

INTEGRALE RICOSTRUZIONE PARCO EOLICO "Vallata"

*ADEGUAMENTO TECNICO IMPIANTO EOLICO MEDIANTE INTERVENTO DI REPOWERING
DELLE TORRI ESISTENTI E RIDUZIONE NUMERICA DEGLI AEROGENERATORI*



Progettazione
Coordinamento

GEKO S.p.A.

Via Reno, 5 - 00198 Roma (RM)
Tel. 06.88803910 | Fax 06.45654740
E-Mail: gekospa@pec.gekospa.it



Studio Acustico
e avifaunistico

Teasistemi

Via Ponte Piglieri, nr 8 - 56122 Pisa (PI)
Tel. 05.06396101
E-Mail: info@tea-group.com



Progettista:

Progetto Energia s.r.l.

Via Cardito, 202 - 83031 Ariano Irpino (AV)
Tel. 0825.831313
E-Mail: info@progettoenergia.biz



Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	29.11.2023	EMISSIONE PER AUTORIZZAZIONE	R. DI PIETRO	G. LO RUSSO	M. LO RUSSO

Titolo Documento:

RELAZIONE DI SHADOW FLICKERING

Numero documento:

Commessa					Fase	Tipo doc.	Prog. doc.	Rev.	
2	3	3	5	0	1	D	R	0	0

Opera

Progetto di Integrale Ricostruzione di un impianto eolico composto da 8 aerogeneratori da 6,0 MW per una potenza complessiva di 48,0MW nel Comune di Vallata (AV) e relative opere di connessione nei Comuni di Vallata e Bisaccia (AV) con smantellamento di n.24 aerogeneratori di potenza in esercizio pari a 48MW

Approvazione documento	Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
	00	Dicembre 2023	Emissione per progetto definitivo	Progetto Energia S.r.l.	Geko S.p.A.	Edison Rinnovabili S.p.A.

INDICE

1.	SCOPO	3
2.	CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING	4
3.	CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING	5
3.1	CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO	5
3.2	INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI	6
3.3	METODOLOGIA DI CALCOLO	11
3.4	RISULTATI.....	13
4.	CONCLUSIONI.....	27
5.	ALLEGATI.....	27

1. SCOPO

Scopo del presente documento è la valutazione dell'eventuale impatto generato dallo shadow-flickering (letteralmente "ombreggiamento intermittente") finalizzata all'ottenimento dei permessi necessari per l'**ammodernamento complessivo (repowering) di un impianto eolico esistente, sito nel Comune di Vallata (AV)**, di proprietà della società Edison Rinnovabili S.p.A., connesso tramite stazione di utenza a 150kV alla stazione Elettrica 150/380kV di Bisaccia (AV), realizzato ed in esercizio con D.D. n.704 del 23/12/2009, successivamente integrato con D.D. n.319 del 24/05/2010 e D.D. n.455 del 04/10/2010, previo Decreto Assessorile n.539 del 18/12/2007 AGC5/Sett02/Serv04 di parere favorevole di compatibilità ambientale.

L'impianto eolico esistente è costituito da 24 aerogeneratori, di cui n.20 modello Vestas V90 da 2MW e n.4 modello Senvion MM82 da 2MW, per una potenza totale di impianto pari a 48 MW, ubicato nelle località *Serro dell'Orso*, *Piano Calcato* e *Terzo di Mezzo* nel Comune di Vallata (AV), con opere di connessione ricadenti nei comuni di Vallata e Bisaccia, dove il cavidotto in media tensione interrato raggiunge la Stazione Elettrica di Utenza 150kV, a sua volta connessa alla Rete Elettrica Nazionale, mediante collegamento alla sezione 150kV dell'adiacente stazione di trasformazione elettrica 150/380kV di Bisaccia. L'impianto eolico appena descritto è definito nel seguito "**Impianto eolico esistente**".

L'ammodernamento complessivo dell'impianto eolico esistente, oggetto della presente valutazione, consta invece nell'installazione di 8 aerogeneratori con diametro massimo di 155,0 m, altezza massima pari a 180 m e potenza unitaria massima di 6,0 MW, per una potenza totale massima pari a 48,00 MW, da realizzare nello stesso sito. È prevista la sostituzione dei cavidotti interrati MT, con piccole variazioni al tracciato, l'ammodernamento stallo all'interno della stazione elettrica d'utenza esistente, la dismissione del cavidotto AT (impianto d'utenza per la connessione) per la realizzazione di un nuovo impianto d'utenza per connessione (cavidotto AT, condivisione Sbarra AT), a sua volta collegato allo stallo esistente all'interno della stazione RTN di Bisaccia (AV). Il Progetto, nella configurazione innanzi descritta, viene definito nel seguito "**Progetto di ammodernamento**".

Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 6,0 MW, avente le caratteristiche principali di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 155 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il convertitore elettronico di potenza, il trasformatore BT/MT e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio;
- altezza massima complessiva fuori terra dell'aerogeneratore pari a 180,00 m;
- diametro alla base del sostegno tubolare: 4,70 m;
- area spazzata massima: 18.869 m².

Nello specifico, i modelli di aerogeneratori selezionati, a titolo esemplificativo, sulla base dei quali sono state fatte le analisi della presente documentazione, sono i seguenti.

- Siemens Gamesa, SG 6.6-155;
- Vestas, V150-6MW.

Si evidenzia che i modelli di macchina sono indicativi e al momento della eventuale realizzazione saranno effettuate analisi del mercato al fine di cogliere le migliori opportunità tecniche ed economiche nella scelta dell'aerogeneratore, mantenendosi in linea con le caratteristiche del modello di macchina utilizzato nelle presenti relazioni.

Le caratteristiche di dettaglio del modello commerciale più sfavorevole, utilizzate al fine di redigere il presente studio, sono quelle dell'aerogeneratore tipo Siemens Gamesa SG 6.6-155.

2. CENNI SUL FENOMENO DELLO SHADOW FLICKERING

Lo shadow-flickering (letteralmente ombreggiamento intermittente) è l'espressione comunemente impiegata per descrivere una variazione periodica dell'intensità luminosa osservata. Tale effetto (stroboscopico) è causato dalla proiezione, su una generica superficie, dell'ombra indotta da oggetti in movimento. Nel caso specifico di un impianto eolico tale fenomeno è generato dalla proiezione, al suolo o su un ricettore (abitazione), dell'ombra prodotta dalle pale in rotazione degli aerogeneratori allorché il sole si trova alle loro spalle (cfr. figura successiva).

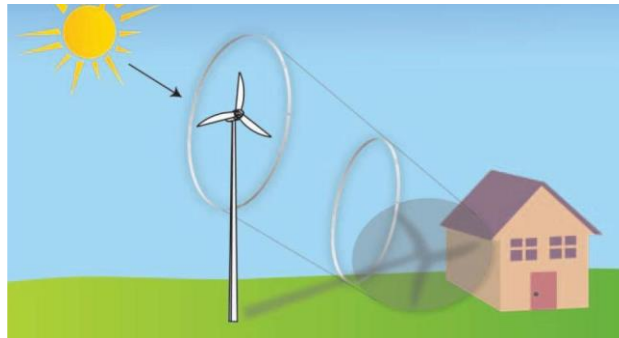


Figura 1 - Rappresentazione schematica del fenomeno dello shadow flicker

Il fenomeno, dal punto di vista di un potenziale ricettore, si traduce in una variazione alternata e ciclica 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 dalla nebbia, sia quando, in assenza di vento, le pale dell'aerogeneratore 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.

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.

Tale fenomeno, se sperimentato da un ricettore per periodi di tempo prolungati, può generare un disturbo, nelle seguenti condizioni:

- presenza di un livello sufficiente di intensità luminosa, ovvero in condizioni di cielo sereno sgombro da nubi ed in assenza di nebbia e con sole alto rispetto all'orizzonte;
- assenza di ostacoli sulla congiungente ricettore - aerogeneratore: la presenza di vegetazione e/o edifici interposti l'ombra generata da questi ultimi annullerebbe il fenomeno. Quindi, condizione favorevole affinché il fenomeno in esame si verifichi, è quella rappresentata dall'orientamento perpendicolare delle finestre di un'abitazione rispetto alla linea congiungente il ricettore all'aerogeneratore in assenza di ostacoli fisici (alberi, altri edifici ecc...);
- orientamento perpendicolare del rotore rispetto alla congiungente sole - ricettore: infatti, quando il piano del rotore è perpendicolare alla linea sole-ricettore, l'ombra proiettata dalle pale risulta muoversi all'interno di un "disco" che induce un effetto non trascurabile di shadow flickering; viceversa, nel caso in cui il piano del rotore risulti essere in linea con il sole ed il ricettore, l'ombra proiettata risulterebbe molto assottigliata e di bassa intensità per cui l'effetto di shadow flickering sarebbe del tutto trascurabile.

Inoltre, affinché lo shadow flickering, abbia un'intensità non trascurabile è necessario che:

- la posizione del sole sia tale da produrre una luminosità sufficiente; tale condizione corrisponde, per la latitudine di progetto, in un'altezza del sole sull'orizzonte dell'ordine di almeno 10÷15 gradi;
- le pale del rotore siano ovviamente in rotazione;
- l'aerogeneratore ed il potenziale ricettore non siano troppo distanti: infatti, le ombre proiettate in prossimità dell'aerogeneratore risultano di maggiore intensità rispetto a quelle proiettate ad una distanza crescente. Tale condizione deriva dal fatto che in presenza di un ricettore molto prossimo all'aerogeneratore, una porzione ampia di pala copre il disco

solare così come osservato dal punto di vista del ricettore stesso, e, quindi, l'intensità del flicker risulta maggiormente percepibile. All'aumentare della distanza tra aerogeneratore e ricettore, le pale, durante il loro moto di rotazione, andranno a coprire una porzione sempre più piccola del disco solare, inducendo un effetto di flicker di minore intensità.

Alla luce di quanto sopra esposto, le relazioni spaziali tra un aerogeneratore ed un ricettore (abitazione), così come la direzione del vento risultano essere fattori chiave per la durata del fenomeno di shadow flicker. Per distanze dell'ordine dei 300-400 m, il fenomeno in esame potrebbe verificarsi all'alba oppure al tramonto, ovvero in quelle ore in cui le ombre risultano molto lunghe e la radiazione diretta è di minore intensità 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 apparente 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 ricettore – sole; infatti, in tali condizioni, l'ombra proiettata darà origine ad un cerchio di diametro pari a quello del 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 m dall'aerogeneratore e le zone a maggiore impatto ricadono entro i 300 - 400 m di distanza dalle macchine; il flickering, se presente, non supera in genere i 30/40 minuti di durata potenziale nell'arco di una giornata.

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 definitiva, 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.

3. CALCOLO DELLO SHADOW FLICKERING

3.1 CONFIGURAZIONE D'IMPIANTO

Il Progetto prevede l'installazione di n. 8 aerogeneratori per una potenza massima di 48,00 MW. La disposizione prevista per le turbine è riportata nella tabella 1.

AEROGENERATORE	COORDINATE AEROGENERATORE UTM (WGS84) - FUSO 33		Altitudine [m]
	Long. E [m]	Lat. N [m]	
WTG Val-01	525.781	4.540.970	822,00
WTG Val-02	524.469	4.541.471	755,00
WTG Val-03	524.638	4.540.938	770,00
WTG Val-04	525.417	4.541.805	764,00
WTG Val-05	525.533	4.540.488	828,00
WTG Val-06	524.874	4.539.686	758,50
WTG Val-07	525.407	4.539.363	850,00
WTG Val-08	524.642	4.538.546	783,30

Tabella 1: Coordinate UTM - WGS84 – fuso 33 degli aerogeneratori

La tabella 2 riporta la scheda riassuntiva delle principali caratteristiche della turbina di progetto.

Potenza nominale	6.000 kW
------------------	----------

Velocità di accensione	3 m/s
Velocità di spegnimento	27 m/s
ROTORE	
Diametro del rotore	155 m
Area spazzata	18.869 m ²
Numero pale	3
Speed, Dynamic Operation Range	11,6 rpm
TORRE	
Altezza del mozzo	102,5 m

Tabella 2: Estratto delle specifiche tecniche turbina Siemens Gamesa SG 6.6-155

3.2 INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI

Ai fini della previsione degli impatti indotti sulle abitazioni dall'impianto eolico in progetto sono stati individuati i ricettori presenti nei pressi degli aerogeneratori.

Sebbene il fenomeno possa essere percepito anche all'esterno, esso risulta evidente e fastidioso in quegli ambienti con finestrate che si trovano sul prolungamento della direttrice sole-turbina, per questo motivo, si è considerato nella simulazione la presenza di finestre di altezza 1 metro e larghezza 1 metro posizionate ad altezza dal suolo di 2 metri e disposte su tutte le facciate degli edifici. La tabella 3 riporta i riferimenti geografici dei fabbricati riscontrati e l'orientamento delle finestre ipotizzate.

