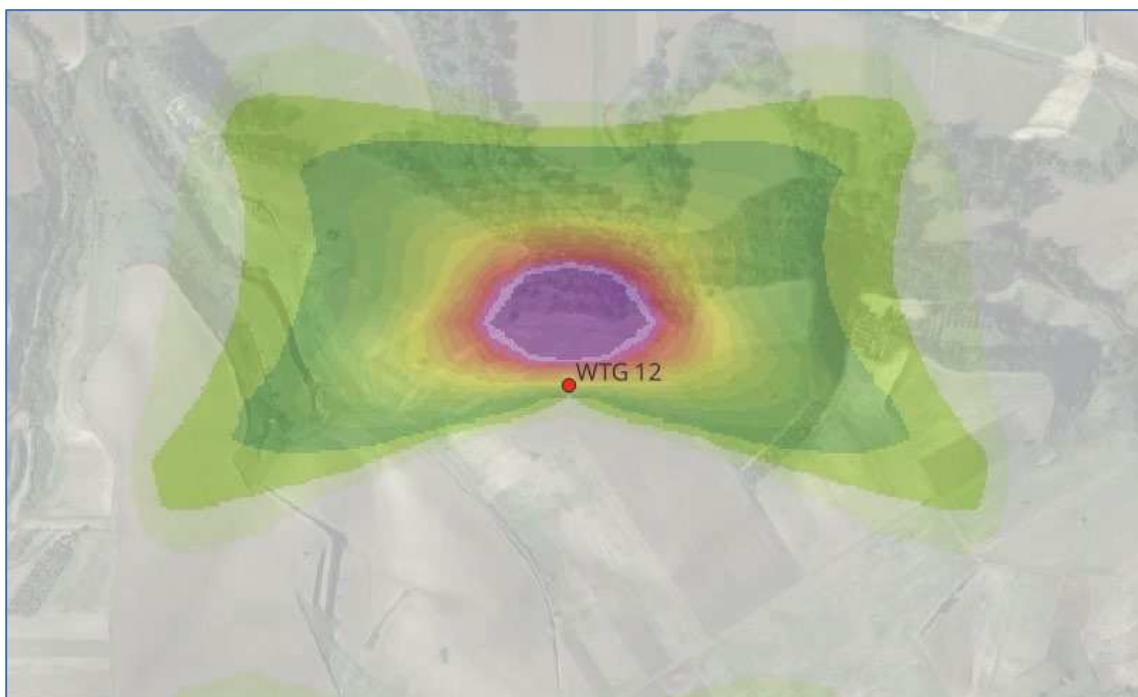


Figura 10 – WTG 12 - Interferenza ombre – recettori

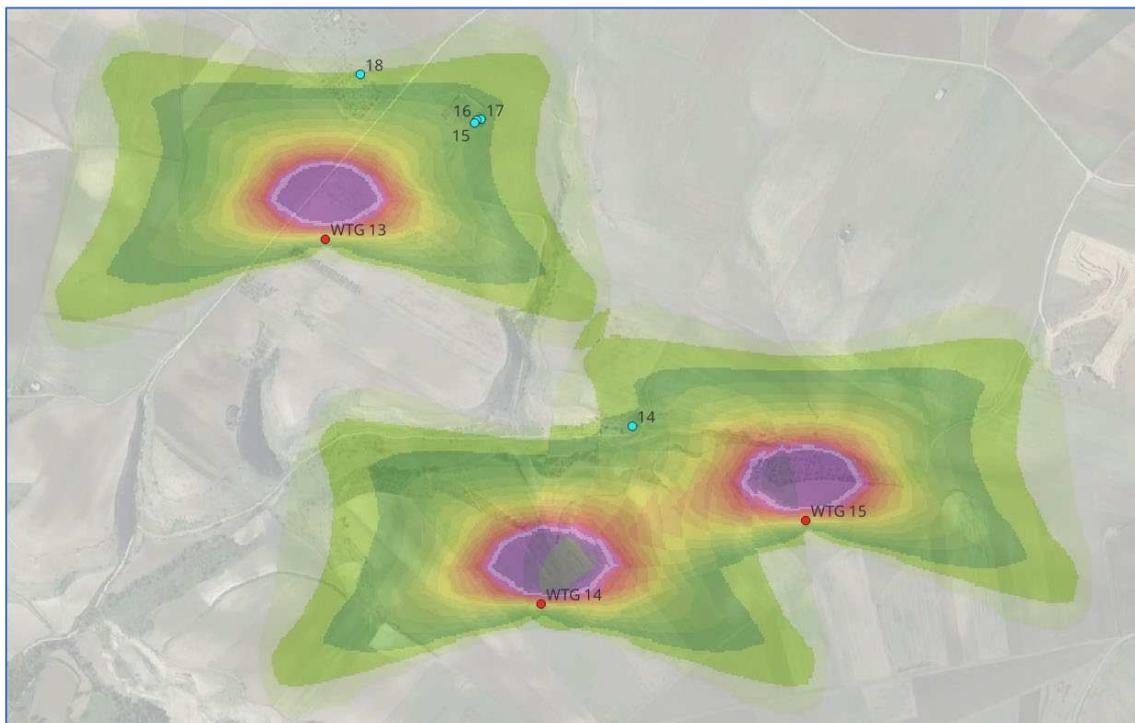


Figura 11 – WTG 13- WTG 14- WTG 15 - Interferenza ombre – recettori

Per i seguenti recettori:

ID	Comune	Foglio	P.Ila	Categoria C	X	Y	Interferenza massima h/anno
2	Montemilone	17	255	A03	578830	4541675	50
4	Montemilone	17	269	A03	578847	4541648	50
7	Montemilone	27	A	Santuario Madonna del Bosco	580127	4540657	7

si prevede come misura mitigativa la realizzazione di alberatura di alto e medio fusto ed arbusti utilizzando specie vegetali autoctone al fine di garantire l'integrazione della coltre vegetale con il paesaggio esistente.

Dall'analisi effettuata è possibile riscontrare un'interferenza relativa ai seguenti aerogeneratori:

AEROGENERATORE	INFR.STRADALE	Interferenza massima h/anno
WTG 05	SP 86 della Lupara	50/100
WTG 06	SP 86 della Lupara	50/100
WTG 07	SP 21 delle Murge	50/100
WTG 09	SP 69 Lavello- Ofantina	50

Si evidenzia che l'interferenza legata alla presenza del parco rispetto alla rete stradale individuata non rappresenta un elemento di disturbo significativo in quanto le ombre determinate dalla presenza degli aerogeneratori non rappresentano un fenomeno costante nel tempo, anche nel caso di interferenza pari a circa 100 h/anno, si sottolinea che la sagoma della stessa muta durante il corso delle ore del giorno per essere minima in corrispondenza della fascia oraria in cui il traffico stradale è intenso.

L'evoluzione della sagoma dell'ombra inoltre non è stabile durante l'arco della giornata ma subisce una rotazione pari a circa 15 gradi ogni ora per cui si desume presumibilmente che l'ombreggiamento risulterebbe mitigato da tale condizione.

