



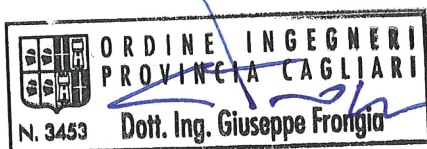
PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99,2 MW DENOMINATO "ORRIA" DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI NULVI (SS) E SEDINI (SS) CON LE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ELETTRICHE

ANALISI DEGLI EFFETTI DI SHADOW-FLICKERING

Rev. 0.0

Data: Settembre 2023

WIND002-RA9



Committente:

Repsol Orria S.r.l.
Via Michele Mercati 39
00197 Roma (RM)
C. F. e P. IVA: 17089321008
PEC: repsolorria@pec.it

Incaricato:

Queequeg Renewables, ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk

Progettazione e SIA:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.



www.iatprogetti.it

PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Mascia

Aspetti archeologici: Dott. Luca Doro, Dott. Gabriele Carenti e Dott.ssa Rosana Pla Orquìn

SOMMARIO

1	Criteri generali di analisi e valutazione	4
2	Descrizione del fenomeno	5
3	Individuazione dei ricettori	7
4	Ipotesi alla base del calcolo e soglie di riferimento.....	10
4.1	Lo scenario peggiore (worst case).....	12
4.2	Lo scenario reale (<i>real case</i>).....	13
5	Risultati	14
6	Analisi e post-elaborazione dei risultati	15
7	Conclusioni.....	21

1 Criteri generali di analisi e valutazione

Il presente elaborato, facente parte integrante dello Studio di impatto ambientale allegato al progetto del parco eolico denominato “Orria”, proposto dalla Repsol Orria S.r.l., detenuta da Repsol Renovables SA, nei territori di Nulvi e Sedini (SS), esamina compiutamente il potenziale disturbo da ombreggiamento intermittente (*shadow flickering*) sui potenziali ricettori individuati nell’area interessata dal proposto impianto, entro una distanza indicativa di 1000 metri dagli aerogeneratori.

A tal fine, nel seguito, si farà riferimento alla ricognizione sugli edifici esistenti eseguita nell’ambito della definizione del layout di impianto e dell’analisi ambientale, i cui risultati sono riepilogati in opportune “schede fabbricati” all’interno di apposito report allegato al progetto del parco eolico (Elaborato WIND002-RA11_Report fabbricati censiti).

Sotto il profilo metodologico, il documento è strutturato in una sezione introduttiva atta a descrivere la natura del fenomeno dell’ombreggiamento intermittente e le ipotesi alla base dei calcoli previsionali, eseguiti a mezzo di specifico software specialistico.

2 Descrizione del fenomeno

Un ostacolo solido opaco posto tra il sole e il terreno genera un’ombra. Generalmente se l’ostacolo è fermo, l’ombra si proietta al suolo seguendo le regole del movimento relativo del sole sull’orizzonte. Le dimensioni dell’ombra proiettata sono funzione inversa dell’angolo che i raggi del sole formano sull’orizzonte per cui si ha la massima dimensione (elongazione sul terreno) dell’ombra all’alba ed al tramonto con il minimo quando il sole raggiunge la massima altezza (mezzogiorno).

Anche gli aerogeneratori durante il giorno proiettano un’ombra che in parte è fissa (torre e navicella) e in parte è mobile (pale del rotore).

Se l’ombra del rotore invece che sul terreno si proietta sulle aperture di un fabbricato può venirsi a creare l’effetto di ombra intermittente o *shadow flickering* (sfarfallio dell’ombra); in talune circostanze, tale fenomeno di pulsazioni “luce – ombra” può potenzialmente essere all’origine di un disturbo alle normali attività che possono svolgersi all’interno dell’ambiente abitativo.

Il fenomeno si verifica durante il giorno in presenza di cielo sereno ed in assenza di ostacoli naturali, quali vegetazione, alberi, muri ecc., e con le turbine in movimento.

Per le ragioni anzidette, a distanze turbine-ricettore superiori a circa 300 metri solitamente il fenomeno di *shadow flickering* si manifesta all’alba o al tramonto, allorché le ombre proiettate sono sufficientemente lunghe. Per le stesse ragioni il tremolio dell’ombra è un fenomeno particolarmente avvertito nelle regioni del nord Europa (Germania, Danimarca, ecc.) piuttosto che alle latitudini del Mediterraneo.

L’intensità del *shadow flickering* è definita come la differenza in luminosità, in un determinato sito, in presenza ed assenza di un’ombra.