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
1	VALLATA (AV)	23	368-369	Censito catastalmente ma non classato	524127	4541963	4 (55° , 145° , 235° , 325°)
2	VALLATA (AV)	23	370	Censito catastalmente ma non classato	524123	4542020	4 (39° , 129° , 219° , 309°)
3	VALLATA (AV)	23	228-5-341	FABB RURALE-C02-F02	524142	4542087	4 (60° , 150° , 240° , 330°)
4	VALLATA (AV)	19A	947	A04-C06	524190	4542098	4 (73° , 163° , 253° , 343°)
5	VALLATA (AV)	19A	710	A02	524217	4542117	4 (55° , 145° , 235° , 325°)
6	VALLATA (AV)	19A	227	Censito catastalmente ma non classato	524337	4541990	4 (84° , 174° , 264° , 354°)
7	VALLATA (AV)	19A	380-377-379	FABB RURALE-FABB DIRUTO	524387	4542252	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
8	VALLATA (AV)	19A	321	FABB RURALE	524369	4542333	4 (42° , 132° , 222° , 312°)
9	VALLATA (AV)	19A	791	A04-C06	524337	4542319	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
10	VALLATA (AV)	19A	797	A02-C02	524336	4542340	4 (79° , 169° , 259° , 349°)
11	VALLATA (AV)	19A	788	A04-C02-C06	524319	4542346	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
12	VALLATA (AV)	19A	963	A04	524304	4542368	4 (21° , 111° , 201° , 291°)
13	VALLATA (AV)	19A	861	A02-C03	524272	4542349	4 (35° , 125° , 215° , 305°)
14	VALLATA (AV)	19A	205	A04	524278	4542385	4 (45° , 135° , 225° , 315°)
15	VALLATA (AV)	19	959	A02-C02	524301	4542402	4 (40° , 130° , 220° , 310°)
16	VALLATA (AV)	19	802	C02	524359	4542407	4 (33° , 123° , 213° , 303°)
17	VALLATA (AV)	19	85-86	FABB DIRUTO	524384	4542356	4 (55° , 145° , 235° , 325°)
18	VALLATA (AV)	19	773	A02-C02	524456	4542274	4 (46° , 136° , 226° , 316°)
19	VALLATA (AV)	19	866	C02	524488	4542272	4 (39° , 129° , 219° , 309°)
20	VALLATA (AV)	19	870	C06	524520	4542244	4 (39° , 129° , 219° , 309°)
21	VALLATA (AV)	19	925-806	C02-A02	524473	4542199	4 (51° , 141° , 231° , 321°)
22	VALLATA (AV)	19	918	C06	524503	4542190	4 (37° , 127° , 217° , 307°)
23	VALLATA (AV)	19	919	C02	524503	4542183	4 (22° , 112° , 202° , 292°)
24	VALLATA (AV)	19	920	C02	524527	4542162	4 (19° , 109° , 199° , 289°)
25	VALLATA (AV)	19	921	C02-C06	524497	4542156	4 (38° , 128° , 218° , 308°)
26	VALLATA (AV)	19	922	C06	524487	4542132	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
27	VALLATA (AV)	19	923	C02	524513	4542117	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
28	VALLATA (AV)	19	106	AREA FAB DM	524751	4542341	-

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
29	VALLATA (AV)	19	709	A07-C06	524778	4542199	4 (60° , 150° , 240° , 330°)
30	VALLATA (AV)	19A	1016	C02	524789	4541775	4 (19° , 109° , 199° , 289°)
31	VALLATA (AV)	19	117	AREA FAB DM	524841	4541783	-
32	VALLATA (AV)	19	1002-1003-982	F01-A04-C02	524838	4541758	4 (62° , 152° , 242° , 332°)
33	VALLATA (AV)	19	118	C02	524841	4541742	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
34	VALLATA (AV)	19	122	AREA FAB DM	524910	4541951	-
35	VALLATA (AV)	19	1059	C06	525521	4542325	4 (58° , 148° , 238° , 328°)
36	VALLATA (AV)	19	934	C02-D10	526110	4542037	4 (89° , 179° , 269° , 359°)
37	VALLATA (AV)	19	934	A04	526103	4542008	4 (86° , 176° , 266° , 356°)
38	VALLATA (AV)	19	934	C02-D10	526145	4541983	4 (80° , 170° , 260° , 350°)
39	BISACCIA (AV)	17	1260	D10	526543	4542476	4 (61° , 151° , 241° , 331°)
40	BISACCIA (AV)	17	1271	D10	526645	4542588	4 (55° , 145° , 235° , 325°)
41	BISACCIA (AV)	17	1194	A03	526644	4542486	4 (71° , 161° , 251° , 341°)
42	BISACCIA (AV)	17	1196	C02	526670	4542412	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
43	BISACCIA (AV)	16	227	A04-C06-C02	526318	4541359	4 (69° , 159° , 249° , 339°)
44	BISACCIA (AV)	16	239	C02-A03-C06-F03	526273	4541236	4 (67° , 157° , 247° , 337°)
45	VALLATA (AV)	19	1034	A04-D10	525122	4541319	4 (59° , 149° , 239° , 329°)
46	VALLATA (AV)	19	1047-1046	C02	525263	4541100	4 (54° , 144° , 234° , 324°)
47	VALLATA (AV)	19	715	C02-A04	525247	4541096	4 (81° , 171° , 261° , 351°)
48	VALLATA (AV)	22	452	A04	523456	4541358	4 (35° , 125° , 215° , 305°)
49	VALLATA (AV)	22	453	C02	523450	4541345	4 (36° , 126° , 216° , 306°)
50	VALLATA (AV)	22	442	A02-C06	523347	4541047	4 (18° , 108° , 198° , 288°)
51	VALLATA (AV)	22	397	Censito catastalmente ma non esistente	523385	4540987	-
52	VALLATA (AV)	22	326	FABB RURALE	523283	4540958	4 (5° , 95° , 185° , 275°)
53	VALLATA (AV)	22	175	Censito catastalmente ma non classato	523289	4540939	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
54	VALLATA (AV)	22	445	A04-C06	523237	4540862	4 (29° , 119° , 209° , 299°)
55	VALLATA (AV)	24	619	A04-D10	524007	4540318	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
56	VALLATA (AV)	24	663	A04-D10	524019	4540316	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
57	VALLATA (AV)	24	622	D10	524003	4540303	4 (12° , 102° , 192° , 282°)
58	VALLATA (AV)	24	623	D10	523981	4540288	4 (23° , 113° , 203° , 293°)
59	VALLATA (AV)	24	624	D10	523970	4540268	4 (24° , 114° , 204° , 294°)
60	VALLATA (AV)	24	625	D10	523977	4540244	4 (21° , 111° , 201° , 291°)
61	VALLATA (AV)	24	617	C06	524030	4540251	4 (14° , 104° , 194° , 284°)
62	VALLATA (AV)	24	614	C02	524028	4540276	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
63	VALLATA (AV)	24	615	C02	524026	4540294	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
64	VALLATA (AV)	24	665	A04-D10	524060	4540299	4 (14° , 104° , 194° , 284°)
65	VALLATA (AV)	24	653	C02	524090	4540260	4 (14° , 104° , 194° , 284°)
66	VALLATA (AV)	29	1126-1091-1092-1093	C02-C06-A04	524083	4540119	4 (11° , 101° , 191° , 281°)
67	VALLATA (AV)	29	1088	D10	524283	4540158	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
68	VALLATA (AV)	29	926	D10	524299	4540155	4 (90° , 180° , 270° , 360°)
69	VALLATA (AV)	29	925	D10	524289	4540141	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
70	VALLATA (AV)	29	851-924	A02-D10	524243	4540119	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
71	VALLATA (AV)	29	1076	A04	524285	4540123	4 (66° , 156° , 246° , 336°)
72	VALLATA (AV)	29	1075-1074-928	D10	524302	4540126	4 (66° , 156° , 246° , 336°)
73	VALLATA (AV)	29	930	D10	524336	4540126	4 (84° , 174° , 264° , 354°)
74	VALLATA (AV)	29	767	A04	524455	4540010	4 (8° , 98° , 188° , 278°)
75	VALLATA (AV)	29	15	FABB RURALE	524371	4540205	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
76	VALLATA (AV)	29	18	FABB RURALE	524448	4540228	-
77	VALLATA (AV)	29	23	FABB DIRUTO	525055	4540618	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
78	VALLATA (AV)	29	25-26-27	FABB DIRUTO	525073	4540619	4 (12° , 102° , 192° , 282°)
79	VALLATA (AV)	29	28	FABB DIRUTO	525099	4540615	4 (25° , 115° , 205° , 295°)
80	VALLATA (AV)	29	1083	C02	525118	4540638	4 (55° , 145° , 235° , 325°)
81	VALLATA (AV)	29	1084	C06	525140	4540597	4 (40° , 130° , 220° , 310°)
82	VALLATA (AV)	29	1082	A04-C02-C06	525158	4540633	4 (47° , 137° , 227° , 317°)

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
83	VALLATA (AV)	29	9	FABB RURALE	525969	4541010	-
84	VALLATA (AV)	29	850	A04	526124	4540949	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
85	BISACCIA (AV)	26	469	Censito catastalmente ma non classato	526352	4540936	4 (69° , 159° , 249° , 339°)
86	BISACCIA (AV)	26	470	Censito catastalmente ma non classato	526366	4540916	4 (53° , 143° , 233° , 323°)
87	BISACCIA (AV)	16	235-234	Censito catastalmente ma non classato	526356	4540978	4 (70° , 160° , 250° , 340°)
88	BISACCIA (AV)	16	229	A02-C02	526376	4540997	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
89	BISACCIA (AV)	16	223	A03-C02	526371	4540958	4 (61° , 151° , 241° , 331°)
90	BISACCIA (AV)	16	224	A04	526381	4540963	4 (61° , 151° , 241° , 331°)
91	BISACCIA (AV)	16	230	C02	526405	4541009	4 (64° , 154° , 244° , 334°)
92	BISACCIA (AV)	16	231	C06	526408	4540981	4 (62° , 152° , 242° , 332°)
93	BISACCIA (AV)	16	232	C02	526405	4540962	4 (63° , 153° , 243° , 333°)
94	BISACCIA (AV)	26	452	A03-C06	526784	4540907	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
95	BISACCIA (AV)	26	490	C02	526896	4540848	4 (64° , 154° , 244° , 334°)
96	BISACCIA (AV)	26	478	C02	526919	4540836	4 (51° , 141° , 231° , 321°)
97	BISACCIA (AV)	16	242	C02	526938	4540861	4 (49° , 139° , 229° , 319°)
98	BISACCIA (AV)	16	237	Censito catastalmente ma non classato	526972	4540835	4 (53° , 143° , 233° , 323°)
99	BISACCIA (AV)	26	475	A02-C02-C06	526914	4540801	4 (77° , 167° , 257° , 347°)
100	BISACCIA (AV)	26	479-489-463	C02	526962	4540772	4 (56° , 146° , 236° , 326°)
101	BISACCIA (AV)	17	1209	C02	527160	4540854	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
102	BISACCIA (AV)	17	1207	A03-C02	527183	4540864	4 (75° , 165° , 255° , 345°)
103	BISACCIA (AV)	17	1216	C02	527208	4540870	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
104	BISACCIA (AV)	17	1132	C06	527238	4540818	4 (78° , 168° , 258° , 348°)
105	BISACCIA (AV)	17	1133	D10	527240	4540798	4 (78° , 168° , 258° , 348°)
106	BISACCIA (AV)	17	1130-1242	A03	527214	4540801	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
107	BISACCIA (AV)	17	1241	C02	527194	4540781	4 (72° , 162° , 252° , 342°)
108	BISACCIA (AV)	26	471	A03-C06	527085	4540741	4 (70° , 160° , 250° , 340°)
109	BISACCIA (AV)	26	510-472	C02-C06	527127	4540728	4 (22° , 112° , 202° , 292°)
110	BISACCIA (AV)	26	473	C02	527120	4540704	4 (21° , 111° , 201° , 291°)
111	BISACCIA (AV)	26	474-511-512	C06-C02	527166	4540719	4 (23° , 113° , 203° , 293°)
112	BISACCIA (AV)	26	500	Censito catastalmente ma non classato	527216	4540717	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
113	BISACCIA (AV)	26	467	A02-C06	527246	4540739	4 (82° , 172° , 262° , 352°)
114	BISACCIA (AV)	26	466	C02	527247	4540705	4 (79° , 169° , 259° , 349°)
115	BISACCIA (AV)	26	499	Censito catastalmente ma non classato	527278	4540708	4 (83° , 173° , 263° , 353°)
116	BISACCIA (AV)	26	485	A03	527323	4540667	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
117	BISACCIA (AV)	26	496	A03	527369	4540670	4 (65° , 155° , 245° , 335°)
118	BISACCIA (AV)	26	494	C06	527392	4540641	4 (51° , 141° , 231° , 321°)
119	BISACCIA (AV)	26	487	C02	527323	4540631	4 (67° , 157° , 247° , 337°)
120	BISACCIA (AV)	26	507	C06	526450	4540437	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
121	BISACCIA (AV)	26	482	C02	526480	4540484	4 (67° , 157° , 247° , 337°)
122	BISACCIA (AV)	26	411	A04	526451	4540492	4 (63° , 153° , 243° , 333°)
123	BISACCIA (AV)	26	501-503	A03-C02	526487	4540576	4 (75° , 165° , 255° , 345°)
124	BISACCIA (AV)	26	484	A03-C02	526475	4540597	4 (62° , 152° , 242° , 332°)
125	BISACCIA (AV)	26	521	F02	526269	4540676	4 (45° , 135° , 225° , 315°)
126	BISACCIA (AV)	26	508	C02	526254	4540663	4 (46° , 136° , 226° , 316°)
127	VALLATA (AV)	29	855	C02	526072	4540566	4 (59° , 149° , 239° , 329°)
128	VALLATA (AV)	29	1140	C02	526063	4540561	4 (59° , 149° , 239° , 329°)
129	VALLATA (AV)	29	854	A04	526053	4540554	4 (59° , 149° , 239° , 329°)
130	VALLATA (AV)	29	1010-1008	C02-F03	526036	4540544	4 (60° , 150° , 240° , 330°)
131	VALLATA (AV)	29	1007	F02	526012	4540530	4 (57° , 147° , 237° , 327°)