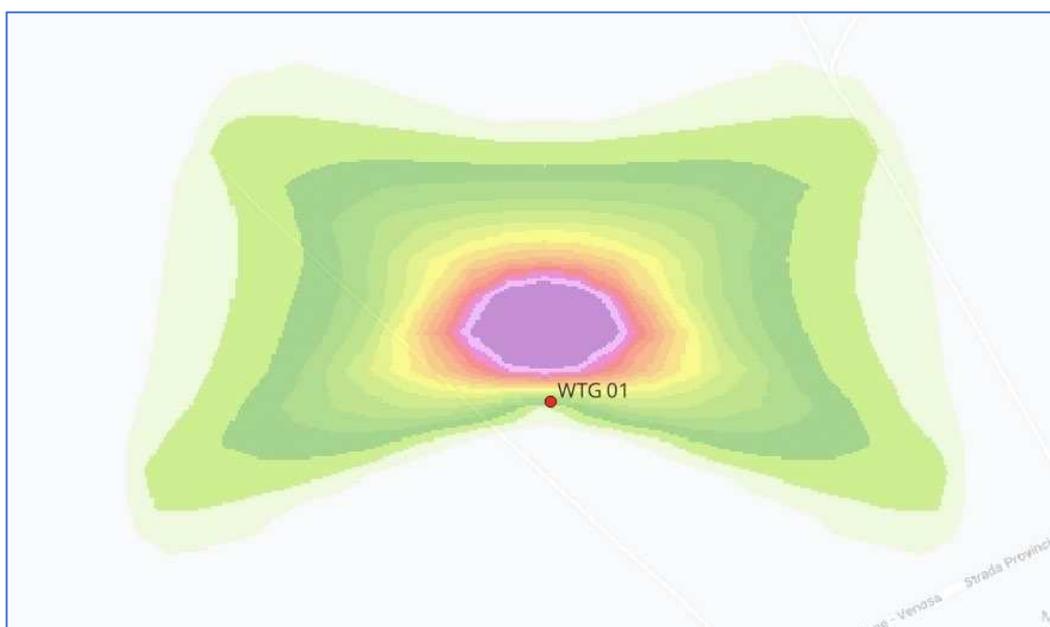


Figura 12 - Effetto flickering rispetto alla viabilità della WTG 01

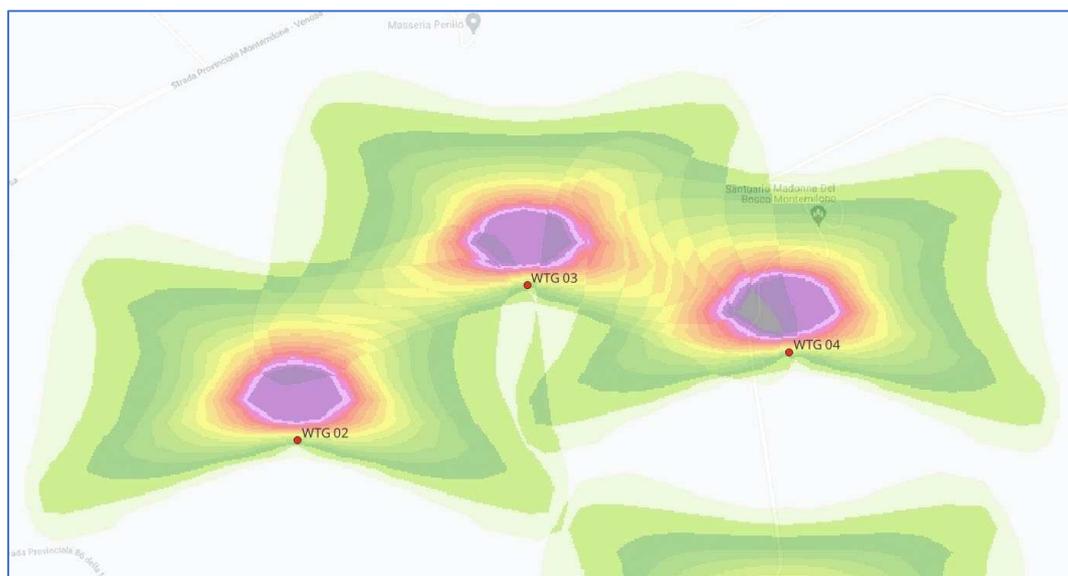


Figura 13 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità della WTG 02- WTG 03- WTG 04