Di seguito si riassumono alcuni aspetti caratteristici del fenomeno:

- la pala delle turbine eoliche è stretta in corrispondenza dell’estremità più esterna ed assume progressivamente maggiore larghezza verso la giunzione con il mozzo. Quando una turbina è posizionata sufficientemente vicino ad un ricettore, cosicché la porzione più larga della pala oscura una porzione maggiore del campo visivo (o meglio del disco solare), l’intensità di *shadow flickering* aumenterà. A distanze maggiori l’intensità del fenomeno sarà minore in quanto le pale copriranno una porzione inferiore del disco solare;
- l’intensità del *shadow flickering* è più bassa quando l’ombra che intercetta un ricettore si origina dall’estremità esterna del rotore (minore spessore della pala). L’intensità aumenterà allorché l’ombra si muove lungo lo sviluppo della pala fino ad arrivare ad un massimo in corrispondenza del mozzo; a tal punto l’intensità diminuisce quando l’ombra si sposta verso l’estremità della pala opposta;
- bassi impatti da *shadow flickering* sono generalmente indicativi di grandi distanze tra turbine e ricettore e ombre incidenti originate dalle estremità del rotore;

situazioni di precaria visibilità determineranno modeste intensità di *S. flickering*;

- a distanze ancora maggiori le ombre proiettate risulteranno “fuori-fuoco”. Ciò non è causa di un’intensità inferiore del *shadow flickering* ma contribuisce a rendere meno distinto il fenomeno;
- all’interno di un ambiente ben illuminato le ombre svaniscono. Conseguentemente l’accensione di luci in un ambiente riduce l’incidenza del *shadow flickering*;
- schermare una finestra (con tende o quant’altro) previene il fenomeno;
- schermare un edificio (ad esempio con alberature) può rappresentare una misura di mitigazione per prevenire il fenomeno.

La frequenza di pulsazione del tremolio dell’ombra è proporzionale alla velocità di rotazione del rotore. La tipica frequenza di passo fra le pale del rotore (tripala) è compresa tra 0.6 ed 1 Hz (velocità con cui le pale passano attraverso una posizione specifica).

Nel caso specifico, considerando un rotore del diametro indicativo di 172 metri con una velocità massima nominale di rotazione di circa 11 RPM si avrà una frequenza di passo pari a circa 0,5 Hz. Tali frequenze di oscillazione luminosa sono prive di rischi significativi per la salute.

Ricerche finalizzate alla definizione di relazioni cause-effetto tra fenomeni stroboscopici ed attacchi epilettici (Graham e Pamela Harding della *Aston University* e Arnold Wilkins della *University of Essex*) attestano che, al fine di escludere rischi sulla salute, le turbine eoliche dovrebbero ruotare a velocità superiori a 60 RPM (velocità di passo superiori a 3 Hz). Peraltro, non può disconoscersi come il fenomeno del *shadow flickering* possa talvolta costituire, in particolari situazioni, un disturbo per i ricettori più esposti.

Per analizzare i risultati e quindi definire l’effettiva portata del disturbo, è dunque fondamentale conoscere l’esatta destinazione del fabbricato ricettore. Nel seguito saranno considerati potenziali ricettori i soli edifici che, sulla base delle informazioni disponibili e delle verifiche condotte in sito, potrebbero prudenzialmente ricondursi alla fattispecie di “ambienti abitativi”.

3 Individuazione dei ricettori

Al fine di procedere all'individuazione di potenziali ricettori nelle aree più direttamente interessate dalle installazioni eoliche, ricomprese entro una distanza massima di 1000 m dalle postazioni di macchina, si è proceduto ad una individuazione complessiva dei fabbricati con l'ausilio della cartografia ufficiale di riferimento (Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000). Successivamente si è proceduto a verificarne l'effettiva esistenza e consistenza dall'esame di foto aeree e satellitari nonché attraverso specifici sopralluoghi sul campo. In tal modo sono state acquisite le necessarie informazioni preliminari sulle caratteristiche tipologico-costruttive e le condizioni di utilizzo degli edifici. Per completezza di analisi sono stati inclusi nel censimento anche quei fabbricati che, in modo manifesto, non presentavano caratteristiche di potenziali abitazioni (p.e. ruderi o depositi). A valle di tali riscontri, si è proceduto ad accertare la categoria catastale di appartenenza degli edifici, laddove disponibile.

L'Elaborato WIND002-RA11-1 (*Carta con individuazione dei fabbricati*) riporta l'individuazione dei fabbricati censiti in accordo con la metodologia precedentemente indicata. Lo stralcio della ripresa aerea zenitale, la categoria catastale di appartenenza ed una fotografia prospettica degli edifici sono riportati nell'Elaborato WIND002-RA11 allegato alla documentazione progettuale.

Nel caso specifico, ai fini dei calcoli di esposizione all'ombra intermittente ed entro una distanza di 1000 m dalle postazioni eoliche, sono stati individuati come potenziali ricettori n. 33 fabbricati, aventi destinazione abitativa accertata (edifici con categoria catastale “A”) o, in via prudenziale, che presentassero caratteristiche tipologico-costruttive assimilabili a quelle di un edificio abitativo.

Entro tali distanze è, infatti, ragionevole che si manifestino i più avvertiti effetti di disturbo in rapporto al fattore di impatto in esame. La Tabella 3.1 riporta, per ciascun ricettore individuato, le relative coordinate secondo il sistema Gauss Boaga, la categoria Catastale e la distanza dal più prossimo aerogeneratore.