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
132	VALLATA (AV)	29	1026-1065-1027	D10-C02	525997	4540479	4 (62° , 152° , 242° , 332°)
133	VALLATA (AV)	29	1067	C06	525931	4540474	4 (50° , 140° , 230° , 320°)
134	VALLATA (AV)	29	1066	C02	525911	4540460	4 (49° , 139° , 229° , 319°)
135	VALLATA (AV)	29	1024	D10	525922	4540447	4 (52° , 142° , 232° , 322°)
136	VALLATA (AV)	29	1125	C02	525936	4540414	4 (84° , 174° , 264° , 354°)
137	VALLATA (AV)	29	1124	C02	525946	4540405	4 (88° , 178° , 268° , 358°)
138	VALLATA (AV)	29	822	C02-A04	525967	4540399	4 (2° , 92° , 182° , 272°)
139	VALLATA (AV)	29	904	C02	525976	4540403	4 (13° , 103° , 193° , 283°)
140	VALLATA (AV)	29	44-43-42-1119	FABB DIRUTO - FABB RURALE-C02	525984	4540428	4 (1° , 91° , 181° , 271°)
141	VALLATA (AV)	29	39	A04	526014	4540432	4 (85° , 175° , 265° , 355°)
142	VALLATA (AV)	29	852	A07	526026	4540434	4 (85° , 175° , 265° , 355°)
143	VALLATA (AV)	29	41-1111-1110-1112	C02-F02-A04	526026	4540414	4 (90° , 180° , 270° , 360°)
144	VALLATA (AV)	29	1114	A04	526101	4540441	4 (83° , 173° , 263° , 353°)
145	VALLATA (AV)	29	583-628-1157-1155	AREA FAB DM-C02	526023	4540376	4 (84° , 174° , 264° , 354°)
146	VALLATA (AV)	29	896	C02	525968	4540360	4 (2° , 92° , 182° , 272°)
147	VALLATA (AV)	29	897	C02	525972	4540326	4 (83° , 173° , 263° , 353°)
148	VALLATA (AV)	29	571-570	Censito catastalmente ma non classato	525989	4540325	4 (83° , 173° , 263° , 353°)
149	VALLATA (AV)	29	898	C02	525975	4540308	4 (74° , 164° , 254° , 344°)
150	VALLATA (AV)	29	1018	D10	526009	4540302	4 (86° , 176° , 266° , 356°)
151	VALLATA (AV)	29	1019	D10	526042	4540296	4 (87° , 177° , 267° , 357°)
152	VALLATA (AV)	29	874	A04-C02	526092	4540327	4 (3° , 93° , 183° , 273°)
153	VALLATA (AV)	29	802	A04	526102	4540257	4 (3° , 93° , 183° , 273°)
154	VALLATA (AV)	29	492	FABB DIRUTO	525931	4539971	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
155	VALLATA (AV)	29	861	A04	524203	4539723	4 (39° , 129° , 219° , 309°)
156	VALLATA (AV)	29	861	C02	524152	4539676	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
157	VALLATA (AV)	29	1033	C02	524191	4539453	4 (24° , 114° , 204° , 294°)
158	VALLATA (AV)	29	1121	C06	524137	4539435	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
159	VALLATA (AV)	29	1122	C02	524183	4539423	4 (24° , 114° , 204° , 294°)
160	VALLATA (AV)	29	685	A04-C02	524165	4539412	4 (25° , 115° , 205° , 295°)
161	VALLATA (AV)	29	1120	C06	524157	4539375	4 (25° , 115° , 205° , 295°)
162	VALLATA (AV)	29	427	Censito catastalmente ma non classato	524532	4539453	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
163	VALLATA (AV)	29	114-116	A04-C02-FABB RURALE	524086	4538943	4 (33° , 123° , 213° , 303°)
164	VALLATA (AV)	29	113	AREA FAB DM	524048	4538925	-
165	VALLATA (AV)	28	88	AREA FAB DM	524030	4538916	-
166	VALLATA (AV)	29	1031	C02-A04	524091	4538888	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
167	VALLATA (AV)	29	1030	A04	524092	4538877	4 (25° , 115° , 205° , 295°)
168	VALLATA (AV)	29	960	C06	524125	4538895	-
169	VALLATA (AV)	29	958	C06	524124	4538875	4 (45° , 135° , 225° , 315°)
170	VALLATA (AV)	29	957	A04-C02	524143	4538847	4 (57° , 147° , 237° , 327°)
171	VALLATA (AV)	29	1117	C06	524130	4538819	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
172	VALLATA (AV)	29	956	C02	524162	4538831	4 (58° , 148° , 238° , 328°)
173	VALLATA (AV)	29	1080	A04-C02	524607	4539119	4 (88° , 178° , 268° , 358°)
174	VALLATA (AV)	29	1077	A04	524646	4539149	4 (7° , 97° , 187° , 277°)
175	VALLATA (AV)	29	1078	C02	524685	4539135	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
176	VALLATA (AV)	29	1079	C02	524698	4539130	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
177	VALLATA (AV)	29	430	FABB DIRUTO	524925	4539283	4 (14° , 104° , 194° , 284°)
178	VALLATA (AV)	29	424	FABB DIRUTO	525230	4539348	4 (58° , 148° , 238° , 328°)
179	BISACCIA (AV)	26	339	Censito catastalmente ma non esistente	527604	4540434	-
180	BISACCIA (AV)	29	378	A03-C06	528066	4539829	4 (79° , 169° , 259° , 349°)
181	VALLATA (AV)	29	828	FABB RURALE	525059	4538421	4 (14° , 104° , 194° , 284°)

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
182	VALLATA (AV)	29	786-780	C02-A04	525074	4538288	4 (13° , 103° , 193° , 283°)
183	VALLATA (AV)	29	632	A04-C02	525031	4538274	4 (4° , 94° , 184° , 274°)
184	VALLATA (AV)	29	934	C02	525060	4538248	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
185	VALLATA (AV)	29	250-552	FABB RURALE	525027	4538249	4 (2° , 92° , 182° , 272°)
186	VALLATA (AV)	29	249	A04	525016	4538244	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
187	VALLATA (AV)	29	776	C02	524999	4538248	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
188	VALLATA (AV)	29	774	C02	524972	4538253	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
189	VALLATA (AV)	29	886-889	D10	525025	4538205	4 (36° , 126° , 216° , 306°)
190	VALLATA (AV)	29	892	D10	525020	4538131	4 (7° , 97° , 187° , 277°)
191	VALLATA (AV)	29	541	C02	525144	4538106	4 (17° , 107° , 197° , 287°)
192	VALLATA (AV)	29	542	C02	525188	4538072	4 (18° , 108° , 198° , 288°)
193	VALLATA (AV)	29	911	C02	525217	4538066	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
194	VALLATA (AV)	29	910	C02	525214	4538081	4 (13° , 103° , 193° , 283°)
195	VALLATA (AV)	29	912-921-916-922-949-147-146-1115-909	F02-F03-C06-F04-C06-A04	525205	4538103	4 (38° , 128° , 218° , 308°)
196	VALLATA (AV)	29	913-945	C02	525211	4538130	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
197	VALLATA (AV)	29	943-951-944	F02-C06-C02	525230	4538145	4 (20° , 110° , 200° , 290°)
198	VALLATA (AV)	29	871	C02-C06-A04	525242	4538119	4 (32° , 122° , 212° , 302°)
199	VALLATA (AV)	29	1133	Non censito catastalmente	525293	4538121	4 (30° , 120° , 210° , 300°)
200	VALLATA (AV)	29	825	A04	525307	4538101	4 (11° , 101° , 191° , 281°)
201	VALLATA (AV)	29	178-478-903-317-318-479	C02-A04-D10-FABB RURALE-CORTE	524528	4537847	4 (28° , 118° , 208° , 298°)
202	VALLATA (AV)	29	310	A04	524551	4537796	4 (40° , 130° , 220° , 310°)
203	VALLATA (AV)	29	788-789	Censito catastalmente ma non esistente	525047	4537940	-
204	VALLATA (AV)	29	1072	C02	525105	4537960	4 (82° , 172° , 262° , 352°)
205	VALLATA (AV)	29	863-1118	A04-F02	525105	4537945	4 (79° , 169° , 259° , 349°)
206	VALLATA (AV)	29	1070	A04	525110	4537923	4 (85° , 175° , 265° , 355°)
207	VALLATA (AV)	29	159	FABB RURALE	525396	4537893	-
208	VALLATA (AV)	29	1086	C02	525167	4537821	4 (2° , 92° , 182° , 272°)
209	VALLATA (AV)	29	293	F02	525120	4537814	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
210	VALLATA (AV)	29	884	A04	525128	4537795	4 (3° , 93° , 183° , 273°)
211	VALLATA (AV)	29	675	A04	525082	4537737	4 (66° , 156° , 246° , 336°)
212	VALLATA (AV)	29	876	A04-C02	525158	4537661	4 (77° , 167° , 257° , 347°)
213	VALLATA (AV)	29	1054-164-165-166	A04-C02-FABB RURALE	525122	4537622	4 (57° , 147° , 237° , 327°)
214	VALLATA (AV)	29	787	A04	525107	4537607	4 (48° , 138° , 228° , 318°)
215	VALLATA (AV)	29	797	A04	525096	4537585	4 (46° , 136° , 226° , 316°)
216	BISACCIA (AV)	37	223-221	C02	525159	4537586	4 (21° , 111° , 201° , 291°)
217	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	247	C06-A04	524724	4537552	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
218	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	321	F02	524302	4537422	4 (86° , 176° , 266° , 356°)
219	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	23-378	AREA FAB DM-C02	524265	4537413	4 (27° , 117° , 207° , 297°)
220	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	36-37	FABB DIRUTO	524282	4537402	4 (90° , 180° , 270° , 360°)
221	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	373	F02-C02	524281	4537381	4 (90° , 180° , 270° , 360°)
222	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	379	C02	524291	4537368	4 (5° , 95° , 185° , 275°)
223	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	335-333-331	Censito catastalmente ma non classato	524252	4537360	4 (6° , 96° , 186° , 276°)
224	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	337-338	A04-C02	524218	4537279	4 (9° , 99° , 189° , 279°)
225	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	344	A04-C06-C02	524202	4537224	4 (13° , 103° , 193° , 283°)
226	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	303	A07-C02	524145	4537153	4 (3° , 93° , 183° , 273°)
227	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	346-345	C02-A04	524173	4537147	4 (1° , 91° , 181° , 271°)
228	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	251	A04-C02	524344	4537130	4 (87° , 177° , 267° , 357°)
229	GUARDIA LOMBARDI (AV)	27	282	F02-C02	524362	4537104	4 (88° , 178° , 268° , 358°)
230	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	362	C02	524639	4537447	4 (34° , 124° , 214° , 304°)

Ricettore	Comune	Foglio	Particella	Destinazione d'uso	UTM - WGS84		Numero finestre e orientamento
					Long. E [m]	Lat. N [m]	
231	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	78-361-368-370-369-367-74	A04-C02-C06-AREA FAB DM	524650	4537441	4 (36° , 126° , 216° , 306°)
232	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	309	C06	524614	4537399	4 (34° , 124° , 214° , 304°)
233	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	310	A07-C02	524614	4537373	4 (33° , 123° , 213° , 303°)
234	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	250	A04	524683	4537454	4 (66° , 156° , 246° , 336°)
235	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	92-93-94-351	AREA FAB DM-F02	524660	4537413	4 (40° , 130° , 220° , 310°)
236	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	315	C02-C06	524723	4537439	4 (69° , 159° , 249° , 339°)
237	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	350	C02	524692	4537385	4 (59° , 149° , 239° , 329°)
238	GUARDIA LOMBARDI (AV)	18	343	F02-C06	524872	4537500	4 (68° , 158° , 248° , 338°)
239	BISACCIA (AV)	37	227	C02	525071	4537407	4 (40° , 130° , 220° , 310°)
240	BISACCIA (AV)	37	228-229-230	C06	525095	4537407	4 (31° , 121° , 211° , 301°)
241	BISACCIA (AV)	37	219	A04-C06	525373	4537354	4 (71° , 161° , 251° , 341°)
242	BISACCIA (AV)	37	205	A03	525480	4537174	4 (74° , 164° , 254° , 344°)
243	BISACCIA (AV)	37	211	A04-C02-C06	525473	4537131	4 (47° , 137° , 227° , 317°)
244	BISACCIA (AV)	37	215	A02-C02	525573	4537117	4 (67° , 157° , 247° , 337°)
245	BISACCIA (AV)	37	202	A02-C02	525679	4537342	4 (61° , 151° , 241° , 331°)

Tabella 3: Coordinate UTM - WGS84 – fuso 33 puntuali dei ricettori

Nella presente valutazione si è posto come discriminante di abitabilità dei ricettori la relativa categoria catastale compatibile con la presenza di persone per lunghi periodi e la condizione di edificio finito ovvero non diruto e/o incompleto anche senza viabilità di accesso. Non sono presenti ricettori di classe I, oggetto di particolare tutela dal punto di vista acustico (scuole, ospedali, case di cura e di riposo, ecc.).

Alcuni fabbricati individuati nell'area sono edifici abbandonati in pessime condizioni, per lo più diruti o semidiruti, altri sono depositi connessi ad attività agricole utilizzati come ricovero per mezzi e materiali. Questi fabbricati sebbene ivi riportati solo per completezza di analisi non verranno considerati nello studio che segue, in quanto la presenza di persone è solo saltuaria e per brevi periodi. Nelle elaborazioni che seguono verranno considerati solo i fabbricati potenzialmente abitabili, evidenziati in grigio in tabella 3.

3.3 METODOLOGIA DI CALCOLO

L'analisi dell'impatto da shadow flickering prodotto da un parco 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 potenziali 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.

Nello specifico è stato impiegato il modulo shadow flickering del software WindFarm (ReSoft Limited©). Esso consente di analizzare la posizione del sole nell'arco di un anno allo scopo di identificare i tempi in cui ogni aerogeneratore può proiettare ombre sulle finestre delle abitazioni vicine.

In particolare, il modello permette di:

- calcolare il potenziale per le ombre intermittenti alle finestre delle abitazioni;
- mostrare un calendario grafico degli eventi di flickering;
- mostrare un elenco dettagliato di ciascun evento di ombreggiamento (ora di inizio, di fine, durata del fenomeno, aerogeneratore/i coinvolti ecc...);
- creare mappe di impatto potenziale che mostrano le ore d'ombra intermittente per l'intero parco eolico o per le singole macchine (curve di isodurata) nell'arco dell'anno.

Al di là di una certa distanza, come già osservato, l'ombra smette di essere un problema perché il rapporto tra lo spessore della pala e il diametro apparente del disco solare diventa piccolo. Poiché non vi è un valore generalmente accettato per questa distanza massima, WindFarm permette di specificare il limite in metri o multipli del diametro della turbina o dell'altezza complessiva del generatore eolico.

Nello specifico, nel caso in esame, per quanto concerne le simulazioni effettuate, si è assunta una distanza massima di influenza del fenomeno in esame pari a circa 8 volte l'altezza dell'aerogeneratore di progetto ed un angolo minimo di altezza del sole sull'orizzonte pari a 7°. Tali assunzioni di input al modello risultano molto conservative in relazione a quanto espresso sopra in termini teorici in riferimento al fenomeno di shadow flickering.

Il software utilizza una serie di dati di input caratterizzanti quali:

- l'altimetria della zona simulata;
- la disposizione geografica delle turbine e dimensione geometrica dei loro componenti (torre e pale);
- la disposizione geografica dei "ricettori sensibili" (abitazioni e relative finestre);
- la latitudine e longitudine dell'area interessata.

Sulla base di questi dati il software calcola il numero di ore annue di esposizione allo shadow flickering per ciascun nodo del grigliato che copre l'intera area, nonché il numero di ore di esposizione per gli ambienti abitativi attraverso le finestre.

Per l'esecuzione della simulazione sono stati fissati i seguenti parametri:

- coordinate baricentriche (UTM-WGS84-FUSO 33): 525400E, 4540176N
- coordinate UTM-WGS84-FUSO 33 delle turbine considerate (vedi tabella 1)
- coordinate UTM-WGS84-FUSO 33 dei ricettori considerati e disposizione delle finestre (vedi tabella 3)
- raggio d'influenza massimo: 1,5 km dal punto di installazione dell'aerogeneratore
- altezza del punto di vista dell'osservatore: 2 m
- parametri turbina di progetto:
 - diametro rotore: 155 m,
 - altezza massima complessiva fuori terra: 180 m,
 - larghezza media della pala: 3 m.

Il calcolo viene effettuato dal software nella condizione più sfavorevole possibile (caso peggiore), in quanto si considera che:

- il sole splenda per tutta la giornata, dall'alba al tramonto (cioè si è sempre in assenza di copertura nuvolosa);
- il piano di rotazione delle pale sia sempre perpendicolare alla direttrice sole-aerogeneratore (l'aerogeneratore "insegue" il sole);
- gli aerogeneratori siano sempre operativi;
- non siano presenti alberi o altri ostacoli che, intercettando l'ombra degli aerogeneratori, riducano o annullino il fastidio del flickering.