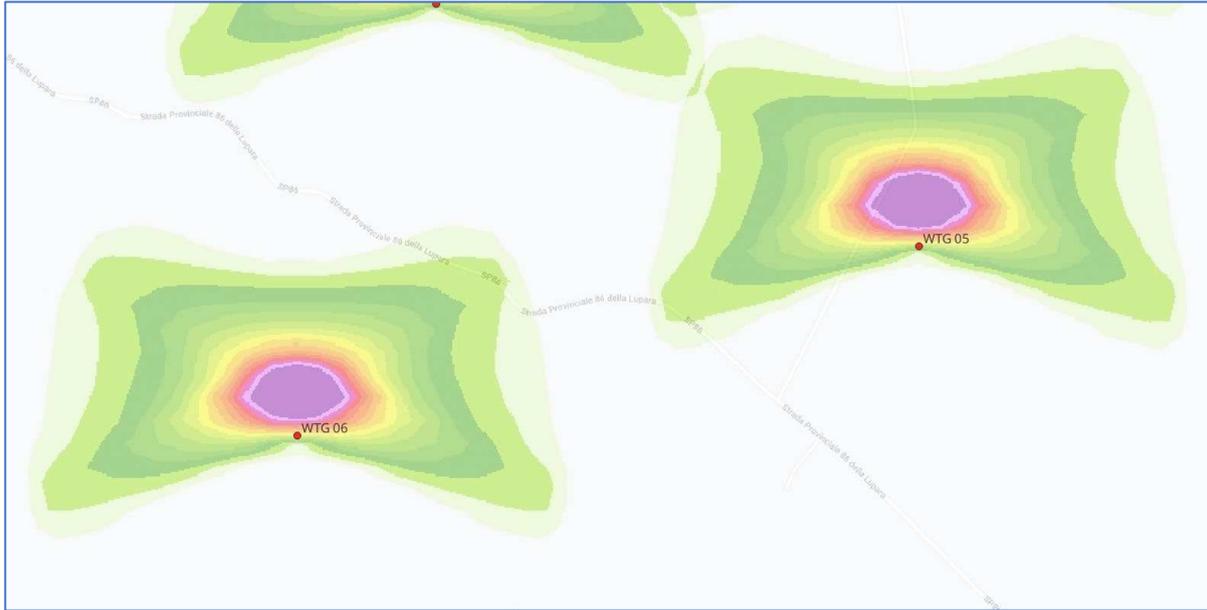


Figura 14 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità delle WTG 05- WTG 06