Tabella 3.1: Fabbricati con destinazione abitativa esposti al potenziale disturbo da shadow flickering

ID	Fabbricato	Comune	GB Est	GB Nord	Distanza dal più prossimo WTG [m]	WTG più prossimo [m]	Categoria Catasto Fabbricati
1	F007	NULVI	1.479.061	4.522.132	561	T01	D10
2	F009	NULVI	1.479.140	4.522.139	594	T01	D10
3	F010	SEDINI	1.479.150	4.522.143	602	T01	D10
4	F014	SEDINI	1.479.110	4.522.189	631	T01	D10
5	F015	NULVI	1.479.092	4.522.172	608	T01	D10
6	F054	NULVI	1.479.523	4.519.340	520	T16	D10 (Agrit.)
7	F056	NULVI	1.479.522	4.519.304	537	T16	A
8	F081	NULVI	1.478.379	4.520.251	813	T05	A
9	F082	NULVI	1.478.675	4.520.222	582	T05	D10
10	F116	NULVI	1.478.374	4.516.918	524	T12	D10 (Agrit.)
11	F166	NULVI	1.478.007	4.521.343	932	T01	D10 (Agrit.)
12	F167	NULVI	1.478.009	4.521.396	917	T01	D10 (Agrit.)
13	F168	NULVI	1.477.982	4.521.400	943	T01	D10 (Agrit.)
14	F169	NULVI	1.477.980	4.521.382	948	T01	D10 (Agrit.)
15	F170	NULVI	1.477.960	4.521.380	968	T01	D10 (Agrit.)
16	F171	NULVI	1.477.955	4.521.323	988	T01	D10 (Agrit.)
17	F173	NULVI	1.478.384	4.520.987	798	T01	D10 (Agrit.)
18	F174	NULVI	1.478.315	4.521.006	832	T01	D10 (Agrit.)
19	F175	NULVI	1.478.324	4.520.982	843	T01	D10 (Agrit.)
20	F176	NULVI	1.478.345	4.520.869	915	T01	D10 (Agrit.)
21	F207	NULVI	1.481.634	4.518.454	567	T15	NA
22	F269	NULVI	1.478.356	4.516.036	904	T12	F
23	F270	NULVI	1.478.458	4.515.982	897	T12	C
24	F273	NULVI	1.478.534	4.515.851	985	T12	E
25	F274	NULVI	1.478.585	4.515.828	990	T12	C
26	F283	SEDINI	1.480.740	4.521.964	718	T14	A
27	F284	SEDINI	1.480.683	4.521.982	660	T14	A
28	F329	NULVI	1.480.245	4.515.689	911	T11	D10 (Agrit.)

ID	Fabbricato	Comune	GB Est	GB Nord	Distanza dal più prossimo WTG [m]	WTG più prossimo [m]	Categoria Catasto Fabbricati
29	F330	NULVI	1.480.239	4.515.659	936	T11	D (Agrit.)
30	F331	NULVI	1.480.274	4.515.646	962	T11	D (Agrit.)
31	F332	NULVI	1.480.254	4.515.640	960	T11	D (Agrit.)
32	F333	NULVI	1.480.267	4.515.616	987	T11	D (Agrit.)
33	F338	NULVI	1.479.884	4.515.576	938	T11	A

4 Ipotesi alla base del calcolo e soglie di riferimento

L’analisi dell’effetto di shadow flickering è stata condotta con l’utilizzo del modulo SHADOW del software WindPro 3.4. Il programma esegue una simulazione completa del percorso del sole durante un intero anno.

I calcoli possono essere eseguiti secondo due scenari: lo scenario peggiore (*worst case*) e il caso reale (*real case*).

Nello scenario *worst case* nessuno, tra i fattori di influenza indicati al capitolo 2 è contemplato nei calcoli del modello di simulazione. In situazioni di cielo coperto o calma di vento, o in caso di direzione del vento tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto alla linea sole-ricettore, la WTG non produrrà ombra intermittente, ma il suo contributo teorico è comunque computato dal *software*.

Conseguentemente, nello scenario peggiore, è altamente verosimile che i ricettori considerati saranno soggetti ad un impatto da *shadow flickering* significativamente inferiore a quello ipotizzato dal modello.

Nello scenario *real case*, il software può tenere conto delle reali **condizioni di funzionamento degli aerogeneratori** (in termini di ore di funzionamento attese per ogni settore angolare di provenienza del vento) nonché delle condizioni di **Eliofania**, ossia di durata media del soleggiamento della specifica zona di studio.

Peraltro, in entrambi gli scenari di calcolo, se la simulazione contempla l’effetto dell’orografia sulla propagazione dell’ombra, la stessa ignora l’azione schermante “sito-specifica” esercitata dai manufatti e dalle alberature. In altre parole, il calcolo è sempre conservativo e rappresenta quindi il massimo rischio potenziale di disturbo.