In particolare, il modello numerico utilizzato, al pari degli altri presenti sul mercato, produce in output una mappa di impatto nel caso più penalizzante (WORST CASE), corrispondente alle ore in cui il sole permane al di sopra dell'orizzonte nell'arco dell'anno (ore di luce, circa 4465h/a), indipendentemente dalla presenza o meno di nubi, le quali inficerebbero il fenomeno stesso dello shadow flickering per l'impossibilità che si generino ombre.

Quindi, allo scopo di pervenire a valori più realistici di impatto, prossimi al caso reale (REAL CASE), si dovrebbe considerare il valore di eliofania locale, ovvero il numero di ore di cielo libero da nubi durante il giorno. Per l'area in esame tale valore corrisponde a circa 2400 h/a come riscontrato presso la *Stazione meteorologica di Torella dei Lombardi (AV)*, e verificato (*Riferimento Pinna M. (1985). L'eliofania in Italia. Mem. Soc. Geogr. It., e Lavagnini A., Martorelli S., Coretti C. (1987). Radiazione solare in Italia. Mappe mensili della radiazione globale giornaliera. Roma, CNR, Ist. Fis. Atm.*), quindi, i risultati del calcolo possono, ragionevolmente, essere abbattuti del 46,1%, pari al complemento a 1 del rapporto $2400/4454 = 53,9\%$.

In altri termini, rispetto al WORST CASE, la probabilità di occorrenza del fenomeno di shadow flickering si riduce realisticamente, per l'area in esame, al 53,9 % del valore calcolato dal modello impiegato e che corrisponde proprio alla probabilità che il disco solare risulti libero da nubi.

Inoltre, dal momento che il fenomeno in esame è prodotto dalla contemporanea presenza di sole libero da nubi (potenzialità di generare ombre) e di velocità del vento superiori a quella di cut-in (rotore in moto), i valori calcolati dal modello (considerando la condizione più penalizzante di rotore permanentemente in moto) possono essere ulteriormente abbattuti di una percentuale corrispondente alle ore annue di effettivo funzionamento macchina rispetto al totale delle ore in un anno (8760 h).

Per l'impianto in esame le ore macchina si stimano all'incirca pari all'85% delle ore anno, ovvero 7446 ore, quindi la probabilità che il rotore di un aerogeneratore risulti in movimento è appunto dell'ordine dell'85 % (pari al rapporto 7446/8760).

In definitiva, i valori calcolati dal modello numerico (ore di ombreggiamento intermittente all'anno) possono, realisticamente, essere ridotti di un fattore pari al complemento a 1 del prodotto $85 \% \times 53,9 \% = 45,8 \%$, ovvero del 54,2 %, corrispondente alla probabilità composta di avere contemporaneamente l'occorrenza di rotore in moto (vento) e sole libero da nubi (ombre), fenomeni, questi ultimi, stocasticamente indipendenti per cui la probabilità composta risulta pari al prodotto delle singole probabilità.

3.4 RISULTATI

Al fine di verificare la presenza e l'intensità del fenomeno dello shadow flickering indotto dal parco eolico in progetto sono state effettuate una serie di simulazioni con software dedicato che tiene conto:

- della latitudine locale, allo scopo di considerare il corretto diagramma solare;
- della geometria effettiva delle macchine previste, ed in particolare dell'altezza complessiva di macchina, intesa come somma tra l'altezza del mozzo ed il raggio del rotore;
- dell'orientamento del rotore rispetto al ricettore;
- della posizione del sole e quindi della proiezione dell'ombra rispetto ai ricettori;
- dell'orografia locale, tramite un modello digitale del terreno (DTM);
- della posizione dei possibili ricettori (abitazioni), nonché degli aerogeneratori (layout di progetto).

Come sopra accennato, le simulazioni effettuate sono state condotte in condizioni conservative, assumendo il cielo completamente sgombro da nubi, foschia, ecc. e nessun ostacolo interposto tra i ricettori individuati e gli aerogeneratori previsti in progetto.

Il programma effettua il calcolo delle ore del giorno in cui si potrebbe avere l'effetto del flickering sul ricettore considerato, facendo la somma dei minuti in cui il fenomeno risulta presente. Effettua poi la somma teorica dei minuti di ciascun mese (worst case) che poi può essere ridotta in considerazione delle giornate soleggiate, dell'operatività effettiva dell'impianto eolico, della direzione del vento ecc. Inoltre, avendo calcolato geometricamente l'evoluzione delle ombre durante la giornata, è possibile identificare l'area in cui avviene il fenomeno dello shadow flickering per ciascun aerogeneratore. Si ottengono così i dati sinteticamente riportati nelle seguenti figure.

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 $0,7 \div 1,5$ 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.

Le distanze reciproche tra generatori eolici e ricettori, le condizioni orografiche del sito considerato, determinano la pressoché totale assenza del fenomeno in esame. È comunque utile sottolineare che, a vantaggio di sicurezza, le simulazioni effettuate sono state eseguite in condizioni non realistiche, ipotizzando che si verificano contemporaneamente le condizioni più sfavorevoli per un determinato ricettore potenzialmente soggetto a shadow flickering, ovvero concomitanza dei seguenti fattori: assenza di nuvole o nebbia, rotore frontale ai ricettori, rotore in movimento continuo, assenza di ostacoli, luce diretta ecc.

Si riporta di seguito Mappa d'impatto potenziale shadow flickering per singolo aerogeneratore, nel caso più penalizzante (WORST CASE):