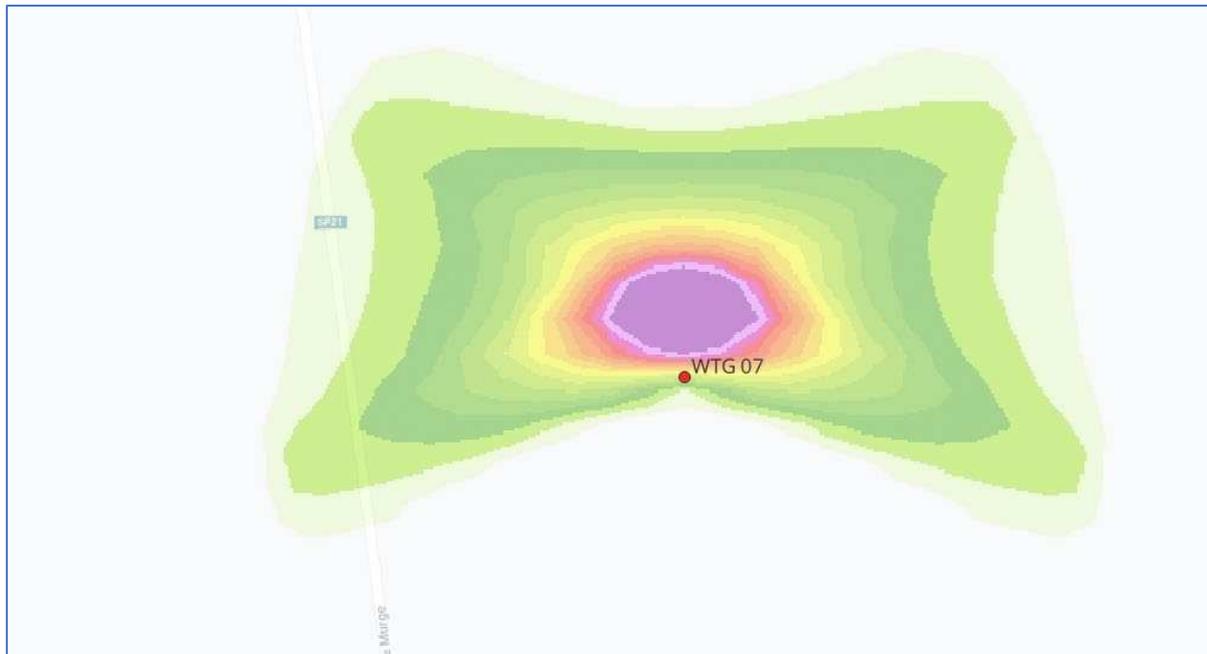


Figura 15 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità della WTG07

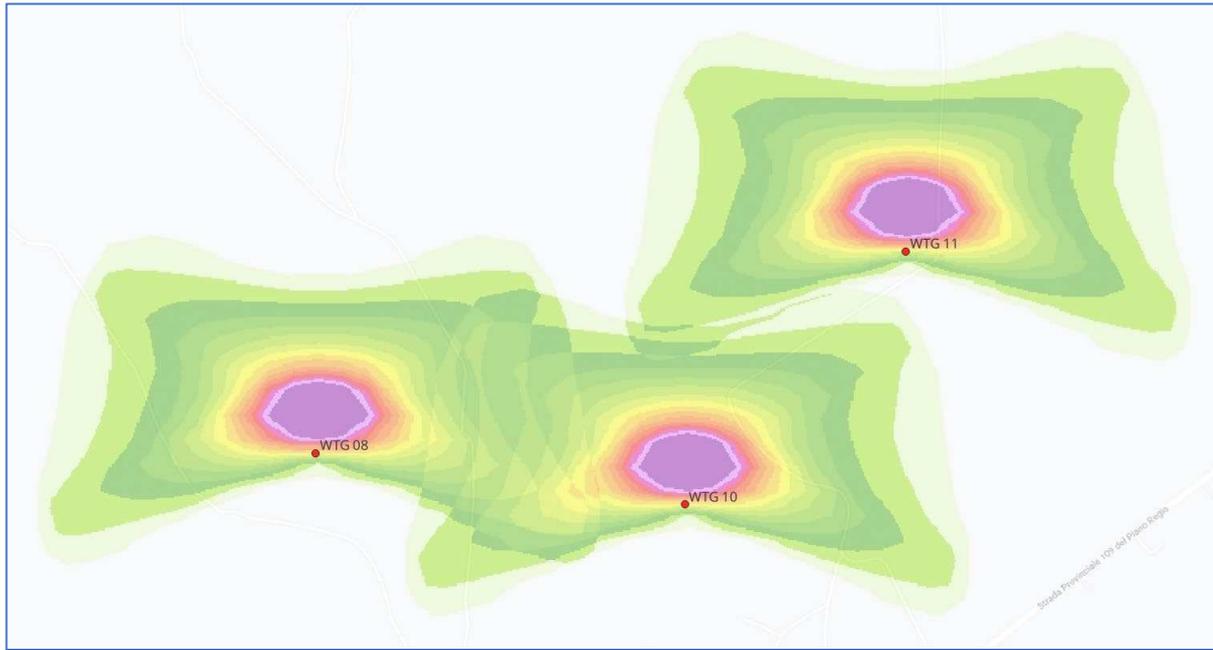


Figura 16 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità della WTG 08- WTG 10- WTG 11