In definitiva, affinché il fenomeno dell’ombra intermittente possa costituire un disturbo per i soggetti più sensibili dovrebbero verificarsi simultaneamente le seguenti circostanze:

- il vento deve soffiare ad una velocità superiore a 3 m/s (velocità di *cut-in* del rotore);
- presenza di luminosità solare diretta;
- l’osservatore deve risultare sufficientemente vicino alla sorgente di *shadow flickering*;
- il ricettore deve essere effettivamente esposto al campo di luce tremolante;
- l’illuminazione dell’ambiente residenziale deve essere bassa;
- il contrasto tra luci ed ombre deve essere alto;
- non devono essere presenti schermature che ostacolano la propagazione dell’ombra (come tendaggi o alberature);
- gli individui potenzialmente soggetti ad un impatto da *shadow flickering* dovrebbero permanere esposti alla luce tremolante per un tempo sufficiente ad avvertire fastidio.

Per le finalità del presente studio, in assenza di una specifica disciplina normativa nazionale o regionale, si è fatto riferimento alle linee guida elaborate dal Gruppo Federale tedesco di Controllo delle Emissioni (*Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz - LAI*) – aggiornamento 2020.

Per la valutazione degli effetti del tremolio dell’ombra, peraltro, lo stesso legislatore tedesco non ha finora emanato, né risulta che sia in procinto di emanare, norme giuridicamente vincolanti.

Secondo le richiamate linee guida, affinché il fenomeno di ombreggiamento sia significativo dovrebbero essere simultaneamente verificate le seguenti circostanze

- L’angolo del sole sopra l’orizzonte deve essere almeno 3°;
- l’ingombro della pala della turbina eolica deve coprire almeno il 20% del disco solare.

Il massimo ombreggiamento su un edificio secondo tali linee-guida è stabilito in:

- 30 ore di ombreggiamento annuale;
- -0 minuti di ombreggiamento giornaliero.

In tali archi temporali (30 ore/anno e 30 minuti/giorno), trattandosi di un disturbo effettivamente avvertito dagli occupanti l’edificio, dovrebbero risultare simultaneamente verificate le seguenti condizioni:

- gli ambienti esposti all’ombreggiamento sono occupati;
- gli occupanti sono svegli.

Considerata l’esigua probabilità che si verifichino contemporaneamente tutte le condizioni precedentemente illustrate per l’intera durata del fenomeno, ne deriva che il risultato del calcolo rappresenta comunque una stima prudentiale dell’impatto.

La Figura 4.1 e la Figura 4.2 mostrano i parametri necessari al modello utilizzato dal modulo SHADOW per valutare l’impatto del tremolio dell’ombra.

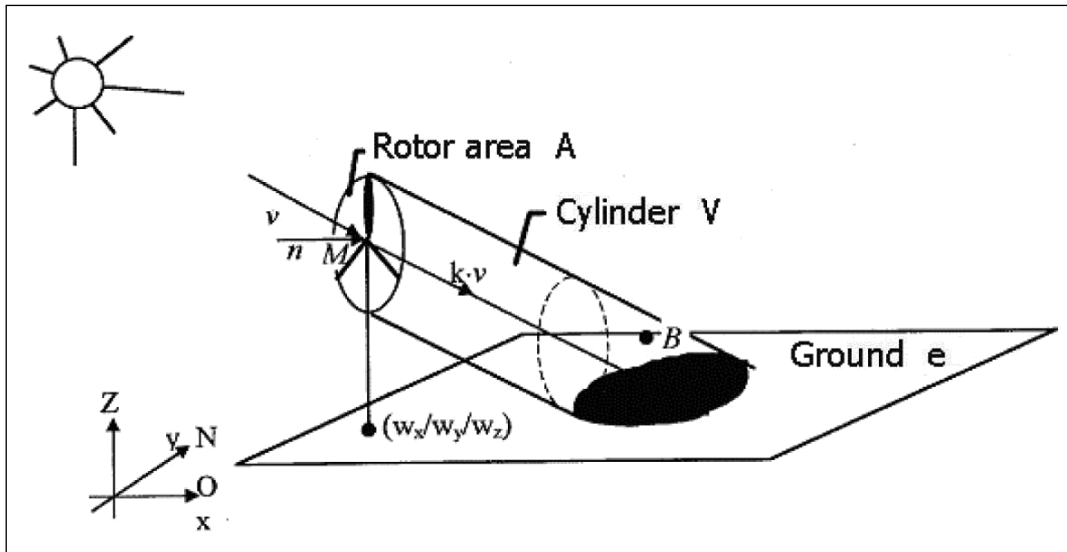


Figura 4.1: Rappresentazione schematica della proiezione dell'ombra del rotore.