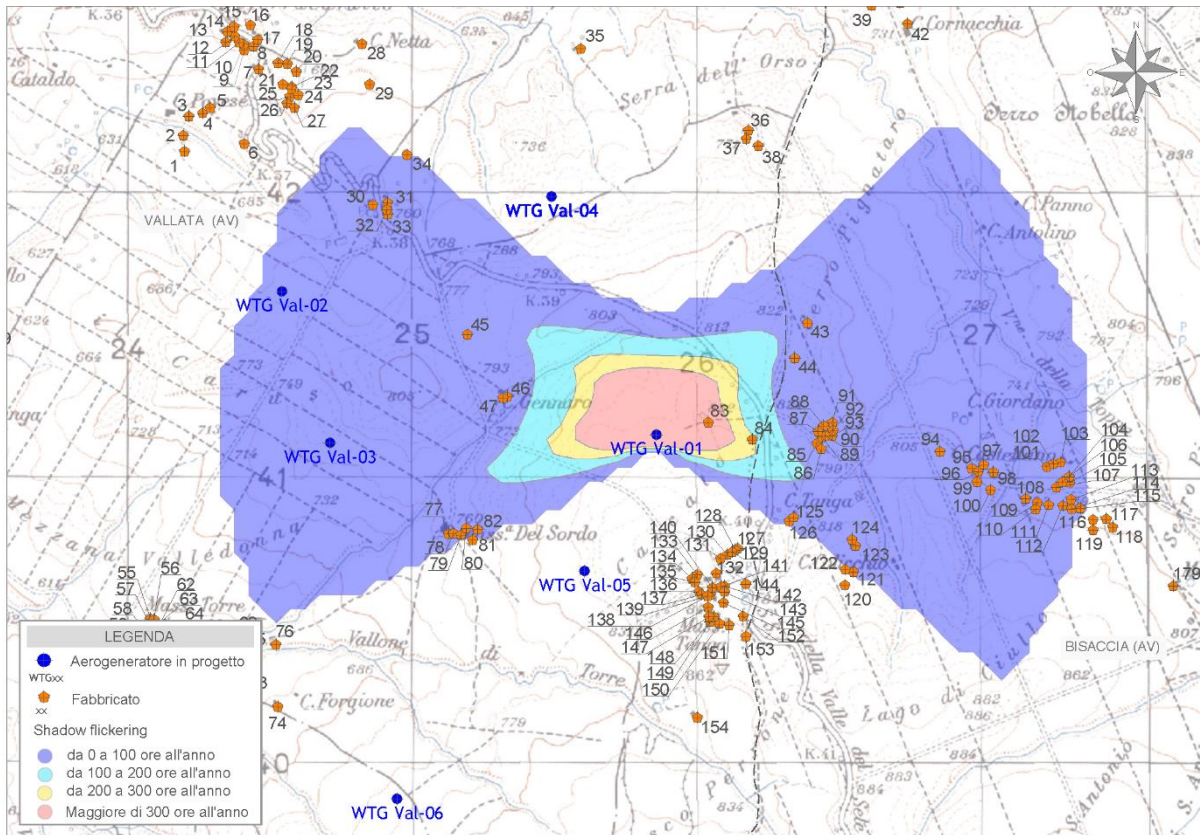


Figura 2 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-01

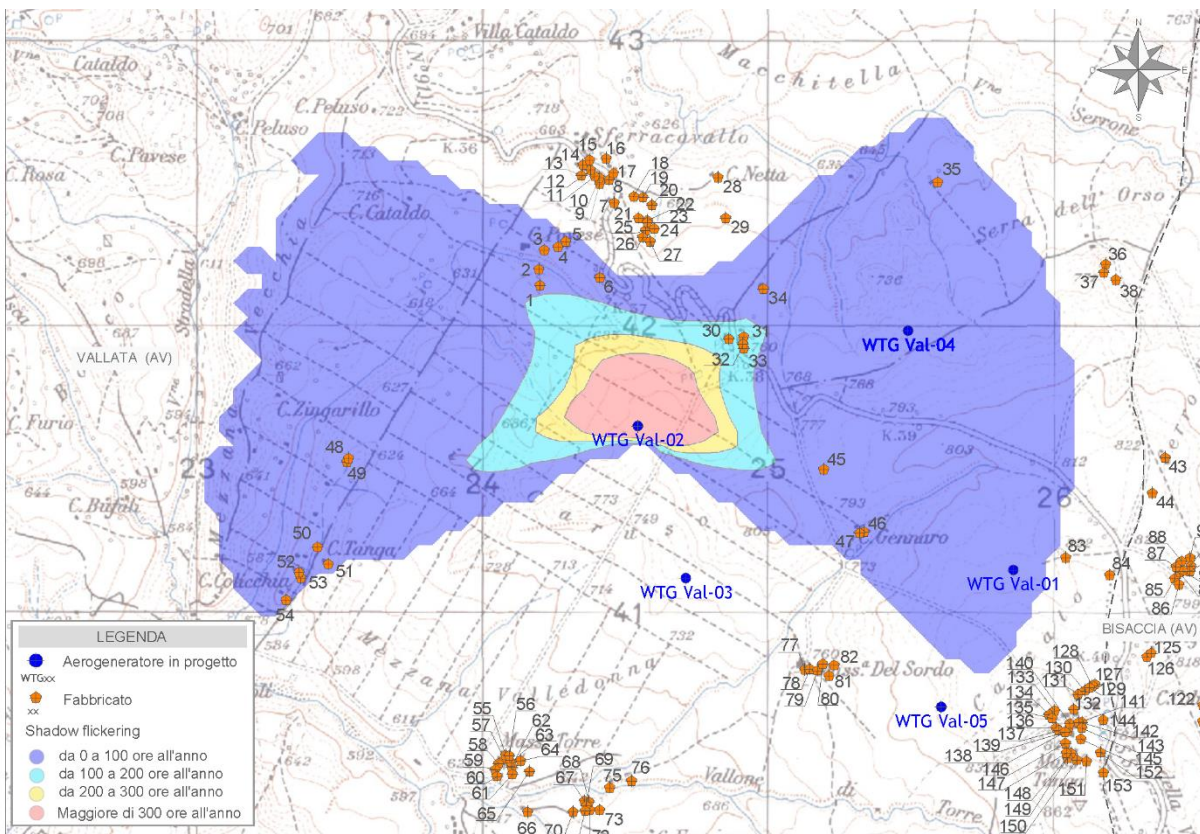


Figura 3 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-02

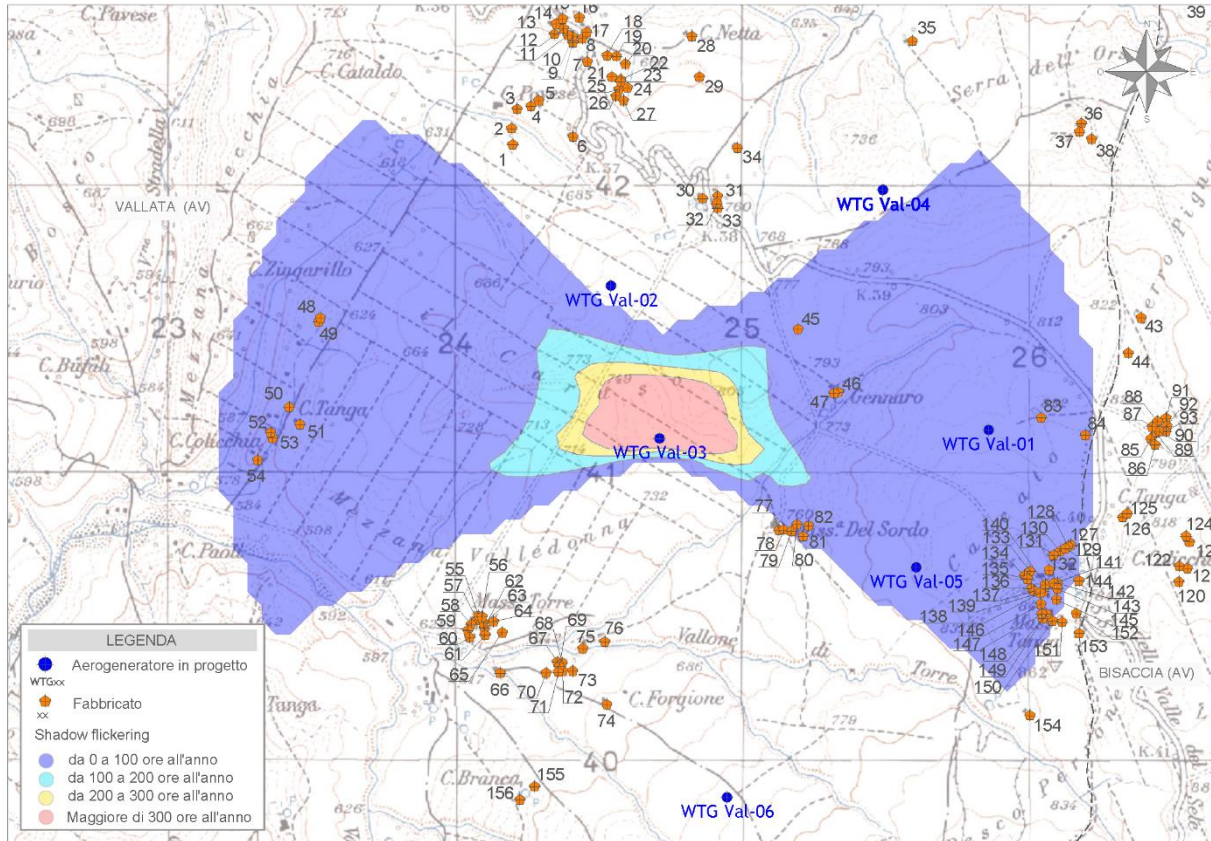


Figura 4 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-03

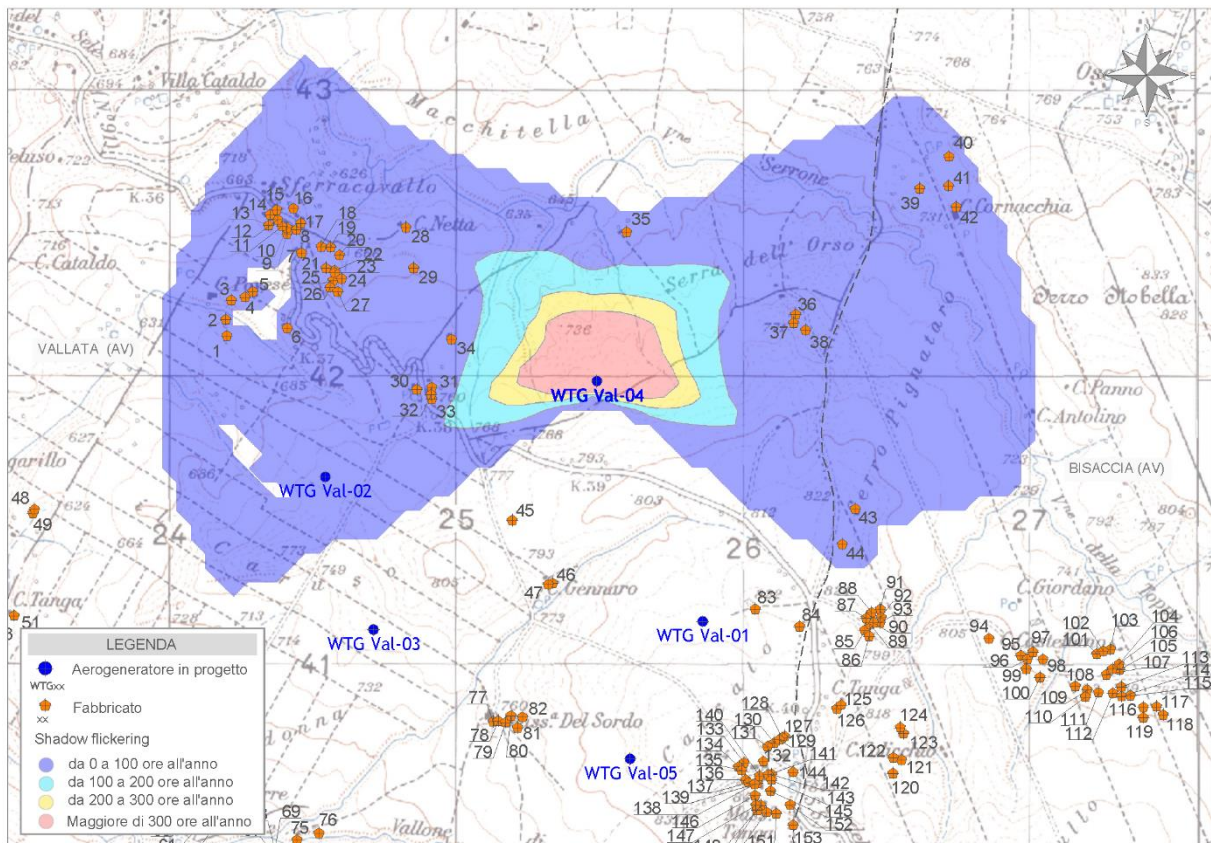


Figura 5 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-04

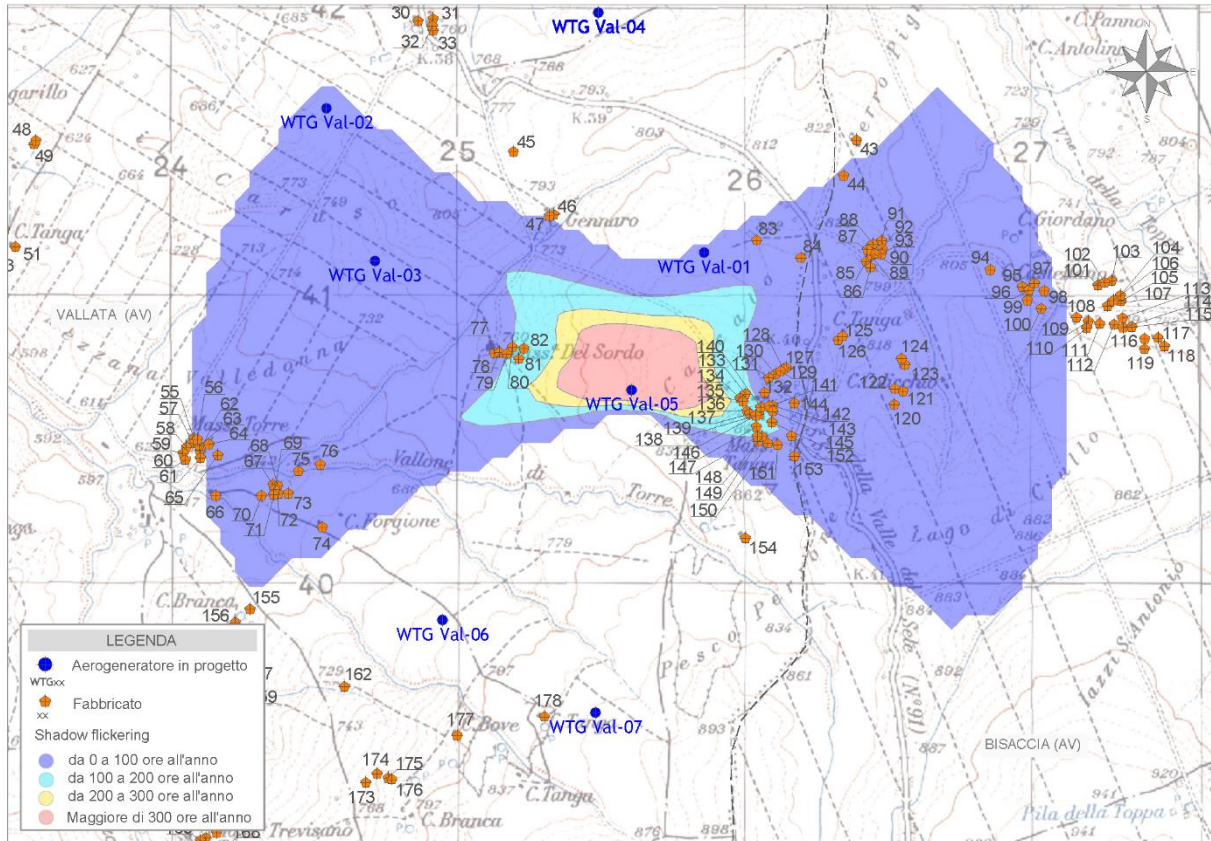


Figura 6 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-05

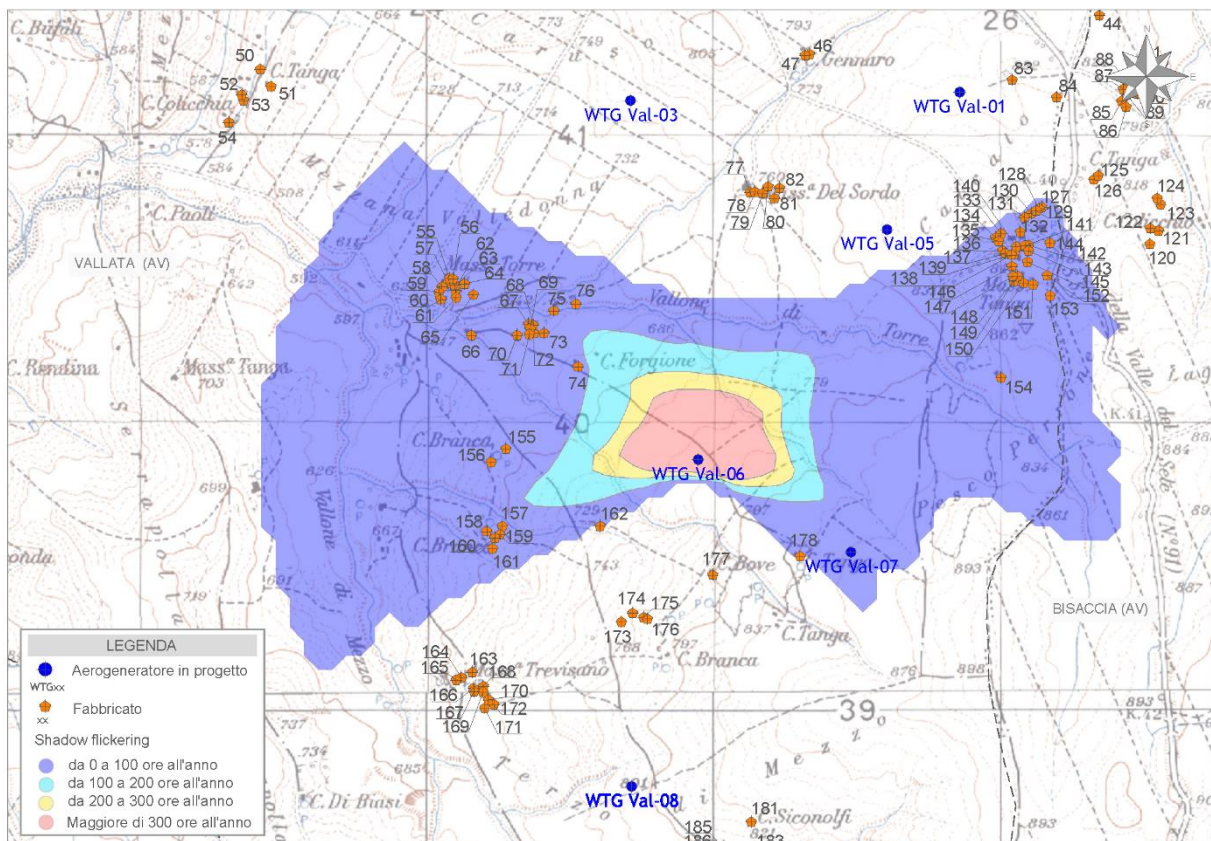


Figura 7 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-06

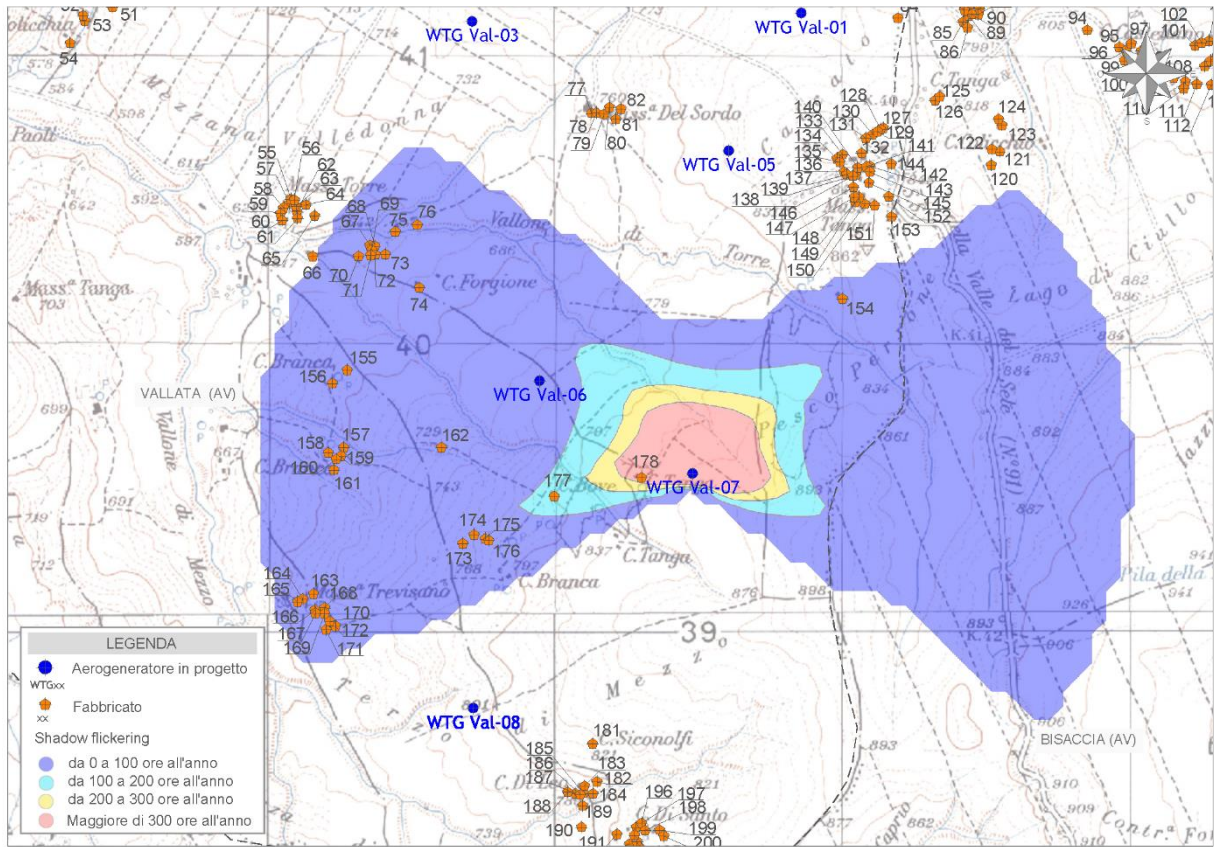


Figura 8 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-07

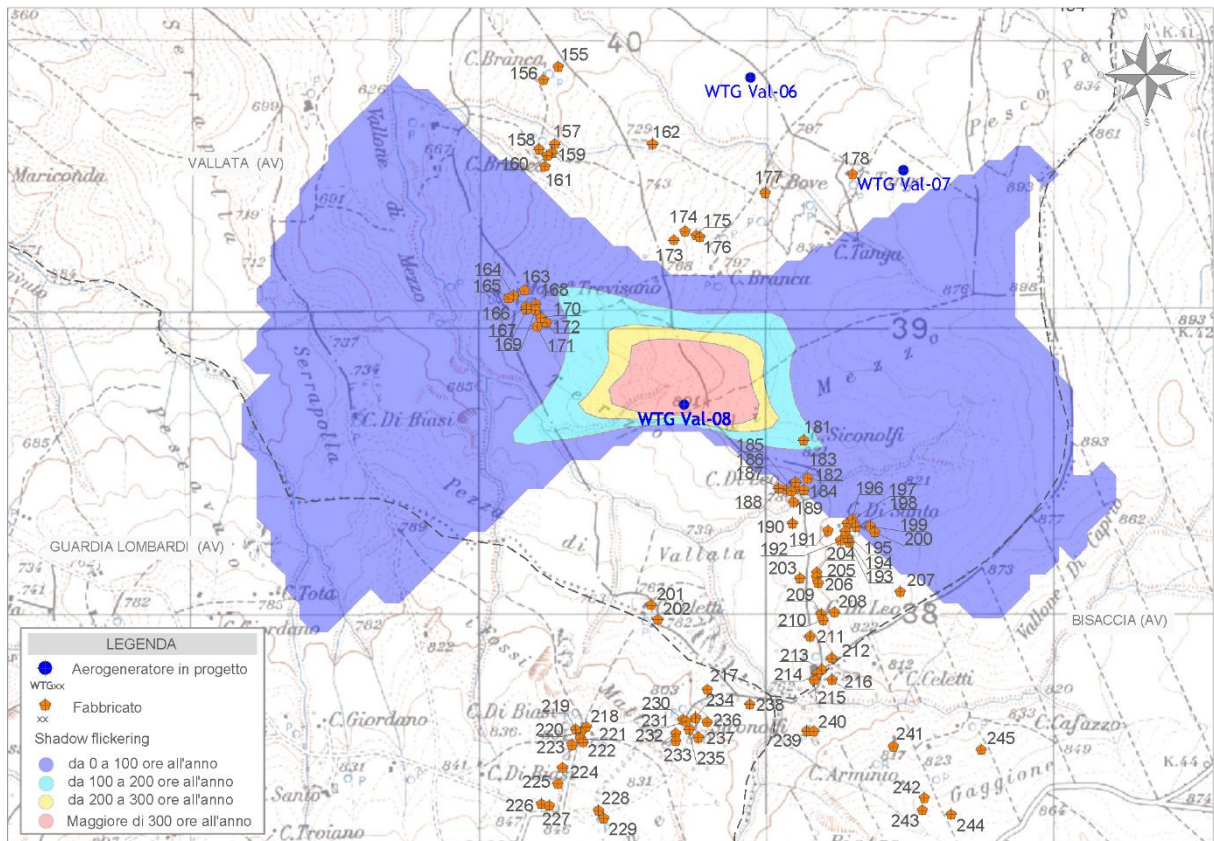


Figura 9 - Mappa di impatto potenziale per l'aerogeneratore WTG Val-08

La tabella seguente riassume i risultati dell'analisi eseguita secondo la metodologia di calcolo innanzi descritta, e per quanto precisato al punto 3.2 la stessa si riferisce ai soli fabbricati potenzialmente abitabili, per come riscontrati dal sopralluogo in sito, di seguito riportato:

Fabbricato	WGS84 - UTM fuso 33		Caso peggiore		Caso reale
	Est	Nord	Giorni Anno	Ore Anno	Ore Anno
4	524190	4542098	50	21	10
5	524217	4542117	26	6	3
9	524337	4542319	43	17	8
10	524336	4542340	48	17	8
11	524319	4542346	47	16	7
12	524304	4542368	47	15	7
13	524272	4542349	44	15	7
14	524278	4542385	46	15	7
15	524301	4542402	47	15	7
18	524456	4542274	51	22	10
21	524473	4542199	50	23	10
29	524778	4542199	76	50	23
32	524838	4541758	228	227	104
37	526103	4542008	63	29	13
41	526644	4542486	36	6	3
43	526318	4541359	158	71	32
44	526273	4541236	120	71	33
45	525122	4541319	225	149	68
47	525247	4541096	142	116	53
48	523456	4541358	80	37	17
50	523347	4541047	98	44	20
54	523237	4540862	49	14	6
55	524007	4540318	68	32	15
56	524019	4540316	70	33	15
64	524060	4540299	114	49	22
66	524083	4540119	112	49	23
70	524243	4540119	157	79	36
71	524285	4540123	171	92	42
74	524455	4540010	149	112	51
82	525158	4540633	160	135	62
84	526124	4540949	284	279	128
87	526356	4540978	147	76	35
88	526376	4540997	137	69	32
89	526371	4540958	139	72	33
90	526381	4540963	133	69	32
94	526784	4540907	75	18	8
99	526914	4540801	47	12	5
102	527183	4540864	28	5	2
106	527214	4540801	28	5	2

Fabbricato	WGS84 - UTM fuso 33		Caso peggiore		Caso reale
	Est	Nord	Giorni Anno	Ore Anno	Ore Anno
108	527085	4540741	29	6	3
113	527246	4540739	28	4	2
116	527323	4540667	0	0	0
117	527369	4540670	0	0	0
122	526451	4540492	46	12	6
123	526487	4540576	91	19	9
124	526475	4540597	100	25	11
129	526053	4540554	87	57	26
138	525967	4540399	157	142	65
141	526014	4540432	113	83	38
142	526026	4540434	107	78	36
143	526026	4540414	117	83	38
144	526101	4540441	87	52	24
152	526092	4540327	132	84	39
153	526102	4540257	104	56	26
155	524203	4539723	111	67	31
160	524165	4539412	126	76	35
163	524086	4538943	164	89	41
166	524091	4538888	167	95	43
167	524092	4538877	162	94	43
170	524143	4538847	151	97	44
173	524607	4539119	102	66	30
174	524646	4539149	109	72	33
180	528066	4539829	0	0	0
182	525074	4538288	50	15	7
183	525031	4538274	0	0	0
186	525016	4538244	0	0	0
195	525205	4538103	0	0	0
198	525242	4538119	0	0	0
200	525307	4538101	0	0	0
201	524528	4537847	0	0	0
202	524551	4537796	0	0	0
205	525105	4537945	0	0	0
206	525110	4537923	0	0	0
210	525128	4537795	0	0	0
211	525082	4537737	0	0	0
212	525158	4537661	0	0	0
213	525122	4537622	0	0	0
214	525107	4537607	0	0	0
215	525096	4537585	0	0	0
217	524724	4537552	0	0	0