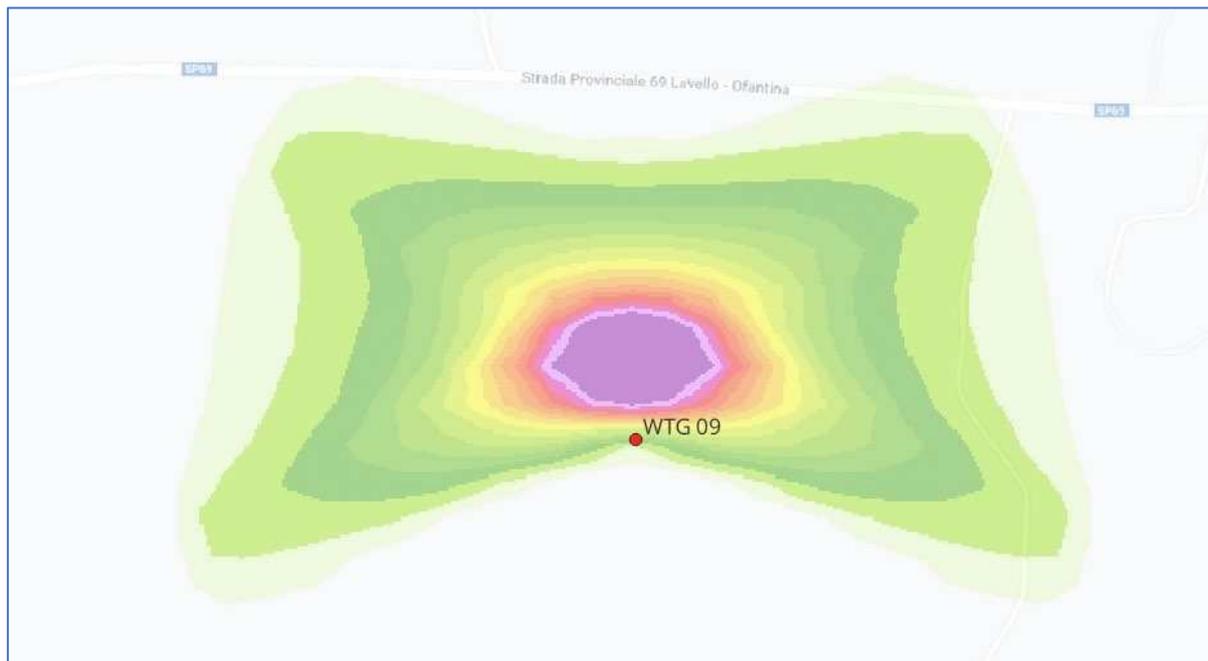


Figura 17 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità delle WTG 09

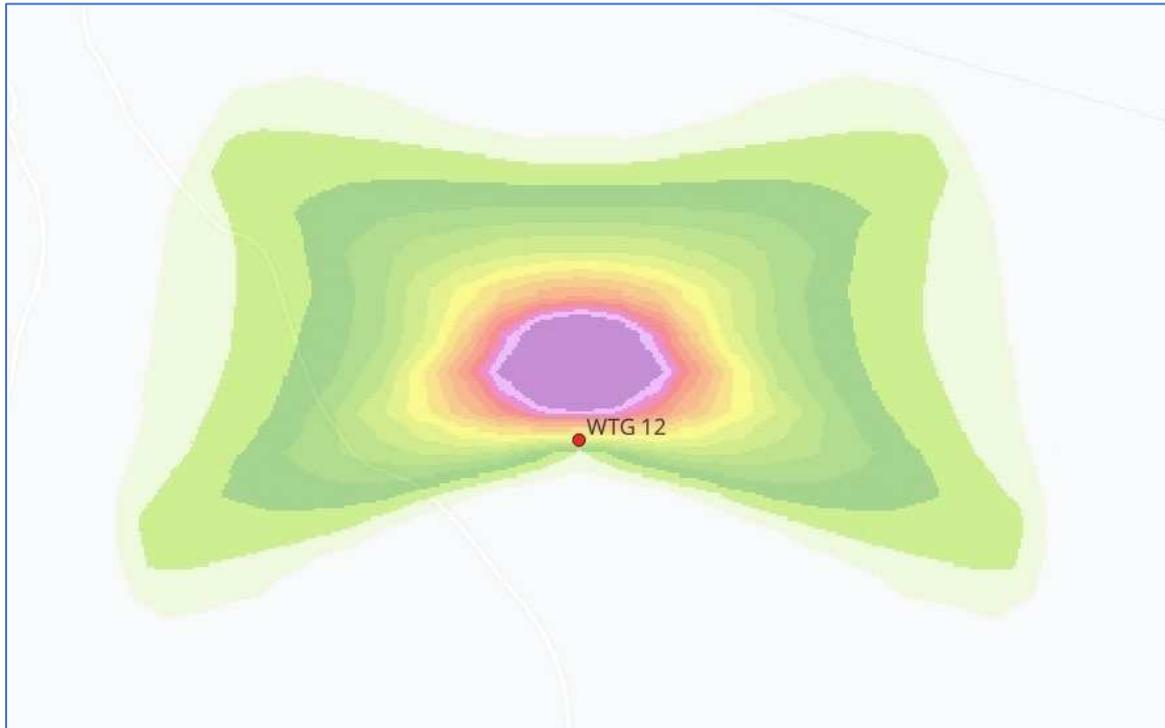


Figura 18 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità delle WTG 12

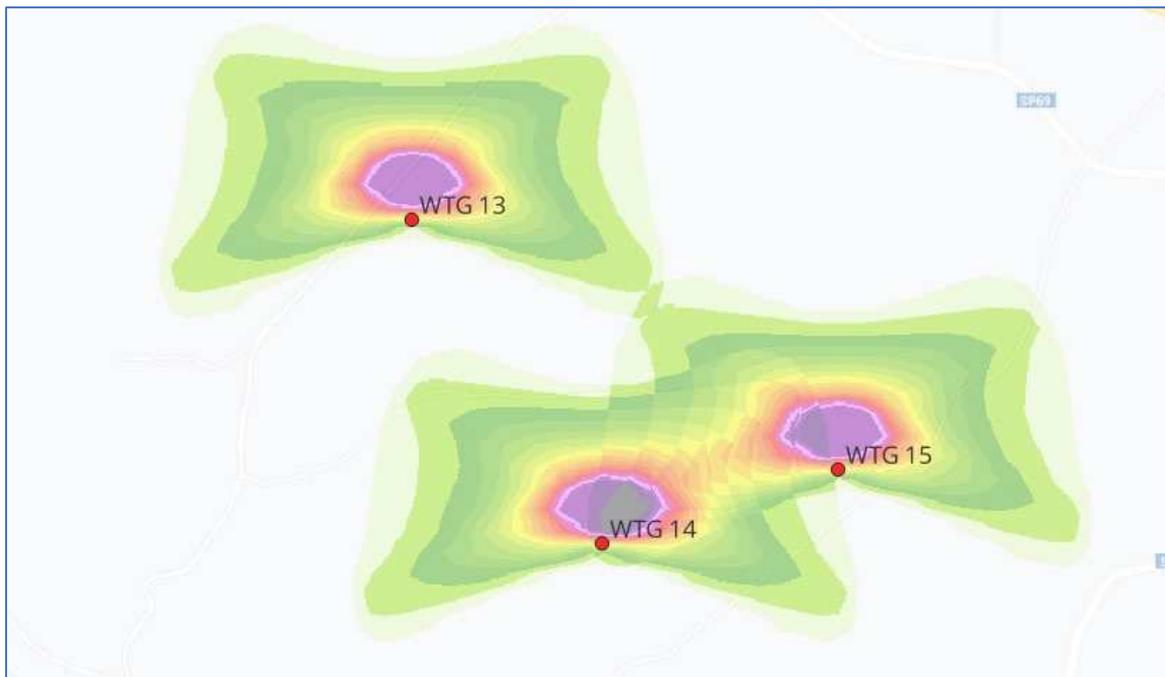


Figura 19 - Effetto flickering rispetto sulla viabilità della WTG 13-WTG 14- WTG 15

Inoltre la disposizione degli aerogeneratori ad una distanza minima da unità abitative, munite di abitabilità, regolarmente censite e stabilmente abitate, pari a 200 m, dai centri abitati individuati dagli strumenti urbanistici vigenti, da strade provinciali e nazionali, oltre a prevedere misure di mitigazione, tramite la realizzazione di alberature con vegetazione autoctona per i recettori n.2, n. 4 e N.7, la SP.86, la SP 69 e la SP 86, permette di definire il fenomeno dello shadow flickering e dei riflessi di luce causati dagli aerogeneratori, in relazione ai recettori presenti nell'area vasta come trascurabile.