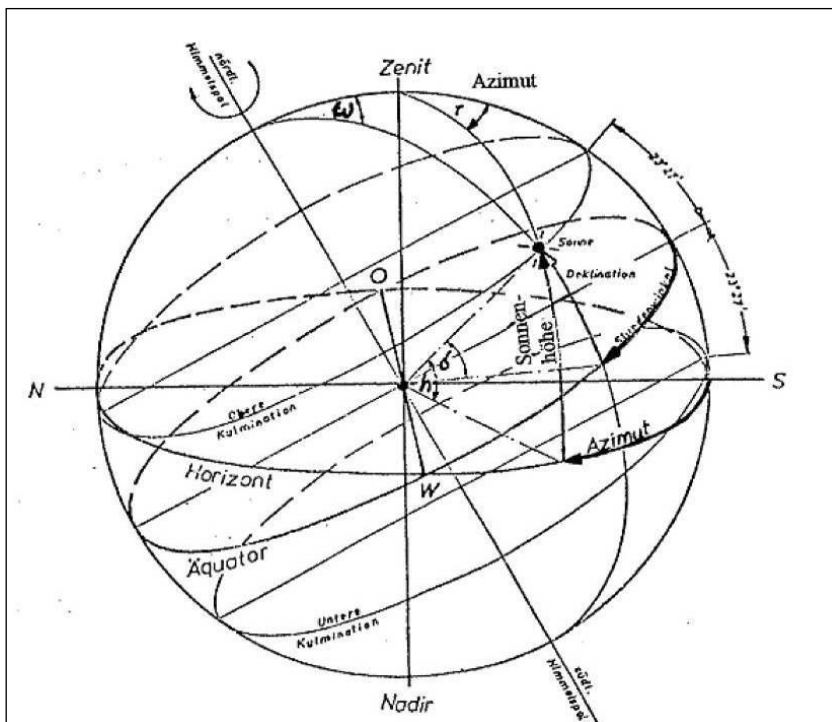


Figura 4.2: Schema dei moti terrestri e parametri di calcolo.

4.1 Lo scenario peggiore (worst case)

Questi calcoli sono basati sullo scenario più conservativo (ombra massima astronomica, ossia basata sulla posizione del sole rispetto alle WTG). Se il cielo è coperto o c'è calma di vento, o la direzione del vento è tale da porre il piano del rotore in posizione parallela rispetto alla linea sole-edificio, la WTG non produrrà ombra, ma la sua influenza apparirà comunque nei calcoli. In altre parole, il calcolo descrive lo scenario

peggiore possibile, e rappresenta quindi il massimo rischio potenziale di impatto. Per ciascun ricettore il software produce un calendario che indica i giorni ed i periodi di tempo in cui l’ombra sarà presente.

4.2 Lo scenario reale (*real case*)

Oltre al calcolo che contempla le ore di “ombra massima astronomica” (detta anche ombra peggiore), il software WINDPRO consente di configurare i parametri statistici per calcolare l’“ombra meteorologica probabile” (detta anche ombra reale). In particolare, possono essere configurati due parametri statistici:

1. Statistica delle ore di funzionamento. È il periodo in cui le turbine saranno operative per ciascuna direzione di provenienza del vento nel corso dell’anno.

2. Statistica dell’eliofania. È la percentuale di ore di sole durante il dì (dall’alba al tramonto). Questa varia notevolmente da luogo a luogo, e si rende opportuno utilizzare, pertanto, una statistica proveniente da stazioni di misura vicine al sito.

WindPRO combina ZVI ed il calcolo dell’ombra in modo da escludere il contributo delle turbine non visibili dai recettori. Questo vale anche per la mappa dell’ombra, in cui saranno incluse solo le WTG visibili da ciascun punto di griglia.

Ai fini del calcolo del tremolio dell’ombra il software di simulazione considera i seguenti parametri:

- diametro del sole, D (1.390.000 km);
- distanza Terra-Sole, d (150.000.000 km);
- angolo di attacco (3°);
- coordinate geografiche e altitudine delle turbine in progetto;
- altezza al mozzo (125 m) e diametro del rotore (162 m);
- coordinate dei recettori;
- recettori considerati in modalità “serra”, assumendo che vengano interessati dal fenomeno di shadow-flickering indipendentemente dall’orientamento delle finestre (ipotesi conservativa);
- modello digitale del terreno;
- eliofania del sito;
- statistica delle ore di funzionamento degli aerogeneratori in funzione delle frequenze di provenienza del vento su 12 quadranti convenzionali;
- modello di calcolo della simulazione, che tiene conto sia dell’orbita terrestre rispetto al Sole (rivoluzione), sia della rotazione rispetto al proprio asse.

5 Risultati

Il risultato dei calcoli è reso disponibile dal programma di simulazione (*Windpro*) sotto diversi formati:

- Tabellare, (calendario per ciascun ricettore) nel quale per ogni giorno dell’anno sono indicate le ore di luce e l’intervallo di tempo di esposizione all’ombra con l’orario in cui si verifica il fenomeno;
- Grafico, (per ciascun ricettore) nel quale vengono rappresentati i periodi dell’anno in cui si verifica il fenomeno, l’orario e le turbine responsabili dell’ombra;
- grafico globale, con la rappresentazione di isolinee rappresentanti l’incidenza dell’ombra espressa in ore/anno.