Fabbricato	WGS84 - UTM fuso 33		Caso peggiore		Caso reale
	Est	Nord	Giorni Anno	Ore Anno	Ore Anno
224	524218	4537279	0	0	0
225	524202	4537224	0	0	0
226	524145	4537153	0	0	0
227	524173	4537147	0	0	0
228	524344	4537130	0	0	0
231	524650	4537441	0	0	0
233	524614	4537373	0	0	0
234	524683	4537454	0	0	0
241	525373	4537354	0	0	0
242	525480	4537174	0	0	0
243	525473	4537131	0	0	0
244	525573	4537117	0	0	0
245	525679	4537342	0	0	0

Tabella 4: Risultati di calcolo

In particolare, in tabella 4 vengono riportati il numero di giorni e di ore in cui è fisicamente possibile che il fenomeno si presenti (caso peggiore) e il valore reale atteso di ore all'anno in cui il fenomeno potrebbe presentarsi (caso reale). A tal proposito è importante sottolineare che anche il caso reale, calcolato tenendo conto dell'eliofania locale e delle ore di funzionamento dell'impianto, è comunque un valore cautelativo in quanto nella stima non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra.

Dalla tabella 4 si evince che presso 61 potenziali ricettori potrebbe verificarsi l'effetto di shadow flickering, tuttavia tale effetto si può considerare trascurabile per via della scarsa durata del fenomeno che si riduce, nel caso reale, a poche ore l'anno. Per i fabbricati evidenziati, presso i quali l'effetto di shadow flickering potrebbe essere superiore a 40 ore l'anno, è stato elaborato un calendario dell'ombra che riporta in maniera grafica i periodi dell'anno in cui è possibile il verificarsi del fenomeno (condizioni del caso peggiore). Le curve di colore blu indicano l'ora dell'alba e del tramonto e le macchie colorate indicano il periodo in cui è possibile il verificarsi del fenomeno. Sull'asse delle ordinate sono riportati i giorni dell'anno e sull'asse delle ascisse l'ora del giorno.

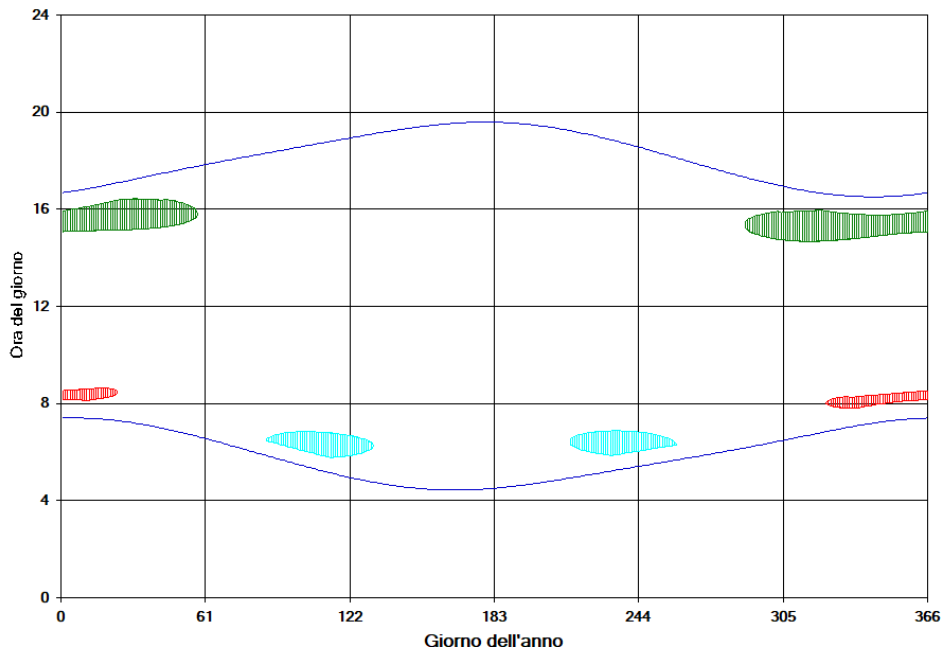


Figura 10 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 32

Dalla lettura del calendario in figura 10, si legge facilmente che, presso il fabbricato 32, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-01 dal 1° gennaio al 24 gennaio e dal 18 novembre al 31 dicembre tra le ore 07:45 e le 08:40 (macchia rossa);
- WTG Val-02 dal 1° gennaio al 27 febbraio e dal 15 ottobre al 31 dicembre tra le ore 14:40 e le 16:30 (macchia verde);
- WTG Val -04 dal 27 marzo al 11 maggio e dal 02 agosto al 16 settembre tra le ore 05:45 e le 06:55 (macchia ciano).

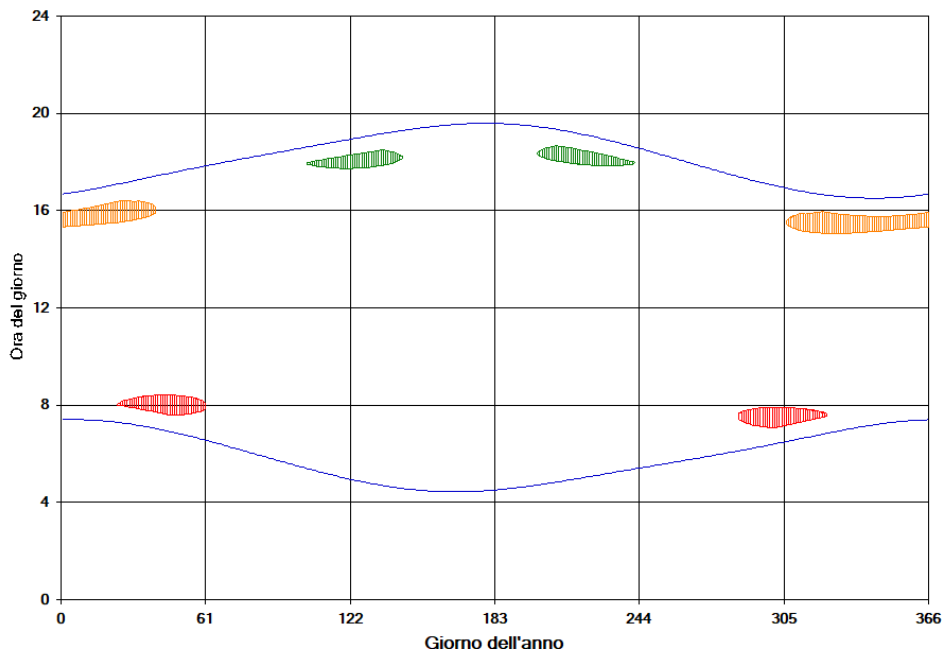


Figura 11 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 45

Dalla lettura del calendario in figura 11, si legge facilmente che, presso il fabbricato 45, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-01 dal 24 gennaio al 1° marzo e dal 12 ottobre al 18 novembre tra le ore 07:00 e le 08:25 (macchia rossa);
- WTG Val-02 dal 13 aprile al 23 maggio e dal 19 luglio al 29 agosto tra le ore 17:40 e le 18:40 (macchia verde);
- WTG Val-03 dal 1° gennaio al 9 febbraio e dal 1° novembre al 31 dicembre tra le ore 15:00 e le 16:25 (macchia arancione).

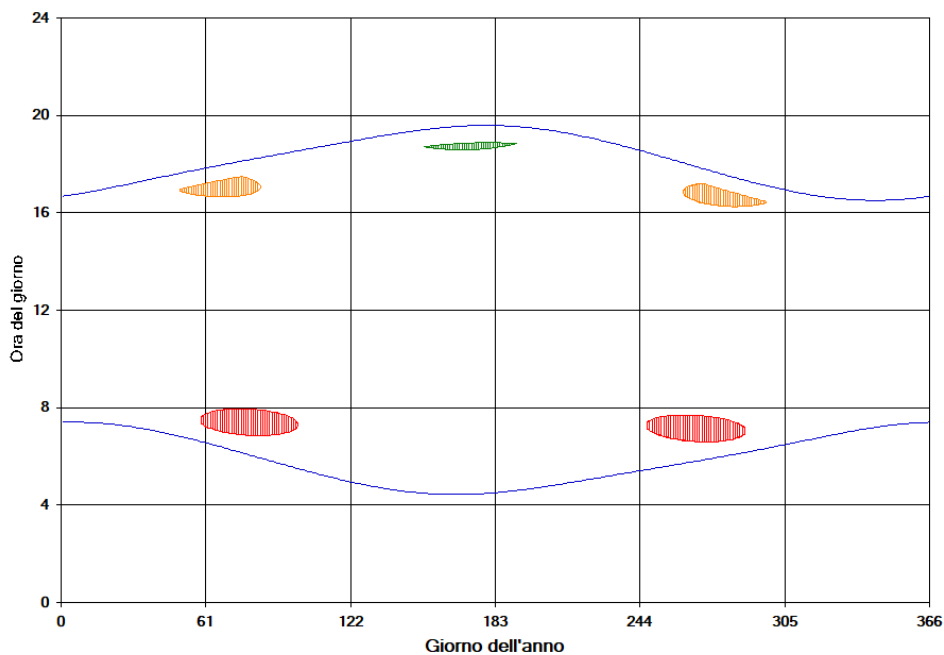


Figura 12 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 47

Dalla lettura del calendario in figura 12, si legge facilmente che, presso il fabbricato 47, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-01 dal 28 febbraio al 9 aprile e dal 3 settembre al 14 ottobre tra le ore 06:35 e le 08:00 (macchia rossa);
- WTG Val-02 dal 1° giugno al 10 luglio tra le ore 18:30 e le 18:55 (macchia verde);
- WTG Val-03 dal 19 febbraio al 24 marzo e dal 18 settembre al 23 ottobre tra le ore 16:10 e le 17:30 (macchia arancione).