Con riferimento allo Scenario di progetto *worst case*, le isolinee d’ombra sono state rappresentate su specifica tavola grafica, in scala adeguata alla dimensione territoriale da rappresentare, per facilitarne la lettura. La tavola è stata realizzata, pertanto, su base cartografica in scala 1:10.000 (Elaborato *WIND002-RA9-1_Carta delle ore/anno di ombreggiamento intermittente*).

I risultati forniti dal modello di calcolo consentono di valutare approssimativamente sia l’impatto puntuale sul singolo ricettore, sia l’impatto distribuito sul territorio (movimento e persistenza dell’ombra).

Nello specifico, all’interno degli allegati report di calcolo sono indicati, per il singolo ricettore, i valori totali di interferenza da *shadow flickering* (espressi in h/anno), il numero di giorni in cui si verifica l’interferenza ed infine la durata massima per singolo giorno.

I risultati numerici delle simulazioni modellistiche, condotti con riferimento a ciascuno scenario di calcolo (*worst e real case*), sono riportati in Appendice.

6 Analisi e post-elaborazione dei risultati

Le risultanze del calcolo modellistico atto a stimare i valori totali di potenziale interferenza da *shadow flickering* in corrispondenza dei ricettori nello scenario di progetto sono riportate in *Tabella 6.1*.

Tabella 6.1: Risultati dei calcoli di ombreggiamento intermittente presso i ricettori considerati

ID	RICETTORE	Cat. Catastale	WTG SF	WTG Più prossimo	Dist. Min. WTG	h/anno SF Worst Case	h/giorno SF Worst Case	h/anno SF Real Case
1	F007	D10	T14	T01	561	26:38:00	53	08:00
2	F009	D10	T01-T14	T01	594	42:34:00	83	11:31
3	F010	D10	T01-T14	T01	602	43:13:00	84	11:43
4	F014	D10	T14	T01	631	29:08:00	55	08:22
5	F015	D10	T14	T01	608	28:09:00	53	08:12
6	F054	D10 (Agrit.)	T02-T06- T07-T16	T16	520	131:05:00	200	42:46
7	F056	A	T02-T06- T07-T16	T16	537	94:00:00	175	29:33
8	F081	A	T03-T04- T05-T16	T05	813	98:43:00	176	21:40
9	F082	D10	T03-T04- T05-T16	T05	582	124:01:00	191	26:58
10	F116	D10 (Agrit.)	T10-T12	T12	524	103:27:00	149	29:02
11	F166	D10 (Agrit.)	T01	T01	932	34:18:00	75	12:05
12	F167	D10 (Agrit.)	T01	T01	917	31:19:00	68	10:52
13	F168	D10 (Agrit.)	T01	T01	943	28:30:00	64	09:51
14	F169	D10 (Agrit.)	T01	T01	948	28:57:00	66	10:04
15	F170	D10 (Agrit.)	T01	T01	968	27:21:00	64	09:30

ID	RICETTORE	Cat. Catastale	WTG SF	WTG Più prossimo	Dist. Min. WTG	h/anno SF Worst Case	h/giorno SF Worst Case	h/anno SF Real Case
16	F171	D10 (Agrit.)	T01	T01	988	29:47:00	70	10:30
17	F173	D10 (Agrit.)	T03-T04	T01	798	14:10	74	03:03
18	F174	D10 (Agrit.)	T03-T04	T01	832	10:45	65	02:19
19	F175	D10 (Agrit.)	T03-T04	T01	843	10:28	62	02:17
20	F176	D10 (Agrit.)	T03-T04	T01	915	10:35	56	02:25
21	F207	NA	T06-T08- T10	T15	567	57:48:00	162	18:05
22	F269	F	T11	T12	904	10:29	43	03:43
23	F270	C	T11	T12	897	16:38	58	06:01
24	F273	E	T11	T12	985	21:20	64	07:59
25	F274	C	T11	T12	990	13:32	51	05:04
26	F283	A	T01-T14	T14	718	64:50:00	109	21:01
27	F284	A	T01-T14	T14	660	74:51:00	115	24:19
28	F329	D10 (Agrit.)	-	T11	911	00:00	0	00:00
29	F330	D (Agrit.)	-	T11	936	00:00	0	00:00
30	F331	D (Agrit.)	-	T11	962	00:00	0	00:00
31	F332	D (Agrit.)	-	T11	960	00:00	0	00:00
32	F333	D (Agrit.)	-	T11	987	00:00	0	00:00
33	F338	A	-	T11	938	00:00	0	00:00

Come si può osservare dall’esame della Tabella 6.1, l’incidenza dell’ombreggiamento intermittente presso i ricettori considerati nello “scenario reale” è sempre al disotto del valore guida di 30 h/anno ad eccezione del solo fabbricato F054, interessato dalla proiezione dell’ombra intermittente per una durata

stimata in 42:46 h/anno. In corrispondenza di n. 6 fabbricati (F329, F330, F331, F332, F333, F338) non si prevede alcun effetto di ombreggiamento.