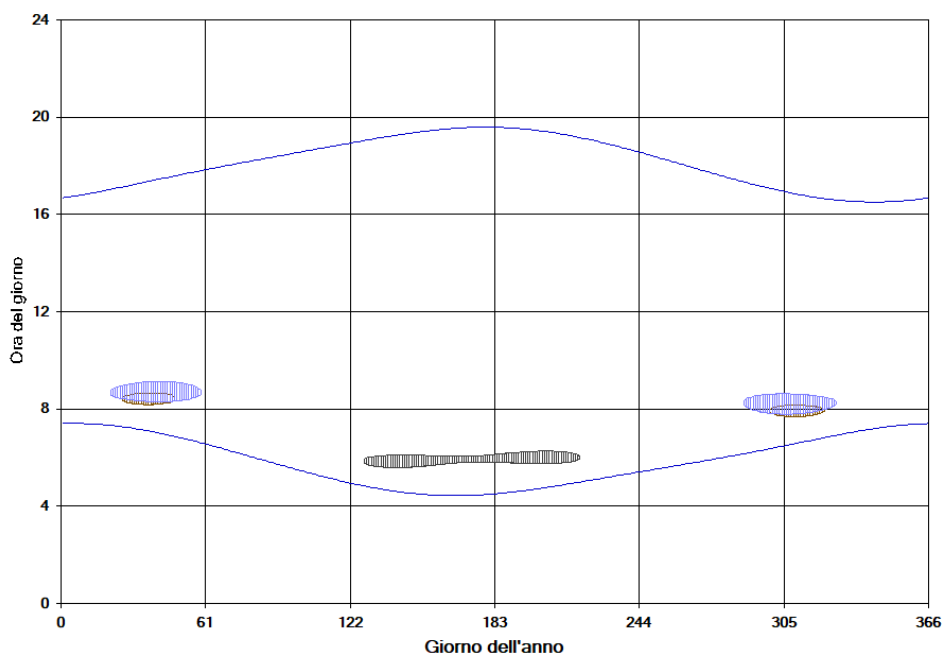


Figura 13 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 71

Dalla lettura del calendario in figura 13, si legge facilmente che, presso il fabbricato 71, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-05 dal 7 maggio al 6 agosto tra le ore 05:30 e le 06:20 (macchia grigia);
- WTG Val-06 dal 21 gennaio al 28 febbraio e dal 14 ottobre al 22 novembre tra le ore 07:45 e le 09:10 (macchia viola);
- WTG Val-07 dal 26 gennaio al 17 febbraio e dal 25 ottobre al 17 novembre tra le ore 07:35 e le 08:40 (macchia marrone).

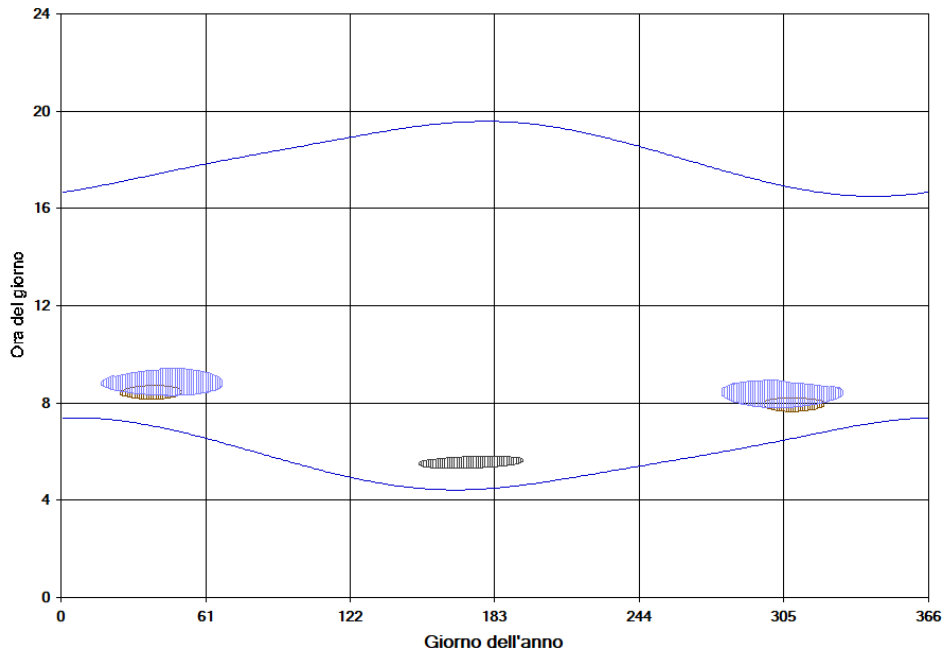


Figura 14 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 74

Dalla lettura del calendario in figura 14, si legge facilmente che, presso il fabbricato 74, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-05 dal 30 maggio al 13 luglio tra le ore 05:15 e le 05:50 (macchia grigia);
- WTG Val-06 dal 17 gennaio al 8 marzo e dal 5 ottobre al 25 novembre tra le ore 07:45 e le 09:30 (macchia viola);
- WTG Val-07 dal 25 gennaio al 20 febbraio e dal 23 ottobre al 17 novembre tra le ore 07:35 e le 08:45 (macchia marrone).

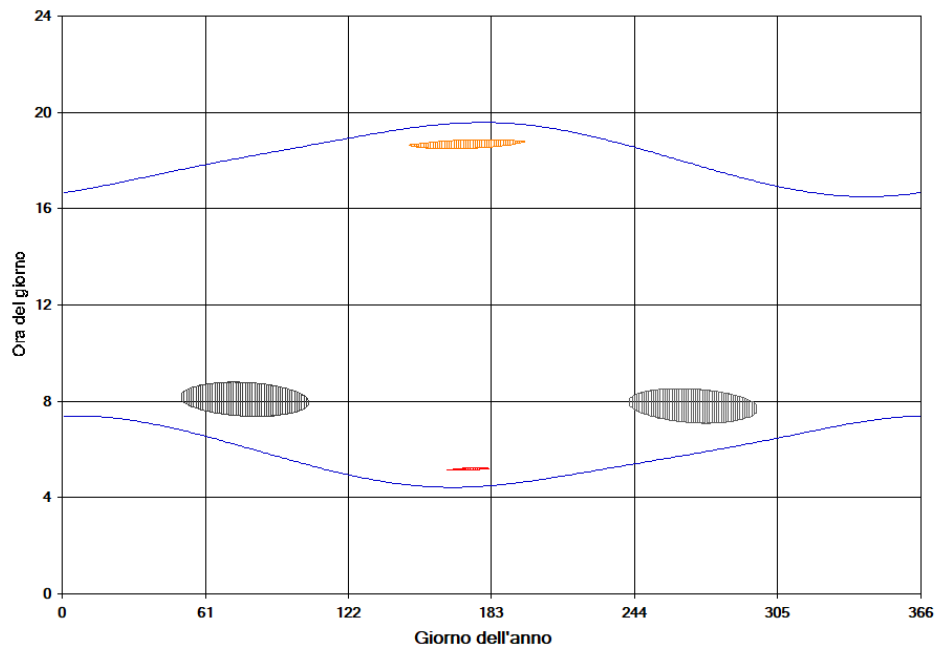


Figura 15 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 82

Dalla lettura del calendario in figura 15, si legge facilmente che, presso il fabbricato 82, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-01 dal 12 giugno al 30 giugno tra le ore 05:05 e le 05:15 (macchia rossa);
- WTG Val-03 dal 27 maggio al 15 luglio tra le ore 18:25 e le 18:55 (macchia arancione);
- WTG Val-05 dal 20 febbraio al 14 aprile e dal 29 agosto al 22 ottobre tra le ore 07:05 e le 08:50 (macchia grigia).

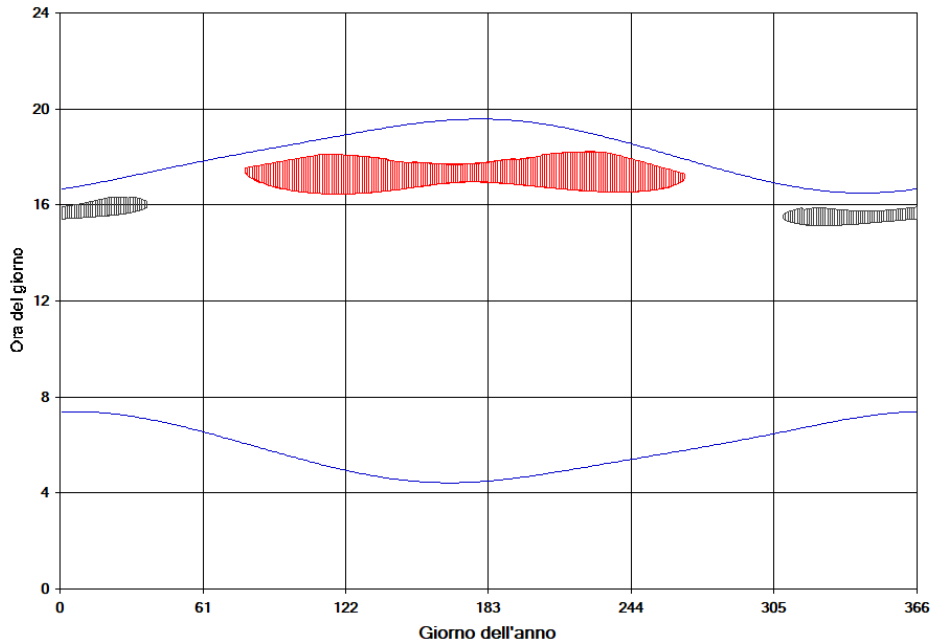


Figura 16 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 84

Dalla lettura del calendario in figura 16, si legge facilmente che, presso il fabbricato 84, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-01 dal 19 marzo al 23 settembre tra le ore 16:25 e le 18:15 (macchia rossa);
- WTG Val-05 dal 1° gennaio al 6 febbraio e dal 4 novembre al 31 dicembre tra le ore 15:05 e le 16:25 (macchia grigia).

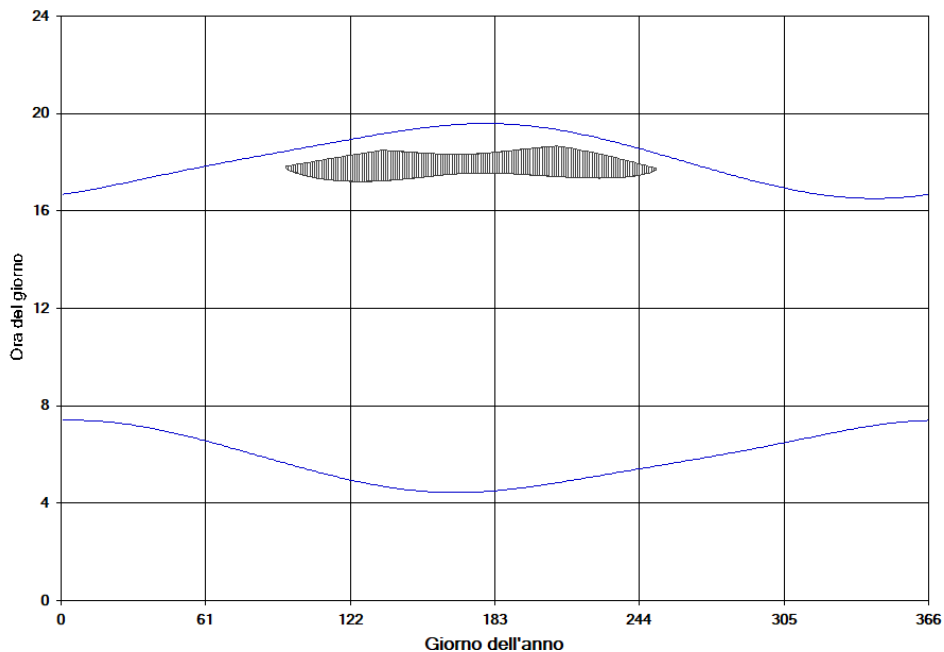


Figura 17 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 138

Dalla lettura del calendario in figura 17, si legge facilmente che, presso il fabbricato 138, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa dell'aerogeneratore:

- WTG VAL-05 dal 4 aprile al 7 settembre tra le ore 17:10 e le 18:40 (macchia grigia).

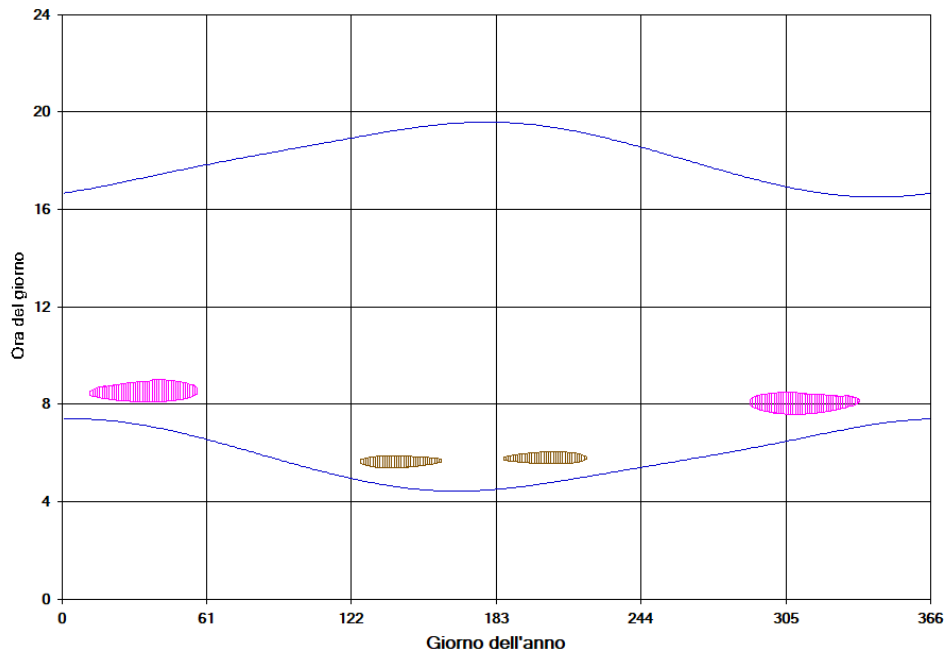


Figura 18 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 163

Dalla lettura del calendario in figura 18, si legge facilmente che, presso il fabbricato 163, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa degli aerogeneratori:

- WTG Val-07 dal 5 maggio al 8 giugno e dal 4 luglio al 8 agosto tra le ore 05:20 e le 06:05 (macchia marrone);
- WTG Val-08 dal 12 gennaio al 26 febbraio e dal 16 ottobre al 1° dicembre tra le ore 07:35 e le 09:05 (macchia magenta).