Nel seguito si procederà ad esaminare singolarmente la potenziale situazione di maggiore incidenza del fenomeno di SF, riferibile al fabbricato F054, pervenendo alla conclusione che può ragionevolmente escludersi che lo *shadow-flickering* possa rappresentare un effettivo disturbo a carico degli occupanti l’edificio considerato.

Ricettore F054

In riferimento alla potenziale incidenza del fenomeno del SF sul ricettore F054 (agriturismo) si osserva come il fabbricato sia potenzialmente esposto all’ombreggiamento degli aerogeneratori T02, T06, T07 e T16, ubicati a est dell’edificio (Figura 6.1) ad una distanza minima di circa 520 metri (T16).



Figura 6.1 – Posizionamento del ricettore F054 rispetto agli aerogeneratori T02, T06, T07 e T16, all’origine di un potenziale ombreggiamento intermittente sul fabbricato. In evidenza, con sfumatura bianca, le isolinee d’ombra

Il calendario dell’ombra (Figura 6.2) evidenzia come il fenomeno si manifesti alle prime ore del mattino, e specificamente:

- nella fascia oraria 6.30-8.00 a.m., tra i mesi di maggio e agosto, relativamente al contributo dell’aerogeneratore T16 che, come detto, determina il maggiore ombreggiamento potenziale sul fabbricato;

- nella fascia oraria 7.00-9.00 a.m. relativamente al contributo dell’aerogeneratore T06 nel periodo autunnale e invernale.
- nella fascia oraria 6.30-7.00 a.m. relativamente al marginale contributo dell’aerogeneratore T02 nel periodo estivo;
- nella fascia oraria 6.30-8.00 a.m. relativamente al marginale contributo dell’aerogeneratore T07 nel periodo primaverile e tardo-estivo.

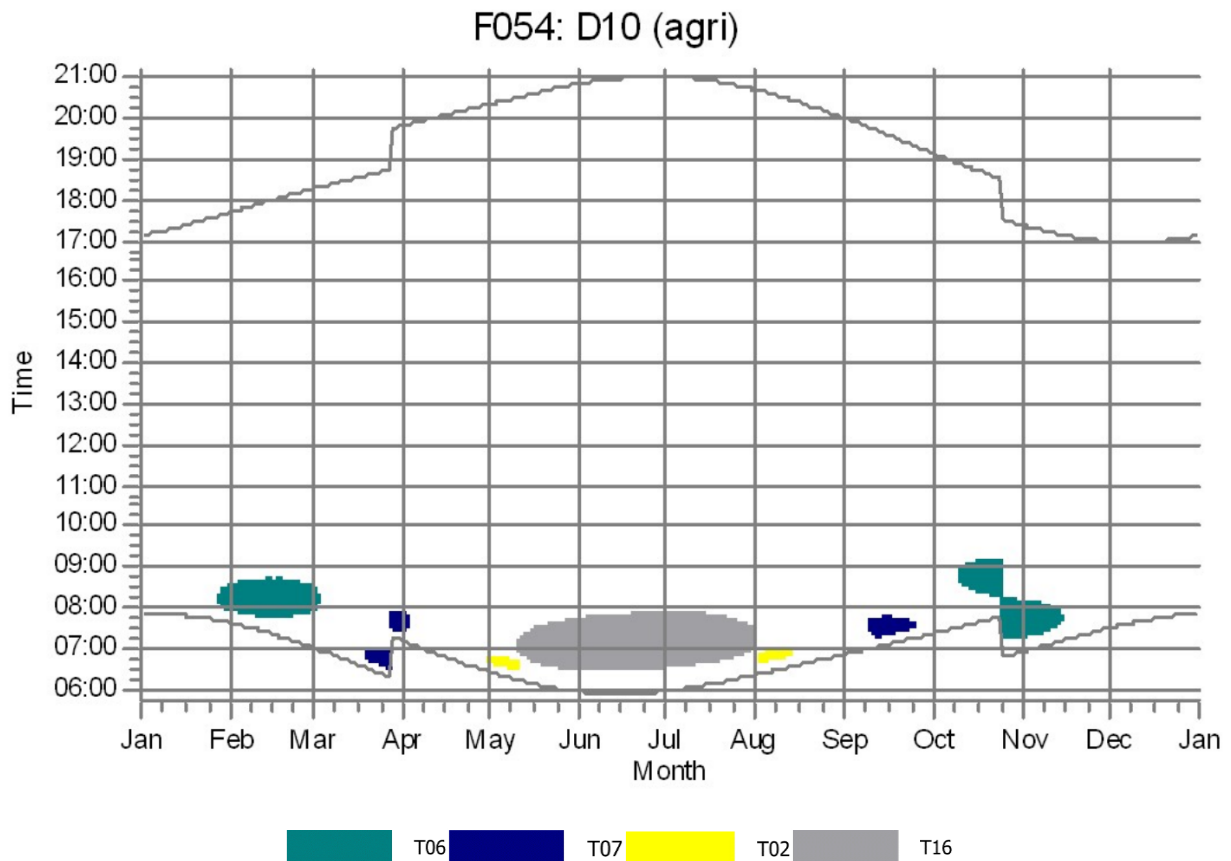


Figura 6.2 – Calendario dell’ombra relativo al ricettore F054

Approfondendo l’analisi sulle caratteristiche del fenomeno *shadow flickering* presso il ricettore F054 si ritiene opportuno formulare le seguenti considerazioni:

- Il ricettore F054 è un edificio a due livelli (Figura 6.3);
- la proiezione dell’ombra interesserà esclusivamente le aperture fenestrate del fabbricato ubicate sul lato est dell’edificio;
- Le caratteristiche tipologico-costruttive dell’edificio, come si evince dall’esame della Figura 6.3, lasciano presumere che gli ambienti con più alta probabilità di permanenza di persone nel periodo diurno sia riferibile al piano rialzato, avente aperture fenestrate aggettanti sull’esistente porticato;
- esaminando le risultanze dei calcoli contenuti nel report allegato (scenario *real case*) si evince come l’ombra intermittente proiettata sul ricettore F054 sia attribuibile prevalentemente

all’aerogeneratore T16 nel periodo maggio-agosto (~4900 minuti su 7865 di incidenza complessiva del fenomeno nello scenario worst-case – 50% circa).

- gli orari in cui si proietterà l’ombra dell’aerogeneratore T16 - ossia le prime ore del mattino del periodo estivo – conducono a ritenere che gli occupanti gli edifici (ospiti della struttura agrituristica) non siano ancora svegli.

Per quanto sopra, anche in ragione della conservatività delle stime (cfr. cap. 4), è ragionevole affermare che l’effettivo potenziale disturbo da *shadow flickering* risulterà estremamente più contenuto di quello prospettato dal software di simulazione, tale da potersi ricondurre ai predetti “valori guida” e da non arrecare apprezzabili disturbi agli occupanti l’edificio in esame.

Ad ogni buon conto, laddove durante la fase operativa dell’impianto dovesse essere avvertito un effettivo disturbo da parte degli occupanti l’edificio, saranno attuate – a cura e spese della società proponente - efficaci misure di mitigazione quali la realizzazione di un’alberatura schermante sul lato est dell’edificio.





Figura 6.3 – Edificio F054 (vista da nordovest verso sudest)

7 Conclusioni

Il documento ha esaminato compiutamente il potenziale disturbo da ombreggiamento intermittente (*shadow flickering*) in corrispondenza dei più prossimi fabbricati presenti nell’area interessata dal proposto parco eolico denominato “Orria”. L’individuazione dei ricettori ha fatto riferimento alla ricognizione sugli edifici esistenti eseguita nell’ambito della definizione del layout di impianto e dell’analisi ambientale, i cui risultati sono riepilogati in opportune “schede fabbricati” all’interno di apposito report allegato alla documentazione progettuale.

Ai fini dei calcoli di esposizione all’ombra intermittente ed entro una distanza di 1000 m dalle postazioni eoliche, sono stati individuati come potenziali ricettori n. 33 fabbricati, aventi destinazione abitativa accertata (edifici con categoria catastale “A”) o, in via prudenziale, che presentassero caratteristiche tipologico-costruttive assimilabili a quelle di un edificio abitativo.

Per le finalità del presente studio, in assenza di una specifica disciplina normativa nazionale o regionale, si è fatto riferimento alle linee guida elaborate dal Gruppo Federale tedesco di Controllo delle Emissioni (*Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz - LAI*) – aggiornamento 2020.

L’incidenza dell’ombreggiamento intermittente presso i ricettori considerati nello “scenario reale” è sempre al disotto del valore guida di 30 h/anno ad eccezione del solo fabbricato F054, interessato dalla proiezione dell’ombra intermittente per una durata stimata in 42:46 h/anno. In corrispondenza di n. 6 fabbricati (F329, F330, F331, F332, F333, F338), peraltro, non si prevede alcun effetto di ombreggiamento.

Relativamente al fabbricato F054 (struttura agrituristica), le simulazioni condotte attraverso il modulo SHADOW del software specialistico WindPro hanno evidenziato come la principale influenza rispetto al fenomeno dell’ombreggiamento è attribuibile all’aerogeneratore T16.

Gli orari in cui si proietterà l’ombra dell’aerogeneratore T16 - ossia le prime ore del mattino del periodo estivo – conducono a ritenere che gli occupanti i locali (ospiti della struttura agrituristica) non siano ancora svegli.

Per quanto sopra, anche in ragione della conservatività delle stime, è ragionevole affermare che l’effettivo potenziale disturbo da *shadow flickering* risulterà estremamente più contenuto di quello prospettato dal software di simulazione, tale da potersi ricondurre ai predetti “valori guida” e da non arrecare apprezzabili disturbi agli occupanti l’edificio in esame.

Peraltro, laddove durante la fase operativa dell’impianto dovesse essere avvertito un effettivo disturbo da parte degli occupanti l’edificio, saranno attuate – a cura e spese della società proponente - efficaci misure di mitigazione quali la realizzazione di un’alberatura schermante sul lato est dell’edificio.