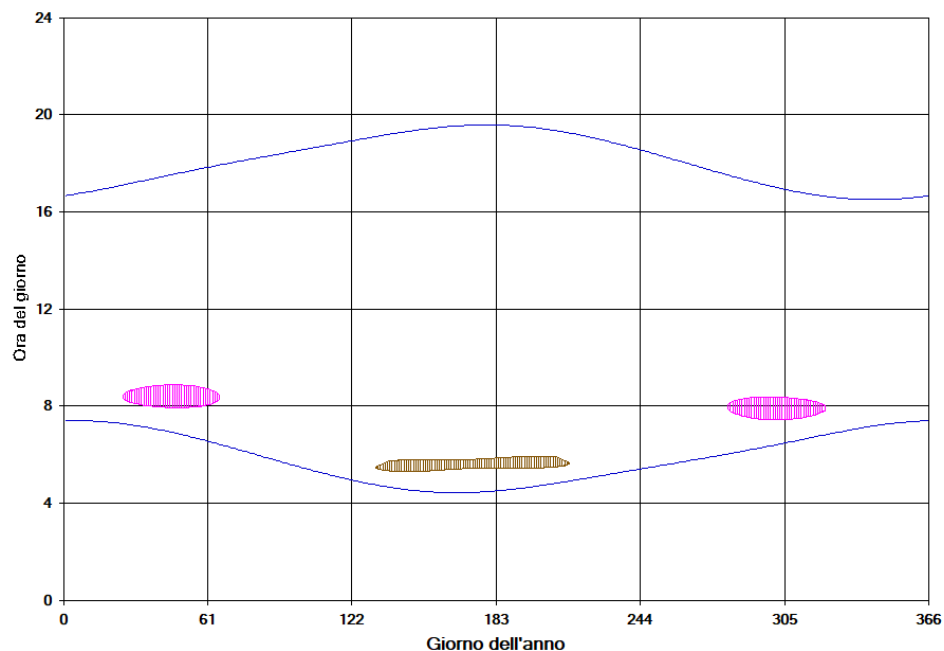


Figura 19 – Calendario dell'ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 166

Dalla lettura del calendario in figura 19, si legge facilmente che, presso il fabbricato 166, il fenomeno dell'ombreggiamento si può verificare a causa dell'aerogeneratore:

- WTG Val-07 dal 11 maggio al 1° agosto tra le ore 05:15 e le 06:00 (macchia marrone);
- WTG Val-08 dal 25 gennaio al 6 marzo e dal 7 ottobre al 17 novembre tra le ore 07:25 e le 08:55 (macchia magenta).

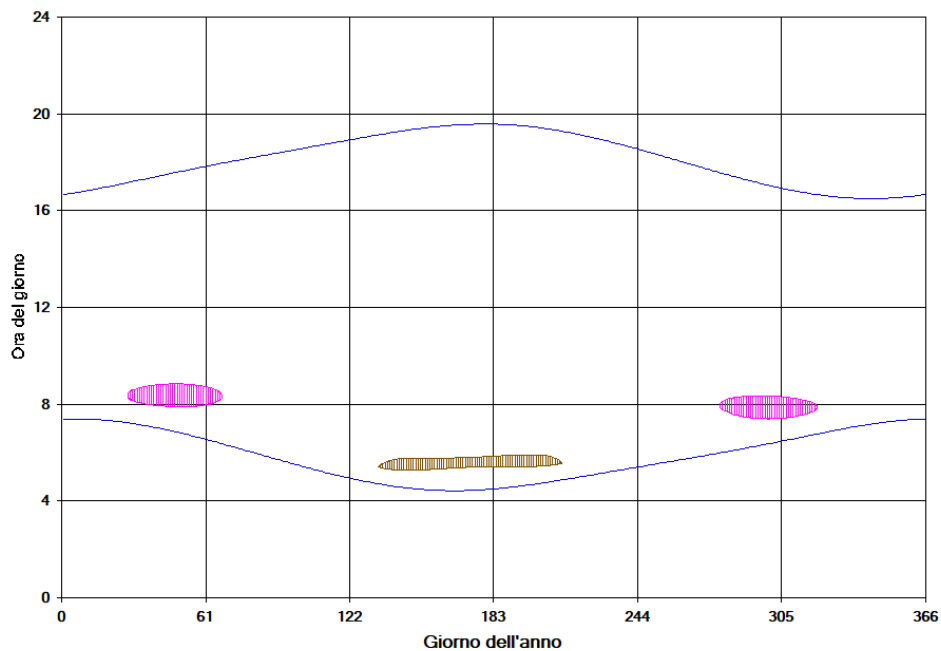


Figura 20 – Calendario dell’ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 167

Dalla lettura del calendario in figura 20, si legge facilmente che, presso il fabbricato 167, il fenomeno dell’ombreggiamento si può verificare a causa dell’aerogeneratore:

- WTG Val-07 dal 13 maggio al 30 luglio tra le ore 05:15 e le 06:00 (macchia marrone);
- WTG Val-08 dal 28 gennaio al 8 marzo e dal 5 ottobre al 15 novembre tra le ore 07:20 e le 08:55 (macchia magenta).

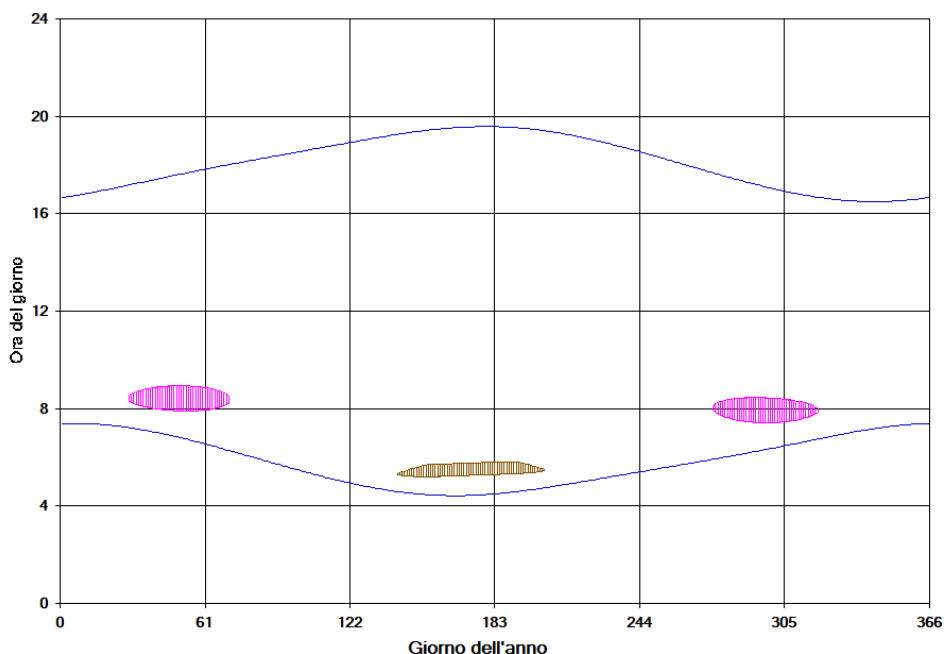


Figura 21 – Calendario dell’ombra nelle condizioni caso peggiore per il fabbricato 170

Dalla lettura del calendario in figura 21, si legge facilmente che, presso il fabbricato 170, il fenomeno dell’ombreggiamento si può verificare a causa dell’aerogeneratore:

- WTG Val-07 dal 21 maggio al 22 luglio tra le ore 05:10 e le 05:50 (macchia marrone);
- WTG Val-08 dal 29 gennaio al 11 marzo e dal 1° ottobre al 14 novembre tra le ore 07:25 e le 09:00 (macchia magenta).

4. CONCLUSIONI

A seguito di quanto descritto nei paragrafi precedenti si può concludere che, pur considerando una stima cautelativa in quanto non si è tenuto conto degli effetti mitigativi dovuti al piano di rotazione delle pale non sempre ortogonale alla direttrice sole-finestra e all'eventuale presenza di ostacoli e/o vegetazione interposti tra il sole e la finestra, il fenomeno dello shadow flickering si potrebbe verificare esclusivamente su 61 abitazioni (si veda tabella 4), incidendo in maniera trascurabile, in quanto il valore atteso è per tutti i ricettori uguale o inferiore a 128 ore l'anno, e per la maggior parte di essi uguale o inferiore a 39 ore l'anno.

Si precisa, altresì, che una stima più approfondita del fenomeno, formulata tenendo conto della posizione del piano di rotazione delle pale in relazione alle direzioni dei venti attese, porterebbe ad un ulteriore abbattimento dei valori di shadow flickering sopra esposti.

Rispetto allo stato attuale, caratterizzato dall'esercizio dell'impianto eolico esistente, si evidenzia una riduzione del numero di aerogeneratori all'interno dell'area d'indagine, con un conseguente minor interessamento di potenziali ricettori. Inoltre, l'evoluzione tecnologica nel settore degli aerogeneratori consente di produrre un moderno aerogeneratore che manifesta una diminuzione della velocità di rotazione del rotore, con vantaggio in termini di percezione dello stesso e quindi di potenziali fenomeni di ombreggiamento intermittente.

In particolare:

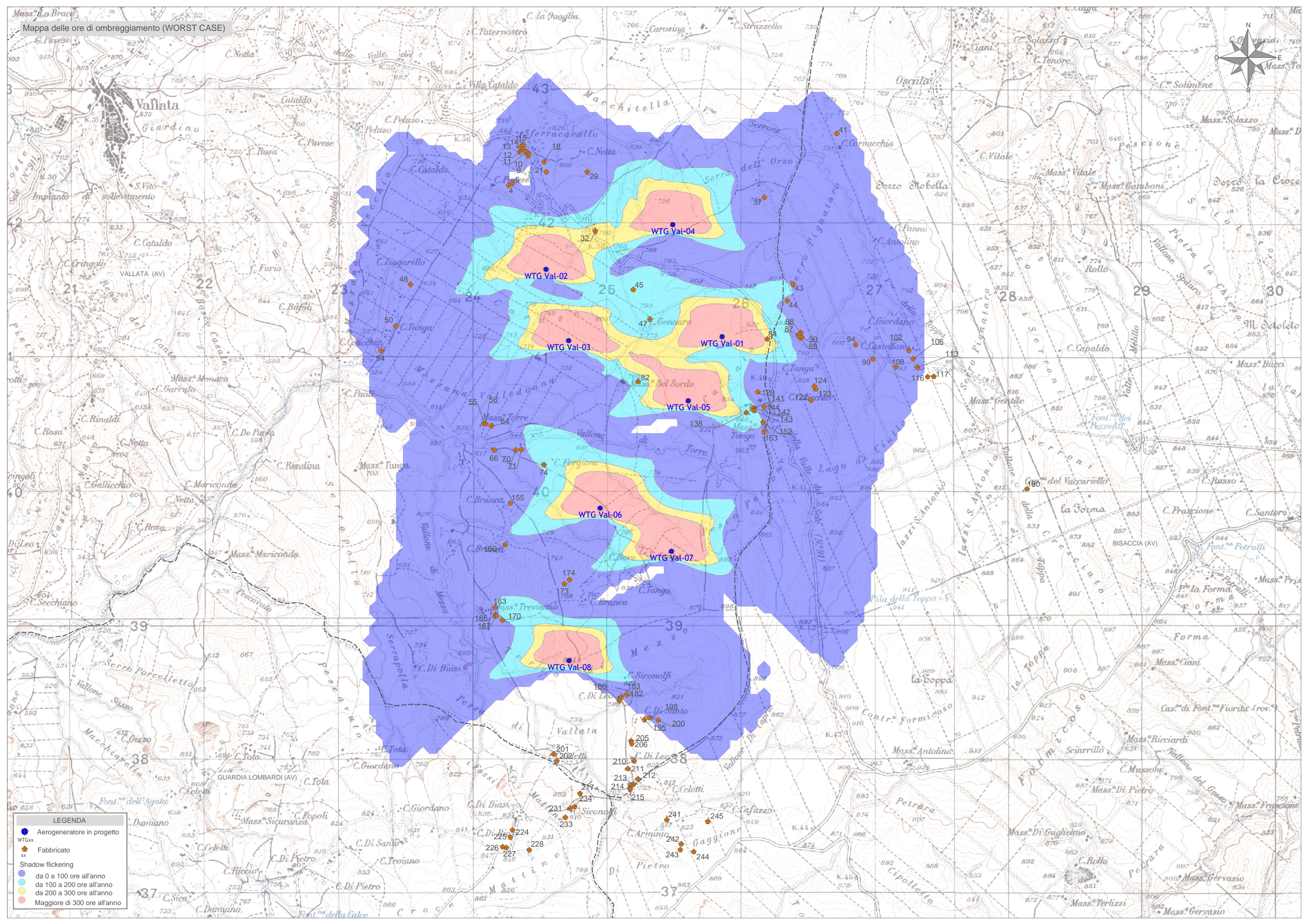
- la velocità di rotazione delle turbine previste nel progetto d'ammodernamento, è nettamente inferiore a quella dell'impianto eolico esistente; ciò consente di ridurre al minimo i fastidi in essere e soddisfare le condizioni di benessere;
- le turbine in progetto che causano il fenomeno dell'ombreggiamento sono molto distanti dai ricettori, rispetto all'impianto esistente. In tali circostanze l'effetto dell'ombra è trascurabile poiché il rapporto tra lo spessore della pala e la distanza dal fabbricato è molto ridotto;

Pertanto, la mancata realizzazione degli interventi proposti si tradurrebbe in un minore – ingiustificato - sfruttamento del potenziale energetico (produzione attuale green di circa il 40% inferiore alla futura del progetto di ammodernamento) ed alla rinuncia di un riassetto e di una riduzione di strutture sul territorio che non si concilia con le politiche del momento.

5. ALLEGATI

- Mappa delle ore di ombreggiamento (WORST CASE)





LEGENDA

- Aerogeneratore in progetto
- WTG_{xx}
- Fabbriato
- Shadow flickering
- da 0 a 100 ore all'anno
- da 100 a 200 ore all'anno
- da 200 a 300 ore all'anno
- Maggiore di 300 ore all'anno